

20

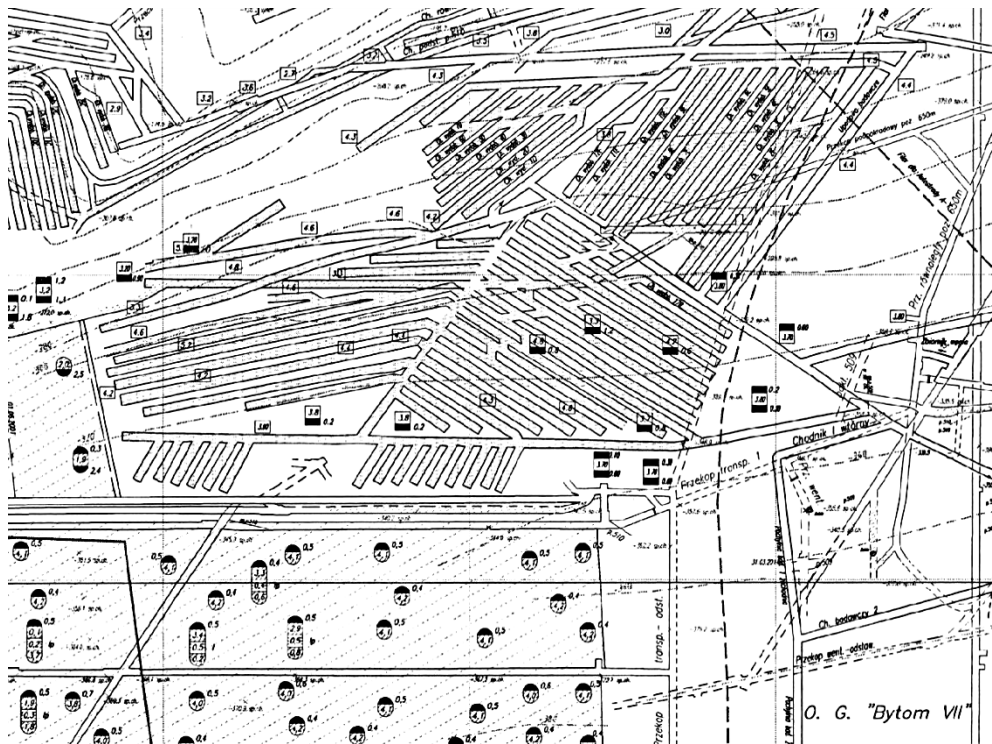
ANALIZA WŁASNOŚCI FIZYKO-MECHANICZNYCH HYDROMIESZANIN WYKONANYCH NA BAZIE POPIOŁÓW Z KOTŁÓW FLUIDALNYCH POD KĄTEM MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA DO LIKWIDACJI PUSTEK I WYROBISK PODZIEMNYCH

20.1 WPROWADZENIE

Polskie kopalnie węgla kamiennego wykorzystują obecnie znaczne ilości materiałów odpadowych, w szczególności odpadów energetycznych z różnych procesów spalania i odsiarczania w postaci hydromieszanin do profilaktyki pożarowej, budowy tam i korków podsadzkowych, likwidacji pustek poeksploatacyjnych oraz wyrobisk korytarzowych [2, 3, 4]. Przykładem wypełniania wyrobisk korytarzowych powstałych po eksploatacji chodnikowej pokładów węgla kamiennego mieszaninami popiołowo-wodnymi jest eksploatacja pokładu 510 o miąższości wynoszącej średnio 4,0 m w Zakładzie Górniczym Ekoplus Sp. z o.o [11]. Wypełniane wyrobiska drażone są za pomocą kombajnów chodnikowych typu AM-50 z pozostawieniem pomiędzy nimi filarów (calizny węglowej) o szerokości od 4 do 6 m z odstawą urobku przenośnikami zgrzeblowymi i taśmowymi (rys. 20.1). Chodniki eksploatacyjne zaprojektowano w sposób umożliwiający ich maksymalne wypełnienie hydromieszaninami oraz odpływ wody nadmiarowej.

Stosowanie hydromieszanin popiołowo-wodnych w technologiach górniczych w postaci odzysku, prawnie reguluje rozporządzenie Ministra Środowiska [8] wydane do Ustawy o Odpadach [10] a wymagane parametry fizyczne zdefiniowane są w normie PN-G/11011:1998 [7]. Norma ta nie jest obowiązująca, jednak z uwagi na brak innych uregulowań normowych powszechnie zalecana i stosowana w górnictwie rudnym oraz węgla kamiennego. Obecnie na rynku odpadów energetycznych (popioły lotne, żużle denne, piaski inertne) dominującym produktem są różne popioły lotne wychwytywane w elektrofiltrach o kodach 10 01 82 i 10 01 02 [9]. Popioły o kodzie 10 01 02 są popiołami lotnymi z węgla powstającymi w kotłach konwencjonalnych bez procesów odsiarczania. Ich zastosowanie w podziemiu kopalń z uwagi na brak własności

wiążących jest możliwy wyłącznie w profilaktyce pożarowej do doszczelniania zrobów lub wypełniania podziemnych wyrobisk i pustek poeksploatacyjnych.



Rys. 20.1 Eksploatacja chodnikami pokładu 510 w Z.G. Ekoplus Sp z o.o.

Źródło: [11]

Odpady te, natomiast w szerokim zakresie mogą być i są stosowane w budownictwie do produkcji elementów budowlanych lub wyrobu betonu. Wśród popiołów z grupy 10 01 82 dominującą grupę stanowią popioły z kotłów fluidalnych. Jak pokazuje doświadczenie popioły fluidalne charakteryzują się znacznie lepszymi własnościami pucolanowymi w porównaniu z innymi popiołami wynikającymi z zastosowanej w kotłach fluidalnych metody tzw. suchego odsiarczania w złożu fluidalnym [2, 4, 6]. Obecnie w energetyce funkcjonuje wiele kotłów wykorzystujących tzw. „spalanie fluidalne” a powstające w nich popioły różnią się od siebie znacząco swoimi własnościami fizycznymi i chemicznymi w zależności od miejsca ich powstawania. Wśród większych zakładów energetycznych zlokalizowanych na terenie woj. śląskiego spalanie fluidalne zastosowane jest w Elektrowni „Jaworzno”, „Siersza”, „Łagisza” Elektrociepłowni „Chorzów” czy „Katowice”. Do podstawowych zalet spalania w kotłach fluidalnych zaliczamy:

- możliwość wykorzystania jako paliwa mułów z instalacji wzbogacania węgla,
- proste przygotowanie paliwa do spalania oraz proste doprowadzenie paliwa do komory paleniskowej,
- znaczną (80%) redukcję emisji SO_2 do atmosfery poprzez doprowadzenie do złoża związków wiążących siarkę,
- niską emisję dwutlenku azotu z uwagi na niską temperaturę złoża ($850^{\circ}C$),

- wysoką sprawność spalania, ze względu na mieszanie turbulентne i długi czas przebywania cząstek w złożu cyrkulacyjnym.

Głównymi wadami technologii spalania fluidalnego są: długi rozruch z uwagi na dużą masę ceramiczną ze stanu zimnego (6,5-7 h) oraz znacznie wyższe ciśnienie powietrza potrzebnego do spalania niż w kotłach pyłowych, ze względu na większe opory przepływu i konieczność utrzymania złoża fluidalnego. Dodatni bilans wad i zalet powoduje, że budowane w najbliższych latach bloki energetyczne będą oparte o spalanie fluidalne zwiększając między innymi udział popiołów fluidalnych na runku odpadów energetycznych.

Hydromieszanki popiołowo-wodne wykorzystywane do likwidacji wyrobisk i pustek podziemnych powinny charakteryzować się [3, 5, 7]:

- znacznym zasięgiem rozptyłu,
- jak najmniejszą ilością wody odciekowej (nadmiarowej),
- określonymi własnościami wiążącymi,
- wytrzymałością R_c na poziomie co najmniej 0,5 MPa po 28 dniach,
- odpornością na rozmakanie.

Z punktu widzenia przebiegu procesu wiązania i końcowych parametrów wytrzymałościowych udział wody w mieszaninie powinien być zoptymalizowany pod kątem efektywności procesu hydratacji. Ponieważ jednak mieszanki dostarczane są do miejsc ich stosowania hydraulicznie za pomocą grawitacyjnych instalacji transportu rurociągowego, ilość wody w mieszaninie jest większa niż to wynika z wyżej wymienionych kryteriów i musi uwzględniać możliwości takiego transportu [1]. Optymalizacja składu mieszanki musi zatem uwzględniać zarówno wcześniej wymienione wymagania dotyczące przebiegu wiązania i wytrzymałości po zestaleniu, jak i wymagania dotyczące warunków przepływu w instalacji transportowej i późniejszego rozptyłu w wyrobisku.

W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych obejmujących wyznaczenie własności fizyko-mechanicznych hydromieszanki wykonanych na bazie różnych popiołów lotnych pozyskanych z kotłów fluidalnych trzech zakładów energetycznych woj. śląskiego.

20.2 ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Dla pokazania różnic własności fizyko-mechanicznych wynikających z miejsca powstawania popiołów fluidalnych w pracy przeprowadzono badania laboratoryjne hydromieszanki sporządzonych na bazie popiołów fluidalnych pochodzących z różnych zakładów energetycznych oznaczonych w artykule FLJ, FLS oraz FLŁ.

Badania laboratoryjne hydromieszanki sporządzonych na bazie w/w popiołów przeprowadzono w laboratorium Instytutu Eksploatacji Złóż zgodnie z PN-G-11011. Badania obejmowały wyznaczenie następujących parametrów:

- udziału masowego S/W i gęstości,
- ilości wody nadosadowej,
- nośności,

- czasu wiązania,
- wytrzymałości na ściskanie,
- rozmakalności.

Celem odwzorowania typowych warunków klimatycznych występujących w wyrobiskach podziemnych kopalń wykonane próbki mieszanin sezonowano w komorze klimatycznej LTB 650 RV produkcji firmy Elbanton, Holandia w warunkach przechowywania: temperatura 25°C, wilgotność 95%.

20.3 WYNIKI BADAŃ WŁASNOŚCI FIZYKO-MECHANICZNYCH HYDROMIESZANIN POPIOŁOWO-WODNYCH

Celem uzyskania odpowiedniej płynności mieszaniny decydującej o jej własnościach fizycznych, do suchych popiołów dodawano wodę w ilości niezbędnej do uzyskania określonej rozlewności mieszaniny. Dla lepszego zobrazowania różnic pomiędzy hydromieszaninami sporządzonymi z różnych popiołów lotnych w badaniach ustalono trzy stałe rozlewności hydromieszanin: 160, 200 i 240 mm. Mieszaniny o rozlewności powyżej 200 mm wykazują dobrą transportowalność rurociągową i dobre własności rozptyłu w wyrobisku. Mieszaniny o rozlewności poniżej 200 mm charakteryzują się bardziej zagęszczoną konsystencją, zwiększonymi oporami hydrotransportu, wyższymi wartościami wytrzymałości po zestaleniu oraz mniejszą ilością wody nadmiarowej.

20.3.1 Określenie udziałów masowych składników oraz gęstości hydromieszanin w zależności od rozlewności

Rozlewność jest parametrem mieszaniny popiołowo-wodnej informującym o jej transportowalności w rurociągu podsadzkowym oraz rozptywie w wyrobisku. Jak pokazują badania, rozlewność posiada też bezpośredni wpływ na własności mechaniczne hydromieszaniny [5].

Zwiększenie rozlewności mieszaniny osiąga się przez zwiększenie udziału wody w mieszaninie. Skutkiem wzrostu udziału wody jest zmniejszenie koncentracji części stałych, zmniejszenie gęstości mieszaniny, obniżenie lepkości, wydłużenie czasu wiązania, pogorszenie własności wytrzymałościowych zestalanej mieszaniny, a w skrajnym przypadku nawet utrata zdolności do jej zestalania. Z punktu widzenia hydrotransportu mieszanina o mniejszej koncentracji części stałych zapewnia mniejsze opory przepływu w instalacji, a więc zapewnia większą prędkość przepływu i większy zasięg hydrotransportu, co jest istotne zwłaszcza w przypadku znacznej odległości poziomej miejsc prowadzenia robót od szybu podsadzkowego lub niewielkiej różnicy poziomów między powierzchnią terenu a miejscem prowadzenia robót wypełniających. Z drugiej strony mieszanina o dużej rozlewności zawiera ilość wody znacznie większą od możliwej do wiązania przez popioły lotne w niej zawarte. Ale woda nadmiarowa odpływająca z miejsca lokowania hydromieszaniny łączy się z wodami kopalnianymi i może wpłynąć na ewentualny wzrost zagrożenia wodnego. Biorąc powyższe pod uwagę,

należy zawsze dążyć do optymalizacji składu hydromieszanki pod względem udziału wody nadmiarowej.

Wartości rozlewności i gęstości mieszanin sporządzonych na bazie różnych popiołów fluidalnych przy różnych udziałach wody przedstawiono w tabeli 20.1.

Tabela 20.1 Udziały masowe W:S oraz gęstość hydromieszanki popiołowo-wodnych

Rodzaj popiołu	Oznaczenie mieszaniny	Rozlewność mieszaniny mm	Udział masowy W:S*	Gęstość g/dm^3
Z kotła fluidalnego	FLJ-160	160	0,95	1512
	FLJ-200	200	1,04	1485
	FLJ-240	240	1,16	1456
	FLS-160	160	1,04	1455
	FLS-200	200	1,18	1420
	FLS-240	240	1,33	1390
	FLŁ-160	160	0,81	1526
	FLŁ-200	200	0,88	1497
	FLŁ-240	240	0,96	1462

* S-suchy popiół lotny, W-woda

Jak widać z przeprowadzonych badań wraz ze wzrostem udziału wody w składzie mieszaniny jej rozlewność rośnie a gęstość spada. W przypadku mieszanin sporządzonych na bazie popiołu fluidalnego FLJ wraz ze wzrostem rozlewności w zakresie od 160 do 240 mm gęstość mieszanin zmniejszała się od 1512 do 1456 g/dm^3 , natomiast stosunek masowy W/S wzrastał od 0,95 do 1,16. Dla mieszanin sporządzonych na bazie popiołu fluidalnego FLS wraz ze wzrostem rozlewności w zakresie od 160 do 240 mm gęstość mieszanin zmniejszała się od 1455 do 1390 g/dm^3 , natomiast stosunek masowy W/S wzrastał od 1,04 do 1,33. Gęstość mieszanin sporządzonych z popiołu fluidalnego FLŁ w zakresie rozlewności od 160 do 240 mm spadała od 1526 do 1462 g/dm^3 , a stosunek W/S wzrastał od 0,81 do 0,96.

Podsumowując, należy stwierdzić, że sporządzając hydromieszanki o takiej samej rozlewności (konsystencji) z różnych popiołów fluidalnych nie można jednoznacznie stwierdzić jaki będzie jej stosunek masowy W/S bez wykonania badań pomiarowych.

20.2.2 Wyniki badań ilości wody nadosadowej

Wyniki badań ilości wody nadosadowej hydromieszanki sporządzonych na bazie popiołów z kotłów fluidalnych przedstawiono w tabeli 20.2.

Jak widać z przeprowadzonych badań wraz ze wzrostem rozlewności hydromieszanki ilość wody nadosadowej rośnie. W przypadku mieszanin sporządzonych na bazie popiołu fluidalnego FLJ w zakresie rozlewności od 160 do 240 mm ilość wody nadosadowej wynosiła w przedziale od 3,2 do 6,0%. Dla mieszanin z popiołu fluidalnego FLS przy takiej samej rozlewności wynosiła od 7,5 do 18,5%, natomiast dla popiołu fluidalnego FLŁ od 4,1 do 10,8%. Widoczne różnice uzyskanych wyników badań ilości wody nadmiarowej wynikają z różnych wartości wodochłonności poszczególnych popiołów fluidalnych wynikających z różnic w pracy kotłów energetycznych z których pochodzą.

Tabela 20.2 Ilość wody nadosadowej dla hydromieszanin popiołowo-wodnych

Rodzaj popiołu	Oznaczenie mieszanki	Rozlewność mieszanki mm	Ilość wody nadosadowej %
Z kotła fluidalnego	FLJ-160	160	3,2
	FLJ-200	200	4,2
	FLJ-240	240	6,0
	FLS-160	160	7,5
	FLS-200	200	13,6
	FLS-240	240	18,5
	FLŁ-160	160	4,1
	FLŁ-200	200	7,0
	FLŁ-240	240	10,8

20.2.3 Wyniki badań czasu tężenia i czasu wiązania

W celu określenia możliwości przenoszenia obciążenia przez mieszaninę zestalającą przed zakończeniem procesu jej wiązania w początkowym okresie, wykonuje się pomiar nośności przy użyciu zmodyfikowanego aparatu Vicata. Jako czas tężenia przyjmuje się czas, po którym hydromieszanka przenosi obciążenie równe 0,5 MPa [7]. Wyniki badań czasu tężenia hydromieszanin sporządzonych na bazie popiołów z kotłów fluidalnych przedstawiono w tabeli 20.3.

Tabela 20.3 Czasy tężenia i wiązania w zależności od rozlewności hydromieszanin sporządzonych na bazie różnych popiołów fluidalnych

Rodzaj popiołu	Oznaczenie mieszanki	Rozlewność mm	Czas doby			
			Początek wiązania	Koniec wiązania	Czas wiązania	Czas tężenia
Z kotła fluidalnego	FLJ-160	160	2	3,5	1,5	3
	FLJ-200	200	2	4	2	3,5
	FLJ-240	240	2,5	4,5	2	3,5
	FLS-160	160	1,5	3	1,5	2,5
	FLS-200	200	1,5	3	1,5	3
	FLS-240	240	1,5	3,5	2	3
	FLŁ-160	160	2,5	4	1,5	3
	FLŁ-200	200	2,5	4	1,5	3
	FLŁ-240	240	2,5	4,5	2	3,5

Przeprowadzone badania nośności wykazały, że niezależnie od rodzaju popiołu lotnego wraz ze wzrostem udziału wody w hydromieszance (i co za tym idzie wzrostem rozlewności) czas tężenia rośnie. Hydromieszanki sporządzone na bazie popiołów fluidalnych przy rozlewności od 160 do 280 mm posiadały podobne czasy tężenia wynoszące od 2,5 do 3,5 dnia.

Warunkiem bezpiecznego stosowania hydromieszanin do wypełniania wyrobisk i pustek podziemnych jest między innymi zmiana postaci hydromieszanki z ciekłej w ciało stałe, dlatego też czas wiązania jest jednym z ważniejszych parametrów charakteryzujących zestalające mieszaniny popiołowo-wodne. Pomiar czasu wiązania przeprowadza się za pomocą aparatu Vicata a uzyskany wynik pozwala na prognozowanie zachowania się mieszaniny zestalającej po wprowadzeniu jej do pustki poeksploatacyjnej. Z przeprowadzonych badań wynika (tabela 20.3), że niezależnie od

rodzaju popiołu fluidalnego wraz ze wzrostem udziału wody w hydromieszance czas zakończenia procesu wiązania rośnie. Czasy zakończenia procesu wiązania mieszanin sporządzonych na bazie popiołów fluidalnych były podobne i wynosiły w przedziale od 3 do 4,5 dnia.

20.2.4 Wyniki badań wytrzymałości R_c i rozmakalności

Wyniki pomiarów wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie mieszanin popiołowo-wodnych sporządzonych na bazie popiołów z kotłów fluidalnych przedstawiono w tabeli 20.4.

Tabela 20.4 Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie i rozmakalność w zależności od rozlewności mieszanin sporządzonych na bazie wybranych popiołów fluidalnych

Rodzaj popiołu	Oznaczenie mieszaniny	Wytrzymałość R_c MPa				Rozmakalność %
		7 dni	14 dni	28 dni	R_c 28 + 24h nasączenia wodą	
Z kotła fluidalnego	FLJ-160	3,86	5,20	6,44	6,10	5,28
	FLJ-200	3,41	4,95	6,21	5,75	7,41
	FLJ-240	3,22	4,31	5,52	4,96	10,14
	FLS-160	0,32	0,61	0,84	0,75	10,71
	FLS-200	0,3	0,54	0,72	0,62	13,89
	FLS-240	0,24	0,48	0,68	0,56	17,64
	FLŁ-160	0,57	1,43	4,02	3,63	9,70
	FLŁ-200	0,54	1,3	3,77	3,38	10,34
FLŁ-240	0,46	1,15	3,65	3,12	14,52	

Jak wynika z przeprowadzonych badań, wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie wszystkich przebadanych hydromieszanin maleje wraz ze wzrostem ich rozlewności. Badania wykazały również dużą zmienność wytrzymałości wśród hydromieszanin wykonanych na bazie badanych popiołów fluidalnych. Mieszanki z popiołów fluidalnych FLJ i FLŁ posiadały po 28 dniach wytrzymałość wynoszącą dla popiołu FLJ od 5,52 do 6,44 MPa, a dla popiołu FLŁ od 3,65 do 4,02 MPa, natomiast mieszanki z popiołu fluidalnego FLS posiadały wytrzymałość w przedziale od 0,68 do 0,84 MPa.

Badanie rozmakalności zestalonych hydromieszanin przeprowadza się w celu określenia ich odporności na działanie wody. Odporność mieszanin na rozmakanie określano na podstawie pomiaru wytrzymałości na ściskanie próbek sezonowanych przez okres 28 dni w komorze klimatyzacyjnej, a następnie zanurzanych na 24 godziny w wodzie. Miara rozmakalności staje się w ten sposób zmiana wytrzymałości na ściskanie próbki pod wpływem oddziaływania wody. Wyniki pomiarów rozmakalności hydromieszanin sporządzonych na bazie popiołów z różnych kotłów fluidalnych przedstawiono w tabeli 20.4.

Mieszanki sporządzone na bazie popiołów fluidalnych charakteryzowały się następującymi wartościami rozmakalności:

- hydromieszanki z popiołu FLJ w zakresie od 5,28 do 10,14%,
- hydromieszanki z popiołu FLS w zakresie od 10,71 do 17,64%,
- hydromieszanki z popiołu FLŁ w zakresie od 9,70 do 14,52%.

Uzyskane wyniki badań rozmakalności spełniają w pełnym zakresie wymagania normowe.

20.3 PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Badania laboratoryjne własności fizyko-mechanicznych mieszanin wykonanych na bazie różnych popiołów fluidalnych przeprowadzono celem:

- wykazania różnic własności fizycznych hydromieszanin wykonanych na bazie popiołów fluidalnych pochodzących z różnych zakładów energetycznych,
- oceny przydatności hydromieszanin wykonanych na bazie popiołów fluidalnych do wypełniania zbędnych wyrobisk i pustek podziemnych zgodnie z normą PN-G/11011:1998.

Na podstawie analizy otrzymanych wyników badań laboratoryjnych hydromieszanin popiołowo-wodnych wykonanych na bazie trzech rodzajów popiołów fluidalnych oznaczonych w referacie FLJ, FLS i FLŁ, można sformułować następujące wnioski:

- Wraz ze wzrostem wskaźnika W/S rozlewność hydromieszanin rośnie a gęstość spada. Sporządzając mieszaniny o takiej samej rozlewności np. 160 mm mieszanina z udziałem popiołu fluidalnego FLS charakteryzuje się wskaźnikiem W/S równym 0,95, natomiast z udziałem popiołu FLŁ wskaźnikiem równym 0,81. Świadczy to o dużej zmienności udziałów masowych przy stałej rozlewności spowodowane różną wodochłonnością charakteryzującą poszczególne popioły fluidalne pozyskane z różnych zakładów energetycznych.
- Ilość wody nadosadowej rośnie wraz ze wzrostem wskaźnika W/S hydromieszanin. Hydromieszaniny sporządzone na bazie popiołów fluidalnych w zakresie rozlewności od 160 do 240 mm posiadają ilość wody nadmiarowej odpowiednio w zakresie: popiół FLJ od 3,2 do 6,0%, popiół FLŁ od 4,1 do 10,8%, natomiast popiół FLS od 7,5 do 18,5%.
- Badania czasu tężenia jednoznacznie wykazały, że niezależnie od rodzaju popiołu fluidalnego wraz ze wzrostem wskaźnika W/S hydromieszanin i wzrostem rozlewności, czas tężenia rośnie. Hydromieszaniny sporządzone w zakresie rozlewności od 160 do 240 mm posiadają zbliżone czasy tężenia wynoszące od 2,5 do 3,5 dni.
- We wszystkich badanych hydromieszaninach wraz ze wzrostem wskaźnika W/S hydromieszanin czas zakończenia procesu wiązania rośnie. W mieszaninach sporządzonych z różnych popiołów fluidalnych w zakresie rozlewności od 160 do 240 mm koniec wiązania następował maksymalnie po 4,5 dniach.
- Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie wszystkich przebadanych hydromieszanin sporządzonych na bazie popiołów fluidalnych maleje wraz ze wzrostem ich rozlewności. Największą wartość wytrzymałości 6,44 MPa po 28 dniach osiągnęła mieszanina sporządzona na bazie popiołu fluidalnego FLJ przy rozlewności 160 mm. Najniższą wytrzymałość wynoszącą 0,68 MPa posiadała mieszanina sporządzona z popiołu FLS przy rozlewności 240 mm.

- Badania rozmakalności wykazały, że w badanym zakresie rozlewności 160÷240 mm mieszaniny sporządzone na bazie popiołu fluidalnego FLJ charakteryzowały się rozmakalnością w zakresie od 5,28 do 10,14%, na bazie popiołu FLS od 10,71 do 17,64%, natomiast na bazie popiołu FLŁ od 2,64 do 6,89%.

Analizując uzyskane wyniki badań należy stwierdzić, że badane popioły fluidalne niezależnie od miejsca ich powstawania posiadają własności pucolanowe pozwalające na uzyskanie wartości parametrów wiążących i wytrzymałościowych hydromieszanin z nich wykonanych zgodnych z normą PN-G/11011 nawet przy największej rozlewności wynoszącej 240 mm. Rozlewność ta pozwala na bardzo dobry rozptyw hydromieszaniny w likwidowanym wyrobisku oraz jej dobrą transportowalność rurociągiem, jednak należy spodziewać się w zależności od rodzaju popiołu zwiększonego odcieku wody nadmiarowej nawet do ok. 19% jak w przypadku mieszaniny z popiołu FLS. Celem optymalizacji (minimalizacji) udziału wody w hydromieszaniu należy przed ich przemysłowym zastosowaniem wykonać dodatkowo analizę parametrów hydrotransportu hydromieszanin dla konkretnej trasy rurociągowej instalacji i na jej podstawie określić optymalny wskaźnik W/S zapewniający równocześnie dobry rozptyw hydromieszaniny w wyrobisku i minimalną ilość wody odciekowej.

Podsumowując, należy stwierdzić, że dostępne obecnie na rynku popioły fluidalne w mieszaninie z wodą, przy odpowiednio dobranym wskaźnikiem W/S spełniają wymagania normowe i mogą być z powodzeniem rekomendowane do zastosowania jako wiążący materiał wypełniający likwidowane wyrobiska i pustki podziemne.

LITERATURA

1. J. Palarski, "Fill transportation and Sedimentation Mechanisms For Stope Filling", 9th, International Conference on Transport and Sedimentation Of Solid Particles, 2-5 Sept. 1997, Kraków, Poland.
2. F. Plewa, Z. Mysłek, „Zagospodarowanie odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych”, Wydawnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
3. F. Plewa, H. Kleta, Zastosowanie odpadów energetycznych do likwidacji wyrobisk górniczych w kopalniach metanowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 250, Gliwice, 2001.
4. F. Plewa, M. Popczyk, Z. Mysłek, Rodzaj produktów wytwarzanych w energetyce zawodowej i możliwość ich wykorzystania w podziemnych technologiach górniczych. Polityka energetyczna. T. 10, Z. specjalny 2. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2007.
5. F. Plewa, M. Popczyk, Wyznaczanie wybranych parametrów hydromieszanin wykorzystywanych w technologiach górniczych w funkcji rozlewności. Międzynarodowa Konferencja VIII Szkoła Geomechaniki, 2007. Zeszyt specjalny, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
6. F. Plewa, M. Popczyk, P. Piontek, Zastosowanie ubocznych produktów spalania z kotłów fluidalnych energetyki zawodowej w podsadzce hydraulicznej. Polityka Energetyczna. Wydawnictwo IGSMiE PAN Kraków 2009.
7. PN-G-11011:1998 – Materiały do podsadzki zestalanej i doszczelniania zrobów – wymagania i badania.

8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015r w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami. Dz. U. 2015 poz. 796.
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014r w sprawie katalogu odpadów. Dz. U. 2014 poz. 1923.
10. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012r o odpadach. Dz. U. 2013 poz. 21.
11. Własne materiały Z.G. Ekoplus sp. z o.o.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2016
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2016

dr inż. Marcin Popczyk
Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska
e-mail: marcin.popczyk@polsl.pl

**ANALIZA WŁASNOŚCI FIZYKO-MECHANICZNYCH HYDROMIESZANIN
WYKONANYCH NA BAZIE POPIOŁÓW Z KOTŁÓW FLUIDALNYCH
POD KĄTEM MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA
DO LIKWIDACJI PUSTEK I WYROBISK PODZIEMNYCH**

Streszczenie: *W polskich kopalniach węgla kamiennego od wielu lat z powodzeniem wykorzystywane są drobnofrakcyjnej odpady energetyczne w postaci zawiesin popiołowo-wodnych. Przykładem takich odpadów są popioły z kotłów fluidalnych posiadające własności puzolanowe pozwalające na wykorzystanie ich do wypełniania wybranych wyrobisk i pustek podziemnych materiałem o wymaganych parametrach wytrzymałościowych. Z uwagi na różnice własności fizycznych różnych popiołów fluidalnych, w artykule przedstawiono wyniki badań hydromieszanin wykonanych na bazie popiołów fluidalnych z trzech wybranych zakładów energetycznych.*

Słowa kluczowe: *popioły lotne, odzysk odpadów, podsadzanie wyrobisk*

**ANALYSIS OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF HYDROMIXTURES
PREPARED BASED ON ASHES FROM FLUIDIZED BED BOILERS REGARDING
POSSIBILITIES OF LIQUIDATION OF THE UNDERGROUND EXCAVATIONS
AND CAVITIES**

Abstract: *For many years in Polish coal mines there are successfully used fine grade energy waste in form of ashed or water suspension, which are transported to selected places using pipelined gravity installations. One of this waste are ashes from fluidized boilers. Due to the pozzolanic properties, fly ashes can be used in mining technologies, which require filling selected underground cavities with material with required strength. According to some differences in physical properties of ashes, in this paper there are presented the results of hydromixtures' researches made on the basis of the ashes in the three electricity boards.*

Key words: *Flying ashes, waste removal, filling cavities*