

ALICJA ULIASZ-BOCHEŃCZYK\*, MAREK GAWLICKI\*\*, RADOŚLAW POMYKAŁA\*\*\*

## Ocena możliwości sekwestracji ditlenku węgla w wodnych zawiesinach wybranych popiołów lotnych

### Wprowadzenie

Stanowiące uciążliwy odpad wapienne popioły lotne wykorzystywane były dotychczas w niewielkim stopniu między innymi dlatego, że obecne w nich tlenek wapnia i tlenek magnezu są materiałami o bardzo zróżnicowanym stopniu spieczenia, a tym samym znacznie różnią się aktywnością chemiczną w układzie popiół lotny–woda. Te różnice, a także wahające się w szerokich granicach zawartości wspomnianych tlenków w poszczególnych partiach popiołów lotnych uniemożliwiają ich szersze zastosowania jako składnika cementów powszechnego użytku lub betonów, nie stanowią natomiast istotnej przeszkody w wykorzystaniu wspomnianych popiołów jako składnika zawiesin wodnych, w których może być pochłaniany ditlenek węgla. Wykorzystanie popiołów lotnych do mineralnej sekwestracji ditlenku węgla jest rozwiązaniem ze wszech miar korzystnym, gdyż nie tylko umożliwia racjonalne wykorzystanie popiołów ze spalania węgla, eliminując konieczność składowania odpadu i przekształcając je w materiał o odmiennych właściwościach (produktami karbonatyzacji są  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{MgCO}_3$ ), ale powoduje również redukcję emisji ditlenku węgla do atmosfery. Tak realizowana mineralna sekwestracja ditlenku węgla, proponowana jest często, przede wszystkim dla energetyki zawodowej, jako ostatni etap technologii CCS (*carbon capture and storage*).

---

\* Dr hab. inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków;  
e-mail: aub@min-pan.krakow.pl

\*\* Dr hab. inż., prof. AGH, \*\*\* Dr inż., AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków.

Podstawę mineralnej sekwestracji ditlenku węgla (mineralnej karbonatyzacji) stanowią reakcje  $\text{CO}_2$  z tlenkami metali ziem alkalicznych, w wyniku których powstają nierozpuszczalne węglany. Reakcjom tym towarzyszy wydzielanie się określonych ilości ciepła (IPCC... 2005).

Za zastosowaniem mineralnej sekwestracji jako metody redukcji emisji ditlenku węgla do atmosfery przemawia przede wszystkim fakt, że karbonatyzacja jest procesem naturalnym, występującym w przyrodzie, w wyniku którego powstają produkty termodynamicznie stabilne, obojętne dla środowiska. Wiązanie ditlenku węgla jest trwałe, przez co nie ma zagrożenia dla środowiska. Wśród zalet mineralnej sekwestracji należy wymienić również fakt, że reakcja karbonatyzacji jest egzotermiczna, a wydzielająca się energia może stanowić potencjalne źródło ciepła. Istnieje również możliwość gospodarczego wykorzystania powstałych produktów procesu (Huijgen 2007). Zastosowanie mineralnej sekwestracji jako metody wykorzystania popiołów lotnych ze spalania węgla brunatnego w technologii CCS, może być traktowane jako technologia „końca rury” – *end of pipe* (Huijgen, Comans 2003). Mineralna sekwestracja w odpadach przeprowadzana jest najczęściej jako karbonatyzacja bezpośrednia przy zastosowaniu zawiesin odpadowo-wodnych o różnych stosunkach wody do odpadów (Huijgen, Comans 2005; Huijgen 2007; Uliasz-Bocheńczyk i in. 2007; Costa i in. 2007), a do wiązania  $\text{CO}_2$  powinny być stosowane stałe, łatwo dostępne i wytwarzane w dużych ilościach odpady nieorganiczne zawierające CaO i MgO w takiej formie, aby stosunkowo łatwo mogły one reagować z ditlenkiem węgla (Huijgen, Comans 2005).

Odpadami, które spełniają te warunki są przede wszystkim wapienne popioły lotne ze spalania węgla w konwencjonalnych kotłach pyłowych i w kotłach fluidalnych, popioły ze spalania odpadów i biomasy oraz zasadowe żużle hutnicze.

Popioły lotne wytwarzane przez polską energetykę zawodową są zróżnicowane pod względem zawartości całkowitego CaO i wolnego CaO. Najwięcej obydwu rodzajów tlenku wapnia zawierają popioły lotne ze spalania węgla brunatnego (PAK, Bełchatów) oraz popioły z kotłów fluidalnych. Najmniejszą zawartością CaO charakteryzują się popioły lotne z konwencjonalnego spalania węgla kamiennego (Uliasz-Bocheńczyk, Mokrzycki 2006; Uliasz-Bocheńczyk i in. 2007).

Wstępne badania pochłaniania ditlenku węgla w zawiesinach wodnych różnych rodzajów popiołów z polskiej energetyki zawodowej wykazały, że najwyższe pochłanianie stwierdzono w zawiesinach przygotowanych z popiołów lotnych ze spalania węgla brunatnego – od 1,93 do 8,43 g  $\text{CO}_2$ /100 g popiołów lotnych (Uliasz-Bocheńczyk i in. 2007).

## 1. Materiały zastosowane do badań

Do badań wykorzystano popioły lotne pobrane z elektrofiltrów Elektrowni Pątnów oraz Elektrowni Turów, charakteryzujące się wysoką zawartością CaO, wolnego CaO i MgO (tab. 1).

W celu wstępnego określenia przydatności danego odpadu do mineralnej sekwestracji ditlenku węgla obliczana jest zazwyczaj maksymalna teoretyczna pojemność wiązania

TABELA 1

Zawartość CaO, wolnego CaO i MgO w badanych popiołach [% mas.]

TABLE 1

The contents of CaO, free CaO and MgO in the tested ashes [% w/v.]

Rodzaj popiołów	Zawartość		
	CaO	CaO <sub>w</sub>	MgO
Popioły z El. Pątnów	21,25	5,50	3,86
Popioły z El. Turów	20,21	7,9	1,87

ditlenku węgla. Obliczenia dokonywane są na podstawie wzoru Steinoura (Fernandez-Bertos i in. 2004):

$$\text{CO}_2 (\%) = 0,785(\text{CaO} - 0,7\text{SO}_3) + 1,09\text{Na}_2\text{O} + 0,93\text{K}_2\text{O}$$

gdzie wzory tlenków odpowiadają procentowej zawartości tych tlenków w popiele.

Dla badanych popiołów maksymalna teoretyczna pojemność związania ditlenku węgla wynosi odpowiednio: 14% dla popiołów z El. Pątnów oraz 14,4% dla popiołów z El. Turów.

Maksymalna teoretyczna pojemność związania ditlenku węgla obliczana dla innych prób tych popiołów wyniosła odpowiednio: z El. Turów – 12,66% oraz popiołów z El. Pątnów – 14,96 i 19,6% (Uliasz-Bocheńczyk 2009, 2011).

W próbach popiołów lotnych określono również zmiany składu fazowego, jakie nastąpiły w wyniku wprowadzenia CO<sub>2</sub> do ich zawiesin wodnych (Uliasz-Bocheńczyk 2009, 2011).

W zawiesinach wodnych popiołów z El. Pątnów przed rozpoczęciem karbonatyzacji stwierdzono występowanie uwodnionych krzemianów wapnia (C-S-H), brucytu, portlandytu, SiO<sub>2</sub> oraz CaCO<sub>3</sub>. Po poddaniu ich działaniu CO<sub>2</sub> nastąpił zanik Ca(OH)<sub>2</sub>, który w pełni przereagował, przechodząc w CaCO<sub>3</sub>. Zmniejszyła się również w zawieszynie zawartość wodorotlenku magnezu, co wskazuje na jego częściowe przereagowanie z CO<sub>2</sub>. W produktach reakcji zidentyfikowano kalcyt magnezowy (Ca,Mg)CO<sub>3</sub> (Uliasz-Bocheńczyk 2011).

W zawiesinach wodnych popiołów lotnych ze spalania węgla brunatnego w El. Turów główną fazą jest kwarc. W znacznych ilościach występuje w nich również ettringit i kalcyt. W zawiesinach, do których wprowadzono CO<sub>2</sub> nie stwierdzono ettringitu, obecny był natomiast gips (Uliasz-Bocheńczyk 2009), stanowiący prawdopodobnie produkt rozkładu ettringitu (Kurdowski 2010).

## 2. Pochłanianie ditlenku węgla w zawiesinach wodnych popiołów lotnych z El. Pątnów i El. Turów

Badania stopnia pochłaniania ditlenku węgla w zawiesinach wodnych popiołów lotnych z El. Pątnów i El. Turów wykonano na instalacji, którą tworzyły dwa zestawy pomiarowe,

złożone z dwóch komór badawczych i loggera – urządzenia rejestrującego, butli gazowej, reduktora oraz komór badawczych. Instalacja znajduje się w Katedrze Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców Wydziału Górniczego AGH w Krakowie (Uliasz-Bocheńczyk i in. 2007; Uliasz-Bocheńczyk 2009).

Próbki przed badaniem były wstrząsane, a następnie sezonowane w komorach ciśnieniowych, w atmosferze o zawartości powyżej 90% CO<sub>2</sub> oraz ciśnieniu w zakresie od 0,9 do 0,99 MPa.

W tabeli 2 zestawiono wyniki badań pochłaniania CO<sub>2</sub> przez zawiesiny popiołowo-wodne, po pierwszej godzinie, kiedy próbki były intensywnie wstrząsane, a także po jednej i 10 dobach sezonowania. Ilość pochłoniętego CO<sub>2</sub> przeliczona została na stosunek masowy: wyrażony w gramach pochłoniętego w zawieszynie CO<sub>2</sub> na 100 g popiołu lotnego znajdującego się w zawieszynie.

TABELA 2

Pochłanianie CO<sub>2</sub> w zawieszinach popiołowo-wodnych z popiołami z El. Pątnów i Turów

TABLE 2

Absorption of CO<sub>2</sub> in the water-ash suspensions from ashes from Pątnów and Turów power plants

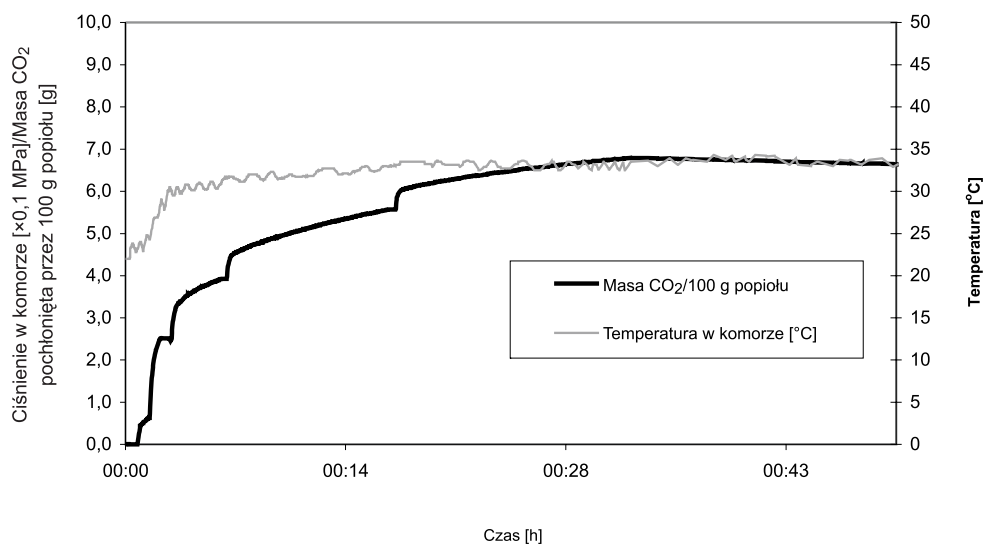
Rodzaj popiołu	Stosunek popiołu do wody	Gęstość zawiesiny [Mg/m <sup>3</sup> ]	Pochłanianie [g CO <sub>2</sub> /100 g]			Maksymalna temperatura [°C]
			po 1 godzinie	po 1 dobie	po 10 dobie	
Popiół lotny ze spalania węgla brunatnego z El. Turów (T-002)	0,7:1	1,324	5,64	6,13	7,20	38,2
	0,8:1	1,357	7,62	8,15	9,33	44,8
Popiół lotny ze spalania węgla brunatnego z El. Pątnów (K-002)	0,7:1	1,340	3,86	4,12	4,71	28,1
	0,8:1	1,379	6,55	7,37	8,37	34,3

Na rysunkach 1–4 przedstawiono pochłanianie CO<sub>2</sub> przez badane zawiesiny popiołowo-wodne.

Pochłanianie CO<sub>2</sub> jest definiowane jako ilość gazu, która uległa rozpuszczeniu na drodze fizycznej i chemicznej w wodzie, została zaadsorbowana na ziarnach odpadów oraz związana w formie węglanów (Montes-Hernandez i in. 2009).

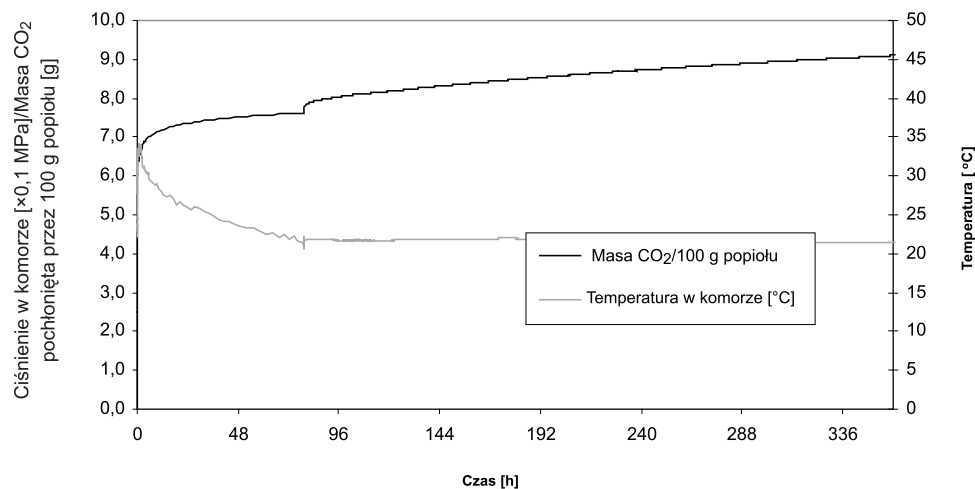
Największe ilości pochłoniętego CO<sub>2</sub> zaobserwowano w zawieszinach sporządzonych z popiołu fluidalnego z El. Turów o stosunku masowym popiołu do wody wynoszącym 0,8:1. Po godzinie intensywnego wstrząsania pochłonięte zostało 7,62 g CO<sub>2</sub>, a po 1 dobie 8,15 g CO<sub>2</sub> w przeliczeniu na 100 g popiołu. W przypadku popiołu z El. Pątnów ilości te były mniejsze i wynosiły odpowiednio 6,55 oraz 8,7 g CO<sub>2</sub>/100 g popiołu.

Stwierdzono również wzrost temperatury w komorach instalacji, potwierdzający zachodzenie procesu karbonatyzacji oraz jej endotermiczny charakter. Najwyższą temperaturę – 44,8°C zarejestrowano w zawieszynie popiołów z El. Turów o stosunku popiołu do wody – 0,8:1, w której stwierdzono również największe pochłanianie CO<sub>2</sub>.



Rys. 1. Pochłanianie CO<sub>2</sub> w zawiesinach wodnych popiołów z El. Pątnów K-002 w czasie pierwszych 50 minut prowadzenia procesu, p/w = 0,8

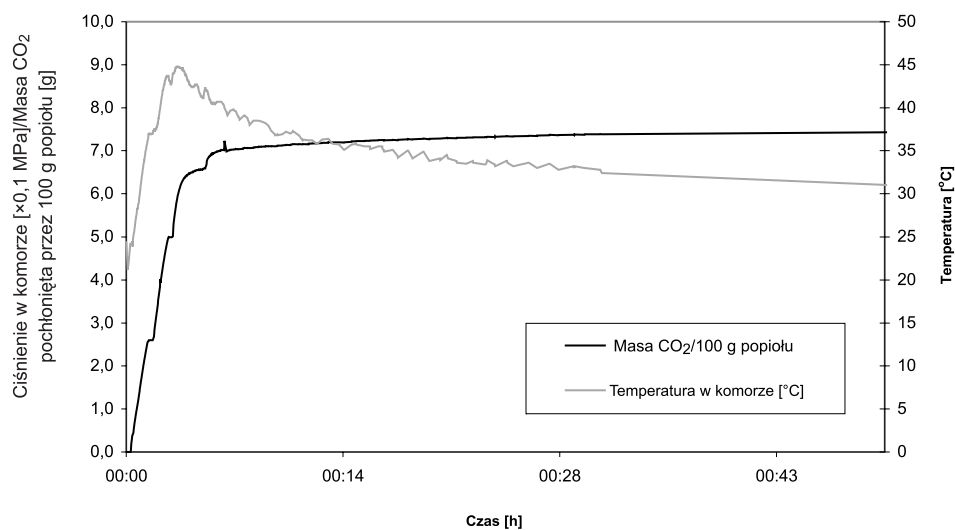
Fig. 1. CO<sub>2</sub> absorption in aqueous suspensions of ash from Pątnów power plant K-002 during the first 50 minutes of process, p/w = 0.8



Rys. 2. Pochłanianie CO<sub>2</sub> w zawiesinach wodnych popiołów z El. Pątnów K-002 w czasie pierwszych 74 minut prowadzenia procesu, p/w = 0,8

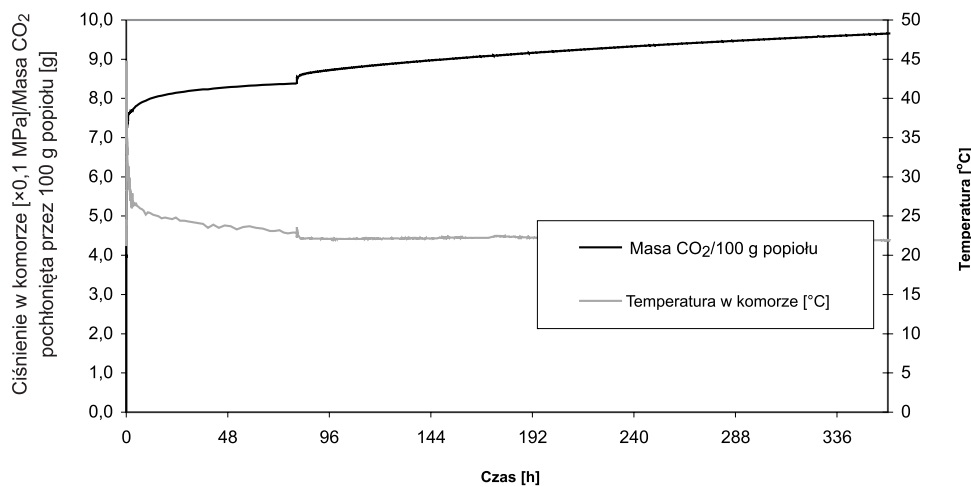
Fig. 2. CO<sub>2</sub> absorption in aqueous suspensions of ash from Pątnów power plant K-002 during the first 74 minutes of process, p/w = 0.8

Reakcja karbonatyzacji zachodzi w środowisku wodnym, jednak zbyt duża ilość wody ogranicza szybkość reakcji. Przy niskim stosunku wody do spoiwa, przepuszczalność gazu jest wysoka i CO<sub>2</sub> skutecznie dyfunduje w głąb reagentów, gdy jednak zawartość wody



Rys. 3. Pochłanianie CO<sub>2</sub> w zawiesinach wodnych popiołów z El. Turów T-002 w czasie pierwszych 50 minut procesu, p/w = 0,8

Fig. 3. CO<sub>2</sub> absorption in aqueous suspensions of ash from Turów power plant T-002 during the first 50 minutes of process, p/w = 0.8



Rys. 4. Pochłanianie CO<sub>2</sub> w zawiesinach wodnych popiołów z El. Turów T-002 w czasie 340 godzin procesu, p/w = 0,8

Fig. 4. CO<sub>2</sub> absorption in aqueous suspensions of ash from Turów power plant T-002 during the first 340 hours of process, p/w = 0.8

wzrośnie nadmiernie, pory reagentów są skutecznie blokowane i dyfuzja gazu jest skutecznie hamowana, co w widocznym stopniu ogranicza postęp reakcji karbonatyzacji (Fernandez-Bertos i in. 2004).

Największy przyrost pochłaniania CO<sub>2</sub> obserwowano w pierwszych 30 minutach prowadzenia procesu karbonatyzacji w zawiesinach popiołu lotnego z El. Pątnów (rys. 1). Po tym czasie krzywa pochłaniania się stabilizuje, a sorpcja CO<sub>2</sub> wzrasta bardzo powoli (rys. 2). W przypadku zawiesin popiołu lotnego z El. Turów największy wzrost pochłaniania nastąpił w pierwszych 15 minutach prowadzenia procesu (rys. 3). Po tym czasie, tak jak w zawiesinach popiołów z E. Pątnów, pochłanianie wzrastało już powoli (rys. 4). Większa szybkość reakcji w początkowym okresie prowadzenia procesu jest najprawdopodobniej spowodowana wysoką koncentracją CO<sub>2</sub> oraz wysoką wymywalnością jonów Ca<sup>2+</sup> z matrycy popiołowej. W późniejszym okresie następuje spowolnienie procesu, spowodowane najprawdopodobniej blokowaniem porów przez wytrącającą się warstwę kalcytu, co w znaczący sposób utrudnia dyfuzję CO<sub>2</sub> (Baciocchi i in. 2008).

Procesy przebiegające w pierwszym etapie karbonatyzacji (30 minut dla zawiesin wodnych popiołów z El. Pątnów oraz 15 minut dla zawiesin wodnych popiołów z El. Turów) można podzielić na analogiczne etapy, jak w przypadku badań modelowych wykonanych dla popiołów lotnych z El. Tychy (Uliasz-Bocheńczyk, Cempa 2010).

W pierwszym etapie procesu następuje rozpuszczanie się CO<sub>2</sub>. Większość CO<sub>2</sub> rozpuszcza się w wodzie, zaś część cząsteczek CO<sub>2</sub> wstępuje w reakcję z wodą tworząc słaby kwas węglowy. Następuje rozpuszczanie się portlandytu; jony wapnia przechodzą do fazy ciekłej i wchodzi w reakcję z jonami węglanowymi, tworząc węglan wapnia. W efekcie zmniejsza się stężenie jonów wapnia w roztworze (Uliasz-Bocheńczyk, Cempa 2010). Kolejno ulegają karbonatyzacji następne fazy, w przypadku zawiesin popiołów lotnych z El. Pątnów będzie to C-S-H i Mg(OH)<sub>2</sub>. W zawiesinach popiołów lotnych z El. Turów jest to prawdopodobnie ettringit. W tym czasie następuje zmniejszenie szybkości reakcji karbonatyzacji z powodu wyczerpania się jonów Ca<sup>2+</sup> (Back i in. 2008).

Dla obydwu rodzajów popiołów lotnych pochłanianie CO<sub>2</sub> w zawiesinach o większym udziale wody (p/w = 0,7:1) okazało się mniej intensywne niż dla próbek o p/w równym 0,8:1.

### Podsumowanie

Przedstawione wyniki badań stopnia pochłaniania CO<sub>2</sub> w zawiesinach wodnych popiołów lotnych ze spalania węgla brunatnego w El. Pątnów oraz w El. Turów, potwierdzają przydatność tych popiołów do sekwestracji ditlenku węgla. Należy jednak zaznaczyć, że niestabilność składu popiołów z węgla brunatnego powoduje, że decyzję o przydatności danego popiołu do sporządzania wodnych zawiesin do sekwestracji CO<sub>2</sub> można podjąć po wykonaniu systematycznych badań szeregu prób popiołów, pobranych w różnych okresach pracy elektrowni. Wyniki pochłaniania ditlenku węgla należy uzupełnić również systematycznymi badaniami eluatów uzyskanych z zawiesin popiołowo-wodnych.

Na uwagę zasługuje fakt, że wyniki badań sekwestracji ditlenku węgla wykonywane na innych niż omawiane próbach popiołów (Uliasz-Bocheńczyk i in. 2007; Uliasz-Bocheńczyk 2009) dobrze korespondują z wynikami prezentowanymi w niniejszej pracy. Zadawalające

wyniki uzyskano również w badaniach wymywalności zanieczyszczeń z popiołów z węgla brunatnych (Uliasz-Bocheńczyk 2009, 2011).

Artykuł opracowano w ramach realizacji projektu IniTech NCBR nr ZPB/61/65832/IT2/10.

#### LITERATURA

- Baciocchi i in. 2008 – Baciocchi R., Costa G., Marini C., Polettini A., Pomi R., Postomino P., Rocca S., 2008 – Accelerated carbonation of RDF incineration bottom ash: CO<sub>2</sub> storage potential and environmental behaviour. Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Conference on Accelerated Carbonation for Environmental and Materials Engineering, 1–3 October, Roma, Italy, p. 201–210.
- Back i in. 2008 – Back M., Kühn M., Stanjek H., Peiffer S., 2008 – Reactivity of alkaline lignite fly ashes towards CO<sub>2</sub> in water. Environmental Science & Technology, 42, p. 4520–4526.
- Costa i in. 2007 – Costa G., Baciocchi R., Polettini A., Pomi R., Hills C.D., Carey P.J., 2007 – Current status and perspectives of accelerated carbonation process on municipal waste combustion residues. Environ. Monit. Assess 135, p. 55–75.
- Fernández-Bertos i in. 2004 – Fernández-Bertos M., Li X., Simons S.J.R., Hills C.D., Carey P.J., 2004 – Investigation of accelerated carbonation for the stabilization of MSW incinerator ashes and the sequestration of CO<sub>2</sub>. Green Chemistry 6(8), p. 428–436.
- Huijgen W.J.J., 2007 – Carbon dioxide sequestration by mineral carbonation. feasibility of enhanced natural weathering as a CO<sub>2</sub> emission reduction technology. Thesis, Energy Research Centre of the Netherlands. 232 p.
- Huijgen W.J.J., Comans R.N.J., 2003 – Carbon dioxide sequestration by mineral carbonation. ECN. ECN-C-03-016. www.ecn.nl.
- Huijgen W.J.J., Comans R.N.J., 2005 – Mineral CO<sub>2</sub> sequestration by carbonation of industrial residues. ECN. ECN-C-05-074. www.ecn.nl.
- IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, part 7. Mineral Carbonation and Industrial uses of Carbon Dioxide. Coordinating Lead Author: Marco Mazzotti, 2005.
- Kurdowski W., 2010 – Chemia cementu i betonu. Wyd. Polski Cement/Wyd. Naukowe PWN, Kraków/Warszawa 2010.
- Uliasz-Bocheńczyk A., Mokrzycki E., 2006 – Fly ashes from polish power plants and combined heat and power plants and conditions of their application for carbon dioxide utilization. Chemical Engineering Research and Design, vol. 84, p. 837–842.
- Uliasz-Bocheńczyk i in. 2007 – Uliasz-Bocheńczyk A. (red), Mokrzycki E., Piotrowski Z., Pomykała R., 2007 – Składowanie CO<sub>2</sub> z zawiesinami popiołowo-wodnymi pod ziemią. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- Uliasz-Bocheńczyk A., 2009 – Mineralna sekwestracja CO<sub>2</sub> w wybranych odpadach. Studia Rozprawy Monografie nr 153, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- Uliasz-Bocheńczyk A., Cempa M., 2010 – A thermodynamic model of CO<sub>2</sub> sequestration in aqueous solutions of selected waste. Gospodarka Surowcami Mineralnymi t. 26, z. 4, p. 119–132.
- Uliasz-Bocheńczyk A., 2011 – Mineralna sekwestracja CO<sub>2</sub> przy zastosowaniu zawiesin wodnych wybranych popiołów lotnych ze spalania węgla brunatnego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi t. 27, z. 1, s. 145–154.



**OCENA MOŻLIWOŚCI SEKWESTRACJI DITLENKU WĘGLA W WODNYCH ZAWIESINACH  
WYBRANYCH POPIOŁÓW LOTNYCH**

## Słowa kluczowe

Popioły lotne ze spalania węgla brunatnego, mineralna sekwestracja CO<sub>2</sub>, pochłanianie

## Streszczenie

Energetyka zawodowa jest największym emitentem antropogenicznego ditlenku węgla. Podstawowymi paliwami w Polsce są paliwa stałe – węgiel kamienny oraz węgiel brunatny, w procesach spalania których powstają znaczne ilości odpadów, głównie popiołów lotnych. Popioły z węgla brunatnego, ze względu na skład chemiczny i fazowy, a tym samym właściwości, mają dotychczas ograniczone zastosowanie gospodarcze. Jedną z możliwości ich wykorzystania jest mineralna sekwestracja ditlenku węgla, ze względu na relatywnie dużą zawartość aktywnych CaO i MgO, które mogą reagować z ditlenkiem węgla w zawiesinach wodnych. W artykule przedstawiono teoretyczną pojemność związania oraz wyniki badań pochłaniania CO<sub>2</sub> przez zawiesiny popiołowo-wodne sporządzone z popiołów lotnych ze spalania węgla brunatnego z El. Pątnów i El. Turów. Obliczona dla badanych popiołów maksymalna teoretyczna pojemność związania ditlenku węgla wyniosła odpowiednio: 14% dla popiołów z El. Pątnów oraz 14,4% dla popiołów z El. Turów. Badania wykazały, że najwięcej CO<sub>2</sub> – 8,15 g/100 g popiołu – zostało pochłonięte przez zawiesiny sporządzone z popiołu fluidalnego z El. Turów o stosunku masowym popiołu do wody wynoszącym 0,8:1. W przypadku popiołu z El. Pątnów pochłanianie było mniejsze i wyniosło maksymalnie 8,7 g CO<sub>2</sub>/100 g popiołu. Największy przyrost pochłaniania CO<sub>2</sub> obserwowano w pierwszych 30 minutach prowadzenia procesu karbonatyzacji w zawiesinach popiołu lotnego z El. Pątnów i pierwszych 15 minutach w zawiesinach popiołu lotnego z El. Turów. Po tym czasie pochłanianie wzrastało już powoli. Stwierdzono wzrost temperatury w komorach instalacji, potwierdzający zachodzenie procesu karbonatyzacji oraz jej endotermiczny charakter. Najwyższą temperaturę – 44,8°C zarejestrowano w zawieszynie popiołów z El. Turów o stosunku popiołu do wody – 0,8:1, w której stwierdzono również największe pochłanianie CO<sub>2</sub>. Przedstawione wyniki badań potwierdzają przydatność tych popiołów do sekwestracji ditlenku węgla.

**EVALUATION OF THE POSSIBILITIES OF SEQUESTRATION OF CARBON DIOXIDE IN AQUEOUS SUSPENSIONS  
OF SELECTED FLY ASH**

## Key words

Fly ashes from the combustion of lignite coal, CO<sub>2</sub> mineral sequestration, CO<sub>2</sub> absorption

## Abstract

Power production is the largest source of emissions of anthropogenic carbon dioxide. The main fuels in Poland are solid fuels – hard coal and lignite. Their combustion produces large quantities of waste, primarily fly ash. The ashes from lignite, due to the chemical and phase composition, and thus their properties, have – so far – limited economic use. Among their possible applications is the use of mineral sequestration of carbon dioxide – this is the result of their relatively high content of active CaO and MgO, which can react with carbon dioxide in aqueous suspensions. The paper presents maximum theoretical capacity of CO<sub>2</sub> bonding for examined fly ashes and the results of the research on absorption of CO<sub>2</sub> by the ash-water suspensions from fly ash resulting from the combustion of lignite from Pątnów and Turów power plants. Calculated for the examined fly ashes maximum theoretical capacity of CO<sub>2</sub> bonding amounted to 14% for the ashes from Pątnów power plant and 14.4% for the fly ashes from Turów power plant. Studies have shown that most CO<sub>2</sub> – 8.15 g/100 g of ash, was absorbed by suspension with ashes from Turów power plant with a mass ratio of ash to water of at 0.8:1. In the case of ash from Pątnów power plant absorption was lower and amounted to a maximum – 8.7 g CO<sub>2</sub>/100 g ash. The largest increase

CO<sub>2</sub> absorption was observed in the first 30 minutes of carbonation in the suspensions of fly ash from Pątnów power plant and the first 15 minutes in suspensions of fly ash from Turów power plant. After this time, the absorption has increased slowly. An increase in temperature in the chamber system, confirming the occurrence of the process of carbonation and its endothermic character. The highest temperature – 44.8°C recorded in the suspension with ashes from Turów power plant, which has also the greatest absorption of CO<sub>2</sub>. The results confirm the usefulness of these ashes to sequester carbon dioxide.