

Iwona JELONEK, Beata ŚMIEJA-KRÓL
Uniwersytet Śląski, Sosnowiec

WYBRANE WŁASNOŚCI PETROGRAFICZNE WĘGLA Z POKŁADU 209 WARSTW ŁAZISKICH W OBSZARZE KOPALNI JAWORZNO

Streszczenie. Do badań wybrano pokład 209 warstw łaziskich należący do krakowskiej serii piaskowcowej karbonu produktywnego w GZW. Wykonano następujące analizy: macerałową, refleksyjność witrinitu, fizykochemiczną oraz termiczną i na ich podstawie omówiono własności węgla w tym pokładzie.

SELECTED PETROGRAPHIC PROPERTIES OF THE COAL SEAM NO 209 (ŁAZISKA BEDS) FROM JAWORZNO MINE

Summary. The subject of investigations is No 209 coal seam of Łaziska member (Westphalian C) from the Jaworzno mine. Altogether, 12 samples have been collected throughout the seam profile and each of them was subjected to: vitrinite reflectance, maceral group, proximate and ultimate as well as to the thermographic analyses. The results were used for the discussion on the seam characterization.

1. Wprowadzenie

Pokłady łaziskie należą do krakowskiej serii piaskowcowej karbonu produktywnego w GZW, młodsze od nich są tylko warstwy libiąskie występujące i eksploatowane w kopalni Janina (Dembowski Z.1972; Bukowy S., Jachowicz A.1985; Gmur D., Kwiecińska B.2002).

2. Materiały i metodyka badań

Do badań pobrano próbkę słupową o szerokości i głębokości 30 × 30 cm wyciętą z calizny pokładu, oznaczając kolejno odcinki z zaznaczeniem płaszczyzny górnej. W ten sposób uzyskano z pokładu 209, którego miąższość wynosi 3,92 m, trzydzieści dwie próbki wyjściowe. Następnie wykonano szczegółowy profil makroskopowy i na jego podstawie wydzielono 12 próbek cząstkowych, które stanowiły podstawę materiału badawczego.

Analizę macerałów w świetle białym wykonano na mikroskopie AXIOPLAN 2 firmy ZEISS z dostawianym stolikiem integracyjnym marki SWIFT, stosując metodę immersji olejowej przy powiększeniu 500×. Analizę zawartości grup maceralnych dokonano na wypolerowanej powierzchni zglądu ziarnowego w 500 punktach wyznaczonych na przecięciu krzyża nitkowego umieszczonego w okularze. Podczas analizy, stosując klasyfikację zalecaną przez ICCP (1994), wydzielono 21 macerałów z grup wityrnytu, liptynitu i inertynitu. Macerały opisano szczegółowo zwracając uwagę na barwę, zdolność refleksyjną, morfologię, relief oraz stopień zachowania.

Analiza refleksyjności została wykonana w świetle odbitym w immersji olejowej z zastosowaniem filtra interferencyjnego o długości fali świetlnej $\lambda = 546$ nm. Pomiarów dokonano na powierzchni kolotelinitu, zgodnie z obowiązującą normą PN-ISO 7404 -5:2002. Na każdej próbce wykonano 100 pomiarów, przesuwając preparat automatycznie za pomocą stolika integracyjnego.

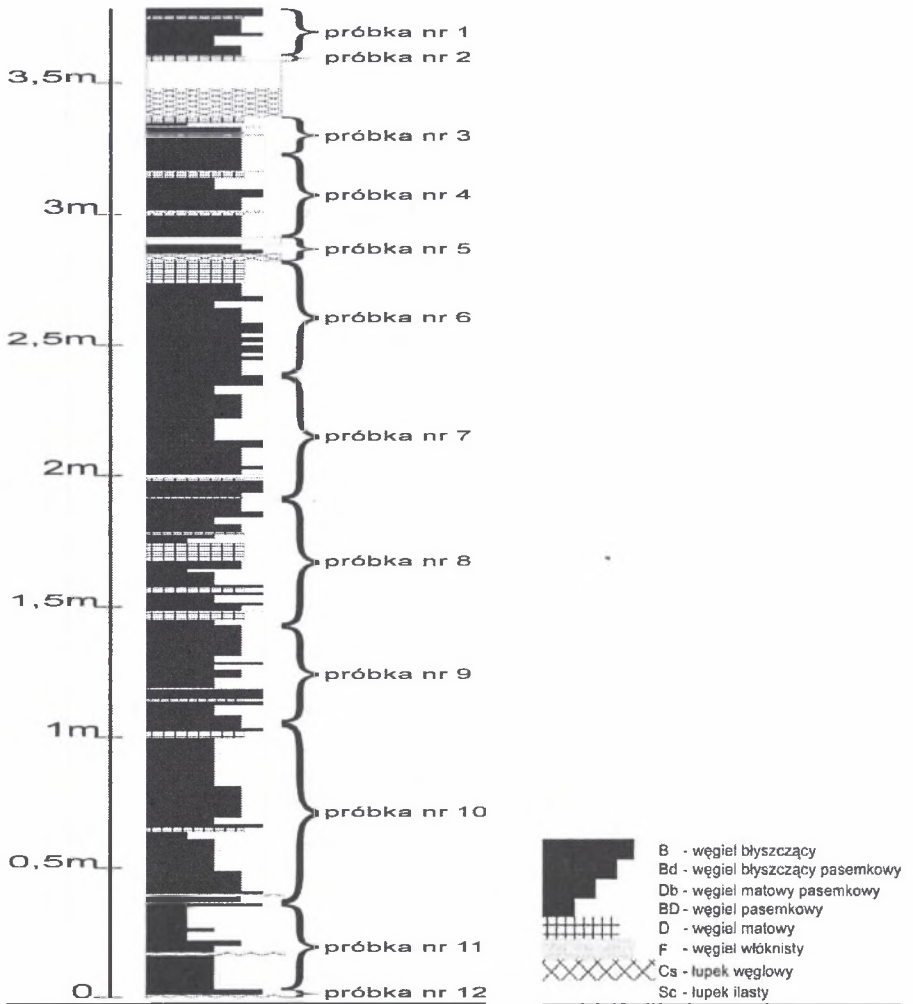
Analiza fizykochemiczna wykonana została w Laboratorium Chemii Analitycznej w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Gospodarki Energetycznej w Katowicach, zgodnie z obowiązującą normą PN – 80/G – 04512.

Analizy termiczne wykonano na derywatografie Q 1500, typu Paulik-Paulik-Erdey firmy MOM, który umożliwia jednoczesną rejestrację efektów energetycznych (krzywa DTA) i zmian wagowych (TG, DTG). Analizy zostały wykonane w jednakowych warunkach z zachowaniem zaleceń Cebulaka i Langier-Kuźniarowej (1997). Niewielkie ilości próbek zostały rozdrobnione przez ucieranie z Al_2O_3 w stosunku 1:3 w korundowym moździerzku przez 15 minut. Masa analizowanej próbki wynosiła 30 mg. Jako pojemnik został zastosowany zestaw czterech małych talerzyków platynowych osadzonych na wspólnym trzonie. Szybkość grzania była stała i wynosiła 10°/min. Stosowano czułość względną DTA i DTG odpowiednio 1/5 i 1/10 oraz czułość TG wynoszącą 50 mg. Zastosowano dynamiczną

atmosferę powietrza z ssaniem w nieuszczelnej komorze pieca (o pojemności 270 cm³) z szybkością 2 l/min.

3. Wyniki badań

Pokład 209 ma grubość 3,92m. Węgiel w nim jest warstwowany. Rysunek nr 1 przedstawia rozmieszczenie poszczególnych litotypów w pokładzie.



Rys. 1. Rozmieszczenie litotypów w pokładzie

Fig. 1. Lithotype compositions of studied coal seams

W pokładzie 209 występują warstwy łupku ilastego. Jedna na głębokości 3,85 m od spągu pokładu i grubości 10,5 cm; poniżej na głębokości 2,9 m od spągu pokładu występuje warstwa o miąższości ok. 3 cm.

Tablica 1

Zawartość liptynit, wityritu, inertynitu
i materii mineralnej – analiza w świetle białym

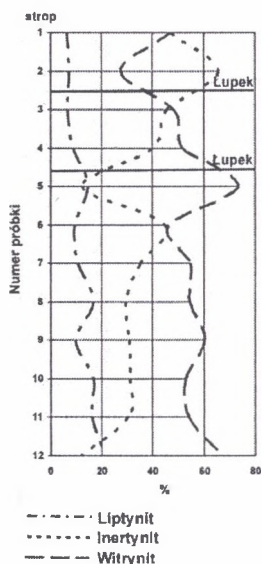
Numer próbki	Liptynit %	Wityrit %	Inertynit %	Materia mineralna %
1	6	46,2	46	1,8
2	6,8	26,6	63,6	3
3	6,2	46,4	43,6	3,8
4	8,4	51	39	1,6
5	13,6	69	11,6	5,8
6	8,8	43,8	42,4	5
7	10,2	53,2	34,2	2,4
8	16	52	27,8	4,2
9	8,8	56,4	28,6	6,2
10	16	51,2	30	2,8
11	15	51	28,8	5,2
12	14,4	46,2	8,4	31

Zawartość poszczególnych macerałów w świetle białym wykazała (tabl. 1; rys. 2), iż w profilu pokładu mają przewagę macerały z grupy wityritu (26,6–69%), następną liczną grupą jest inertynit (8,4–63,6%), który w próbce nr 2 osiąga wartość wyższą od wityritu. Udział macerałów grupy liptynit wahał się w granicach od 6 % do 16 %. Materia mineralna zawiera się w przedziale od 1,6 % do 31 %.

Pomiary refleksyjności wityritu dostarczyły danych na temat wartości średniej odbicia światła i odchylenia standardowego, które wykazały niewielką zmienność w poszczególnych próbkach. Dla każdej z próbek wykonano reflektogram (rys. 3). Najniższa wartość refleksyjności wynosi 0,35 %, a najwyższa 0,58 %. Średnia refleksyjność badanych węgli mieści się w zakresie od 0,43 % do 0,49 %.

Wyniki analizy fizykochemicznej przedstawiono w tablicy 2.

Zawartość wilgoci analitycznej W^a zmienia się w zakresie od 2,12 % do 8,02 %. Wartość średnia wynosi 6,5 %.



Rys.2. Zmienność ilościowa liptynitów, wityrynitów, inertynitów, obserwowana w świetle białym
 Fig. 2. Content liptinite, vitrinite, inertinite in incident white light

Wilgoć całkowita W_t^r zmienia się w zakresie ok. 3 %. Odstępstwem jest próbka nr 12 o zawartości niższej od pozostałych próbek w zakresie ok. 6 %. Taka różnica powstała najprawdopodobniej z powodu iż w sąsiedztwie występują przerosty łupku węglowego. Średnia wartość W_t^r wynosi 14,1 %.

Zawartość popiołu A^a mieści się w zakresie od 5,07 % do 56,41 %. Średnia zawartość popiołu wynosi 11,6 %.

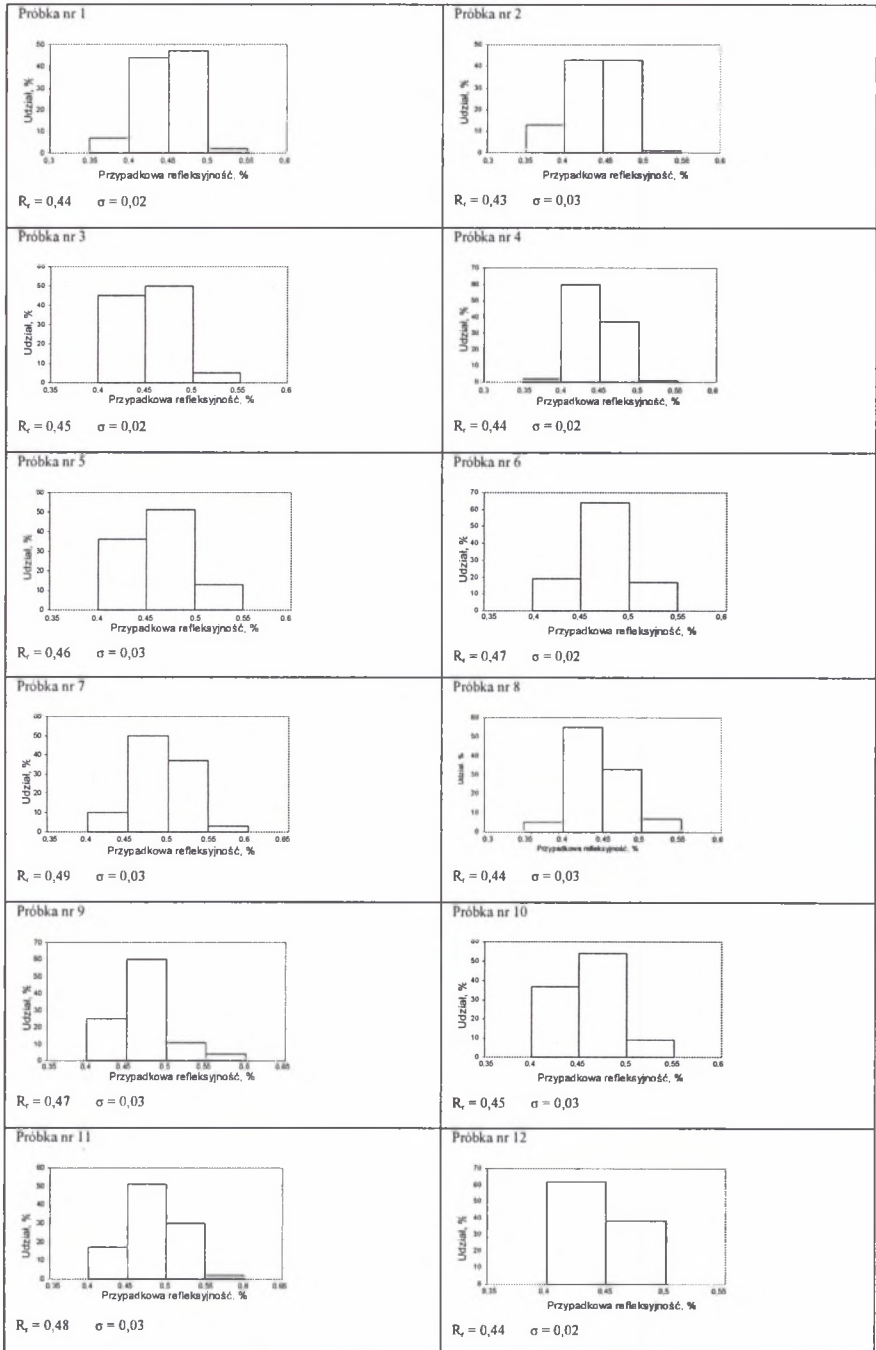
Siarka występuje w przedziale od 0,71 % do 3,54 %, wartość średnia to 1,9 %.

Najmniejsza zawartość części lotnych V^{daf} wynosi 29,8 %, a największa 49,77 %. Wartość średnia V^{daf} wynosi 36,7 %.

Ciepło spalania Q_s^{daf} badanych węgli mieści się w zakresie od 24,2 MJ/kg do 29,1 MJ/kg. Średnia Q_s^{daf} wynosi 27,6 MJ/kg.

Analiza elementarna: zawartość pierwiastka węgla C^{daf} mieści się w zakresie od 57,43 % do 73,94 %. Niska zawartość pierwiastka węgla w próbce nr 12 (57,43 %) powstała najprawdopodobniej z powodu występujących w sąsiedztwie przerostów łupków węglowych. Wartość średnia C^{daf} wynosi 70,5 %.

Zawartość wodoru H^{daf} waha się w węższym zakresie i wynosi od 5,42 % do 6,23 %, gdzie wartość średnia wynosi 5,7 %.



Rys. 3. Reflektogramy dla pokładu 209

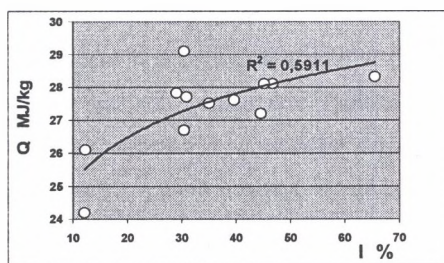
Fig. 3. Reflectograms of coal from the seam No 209

Tablica 2

Analiza fizykochemiczna

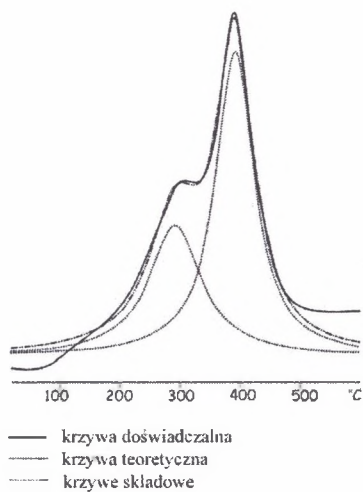
Nr próbki	W_1^t [%]	W^a [%]	A^a [%]	S_1^a [%]	V^{daf} [%]	Q_s^{daf} [MJ/kg]	C^{daf} [%]	H^{daf} [%]
1	13,31	6,18	5,07	1,73	34,22	28,1	71,97	5,42
2	13,09	5,94	6,90	1,03	29,8	28,3	70,79	5,49
3	12,45	2,29	21,19	1,31	33,25	28,1	67,37	5,53
4	16,07	7,57	7,44	1,43	33,73	27,6	70,71	5,51
5	15,10	8,02	20,82	0,93	40,14	26,1	67,46	5,52
6	15,34	7,07	10,64	2,03	32,00	27,2	69,62	5,61
7	14,62	6,38	8,54	1,41	33,89	27,5	69,12	5,5
8	13,04	7,19	11,73	1,17	40,41	27,8	71,14	5,51
9	14,00	7,03	18,21	3,09	37,55	26,7	69,83	5,78
10	14,39	7,45	9,42	2,05	38,58	27,7	71,68	6,23
11	13,09	4,07	9,63	3,54	41,36	29,1	73,94	5,68
12	6,62	2,12	56,41	0,71	49,77	24,2	57,43	5,64
*Wartość średnia	14,1	6,5	11,6	1,9	36,7	27,6	70,5	5,7
Wartość min	6,62	2,12	5,07	0,71	29,8	24,2	57,43	5,42
Wartość max	16,07	8,02	56,41	3,54	49,77	29,1	73,94	6,23

Objaśnienia: W_1^t – zawartość wilgoci całkowitej w stanie roboczym, W^a – zawartość wilgoci analitycznej, A^a – zawartość popiołu w stanie analitycznym, S_1^a – zawartość siarki całkowitej w stanie analitycznym, V^{daf} – zawartość części lotnych w stanie suchym i bezpopiołowym, Q_s^{daf} – ciepło spalania w stanie suchym i bezpopiołowym, C^{daf} – węgiel w stanie suchym i bezpopiołowym, H^{daf} – wodór w stanie suchym bezpopiołowym; *wartość średnia obliczona z uwzględnieniem grubości warstwek, z których pobrano poszczególne próbki



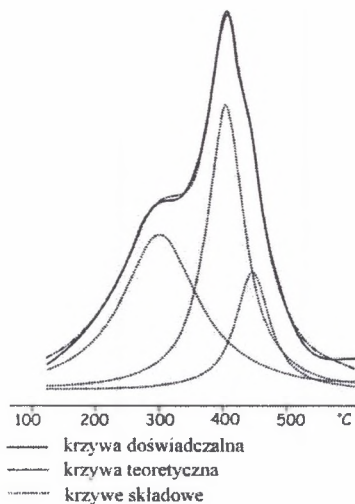
Rys. 4. Korelacja pomiędzy inertynitem, a ciepłem spalania

Fig. 4. The correlation between inertinite (%) and calorific value MJ (m, af)



Rys. 5. Krzywa DTA próbki nr 5 i propozycja jej rozłożenia

Fig. 5. Decomposition of DTA curve of sample 5



Rys. 6. Krzywa DTA próbki nr 3 i propozycja jej rozłożenia

Fig. 6. Decomposition of DTA curve of sample 3

Wyniki otrzymane za pomocą analizy termicznej zostały podsumowane w tabelicy 3. Proces spalania badanych węgli jest dwuetapowy (rys. 5). Maksimum pierwszego etapu, w którym dochodzi do reakcji egzotermicznych ma miejsce w przedziale temperatur 290–320 °C. Ubytek masy przypadający na ten etap to 19 do 28 % substancji węglowej. Maksimum drugiego, głównego etapu zawiera się w przedziale 370–440 °C. W tym etapie ulega spalaniu przeważająca część substancji węglowej (72–80 %). Dla próbek 2, 3, 6, 9 i 11 na podstawie kształtu krzywych DTA i DTG w obrębie drugiego etapu można wyróżnić przynajmniej dwie odrębne reakcje egzotermiczne (rys. 6). W próbce nr 2 i 11 dodatkowa reakcja ma miejsce w temperaturze poprzedzającej maksimum drugiego etapu. W pozostałych próbkach (3, 6 i 9) występuje po stronie wyższych temperatur. Podwyższoną zawartością macerałów z grupy inertynitu w próbce nr 2 można tłumaczyć wysoką, w porównaniu do pozostałych próbek, temperaturę maksimum drugiego etapu. Proces spalania w analizowanych próbkach zostaje zakończony w zakresie temperatur 510–535 °C. Wyjątek stanowi próbka nr 11, dla której koniec procesu spalania został zarejestrowany w temperaturze 600 °C.

Analiza termiczna nie wykazała dla badanych węgli przyrostu masy w przedziale temperatur poprzedzającym bezpośrednio proces spalania. Przyrost masy próbki

spowodowany chemisorpcją tlenu na powierzchni materii organicznej jest częstą cechą obserwowaną dla różnych typów węgla (Benfell et al., 1996; Cebulak et al., 2005).

Tablica 3
Wartości charakteryzujące proces spalania węgla z pokładu 209

Nr próbki	I etap		II etap		koniec procesu spalania [°C]
	maksimum [°C]	udział węgla [%]	maksimum [°C]	udział węgla [%]	
1	320	25,9	415	74,1	520
2	305	19,6	400, 420	80,4	525
3	305	24,4	405, 440	75,6	535
4	305	22,6	405	77,4	525
5	300	27,3	390	72,7	510
6	305	28,0	395, 415	72,0	520
7	295	26,4	380	73,6	520
8	290	28,3	380	71,7	520
9	295	23,4	370, 410	76,6	510
10	300	22,7	410	77,3	520
11	300	25,0	370, 440	75,0	600
12	305	24,4	400	75,6	520
wartość średnia	302	24,8	401¹	75,2	527
odchylenie standardowe	7,5	2,5	19,5 ¹	2,5	23,9

¹dotyczy wartości głównej

4. Podsumowanie i wnioski

Węgłe występujące w profilu pokładu 209 cechuje zmienność składu petrograficznego. Makroskopowo dominuje węgiel błyszczący pasemkowy, a mniejszych proporcjach występuje węgiel matowy pasemkowy. Węgiel włóknisty i przerosty występują

akcesorycznie. Wartości refleksyjności w profilu pokładu są wyrównane, a średnia wynosi, 0,46 % R_r , co w klasyfikacji międzynarodowej ECE (1998) odpowiada nisko uwęglonym węglom subbitumicznym. Zawartość liptynitów jest najwyższa w strefie spągowej pokładu (rys. 2; tabl. 2) stopniowo maleje w kierunku stropu. Ilościowe występowanie witynitów i inertynitów jest bardziej skomplikowane. Zawartość inertynitów, wysoka przy spągu pokładu, gwałtownie spada tuż pod spągiem pierwszego przerostu łupku ilastego, by następnie znów wzrosnąć powyżej 2 poziomu łupku i znów ulec redukcji pod stropem pokładu. Przebieg wykresu zawartości witynitów jest lustrzanym odbiciem linii inertynitów (rys. 2). Zmiany te wskazują na duże wahania poziomu lustra wody w fazie biochemicznej. Jednak dokładne odtworzenie rozwoju osadu organicznego w pokładzie 209 w fazie biochemicznej wymaga dodatkowych, szczegółowych studiów, popartych badaniami geochemicznymi i palinologicznymi

Analiza fizykochemiczna wykazała, że są to węgle bogate w części lotne i wodór, szczególnie w partii przyspągowej (próbki 10, 11 i 12), która charakteryzuje również podwyższoną zawartością liptynitów i witynitów, a także podwyższonymi wartościami temperatury maksimum drugiego etapu spalania w trakcie analizy termicznej. Węgiel w badanym pokładzie jest silnie, a w niektórych warstwach nawet bardzo silnie zsiarczony (tabl. 2). Omawiane węgle charakteryzują się dość wysokim jak na ich stopień uwęglenia ciepłem spalania (tabl. 2), na które między innymi wydaje się wpływać zawartość inertynitów (rys. 4).

Wyniki analizy termicznej nie korelują się w sposób wyraźny z wynikami petrograficznymi. Można jedynie przypuszczać, że złożony charakter drugiego etapu spalania wiąże się ze zróżnicowaną odpornością na termoutlenianie poszczególnych macerałów. Wymaga to jednak dalszych intensywnych badań.

Brak przyrostu masy badanych próbek w temperaturach poprzedzających bezpośrednio proces spalania świadczy, że omawiane węgle nie powodują ryzyka samozapalenia na składowiskach i w transporcie.

LITERATURA

1. Benfell K. E., Beamish B. B., Rodgers K. A.: Thermogravimetric analytical procedures for characterizing New Zealand and Eastern Australian coals. *Thermochimica Acta* 286, s. 67-74. 1996.
2. Cebulak S., Langer-Kuźniarowa A.: Application of oxyreactive thermal analysis to the examination of organic matter associated with rocks. *Journal of Thermal Analysis* 50, s. 175-190. 1997.
3. Cebulak S., Smieja-Król B., Tabor A., Misz M., Jelonek I., Jelonek Z.: Oksyreaktywna Analiza Termiczna (OTA) – dobra i tania metoda oceny samozapalności węgla na składowiskach – wstępne wyniki badań. W: *Geologia i zagadnienia ochrony środowiska w regionie górnośląskim* (ed. Jureczko i in.), materiały konferencyjne LXXVI Zjazdu Naukowego PTG. 2005.
4. Bukowy S., Jachowicz A.: Tektonika Górnośląskiego Zagłębia Węglowego: Podstawy stratygrafii i tektoniki. Uniwersytet Śląski, Sosnowiec, s. 9-15. 1985.
5. Gmur D., Kwiecińska B.: Facies analysis of coal seams from the Cracow Sandstone Series of the Upper Silesia Coal Basin, Poland. *J. of Coal Geology* 52, s. 29-44. 2002.
6. Dembowski Z.: Krakowska seria piaskowcowa Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Prace Instytutu Geologicznego, Tom LXI. Wyd. Geologiczne, Warszawa, s. 509-531. 1972.*
7. ICCP. The New vitrinite classification (ICCP System 1994). *Fuel* 77, 349 – 358. 1998.
8. ICCP, The New inertinite classification (ICCP System 1994). *Fuel* 80, 459 – 471. 2001.
9. Polska Norma (1980) PN – 80/G – 04512: Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości popiołu metodą wagową.
10. Polska Norma (2002) PN – ISO 7404-5: Metody analizy petrograficznej węgla kamiennego (bitumicznego) i antracytu . Cz. 5: Metoda mikroskopowa oznaczania refleksyjności witynitów.

Recenzent: Dr hab. inż. Bronisława Hanak prof. nzw. w Pol. Śl.