ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2002
Seria: GÓRNICTWO z. 254 Nr kol. 1563

Krystian PROBIERZ, Adam ZAJĄC
Politechnika Śląska, Gliwice

ZAWARTOŚĆ ALKALIÓW W WĘGLU KOKSOWYM POKŁADU 361 KWK „PNIÓWEK" (SW CZĘŚĆ GZW)

Streszczenie. Przedstawiono zmiany jakości węgla koksowego w pokładzie 361 KWK „Pniówek" w obrębie monokliny Zofiówki (SW część GZW). Zwrócono szczególną uwagę na udział alkaliów ($Na_2O + K_2O$), składnika szkodliwego w węglu koksowym.

Sporządzono mapy zmian podstawowych parametrów jakości węgla, a także zawartości alkaliów. Przedstawiono związki korelacyjne pomiędzy zawartością alkaliów a innymi parametrami jakości węgli z tego pokładu.

THE ALKALI CONTENTS IN COKING COAL OF THE SEAM 361 OF "PNIÓWEK" COAL MINE (SW THE PART OF USCB)

Summary. The paper presents the quality changes of coking coal in the seam 361 of "Pniówek" coal mine, located in the area of monocline Zofiówka (SW the part of USCB). Mine attention was given to the alkali contents ($Na_2O + K_2O$), harmful component in the coking coal. The maps of the changes basic quality coal's parameters and alkali contens were made.

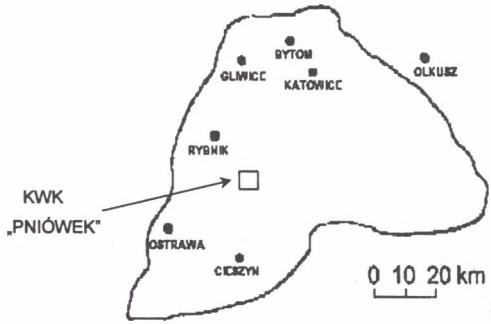
The paper also presents the correlation between alkali contents and others coal's quality parametrs in the research seam.

1. Wstęp

Badania wchodzące w zakres niniejszej pracy wykonano dla pokładu 361 kopalni „Pniówek", zlokalizowanej w obrębie monokliny Zofiówki, w południowo–zachodniej części GZW (rys. 1).

W złożu kopalni „Pniówek", której żywotność przy obecnej wielkości wydobycia szacowana jest co najmniej do roku 2025, dominują węgle koksujące stanowiące 100% w grupie zasobów bilansowych (głównie węgle ortokoksowe, podtypu 35.1). Nabiera to

szczególnego znaczenia w odniesieniu do aktualnego deficytu węgla koksowego na rynkach światowych, zwłaszcza węgla ortokoksowego (tzw. klasa hard).



Rys. 1. Lokalizacja kopalni „Pniówek" na tle GZW
Fig. 1. Localization of mine „Pniówek" on the USCB

Pokład 361 wybrano do badań ze względu na jego długotrwałą przewidywaną eksploatację, planowaną do 2010 roku [8,9], znaczne zmiany jakości tego węgla, jak również z uwagi na brak szczegółowych opracowań i analiz jakości węgla tego pokładu (w tym także zawartości alkaliów, jako składnika szkodliwego występującego w węglu koksowym).

Analizując opracowania literaturowe na temat składników mineralnych w węglu, można stwierdzić, że niektóre spośród tych składników mogą korzystnie wpływać na procesy jego koksowania, natomiast inne składniki mają niekorzystny wpływ na te procesy.

Do korzystnych składników mineralnych w węglu koksowym głównie zaliczyć można związki żelaza, w określonym zakresie oczywiście, zawarte w jego substancji mineralnej [2,3], natomiast do niekorzystnych składników mineralnych w tym węglu, oprócz związków zawierających w swoim składzie chlor, fosfor, siarkę, zaliczyć można również alkalia (Na_2O+K_2O) [1].

Alkalia mogą występować w węglu kamiennym w skutek procesów syngenetycznych, jak również epigenetycznych. Syngenetycznie sód i potas występować może w postaci pierwiastków związanych fizjologicznie z tkanką różnego rodzaju uwęglonych roślin, pierwiastków bądź ich związków naniesionych do torfowisk przez wody lub wiatr z sąsiednich obszarów, jak również pierwiastków chemicznych lub ich związków, które wytrąciły się lub tworzyły w torfowisku. Epigenetycznie sód i potas występować mogą w węglu kamiennym w skutek kontaktu ze słonymi wodami wód podziemnych [2,4].

Związki chemiczne sodu i potasu zawarte w węglu koksowym, powstałe w różnych procesach jego genezy, mogą występować w postaci glinokrzemianów, chlorków, siarczanów i huminianów. W procesie koksowania tego węgla część sodu i potasu zawartych

w chlorkach, siarczanach i huminianach ulega uwolnieniu i w postaci lotnych produktów rozkładu tych związków wpływa destruktywnie na ceramiczne wykładziny urządzeń technologicznych. W wyniku oddziaływania par metali alkalicznych z wymurówką wielkiego pieca powstają nowe związki o zwiększonej objętości (tzw „nalepy"), powodujące pękanie, a w końcu całkowite zniszczenie wymurówki ogniotrwałej wielkiego pieca. W produktach spalania węgla koksowego i w koksie pozostają alkalia związane z glinokrzemianami. Duże zawartości alkaliów w koksie (raczej związki potasu niż sodu) powodują wzrost jego reaktywności wobec CO_2 oraz spadek wytrzymałości mechanicznej, powodując podatność koksu na ścieranie [1,10].

Wobec znaczenia przedstawionego problemu występowania szkodliwych alkaliów w węglu koksowym, autorzy określając jakość węgla w pokładzie 361 kopalni „Pniówek", zwrócili szczególną uwagą na udział alkaliów.

Ocenę jakości węgla badanego pokładu dokonano na podstawie sporządzonych map podstawowych parametrów jakości węgla, tj.: mapy zawartości popiołu (A^d), części lotnych (V^{daf}), ciepła spalania (Q_s^{daf}), spiekalności (RI), dylatacji (b), siarki całkowitej (S_t^d).

Poddając szczegółowej analizie zawartość alkaliów w węglu pokładu 361 sporządzono mapy procentowej zawartości Na_2O, K_2O i Na_2O+K_2O, jak również przeprowadzono próby korelacji Na_2O, K_2O oraz Na_2O+K_2O, zawartych w węglu tego pokładu, względem wybranych parametrów jakości (W^a, A^d, V^{daf}, Q_s^{daf}, RI, SI, a, b, C_o^{daf}, H_o^{daf}), jak również względem miąższości i głębokości zalegania spągu pokładu. Korelację przeprowadzono za pomocą programu komputerowego Statistica.

Mapy zawartości alkaliów w badanym pokładzie, w porównaniu do podstawowych parametrów jakości węgla, wykonano na podstawie niewielkiej ilości dostępnych wyników analiz [8,9], jak również analiz własnych. Wiąże się to z brakiem konieczności wykonywania takich analiz, jednakże zwiększone wymagania odbiorców zmieniają ten stan rzeczy.

2. Charakterystyka jakości węgla pokładu 361

Wyniki analiz węgla pochodzące z próbek bruzdowych i otworów wiertniczych, zlokalizowanych w przedziałach głębokościowych od – 232,3 m p.p.m. do – 899,6 m p.p.m., pozwoliły stwierdzić występowanie węgla głównie podtypu 35.1 oraz lokalnie wystąpienie typu 34, podtypu 34.1, 34.2, 35.2A, 35.2B, jak również podtypu 32.1.

Rozmieszczenie wybranych parametrów jakości węgla (A^d, V^{daf}, Q_s^{daf}, RI, b, S_t^d, Na_2O, K_2O, $Na_2O + K_2O$) na mapach przedstawiono na rys. 2 i 4, natomiast zbiorcze zestawienie skrajnych i średnich wartości poszczególnych parametrów jakości węgla oraz głębokości zalegania spągu pokładu przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zbiorcze zestawienie skrajnych i średnich wartości poszczególnych parametrów jakości węgla pokładu 361

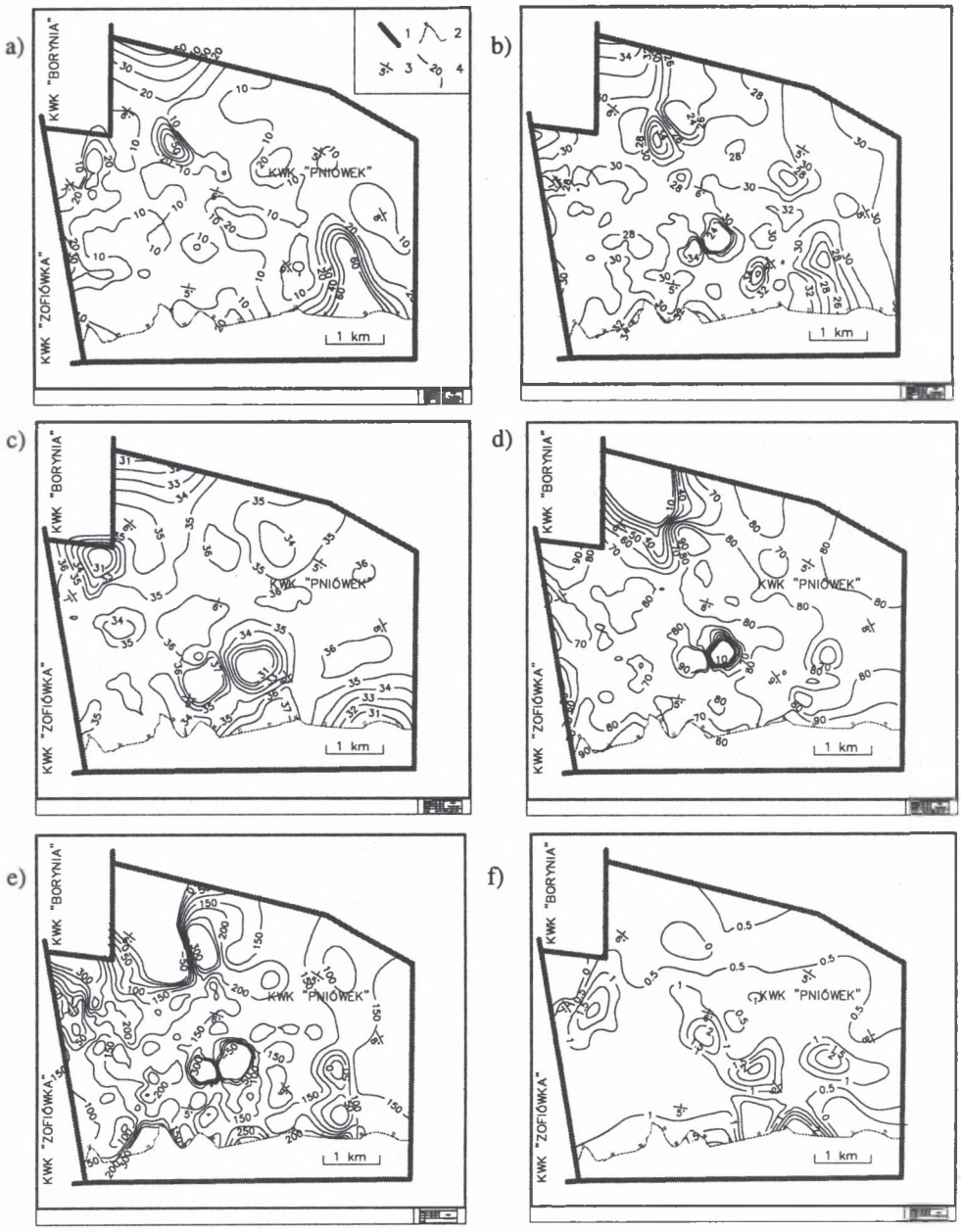
Wartość parametru	Gł. spągu pokładu	Wskaźniki analizy technicznej				Wskaźniki własności koksowniczych				Wskaźniki analizy elementarnej			Składniki popiołów		
		W^a	A^d	V^{daf}	Q_s^{daf}	RI	SI	a	b	C_o^{daf}	H_o^{daf}	S_t^d	Na_2O	K_2O	* $Na_2O + K_2O$
	m p.p.m.	%	%	%	MJ/kg			%	%	%	%	%	%	%	%
max	-899,6	1,8	58,1	38,2	36,3	90,0	9,0	47,0	+284,0	86,1	5,8	2,2	6,6	3,8	8,5
śr.	-497,4	1,1	8,8	29,7	35,6	78,0	8,5	33,0	+140,0	71,2	5,4	0,7	0,9	2,1	3,3
min	-232,3	0,6	3,1	24,7	31,2	19,0	4,5	20,0	-15,0	67,1	4,6	0,1	0,3	0,5	0,9

* suma Na_2O+K_2O liczona dla indywidualnych próbek.

Jak wynika z tabeli 1 i rys 2a, zawartość popiołu (A^d) charakteryzuje się wyraźną zmiennością w badanym pokładzie, wahając się w granicach od 3,1 do 58,1%, przy stosunkowo niskiej średniej zawartości wynoszącej 8,8%. Rozkład izolinii tego parametru wyraźnie obrazuje na ogół niską jego zawartość, szczególnie w SW i centralnej części kopalni. Wysokie zawartości popiołu występują natomiast lokalnie, głównie w SE i NW części obszaru badań.

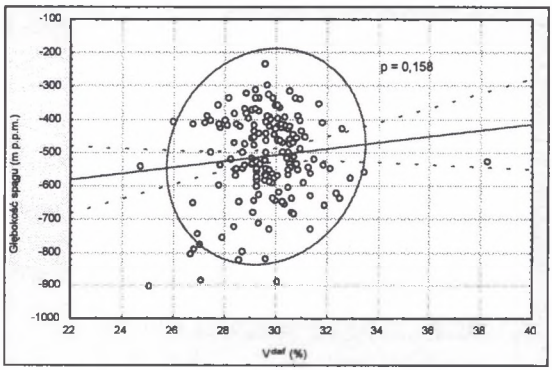
Części lotne (V^{daf}) również charakteryzują się dużą zmiennością zawartości tego parametru, wahając się w granicach od 24,7% do 38,2%, przy średniej zawartości 29,7%. Rozkład izolinii tego parametru (izowoli) nie wykazuje związku z ułożeniem pokładu.

Analizując zawartości części lotnych węgla w pokładzie 361 względem głębokości zalegania jego spągu, stwierdzono wyraźny brak oddziaływania tzw. reguły Hilta. Wzrostowi głębokości występowania pokładu nie towarzyszy odpowiadający mu spadek zawartości V^{daf}. Zmiany zawartości części lotnych względem głębokości spągu badanego pokładu przedstawiono na wykresie zależności V^{daf} od głębokości (rys. 3).



Rys. 2. Mapy zawartości popiołu (a), części lotnych (b), ciepła spalania (c), spiekalności (d), dylatacji (e) i siarki całkowitej (f) węgla pokładu 361
Objaśnienia: 1 - granice obszaru górniczego, 2 - wychodnie pokładu, 3 - rozciągłość i upad pokładu, 4 - izolinie poszczególnych parametrów

Fig. 2. The maps of ash contents (a), volatile matter (b), combustion heat (c), caking power (d), dilatometr test (e) and total sulphur (f) of the coal seams 361
Explanations: 1 - boundaries of mining area, 2 - outcrops of coal seams, 3 - strike and dip of the seam, 4 - isolines of individual parameters



Rys. 3. Wykres korelacji zawartości części lotnych (V^{daf}) względem głębokości zalegania spągu pokładu 361

Fig. 3. The graph correlation volatile matter contents (V^{daf}) with respect to the depth of seam 361 occurrence

Brak korelacji pomiędzy przedstawionymi na rys. 3 parametrami potwierdza również wartość współczynnika (p) tej korelacji, który przekroczył ponad trzykrotnie dopuszczalną wartość.

Przedstawione trendy zmian zawartości części lotnych z głębokością zalegania spągu pokładu 361 mogą być spowodowane, jak już wcześniej sugerowano [6,7], nie tylko czynnikami metamorfizmu regionalnego, ale także przejawem metamorfizmu kontaktowo – termalnego zaobserwowanego w SW części GZW.

Wartości ciepła spalania (Q_s^{daf}) w badanym pokładzie wahają się w granicach od 31,2 do 36,3 MJ/kg, przy średniej zawartości równej 35,6 MJ/kg (tabela 1). Rozkład izolinii zawartości ciepła spalania (rys. 2c) nie wykazuje wyraźnego związku z ułożeniem pokładu. Wysokie wartości tego parametru zlokalizowane są głównie w centralnej oraz lokalnie w S części kopalni, natomiast niskie wartości występują lokalnie w SE i NW części obszaru badań.

Zdolność spiekania (RI) węgli pokładu 361 charakteryzuje się wyraźnym zróżnicowaniem wartości (tabela 1) wahając się od 19,0 do 90,0. Średnia wartość spiekalności węgli tego pokładu wynosi 78. Rozkład izolinii spiekania (rys. 2d) nie wykazuje wyraźnego związku z ułożeniem pokładu.

Dylatacja (b), podobnie jak w przypadku RI i V^{daf}, również charakteryzuje się dużą zmiennością w badanym pokładzie (tabela 1, rys. 2e), zawierając się w przedziale od – 15,0% do + 284,0%. Średnia wartość tego parametru wynosi + 140,0%. Przebieg izolinii dylatacji nie wykazuje wyraźnej zależności względem ułożenia pokładu.

W omawianym pokładzie 361 występują strefy o różnych zależnościach pomiędzy głównymi parametrami jakości węgla koksowego (V^{daf}, RI i b). Najczęściej występują strefy,

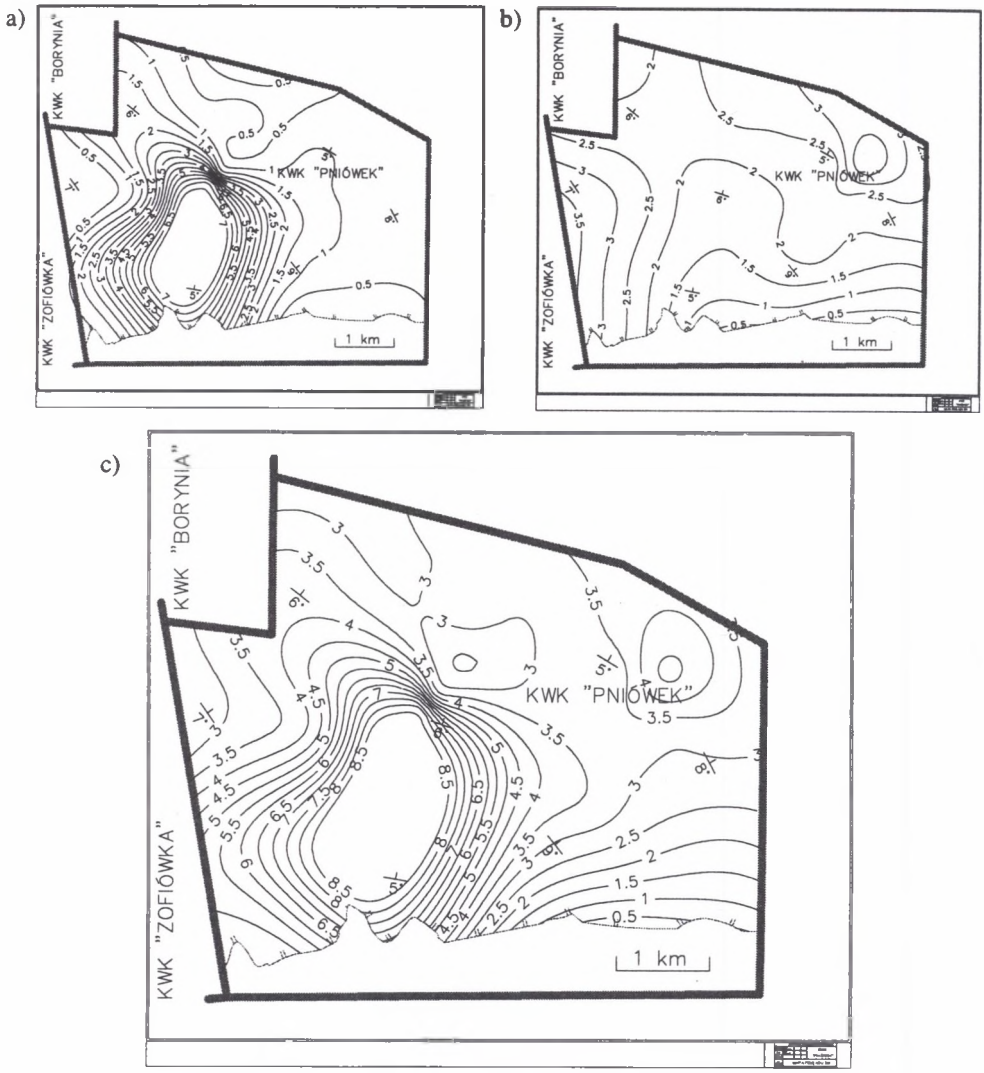
w których wysokim wartościom V^{daf} odpowiadają wysokie wartości RI i b oraz strefy, w których niskim wartościom V^{daf} odpowiadają niskie wartości RI i b. Strefy te stwierdzono głównie w S, W i centralnej części obszaru kopalni. Podobieństwo występowania tych stref zaobserwowano również w przypadku ciepła spalania. Analizując opracowania literaturowe [5] można przypuszczać, że wykazane zróżnicowanie związane jest ze zmiennym udziałem składu petrograficznego, lecz wymaga to przeprowadzenia szczegółowych oznaczeń składu maceralnego i refleksyjności tych węgli.

Zawartość siarki całkowitej (S_t^d) w badanym pokładzie waha się w granicach od 0,1 do 2,2%, przy stosunkowo niskiej średniej zawartości równej 0,7% (tabela 1). Rozkład izolinii zawartości siarki całkowitej, przedstawiony na rys. 2f, obrazuje na ogół niską jej zawartość, szczególnie w N części kopalni. Wysokie wartości tego parametru zaobserwować można jedynie lokalnie, głównie w południowej i centralnej części kopalni.

Zawartość tlenku disodu (Na_2O) w pokładzie 361, jak wynika z tabeli 1, waha się w szerokich granicach od 0,3 do 6,6%, przy średniej zawartości 0,9%. Najwyższe zawartości tego parametru występują w centralnej części obszaru badań, malejąc w kierunku granic badanego obszaru (rys. 4a). Rozkład izolinii zawartości Na_2O ogólnie nie wykazuje związku z ułożeniem pokładu (jedynie lokalnie w NW, NE i centralnej części kopalni przebieg izolinii jest zgodny z rozciągłością pokładu oraz w S części kopalni jest zgodny z upadem pokładu).

Zawartość tlenku dipotasu (K_2O) waha się w granicach od 0,5 do 3,8%, przy stosunkowo wysokiej średniej zawartości, równej 2,1%. Najwyższe wartości tego parametru stwierdzono głównie w NE i SW części kopalni, natomiast najniższe w części SE (rys. 4b). Rozkład izolinii zawartości K_2O nie wykazuje wyraźnego związku z ułożeniem pokładu (jedynie lokalnie w N i centralnej części kopalni przebieg izolinii jest zgodny z rozciągłością pokładu).

Zawartość alkaliów (Na_2O+K_2O) waha się w szerokich granicach od 0,9 do 8,5% i średnio wynosi 3,3% (tabela 1). Świadczy to o dość wysokiej jej zawartości w badanym pokładzie. Najwyższe zawartości alkaliów stwierdzono w centralnej oraz NE części kopalni, natomiast najniższe w części SE (rys. 4c). Rozkład izolinii, podobnie jak w poprzednich przypadkach, nie wykazuje wyraźnego związku z ułożeniem pokładu. Z przeprowadzonych analiz wynika, że to sód wywiera największy wpływ na zawartość alkaliów w węglu badanego pokładu.



Rys. 4. Mapy procentowej zawartości tlenku disodu (Na_2O, rys. a), tlenku dipotasu (K_2O, rys.b) oraz alkaliów (Na_2O+K_2O, rys. c) w węglu koksowym pokładu 361

Fig. 4. The maps percent monoxide disodium contents (Na_2O, fig. a), monoxide dipotassium (K_2O, fig. b) and (Na_2O+K_2O, fig. c) in the coking coal seams 361

3. Korelacja zawartości alkaliów z parametrami węgla pokładu 361 kopalni „Pniówek"

Przeprowadzona próba korelacji zawartości tlenku dipotasu (K_2O) w węglu koksowym pokładu 361 z poszczególnymi parametrami jakości, jak również względem miąższości

i głębokości zalegania spągu pokładu, nie wykazała pozytywnych wyników, ponieważ współczynnik „p" korelacji znacznie przekroczył dopuszczalną wartość (korelacja jest istotna dla $p < 0,050$). Zaobserwowano zbliżoną zależności K_2O jedynie względem zawartości popiołu (A^d), lecz z uwagi na przekroczony współczynnik korelacji, zależność powyższa w tym przypadku została wykluczona.

Próba przeprowadzenia korelacji zawartości tlenku disodu (Na_2O) oraz alkaliów (Na_2O+K_2O) w węglu badanego pokładu z poszczególnymi parametrami jakości, jak również względem miąższości i głębokości zalegania spągu pokładu, również nie wykazała pozytywnych wyników, (współczynnik „p" korelacji znacznie przekroczył dopuszczalną wartość).

Na uwagę zasługuje jedynie pewna dodatnia korelacja zawartości Na_2O z wartościami Q_s^{daf}. Potwierdzenie tej zależności wymaga jednakże bardziej wnikliwej analizy większej liczby danych.

Przedstawione zależności stanowią jedynie wstępne wyniki takich analiz. W dalszej kolejności autorzy zamierzają rozpoznać bardziej szczegółowo rozkład zawartości alkaliów w węglu koksowym pokładów z kopalni „Pniówek". Polegałoby to na przeprowadzeniu dokładniejszych badań petrograficznych i chemicznych mających na celu określenie charakteru ich występowania, a szczególnie związku ze składnikami mikroskopowymi węgla. Należałoby również rozpoznać możliwości usunięcia tego szkodliwego składnika w poszczególnych etapach procesu produkcyjnego.

4. Podsumowanie

1. Pokład 361 kopalni „Pniówek" charakteryzuje się występowaniem węgla koksowego dobrej jakości, głównie podtypu 35.1, rozpoznany jest w przedziale głębokościowym od – 232,3 m p.p.m do – 899,6 m p.p.m.
2. Parametrami charakteryzującymi się największą zmiennością w pokładzie są: części lotne (V^{daf}), spiekalność (RI), dylatacja (b), jak również popiół (A^d), tlenek disodu (Na_2O) i alkalia (Na_2O+K_2O).
3. Nie stwierdzono korelacji pomiędzy wartościami części lotnych a głębokością występowania pokładu (rys. 3). Brak występowania tzw. reguły Hilta, jak już wcześniej zaobserwowano [6,7] może być spowodowany występowaniem, oprócz czynników metamorfizmu regionalnego, również czynników metamorfizmu kontaktowo-termalnego.

4. Zaobserwowane maksima procentowych zawartości Na_2O i K_2O w pokładzie 361 nie pokrywają się ze sobą, o czym świadczy odmienne rozmieszczenie ich wartości (rys. 4 a, b, c). Stwierdzono, że największy wpływ na udział alkaliów (Na_2O+K_2O) w węglu badanego pokładu wywiera zawartość procentowa sodu.
5. Próba przeprowadzenia korelacji zawartości alkaliów w węglu badanego pokładu, względem poszczególnych parametrów jakości węgla, jak również względem miąższości i głębokości zalegania spągu pokładu, nie wykazała pozytywnych wyników (współczynnik „p" korelacji znacznie przekroczył dopuszczalną wartość). Pełne zweryfikowanie zbadanych korelacji wymaga przeprowadzenia bardziej wnikliwych analiz z udziałem większej ilości dostępnych wyników zawartości alkaliów w węglu badanego pokładu.

LITERATURA

1. Heilpern S., Świeca G., Jagustyn B.: Wpływ zawartości alkaliów we wsadzie węglowym na jakość koksu. Konferencja Naukowa: Paliwa i energia dziś i jutro. Zakopane 2001, s. 185 – 190.
2. Kuhl J.: Substancja mineralna w węglu. Przegląd Górniczy nr 2, Katowice 1980, s. 61 – 66.
3. Mielecki T., Krzyżanowska W., Perkowska M.: Popioły węgli okręgu gliwickiego. Średni skład popiołów jako cecha charakterystyczna grupy pokładów. Wpływ składu substancji mineralnej na spiekalność węgla. Prace GIG, seria b, komunikat nr 203, Katowice 1957.
4. Nowak Z., Kurczabiński L.: Własności fizykochemiczne wód obiegowych w zakładach mechanicznej przeróbki węgla. Prace GIG, komunikat nr 752, Katowice 1989.
5. Probierz K.: Zmienność jakości węgla w złożach kopalń „Borynia", „Manifest Lipcowy" i „XXX-lecia PRL" na tle budowy petrograficznej pokładów. Rozprawa doktorska, Bibl. Gł. Pol. Śl., Gliwice 1982.
6. Probierz K.: Wpływ metamorfizmu termalnego na stopień uwęglenia i skład petrograficzny pokładów węgla w obszarze Jastrzębia (GZW). Zeszyty Naukowe Pol. Śl., ser. Górnictwo z. 176, Gliwice 1989.
7. Probierz K., Zając A.: Jakość węgla koksowego w pokładzie 360/1 KWK „Pniówek"(SW część GZW). Zeszyty Naukowe Pol. Śl., ser. Górnictwo z. 249, Gliwice 2001, s. 147 – 155.
8. Waleczek E. i zespół: Dokumentacja geologiczna złoża węgla kamiennego „Pniówek". „SITG" oddz. Rybnik, 2000.
9. Waleczek E. i zespół: Projekt zagospodarowania złoża węgla kamiennego „Pniówek". „SITG" oddz. Rybnik, 2000.
10. Wasilewski R i zespół: Badania utylizacji soli balastowych pochodzących z oczyszczania gazu koksowniczego przez koksowanie ze wsadem węglowym. Karbo nr 12, Katowice 2000, s. 411 – 415.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Kapuściński

Abstract

The paper presents the quality characteristic of coking coal in the seam 361 of "Pniówek" coal mine (SW the part of USCB), with paying the main attention to contents of alkali in this coal. The attempts at correlation between alkali's contents and chosen quality parameters of coal in this seam were made. The test dependence alkali's contents on thickness and the depth of seam 361 occurrence.

Analysis of coal quality in the seam 361 of "Pniówek" coal mine shows the presence of good quality coking coal mainly of 35.1 type. Parameters of big variability are volatile matter (V^{daf}), caking power (RI), dilatometr test (b), as well as ash (A^d), monoxide disodium (Na_2O) and alkali (Na_2O+K_2O).

There is no a distinct decrease of volatile matter values with the depth of seam occurrence (fig. 3). Lack of the Hilt rule, as earlier noticet [6][7], can be caused, except of regional metamorphism, by the factors of contact – termal metamorphism.

The maps presented in fig. 4 shows that maxim of percentage of Na_2O and K_2O are placed in different regions. It's found the biggest dependence of sodium on alkali contents (Na_2O+K_2O) in the coal of the research seam.

No correlation between alkali contents and individual parameters of the coal seam 361, aren't found out (the alowablle value of coefficient "p" is considerable overrun).

Full verification of the research correlation needs doing more perceptive analysis with larger number results of alkali contents in the coal of the research seam.