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

Joanna KOMOREK, Ewa KRZESZOWSKA, Rafał MORGA
Politechnika Śląska, Gliwice

WYZNACZANIE STOPNIA UWĘGLENIA ZA POMOCĄ CYFROWEJ ANALIZY OBRAZU

Streszczenie. Wartość średniego poziomu szarości kolotelinitu w 15 przebadanych próbkach węgla kamiennego zmienia się w zakresie od GL=125 do GL=164 i rośnie wraz ze stopniem uwęglenia wyrażonym przez wartość R_r. Wykazano, że istnieje możliwość wyznaczenia średniej refleksyjności kolotelinitu za pomocą cyfrowej analizy obrazu. Dokładność wyliczonych wartości R_{rc} można zwiększyć poprzez wykorzystanie do tworzenia krzywej wzorcowej większej ilości standardów refleksyjności, szczególnie z przedziału R_{rs}=(1.00-5.00)%.

DETERMINATION OF RANK BY MEANS OF DIGITAL IMAGE ANALYSIS

Summary. The value of mean grey level of collotelinite for 15 samples of coal under research ranges from GL=125 and GL=164 and increases together with the rank of coal described by R_r value. It is possible to determine random reflectance of collotelinite with the use of digital image analysis. Precision of calculated R_{rc} values could be increased using more reflectance standards (especially those of R_{rs} value between 1.00 and 5.00%) for construction of the standard curve.

Wstęp

Stopień uwęglenia, wyrażony średnią zdolnością odbicia światła witrynitu R_r, jest podstawowym parametrem klasyfikacyjnym Międzynarodowego Systemu Kodyfikacji Węgla (ECE, Genewa 1988) oraz Międzynarodowej Klasyfikacji Węgla w Pokładzie (ECE, Genewa 1999). Własności technologiczne węgla, a w szczególności własności koksownicze, zależą głównie od wartości tego parametru, a w drugiej kolejności od składu maceralnego.

Precyzyjne oznaczenie stopnia uwęglenia jest więc jednym z najważniejszych zadań petrografii węgla [2,5,6].

Pomiary refleksyjności, pozwalające na określenie stopnia uwęglenia, standardowo wykonywane są za pomocą mikroskopów do światła odbitego, wyposażonych w fotometr, skalibrowanych na odpowiednich wzorcach refleksyjności.

Istnieje również możliwość określenia stopnia uwęglenia za pomocą mikroskopu wyposażonego w cyfrowy analizator obrazu [7]. Jest to nowoczesne i precyzyjne narzędzie coraz powszechniej stosowane w petrografii węgla. Ze względu na jego uniwersalne możliwości i stosunkowo niskie koszty zakupu sprzęt ten staje coraz bardziej dostępny w laboratoriach petrograficznych, brak jest jednak ujednoliconej metodyki badań węgla, prowadzonych z jego wykorzystaniem.

Badania nad możliwością zastosowania analizatora obrazu w badaniach mikroskopowych wykazały, iż wraz ze stopniem uwęglenia wzrasta nie tylko średnia refleksyjność witrynitu, lecz także zmienia się jego średni poziom szarości, co może być podstawą do określania stopnia uwęglenia za pomocą analizy poziomów szarości [4]. Analizator pozwala uzyskać obraz o dużej rozdzielczości i jednocześnie wyróżnić 256 odcieni szarości. Bustin [1] stwierdził, że 256 poziomów szarości odpowiada zakresowi refleksyjności od 0-4%. Rozdzielczość pomiarów za pomocą analizatora obrazu wynosi 0.016%. Stosowne programy komputerowe pozwalają na statystyczną obróbkę danych uzyskanych za pośrednictwem analizatora obrazu, w tym m.in. na konstrukcję histogramów poziomów szarości ("grey-level histograms") [7].

Dobór próbek i metodyka badań

Do badań wykorzystano 15 bruzdowych próbek węgla kamiennego. Zostały one pobrane w różnych rejonach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i reprezentują różne ogniwa litostratygraficzne górnego karbonu. Z próbek bruzdowych, standardową metodą (ISO), sporządzono brykiety do badań w świetle odbitym. Na każdym z brykietów, w celu ustalenia stopnia uwęglenia, zmierzono zgodnie z normami ISO i PN średnią zdolność odbicia światła R_r oraz oznaczono skład petrograficzny.

Dla tych samych próbek wykonano pomiary poziomów szarości kolotelinitu za pomocą analizatora obrazu KS 300. Histogramy poziomów szarości - HPS wyznaczono dla ok.100 pól

pomiarowych o wymiarach 10x10 pikseli (2x2 μm, przy powiększeniu mikroskopu 500x). Następnie wyznaczono średnią wartość poziomu szarości kolotelinitu GL.

Identyczne pomiary poziomów szarości wykonano na wzorcach refleksyjności. Na ich podstawie skonstruowano krzywą wzorcową, pozwalającą na przeliczanie wartości poziomu szarości na wartość refleksyjności.

Wyniki

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów refleksyjności stwierdzono, że badane próbki charakteryzują się zróżnicowanym stopniem uwęglenia i składem petrograficznym Zwartość witrynitu w badanych próbkach waha się od 54 do 91%. Udział inertynitu wynosi od 4 do 40%, natomiast liptynitu od 0 do 14%. Zawartość substancji mineralnej sięga 14 % (tab.1).

Średnia refleksyjność kolotelinitu R_r waha się od 0.55 do 2.18%, przy odchyleniu standardowym s_r=(0.04-0.10)%. Badania za pomocą cyfrowego analizatora obrazu wykazały zróżnicowany poziom szarości kolotelinitu w poszczególnych próbkach węgla. Średnia wartość poziomu szarości kolotelinitu zmienia się w zakresie od GL=125 do GL=164 i rośnie wraz ze stopniem uwęglenia wyrażonym przez wartość R_r. Odchylenie standardowe pomiarów wynosi s_{GL}=(4-5) (tab.2). Histogramy poziomów szarości kolotelinitu HPS charakteryzują się jednym wyraźnym maksimum i kształtem zbliżonym do rozkładu normalnego Gaussa. Przykładowy HPS kolotelinitu przedstawiono na rysunku 1.

Badania poziomów szarości wykonane dla wzorców refleksyjności potwierdzają wzrost średniego poziomu szarości wraz ze wzrostem wartości refleksyjności wzorca. Wyznaczone dla wzorców refleksyjności (R_{rs}= 0.42-5.42%) wartości poziomów szarości wahają się w przedziale GL_s=(121-245) (tab.3). Na rys.2 przedstawiono zależność refleksyjności wzorców R_{rs} od poziomu szarości wzorca GL_s (krzywa wzorcowa). Jak widać z wykresu, zależność ta ma przebieg prostoliniowy (współczynnik korelacji r=0.99) i jest wyrażona wzorem:

$$R_{rs}=0.04GL_s-4.51 \qquad (1)$$

gdzie :

R_{rs} – refleksyjność wzorca,

GL_s – średni poziom szarości wzorca.

Tabela 1

Skład petrograficzny próbek bruzdowych

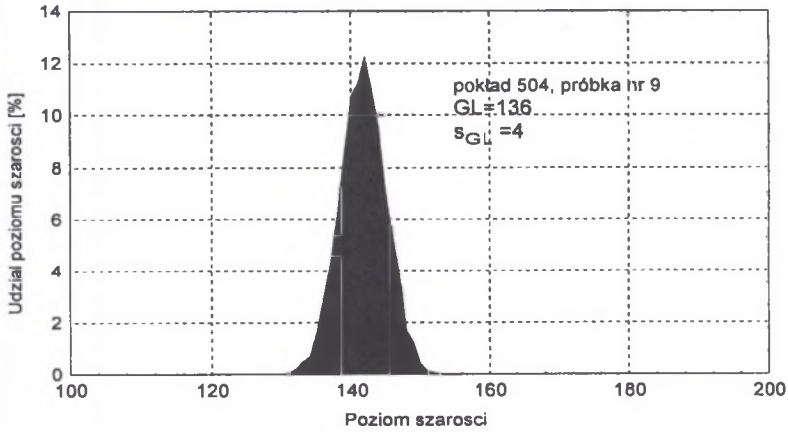
Nr próbki	Pokład	Skład petrograficzny [%]			Udział subst. min. [%]
		Vt^{mmf}	I^{mmf}	L^{mmf}	
1	206	77	16	7	5
2	327	91	5	4	5
3	358	75	17	8	7
4	401	74	22	4	3
5	405	63	33	4	3
6	407	59	27	14	3
7	408	87	11	2	<1
8	416	63	26	11	14
9	502	54	39	7	<1
10	504	62	32	6	8
11	505	60	40	0	<1
12	610	86	8	6	4
13	613	67	21	12	3
14	620	90	4	6	10
15	833	69	29	2	6

Podstawiając w miejsce GL_s w równaniu (1) średnią wartość poziomu szarości kolotelinitu GL wyliczono wartość refleksyjności R_{rc} kolotelinitu. Jak widać z danych przestawionych w tab.1, wyliczona wartość zdolności odbicia światła waha się od R_{rc}=0.49% do R_{rc}=2.05%. Na podstawie porównania wyników pomiarów refleksyjności R_r oraz wartości R_{rc}, wyliczonej ze wzoru (1) można stwierdzić, że charakteryzują się one dużą zgodnością (tab.2). Wartość bezwzględna różnicy $\delta R = |Rr - Rrc|$ zmienia się w przedziale od 0.02% do 0.28%. Jak widać z przedstawionych wyników, wartość δR dla większości próbek nie przekracza podwójnego odchylenia standardowego $2s_r$. Wyjątek stanowią próbki 14 i 15, dla których δR jest odpowiednio równe 0.16% i 0.28% gdy $2s_r$ jest odpowiednio równe 0.10% i 0.12%. W przypadku tych próbek w trakcie pomiarów prawdopodobnie zmieniły się warunki oświetlenia preparatu. Ponadto kolotelinit z próbki nr 15 z pokładu 833 charakteryzuje się znacznym dwójodbiciem R_{bi}=0,27% [3], co miało wpływ na oznaczenie poziomów szarości.

Tabela 2

Średnia refleksyjność i poziom szarości kolotelinitu

Numer	Pokład	R_r [%]	s_r [%]	GL	s_{GL}	R_{rc} [%]	δR [%]
1	206	0,55	0,05	125	4	0,49	0,06
2	327	0,89	0,07	136	4	0,93	0,04
3	358	1,15	0,06	141	4	1,13	0,02
4	401	1,03	0,04	139	4	1,05	0,02
5	405	1,03	0,04	140	5	1,09	0,06
6	407	0,83	0,04	133	4	0,81	0,02
7	408	1,02	0,05	140	4	1,09	0,07
8	416	0,86	0,06	134	4	0,85	0,01
9	502	1,05	0,07	137	4	0,97	0,08
10	504	0,99	0,06	136	4	0,93	0,06
11	505	2,18	0,1	164	5	2,05	0,13
12	610	1,03	0,06	139	4	1,05	0,02
13	613	0,98	0,04	138	4	1,01	0,03
14	620	0,89	0,05	131	4	0,73	0,16
15	833/1	1,17	0,06	149	4	1,45	0,28

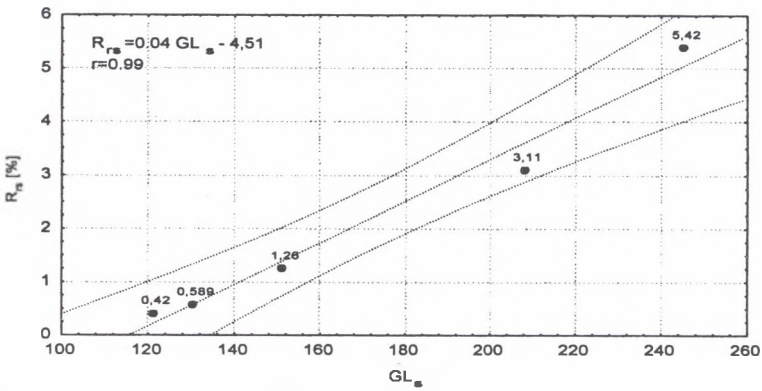


Rys. 1. Przykładowy histogram poziomu szarości kolotelinitu
Fig. 1. Grey level histogram for collotelinite (example)

Tabela 3

Średnia refleksyjność i poziom szarości wzorców refleksyjności

R_{rs} [%]	GL_s	s_{GLs}
0,42	121	4
0,589	130	4
1,26	151	3
3,11	208	3
5,42	245	3



Rys. 2. Zależność refleksyjności wzorca Rrs od poziomu szarości GL_s

Fig. 2. Relationship between random reflectance Rrs and mean grey leve GL_s l for the reflectance standards

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że średnia wartość poziomu szarości kolotelinitu dla badanych próbek węgla zmienia się w zakresie od GL=125 do GL=164 i rośnie wraz ze stopniem uwęglenia wyrażonym przez wartość R_r.

Badania wykazały, że istnieje możliwość wyznaczenia stopnia uwęglenia za pomocą cyfrowej analizy obrazu. Warunkiem uzyskania wiarygodnych wyników jest optymalizacja i standaryzacja warunków oświetlenia. Dokładność wyliczonych wartości R_{rc} zwiększyłaby się, gdyby do tworzenia krzywej wzorcowej możliwe było wykorzystanie większej ilości standardów refleksyjności, szczególnie z przedziału R_{rs}=(1.00-5.00)%. Jednak nawet po spełnieniu tych warunków uzyskane wyniki będą obarczone błędem wynikającym

z odchylenia standardowego średniego poziomu szarości kolotelinitu. Stwierdzono ponadto, że podawana w literaturze [1] dokładność pomiarów za pomocą cyfrowego analizatora obrazu jest nieco zawyżona poprzez błędne założenie, iż jeden poziom szarości odpowiada przedziałowi refleksyjności 0.016%. Na podstawie przeprowadzonych badań wartość tą określono na 0.023%.

LITERATURA

1. Bustin R.M.: Quantifying macerals: some statistical and practical considerations. International Journal of Coal Geology, 17, 213-238, 1991.
2. Gabzdyl W.: Petrografia węgla, Gliwice 1984.
3. Komorek J., Morga M.: Charakterystyka własności optycznych witrynitu, poddanego obróbce termicznej, na przykładzie węgla z pokładu 833/1 kopalni Gliwice Zesz. Nauk. Pol. Śląskiej, ser. Górnictwo z.249, Gliwice 2001,s. 59-74.
4. Mukherjee D.P., Banerjee D.K., Uma Shankar B., Dutta Majumder D.: Coal petrography: a pattern recognition approach. Int. J. Coal Geol., vol. 25, 155-169, 1994.
5. Probierz K.: Zdolność odbicia światła i mikrotwardość jako wskaźniki klasyfikacyjne wysokozmetamorfizowanych węgli z kopalni Moszczenica (ROW) Zesz. Nauk. Pol. Śląskiej, ser. Górnictwo z.140, Gliwice 1986, s.93-136.
6. Probierz K.: Wpływ metamorfizmu termalnego na stopień uwęglenia i skład petrograficzny pokładów węgla w obszarze Jastrzębia (GZW) Zesz. Nauk. Pol. Śląskiej, ser. Górnictwo z.176, Gliwice 1989.
7. Taylor G.H., Teichmüller M, Davis A., Diessel C.F.K., Littke R., Robert P.: Organic Petrology. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart, 1998.

Recenzent: Prof. dr hab. Krystyna Kruszewska

Abstract

The aim of the study was to work out a method which would allow determination of rank of coal on the basis of mean grey level of vitrinite (collotelinite) by means of digital image analyser.

In research fifteen channel samples of bituminous coal were examined. The procedure included measurements of random reflectance R_r with the use of Axioskop microscope as well as measurements of grey levels of collotelinite by means of an image analyser KS 300. Grey level histograms were determined for ca 100 measurements areas sizes of which were 10x10 pixels (2x2μm at a magnification of 500x). Then the mean grey level value for collotelinite GL was calculated. The same measurements of grey levels were done on reflectance standards. On that basis a standard curve which makes it possible to recalculate grey level value onto reflectance value was constructed.

The study show that the value of mean grey level of collotelinite for the samples under research ranges from GL=125 and GL=164 and increases together with the rank of coal described by R_r value.

It was revealed that it is possible to determine random reflectance of collotelinite with the use of digital image analysis. The main condition of acquiring reliable results is optimisation and standardization of lightning. Precision of the calculated R_{rc} values would have been higher, if it had been possible to use more reflectance standards (especially those of R_{rs} value between 1.00 and 5.00%) for construction of the standard curve. However, even after fulfilling of these requirements results will be still subjected to an error resulting from standard deviation of mean grey level of collotelinite.

The results show that precision of measurements as interpreted by Bustin [1] is slightly overestimated because of wrong assumption, that an individual grey level corresponds with reflectance interval of 0.016%. The results of the study show that it is equal to 0.023%.