

Jerzy Nawrocki
Lucjusz Anders
Tadeusz Szućcik
Jacek Węglarczyk

DEGRADACJA UROBKU W ŚWIETLE WZORU BENNETA

Streszczenie. Dla 20 kopalń sporządzono wykresy składu ziarnowego według wychodu sortymentów i na tej podstawie określono wskaźniki wielkości ziarn i wskaźniki wychodu. Porównano dane z roku 1947 i z roku 1958 z danymi z roku 1969. Stwierdzono degradację ziarna i wykazano pewną zależność stopnia degradacji od sposobu urabiania.

1. Wstęp

Charakter węgla wydobywanego przez kopalnię pod względem wielkości ziarn i udziału klas ziarnowych stanowi przedmiot zainteresowań z wielu powodów.

Tematem zainteresowania autorów jest uwarunkowanie procesów przerobczych składem ziarnowym surowego węgla.

Nie jest obojętnym dla przeróbki mechanicznej, czy w wydobywanym węglu jest przewaga ilościowa drobnego ziarna nad grubym, czy też największe ziarna wydobywane szybami mają wielkość 300 czy 800 mm.

Wystarczy podkreślić, że najbardziej aktualnym układem środków wzbogacania są osadzarki do węgla drobnego i ciecze ciężkie dla klas wyższych.

W przypadkach węgla koksowego od udziału ziarn najdrobniejszych w ograniczonym stopniu zależy koszt zakładu przerobczego. Zwiększenie bowiem udziału tej klasy powiększa rozmiar stosowania flotacji i związanych z nią innych środków.

Jednym z największych wydatków przy budowie zakładów są koszty na urządzenia wodne. Powiększenie wychodu drobnych klas wzbogacanych w osadzarkach ma ujemny wpływ na rentowność urządzeń. Znane są przypadki usprawiedliwiania trudności nowosbudowanych zakładów zasadniczymi zmianami składu ziarnowego urobku, które wystąpiły w okresie obejmującym czas od momentu opracowania projektu do momentu rozruchu.

Niech ten wstęp będzie przez czytelników potraktowany jako uzasadnienie celowości niżej przeprowadzonej analizy.

2. Przedmiot analizy

Przedmiotem analizy jest zmiana składu ziarnowego w niektórych naszych kopalniach.

Trzeba zwrócić uwagę na konieczność liczenia się z pewnymi faktami, które można określić jako granulometryczną degradację węgla. Aby jak najbar-

dziej jaskrawo przedstawić problem, porównano wyniki badań przeprowadzanych w 1969 roku, 1958 roku i w 1947 roku.

3. Metoda analizy

Prawa rządzące rozdziałem klasy według wielkości ziarn w procesach kruszenia czy klasyfikacji mogą być wyrażane analitycznie. Praktyczna wartość matematycznego prawa rozdziału materiału według wielkości ziarn odznacza się tym, że posługując się tym prawem przy ustalaniu charakterystyki uziarnienia materiału można:

- skrócić do minimum operację przesiewania szczególnie pracochłonną przy przesiewaniu drobnych klas,
- drogą porównania wartości parametrów dla poszczególnych mieszanin można przypuszczać o prawdopodobnym składzie ziarnowym,
- obiektywna i łatwo czytelna podstawa do analizy urządzeń mechanicznych pod względem ich wpływu na kruszenie ziarna (urabianie, przewóz dołowy i szybowy, wzbogacanie).

Różni autorzy zaproponowali szereg formuł wyrażających zależność między wychodem a wielkością ziarn, z których jedna ma największe praktyczne zastosowanie.

Rosin i Rammler badając pyły węglowe wykazali w roku 1935, że w zbiorze ziarn tego samego pochodzenia istnieje współzależność między wychodem klas a wielkością ziarn. Na tej podstawie ustalili empiryczny wzór o następującej postaci:

dla klasy górnej

$$R = 100 e^{-bx^n} \quad (1)$$

dla klasy dolnej

$$W = y = 100 (1 - e^{-bx^n}) \quad (2)$$

gdzie:

- x - wymiar ziarn lub otworów sit
- e - podstawa logarytmu naturalnego
- b, n - parametry danego materiału

Ogólnie mamy:

$$W = y = f(x) = \int_0^x f(x) dx$$

stąd

$$R = (y) = 100 - f(x) = \int_0^x f'(x) dx$$

Wobec tego równanie charakterystyki rozdziału według wielkości ziarn będzie wyglądało:

$$y = \frac{df(x)}{dx} = f'(x) = 100 bx^{n-1} e^{-bx^n} \quad (3)$$

Bennet podstawiając $b = \frac{1}{k^n}$ otrzymał następujące równanie

$$R = 100 e^{-\left(\frac{x}{k}\right)^n} \quad (4)$$

Równanie (4) można napisać w innej postaci

$$\frac{100}{R} = e^{\left(\frac{x}{k}\right)^n} \quad (5)$$

logarytmując obydwie strony równania (5) otrzymujemy:

$$\log \frac{100}{R} = \left(\frac{x}{k}\right)^n \cdot \lg e \quad (6)$$

logarytmując znowu obie strony równania 1 (6) i przyjmując R_0 - wartości rzędnych w początku układu można napisać

$$\lg \left(\lg \frac{100}{R_0} \right) - \lg \left(\lg \frac{100}{R} \right) = n(\lg x - \lg k) + \lg(\lg e) = n \lg x - n \lg k + \lg(\lg e) \quad (7)$$

tak samo jak wyrażenie $\lg(\lg e)$ jest wielkością stałą, tak również parametry k i n dla danego materiału są stałe, wobec czego równanie (7) można napisać w postaci:

$$\lg \left(\lg \frac{100}{R} \right) = n \lg x + C \quad (8)$$

gdzie

$$C = \lg(\lg e) - n \lg k - \lg \left(\lg \frac{100}{R_0} \right) \quad (9)$$

Równanie (8) przedstawia równanie linii prostej, gdzie n oznacza tangens kąta nachylenia prostej, C odcinek na osi y w systemie współrzędnych, gdzie na osi y odkładamy wartość

$$\lg \left(\lg \frac{100}{R_0} \right) - \lg \left(\lg \frac{100}{R} \right) \text{ a na osi } x \text{ wartość } \lg x$$

Dla zbudowania charakterystyki rozdziału wg wielkości ziarn na podstawie równania (8) trzeba wykreślić wartość parametrów n i k , dla którego

wystarczy znać tylko dwie pary wartości R i x , które można otrzymać przez analizę ziarnową danej mieszaniny w dowolnych wymiarach ziarn. Przy tym bezpośrednim rozwiązaniu równania (8) dla dwóch par wartości R i x , otrzymamy wartości C i n , a następnie drogą podstawienia ich do równania (9) określimy parametr k . Dla uproszczenia i przyspieszenia obliczeń przy wykreślaniu krzywej zależności R od x na podstawie danych z analizy sitowej a także przy posługiwaniu się krzywymi równania (9) poleca się poliniować arkusz papieru w taki sposób, żeby na osi y były odłożone wartości $\lg(\lg \frac{100}{R_0}) - \lg(\lg \frac{100}{R})$, a na osi x wartość $\lg x$ i w odpowiednich punktach osi y i x zaznaczyć wartości nie logarytmów $\lg \frac{100}{R}$ i x , a bezpośrednio odpowiednie wartości R i x .

Przez określanie parametru n dla danej charakterystyki rozdziału materiału według wielkości ziarn mogą mieć miejsce dwa przypadki:

- a) skale osi y i x jednakowe; wtedy wystarczy zmierzyć kąt nachylenia danej charakterystyki i znaleźć w tablicach wartość tangensa tego kąta,
- b) skale osi y i x różne; wtedy liczymy różnicę między dwoma dowolnymi wartościami na osi y i różnicę pomiędzy odpowiednimi wartościami na x , dzieląc

$$\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}$$

Dla określenia wielkości parametru k na podstawie równania (8) bierzemy wartość R przy szczególnej wartości x , równej k .

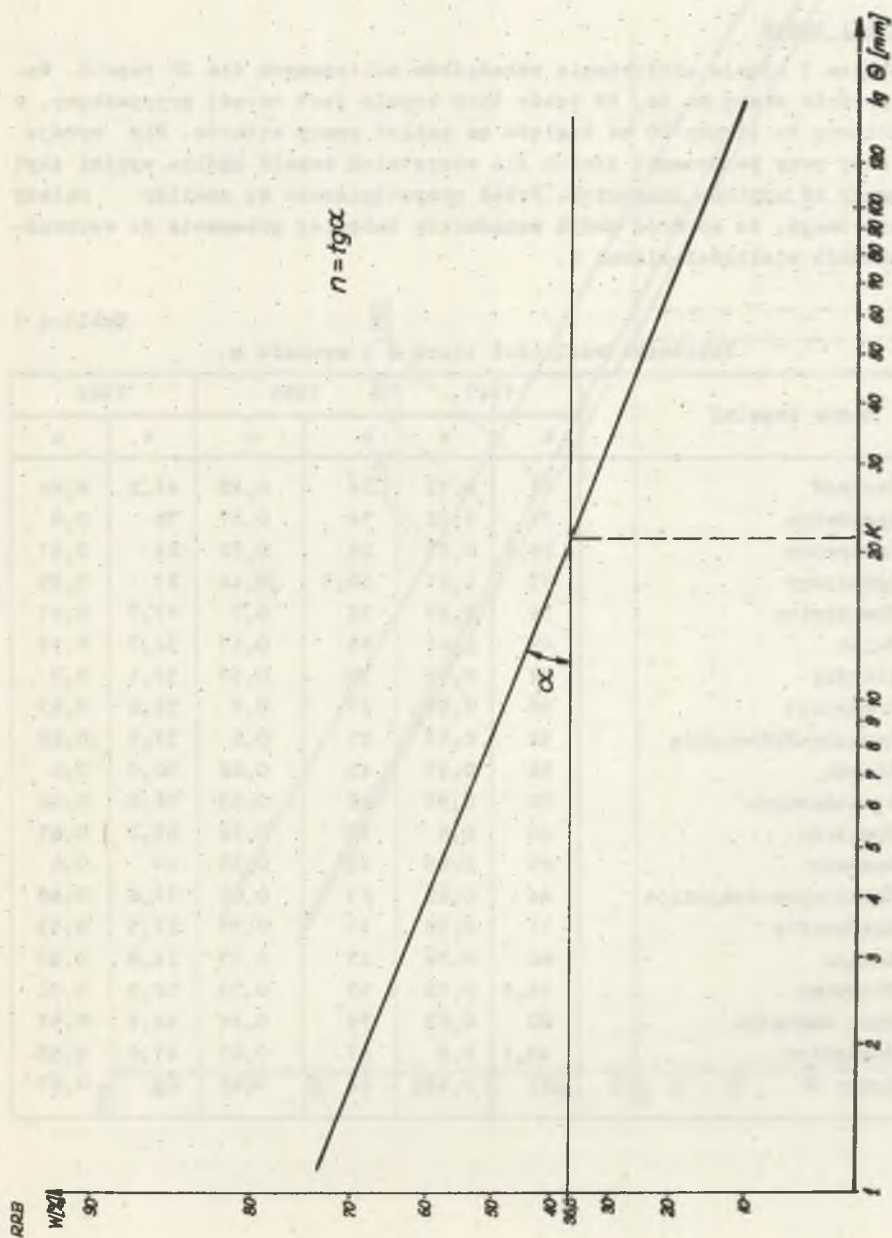
Wtedy równanie można napisać w postaci:

$$R = 100 e^{-\left(\frac{x}{k}\right)^n} = \frac{100}{e} = 36,8\% \quad (10)$$

Parametr k według swojej wartości równa się wymiarowi otworu sita lub ziarna, któremu odpowiada wychód klasy górnej równy 36,8%.

Ta właściwość parametru k charakteryzuje go jako wskaźnik wielkości materiału, tj. im mniejsza wielkość rozdziału, przy której $R = 36,8\%$, tym więcej w danej mieszaninie ziarn miazki i na odwrót. Z określenia parametrów n i k wynika, że n jest liczbą oderwaną, a k liczbą mianowaną, wyrażoną w tych samych jednostkach co x .

Z powiększeniem parametru n kąt nachylenia charakterystyki rozdziału materiału według wielkości ziarn w stosunku do osi x wzrasta, co wskazuje na skupienie się wychodów klasy górnej w bardzo wąskich przedziałach rozmiaru ziarn. Jeżeli wartość parametru n powoduje zmniejszenie się kąta nachylenia charakterystyki, to wskazuje na bardziej równomierny rozdział wychodów.



Rys. 1. Charakterystyka granulometryczna urobku

Przy $n = \infty$ charakterystyka rozdziału zajmuje położenie pionowe, tj. materiał składa się z ziarn tylko jednej wielkości. Przy $n = 0$ charakterystyka rozdziału jest równoległa do osi x , co wskazuje na duże zróżnicowanie wielkości i na dużą zawartość miazgu.

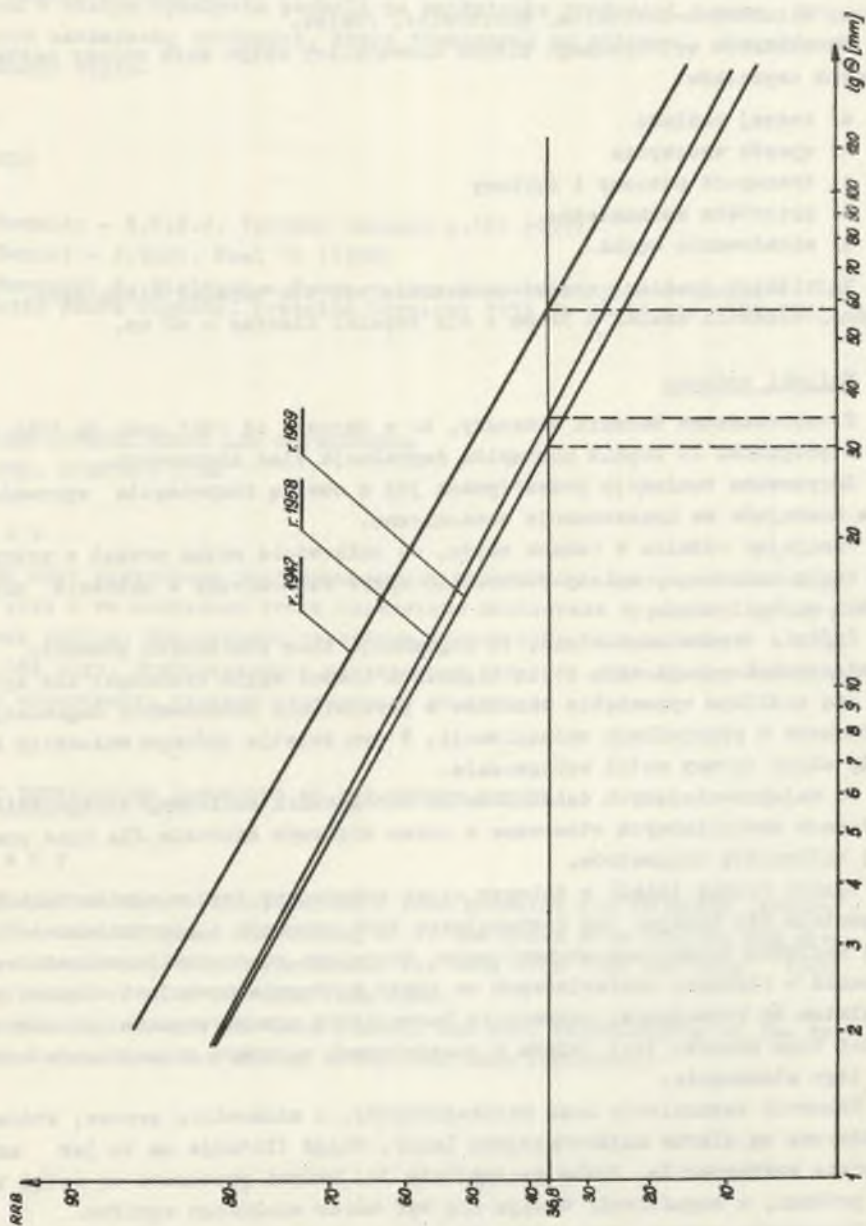
4. Wyniki badań

Tablica 1 ujmuje zestawienie wskaźników obliczonych dla 20 kopalń. Należy zwrócić uwagę na to, że dobór tych kopalń jest raczej przypadkowy, a ograniczony do liczby 20 ze względu na nakład pracy autorów. Nie wydaje się, żeby przy porównaniu danych dla wszystkich kopalń ogólne wyniki zbyt odbiegały od wyników zebranych. Przed przystąpieniem do analizy należy zwrócić uwagę, że spośród dwóch wskaźników bardziej przemawia do wyobraźni wskaźnik wielkości ziarna k .

Tablica 1

Wskaźniki wielkości ziarna k i wychodu n

Lp.	Nazwa kopalni	1947		1958		1969	
		k	n	k	n	k	n
1	Czeladź	71	0,73	24	0,48	41,2	0,64
2	Mysłowice	74	0,52	34	0,57	36	0,6
3	Jankowice	26,6	0,53	26	0,52	24	0,51
4	Rydułtowy	33	0,51	30,5	0,42	21	0,39
5	Cwałowice	39	0,49	35	0,7	13,7	0,57
6	Wujek	49	0,61	55	0,57	34,7	0,53
7	Kleofas	72	0,75	30	0,57	32,1	0,7
8	Prezydent	56	0,67	47	0,5	35,6	0,63
9	Barbara-Wyzwolenie	32	0,53	21	0,6	31,5	0,68
10	Michał	56	0,49	45	0,62	30,0	0,6
11	Siemianowice	80	0,58	42	0,53	32,8	0,66
12	Dymitrow	48	0,5	30	0,54	23,2	0,63
13	Rozbark	89	0,69	40	0,55	40	0,6
14	Mikulczyce-Rokitnica	44	0,62	23	0,62	11,6	0,48
15	Miechowice	51	0,58	31	0,55	21,5	0,53
16	Jowisz	68	0,54	27	0,53	24,6	0,58
17	Grodziec	54,4	0,52	53	0,53	52,2	0,62
13	Gen. Zawadzki	80	0,63	39	0,44	44,5	0,53
19	Sosnowiec	40,1	0,8	41	0,61	41,6	0,53
20	Rymer	34	0,44	24	0,46	20	0,27



Rys. 2. Charakterystyka granulometryczna urobku dla średnich wartości z lat 1947, 1958 i 1969

Tablica wykazuje, że we wszystkich kopalniach wskaźnik z 1969 roku jest niższy od wskaźnika z 1947 roku. Szczególnie duże różnice występują w kopalni Chwałowice, Kleofas, Prezydent, Michał, Siemianowice, Dymitrow, Rozbark, Mikulczyce-Rokitnica, Miechowice, Jowisz.

Na wielkość wydobywanego siarna niewątpliwym wpływ mają zmiany następujących czynników:

- a) rodzaj pokładu
- b) sposób wydobycia
- c) transport poziomy i szczybowy
- d) przeróbka mechaniczna
- e) składowanie węgla.

Największy gradient spadku uwidacznia się dla kopalni Mikulczyce, dla której wskaźnik zmalał o 32 mm i dla kopalni Kleofas o 40 mm.

5. Wnioski końcowe

Przeprowadzone badania wykazały, że w okresie od 1947 roku do 1969 roku w przypadku 20 kopalń nastąpiła degradacja klas siarnowych.

Zarysowana tendencja przewidywana już z chwilą rozpoczęcia wprowadzania kombajnów ma konsekwencje ekonomiczne.

Pomijając różnice w ramach sbytu, co całkowicie można zrobić w przypadku węgla koksowego, należy podkreślić wpływ ekonomiczny w zakresie przeróbki mechanicznej.

Ogólnie trzeba stwierdzić, że degradacja klas siarnowych prowadzi do konieczności wzbogacania coraz większych ilości węgla drobnego. Nie wydaje się możliwym wysunięcie wniosków w przedmiocie zahamowania degradacji, zwłaszcza w przypadkach mechanizacji. W tym świetle głównym wnioskiem należy objąć sprawy metod wzbogacania.

Do najsprawniejszych dzisiaj metod wzbogacania zaliczamy wzbogacanie w ciecsach zawieszinowych stosowane w coraz większym zakresie dla klas powyżej kilkunastu milimetrów.

Węgiel drobny (miał) w dalszym ciągu wzbogacany jest w osadzarkach. Nie pozostaje nic innego, jak doskonalenie tych procesów i usprawnianie ich pod względem techniczno-ekonomicznym. Stopniowe rozszerzanie zakresu wzbogacania w ciecsach zawieszinowych na klasy drobnosiarnowe jest również postulatem do rozważenia, oczywiście bezwzględne przestrzeganie ekonomiczności tego procesu jest jednym z zasadniczych warunków rozszerzania zakresu jego stosowania.

Wreszcie zagadnienie może najtrudniejsze, a mianowicie proces, któremu poddawane są siarna najdrobniejsze (muł). Wciąż flotacja ma tu jak najszersze zastosowanie. Próby zastąpienia jej innymi procesami są wciąż tylko próbami, a zagadnienie wydaje się być warte wielkiego wysiłku.

Gospodarka mułowa, jak odmulanie wody i odwadnianie mułów, stanowi również wielkie pole dla osiągnięć techniczno-ekonomicznych. Dokładne śledze-

nie zmian w naszym wydobywaniu pozwoli na uniknięcie trudności w nowo uruchamianych zakładach; trudności, które tłumaczone są zmianami charakteru wydobywanego węgla.

LITERATURA

- [1] E. Rammler - Z.V.D.J. Verfahr Technik s.161 (1937)
- [2] J. Bennet - J.Inst. Fuel 10 (1936)
- [3] J. Nawrocki J. Dietrych - Ocena zmiany granulometrycznej urobku w świetle wzoru Benneta. Przegląd Górniczy 1959 Nr 10-11 str. 522-525

ПРИМЕНЕНИЕ ФОРМУЛЫ БЕННЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТБИТОГО УГЛЯ

Резюме

Для 20 шахт составлены диаграммы выхода различных гранулометрических классов угля и на основании этого определены показатели крупности кусков и показатели выхода. Произведено сравнение результатов, полученных в 1947, 1958 и 1969 году. Констатируется измельчение отбитого угля. Обнаружена определенная зависимость степени измельчения от способа отбойки.

RAW COAL DEGRADATION ACCORDING TO THE BENNET FORMULA

Summary

The graphs of size composition have been prepared for 20 mines according to the make of class and basing on it the grain size indices and grain class indices have been determined. The data from 1947 and from 1958 have been compared with the data from 1969.

The grain degradation has been stated, and some relationship of the degradation degree from the mining method has been indicated.