Seria: GÓRNICTVO z. 110

Nr kel. 687

Adam SVIDZINSKI

FIZYCZNE WŁASNOŚCI WBGLI DOLNOŚLĄSKICH

<u>Streezczenie</u>. Przedstawiene wyniki badań nad fizycznymi własneściami węgli dolneśląskich w aspekcie zagrożenia wyrzutami węgla i gazów. Badania dstyczyły określenia stałej plastyczności (k), współczynnika Poissona (γ), kąta tarcia wewnętrznege (ρ), modułu sprężystości postaciowej Kirchhoffa (G), wskaźnika zwiężleści wg Pretediakonewa (f) oraz perowatości (m). Parametry te są istotne w opracewanych w ITEZ analitycznych metodach prognezowania zagreżenia wyrzutowego.

I. Wprowadzenie

Jak wykazano między innymi w pracach [2, 3, 5, 10, 18], w problematyce wyrzutów gazów i skał istotnego znaczenia nabiera znajemeść parametrów fizycznych węgla eraz skał płennych otaczających zagreżene wyrzutami pekłady. Prowadzone od 1975 r. w ITEZ prace [6, 7, 8, 12, 18] detyczą wyjaśnienia mechanizmu wyrzutu oraz wypracowania najbardziej efektywnych metod pregnezowania i zwalczania tego zagreżenia. W pracach tych wykazano, że zaistnienie zjawiska wyrzutu (W) jest związane głównie z 3 zasadniczymi czynnikami, tj.: stanem naprężeń w porowatym szkielecie (6), gazenośnością pekładu węgla lub warstwy skały płennej (G) eraz własneściami fizycznymi węgla i skał etaczających (F). Czyli zjawiske wyrzutu meżna ująć w najbardziej symbelicznej postaci jako funkcję:

$$W = f(G, G, F)$$
 (1)

W niniejszym artykule przedstawiene wyniki badań detyczących określenia parametrów fizycznych węgli delneśląskich, których znajomość jest niezbędna w opracowanych nowych metodach analitycznych prognezowania zagrożenia wyrzutowego [9,18]. Parametrami tymi są: mechaniczna wytrzymałeść na ściskanie (Rc), stała plastyczności (k), kąt tarcia wewnętrznege (ρ), współczynnika Peissona (γ), porewatość (m) eraz moduły sprężystości: Yeumga (E) i Kirchhoffa (G). Przy wyznaczaniu tych parametrów ekreślane również: mechaniczną wytrzymałość na rozciąganie (Rr), wskaźnik zwięzłeści (f) eraz kehezję (C).

Ze względu na konieczność streszozania się przedstawiono jedynie wyniki badań wraz z ich omówieniem, rezygnując z pełnej ich dokumentacji, którą meżna znaleźć w pracach [1, 7, 8, 18].

II. Podstavy teoretyczne laboratoryjnej próby ściskania i ścinania

Pedstawę mechaniki ciał kruchych, do których zalicza się większość skał karbońskich, stanowi laboratoryjna próba ściskania w stanie jednocsicwym.

Tradycyjna próba jednoosiowego ściskania polega najogólniej na wytworzeniu w próbce skały jednoosiowego (w przybliżeniu) stanu naprężenia. Naprężenie ściskające zmienia się przy tym od wartości G = 0 do wartości G = Re (tzw. wytrzymałość doraźna). Podczas próby ściskamia, w celu określenia \mathcal{A} , E i G, należy rejestrować odkształcenia towarzyszące odpewiednim zmiamem naprężenia. Jeżeli próba ściskamia ma także dać odpowiedź, jakie są własności reolegiczne skały, wówczas należy również rejestrować czas, w czasie którego zachodzą odpewiednie zmiamy odkształcenia i naprężenia.

Szczególnego znaczenia nabierają następujące próby ściskania:

1) próba ze stałą prędkością obciążenia:

$$6 = \frac{d6}{dt} = const,$$

2) próba pelzenia:

$$G = oonst.$$

3) próba ze stałą prędkością odkształcenia:

$$\dot{\ell} = \frac{d\ell}{dt} = \text{const},$$

4) próba relaksacji:

e = const.

Aktualnie we wszystkich znaczących pracach z mechaniki górotworu przyjmuje się, że górotwór stanowi tzw. córedek "stadart", łączący w sobie reolegiozne własności córedków Kelvina (opóźnienie sprężyste) i Maxwella (relaksacja naprężeń). Równanie takiego córedka w najbardziej ogólnej postaci jest następujące:

$$T = 2G \cdot E + 2\eta \cdot E = \tilde{c} \cdot T$$
 (2)

gdzie:

T - dewiator (tensora) naprężeń;

E - deviator (tensora) edkształceń;

Fizyozne własności wegli dolnośląskich

É - dewiator prędkości odkaztałosń,

G - modul sprężystości postaciowej Kirchhoffa,

n - współczynnik lepkości,

7 - czas relaksacji,

T - dewiator prędkości zmiany naprężeń.

Równanie (2) stanowi więc szczególny przypadek równania Hohenenmsera-Przgera.

W przypadku próby ściskania w stanie jednoesiowym równanie (2) zgodnie z pracą [4] przyjmie postać:

$$G = \mathbf{E}\mathbf{E} + \mathbf{\lambda} \, \mathbf{E} - \mathbf{T} \, \mathbf{G} \tag{3}$$

gdzie:

E - modul sprężystości podłużnej Younga;

 \mathcal{E} - odpowiadające naprężeniu 6, odkaztałcenie;

ê - predkość odkaztałcenia;

% - liniowy współczynnik lepkości;

6 - predkość obciążenia.

Ze względu na bardzo małą wytrzymałość mechaniczną węgli dolnośląskich, ograniczono się jedynie do prób wymienionych w punktach 1 i 3, czyli

Próbę ścinania węgla prowadzono w celu określenia kąta tarcia wewnętrznego (ρ) oraz kohezji (c). Podstawę do wyznaczania ρ i c stanowi równanie równowagi Coulomba

$$\mathcal{T} = \mathcal{G}_{tg} \varphi + o \quad (N/c = 2) \tag{4}$$

gdzie:

U - naprężenie ścinające w płaszczyźnie ścinania;

6. - naprężenie normalne do tej płaszczyzny.

Ze względu na dużą trudność obrabiania próbek do kształtu walca, zrezygnowano z badań tych parametrów w aparacie trójosiowego ścinania i oparto się na aparacie do bezpośredniego ścinania.

III. Sposób provadzenia badań i ich wyniki

Badaniami objęto najbardziej zagrożone wyrzutami pokłady kopalń DźZPW, a więc: 304, 410/2 + 412 i 415 KWK "Nowa Ruda" pole "Piast", 309 KWK "Ważbrzych" pole "Chrobry" oraz 672 KWK "Therez"- a także w celu perównania prowadzono badania węgla pochodzącego z niezagrożenego wyrzutami pola "Słupiec" (pokł. 409). Pod uwagę brano również próbki węgla pochodzące ze 50

Tablice 1

į,

Kantaltoomnis sip parametrie firykessohaniomnych wygit kepala Zagipbin Delmedigshisge

	T =	1 2				
	at .	P.	1.0	0.3	0.0	9'0
	Wytruymalo na resolution Hr [MN/m ²]	ed = 40	C*0-20*0	0,165-0,48	0,015-0,2	0,21-0,9
	tofol.	0 se	407,0	466,0	301.0	*128°*
	Tanta P	1 - 40	2.1 M	557	7, MOM	0-1930,0
	Modia		332-	-266 16	7 235-	7 880,
	(-) (-)	1	°*0	C*0	C*0	0,2
	Vepélesys Pelssons	of - 40	0,29-0,36	0,29-0,37	0, 18-0,41	0,25-0,25
	Sysme-	kér	8,20 1,10(=)	(*)\$1*i	5,6(a)	6,655 3,0(=)
1	ante atas 1987, 19877, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1987, 1	op - pe	0,7-5,14	0,7-5,78	0, 18-2, 43	3.79-8,55
	Ro na	No.6t	3,86 (=)	3,98 2,0(s)	2,18 1,0(s)	£15*0
A	Wytruymalo dolakaitat	ep - pe	1,2-8,89	1,2-50,0	1.4-E.0	6,36-14,80
		P 4r	0, 351 20 0, 23113(=)	(*)(1)(*) (*)(1)(*)	0,21,12(%)	0,61135
	Kat tarota nace p[rd]	ad - do	0,23-0,51	0.23-0.54	0,21-0,82 12-24	0,42-0,80 24-46
		-4°-	8,40	6,25	9,71	6,47
	Porounsel	od - de	5+04-18,37	3,62-10,98	3,18-17.1	2*11-15*6
	Kepalata		*Valbrayok* pele "Chrebry"	*Theres	"Nova Ruda" Polo ??iast"	"News Ruds" pole "Slupies"
	Lp.		-		n .	*

(s) próbki wegin pechedzące ze stref zebursenych.

A. Świdziński



Rys. 1. Foremne próbki węgla przygotowane de próby jedneosiowego ściskania (węgiel z KWK Wałbrzych" pole "Chrobry")



Rys. 2. Próba ściskania brył nieforemnych węgla z pola "Piast" KWK "Nowa Ruda" w prasie o ręcznym docisku

stref tektonicznie zaburzonych, przy czym na tym węglu określano tylko Re i ρ . Przy omawianiu badań Ro i Rr ograniczono się jedynie do podania wyników badań, natomiast przy omawianiu wyników badań ϑ , E, G i ρ przedstawiono również sposób ich wyznaczania. Prezentowane wyniki badań pochodzą z prac badawczych [1, 7, 8, 18], którymi autor niniejszego artykułu kierewał organizacyjnie i większą ich część wykonywał samodzielnie. <u>Badania mechanicznej wytrzymałości na ściskanie (Rc)</u>. Prowadzono za pomocą maszyny wytrzymałościowej typu T-105 nr 1383 o nacisku maksymalnym do 3 kN (ok. 300 kG). Parametr Rc jest podstawową własnością mechanicznej wytrzymałości skał; do określenia tego parametru dla węgli dolnośląskich pobrano największą ileść prób. Badania prewadzono na bryłach nieforemnych (węgiel z pola "Piast") i foremnych o kształcie sześcianu lub prostopadłościanu (węgle z pozostałych pół kopalnianych). Zdjęcia próbek foremnych pokazano na rys. 1, natomiast próbę ściskania brył nieforemnych na rys. 2. Wartości parametru Rc określano dla węgli poszczególnych kopalń z następującej ileści badań:

pole "Piast", KWK "Nowa Ruda" - 133 (43 próby ze ściany 3; 42 próby ze ściany 3a;,24 próby z oh. przyścianowych tych ścian - wszystkie próby pochodzące z pokł. 410/2 + 412 oraz 24 próby ze ściany 9 w pokł. 415/2), pole "Chrobry" KWK "Wałbrzych" - 18 (ściana 313, pokład 309), pole "Słupele "Chrobry" KWK "Wałbrzych" - 18 (ściana 313, pokład 409), KWK "Thorez" - 24 (ściana 4, pokład 672).

Badania prowadzono wg obowiązujących wytycznych [11] oraz Norm Branżowych [13, 14]. W opracowanych newych analitycznych metodach prognozy zagrożenia wyrzutowego parametr Rc jest reprezentowany przez tzw. "stałą plastyczności - k", która wyraża się następująco:

$$k = \frac{R_{\rm c}}{\sqrt{3}} \qquad (MN/m^2) \qquad (5)$$

Wyniki badań nad kształtowaniem się parametrów Rc i k dla węgli poszczególnych kopalń obrazuje tablica 1. Prewadzene również badania na węglach pechodzących ze stref tektonicznie zaburzonych (na próbach nieferemych względnie pośrednio na podstawie znajomości f). Otrzymane wyniki wskazują, 2e wartość Rc w tych strefach wynosi 0,4-0,5 wartości tego parametru określanego na węglu niezaburzenym. W dwóch przypadkach (ściany 3 i 3a) pobierano próby również z chodników przyścianowych. Pozwoliło to określić zmiany parametru Re, peoząwszy od ohodnika nadścianowego do chednika podścianowego. Przykład kształtowania się parametru Rc wzdłuż frontu ściany 3a w pokł. 410/2 + 412 KWK "Nowa Ruda" obrazuje rys. 3 (na rysunku przedstavione réwnież zmiany parametrów Rr, m i f). Z załączenego rysunku 3 wynika, że najmniejsze wartości Rc posiada węgiel pochodzący z chodników przyścianewych oraz w strefie zaburzenia tektonicznego (uskok), Otrzymano też zależność wprest proporcjonalną między Rc i f, natemiast porowateść węgla (m) jest większą w przypadku spadku mechanicznej wytrzymałości węgla (Ro). Zmiany parametru Rr wzdłuż frontu są zbyt nieregularne, tak że trudno jest ekreślić jakieś prawidłowości.

Badania mechanioznej wytrzymałości na rozciąganie (Rr). Badania tego parametru prowadzone wyłącznie orientujące, na małej ileści próbek (4-8 dla węgla danej kopalni). Zastosowane tzw. metodę "brazylijska", polega-





h



Rys. 4. Widok stanowiska pomiarowego (mostek tensometryczny typu "WAMEL" i 2 woltomierze) stosowanego do badania v, E i G węgli kopalń dolnośląskich



Rys. 5. Próbka skały (węgla) z tensometrami naklejonymi równolegie (a) i prestopadle (b) de płaszozyzny uławicenia węgla kamiennego

Fizyozne własności węgli delnośląskich

jącą na określaniu Rr za pomecą poprzecznego ściskania. Do tego celu wymagano były próbki foremne; stosewano próby sześcienne wymiarach 6 x 6 x x 6 cm. Badania prowadzono wę Normy Branżowej [15]. Wyniki badań zestawiono w tablicy 1.

Badania współczynnika Poissona (n). W prezentowanej pracy współczynnik Poissona określano z próby ściskania metodą elektryczną, polegającą na zamianie wielkości mechanicznych (odkształceń) na wielkości elektryczne. Do tego celu używano maszyny wytrzymałościowej typu T-105, mostka tensometrycznego typu "Wamel", dwóch weltomierzy (do mierzenia $\mathcal{E}x$ i $\mathcal{E}y$) oraz tensometrów typu KC-120 c stałych 1,94 i 2,09. Widek układu pomiarowego (mostek tensometryczny i woltomierze) obrazuje rys. 4, natomiast rozmieszczenie tensometrów na badanej próbce rys. 5. Zmiany długości próbki węgla wyliczano z podstawowego wzoru tensometrii półprzewodnikowej [19]:

$$\frac{dR}{R} = k \frac{d1}{1}$$
 (6)

gdzie:

dR - względna zmiana oporności przewedu,

di - względne odkaztałcenie przewodu,

k - współczynnik czułości odkształceniowej.

Transponując powyższy wzór do odkaztałceń próbek skał, otrzymamy:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \ell x, y \cdot A \cdot C \qquad (7)$$

gdzie:

- ΔR zmiana operu tensometru względem operu początkowego R przy ciśnieniu atmosferycznym (0,098 MN/m²) 1 ata i temp. 293⁹K;
- k współczynnik czułości tensemetru; k jest stesunkiem przyrostu eperności do wydłużenia jednostkewego (jest stały dla danej serii tensometrów);
- A współczynnik czułości mostka tensemetrycznego, regulewany płynnie (stosowane A = 0,1%);
- C współczynnik skali (stosowano C = 1).

Ze względu na dużą trudność w obrabianiu próbek stosowano do badań węgiel, pochodzący ze zwięzłych partii pokładu. Penieważ współczynnik Peissona zmienia swą wartość z obciążeniem, dla każdej serii próbek wyznaczano wielkość naprężenia niszczącego (5c) i sporządzano charakterystykę postaci $\mathcal{E} = f(5)$, czyli zmian odkształcenia (\mathcal{E}) pod wpływem zmian obciążenia (5). Ze sporządzenych charakterystyk (przykłady niektórych z nich obrazuje rys. 6) wynika, że edkształcenie sprężyste zachodzi<0,66c; wobec ozego wielkość γ określano przy 0,560 jako: $\gamma = \left|\frac{\mathcal{E}_X}{\mathcal{E}_Y}\right|$. Wyniki tych badań zestawiono w tablicy 1.



Rys. 6. Zależność między naprężeniami a odkształceniami dla węgli kopalń DóZPW (badania tensometryczne)

Fizyczne własności wegli delnośląskich

Badania modulów sprężystości: Younga (E) i Kirchhoffa (G). Moduł sprężystości Younga (E) ujmuje zależność między naprężeniami a odkształcemiami (wyraża wpływ naprężeń na odkształcemia). Ponieważ wartość E jest zmienna wraz z obciążeniem, przed badaniem tego parametru dla każdej serii próbek sperządzano charakterystykę: $\hat{c} = f(G)$ oraz określano doraźną wytrzymałcóć próbki na ściskanie (Rc). Z przedstawionych na rysunku 6 wykresów wynika, że w zakresie naprężeń 0-0,2 Ro (czyli w początkowej fazie obciążenia) badane węgle posiadają charakterystykę wyraźnie krzywoliniową, co związane jest z pakietyzacją warstw węgla. Przy dalszych obciążeniach uwidacznia się możliwie prosteliniowy charakter krzywej; taki przedział jest widoczny w zakresie od 0,2-0,6 Ro. W przedziale tym badane próbki można uważać jako ciała transwersalnie izotropewe, tzn. izotropowe w płaszczyźnie uwarstwienia. Wartość modułu E wyznaczano wzorem:

$$E = \frac{6_2 - 6_1}{6_2 - 6_1} \quad (MN/m^2) \tag{8}$$

natomiast początkowy moduł sprężystości (Eo) z zależności:

$$E_0 = \frac{G_0}{\varepsilon_0} \quad (MN/m^2) \tag{9}$$

gdzie:

6 - początkowy okres obciążenia (MN/m²),

 \mathcal{E}_{o} - odpewiadające odkształcenie początkowe (‰).

Przy badaniach modułów sprężystości ekreślano również współczynnik anizotropowości (w tym celu obciążane również część próbek równolegle do płaszczyzny uwarstwienia).

Vspółczynnik anizotropowości wyznaczano z zależności:

$$\mathbf{E} = \sqrt{\frac{\mathbf{E}_{\perp}}{\mathbf{E}_{\parallel}}} \qquad (10)$$

We wezystkich przypadkach otrzymano: $k_E = 1, 1-1, 3$, a więc < 1,5.

Jak wynika z prao prowadzonych przez prof. Głuszkę [14], skały górnicze, które wykazują słabą anizotropowość (k_E < 1,5), mogą być rozpatrywane jako ośrodek izotropowy, a popełniany błąd w tym przypadku wynosi 6-8%. Przy takim założeniu można wielkości stałych materiałowych zastosować do praw teorii sprężystości, a więc również wyznaczyć wartość modułu sprężystości Kirchhoffa (G) z zależności:

$$G = \frac{E}{2(1-\gamma)} \quad (MN/m^2) \tag{11}$$

przy ozym należy przyjąć:

$$E = \frac{E_{\perp} + E_{\parallel}}{2} \quad (MN/m^2) \tag{12}$$

W badaniach tych parametrów, podobnie jak przy wyznaczaniu ϑ stesowano tę samą aparaturę.

Przykład wyznaczania E i G

Seria próbek z pola "Chrobry" KWK "Vałbrzych" posiada Rc = 4,0 MN/m². Z charakterystyki $\pounds = f(6)$, przedstawionej na rysunku 6, wynika, że badane próbki w zakresie naprężeń od 1 do 2 MN/m² zachowują się jak ciała transwersalnie izotropowe. Wybrane przedział naprężeń od 1,0-1,5 (MN/m²). Dla wybranej z serii próbki wyniki badań przedstawiają się następująco: przy ⁶ = 1,0 MN/m² otrzymane $\pounds y = 1,7$ % a przy ⁶ = 1,5 MN/m² otrzymano $\pounds y = 2,1\%_{0}$ stad:

$$E_{\perp} = \frac{1.5 - 1.0 \text{ MN/m}^2}{2.1 - 1.7 \%_0} = 1250 \text{ MN/m}^2$$

Pierwsze badanie próbki prowadzono przy 6 = 0,25 MN/m² i otrzymano:

 $\delta y = 0.7\%$

czyli

$$E_0 = \frac{0.25 \text{ MN/m}^2}{0.7} = 357 \text{ MN/m}^2$$

Drugą próbkę tej serii ściskano || do uwarstwienia również w przedziale od 1,0 do 1,5 MN/m^2 i otrzymano:

> $6_2 = 1,5 \text{ MN/m}^2 \Rightarrow \& y_2 = 2,6\%$ $6_1 = 1,0 \text{ MN/m}^2 \Rightarrow \& y_1 = 2,1\%$

stad:

$$E_{\parallel} = \frac{0.5 \text{ MN/m}^2}{0.5\%_{00}} = 1000 \text{ MN/m}^2$$

Współczynnik anizetrepewcści (k_m) wynosi:

$$k_E = \sqrt{\frac{1250}{1000}} = \sqrt{1,25} = 1,12$$

Fizyczne własności węgli dolnośląskich

Współczynnik Poissona dla badanej próbki ($\gamma = 0,39$) wyznaczene przy 6 = 1,5 MN/ a^2 .

Modul sprężystości Kirchhoffa badanych próbek wynosi:

$$G = \frac{E_{\perp} + E_{\parallel}}{2(1 + q)} = \frac{2250 \text{ MN/m}^2}{(1 + 0, 39)} = 404,67 \text{ MN/m}^2$$

Wykonano 8 tego typu badań na węglu z pola "Chrobry"; otrzymano wyniki G od 230,0 do 580,0 MN/m² (średnia wartość G z ośmiu próbek wynosi ok.



Rys. 7. Vidok stanowiska do określania ο i o dla węgla (aparat bezpośredniego ścinania)

400.0 MN/m²). Wyniki wartości G otrzymanych badaniami laboratoryjnymi dla wegli poszczególnych kopalń przedstawiono w tablicy 1. W pracy [7] przedstawieno również badania nad kształtowaniem się 🔹 , E i G węgli dolnośląskich, określanych za pomecą Betonoskopu ultradźwiękowego; niestety, uzyskiwano duży rozrzut wyników. Przykładowo, wartość v dla węgli wahała sie od 0,16 do 0,43. Badania laboratoryjne nad parametrami 🤺, E i G prowadzono, jak zaznaczono uprzednio, jedynie na weglach zwięzłych (dających się obrobić). Jest sprawą oczywistą, że wyrzuty zachodzą głównie w miejscach o najniższej mechanicznej wytrzymałości wegla, na którym wykonanie przedstawionych powyżej badań staje się, w warunkach laboratory jnych praktycznie niemożliwe. Do tego celu należy wykorzystać metodę sejsmiczną, dającą możliweść ekreślania in situ parametrów 🗟 . E i G se związków podanych w pracy [7].

Badania kąta tarcia wewnętrznego (ϕ) i kohezji (c). Prowadzene je w aparacie bezpośredniego ścinania (rys. 7), De badań używane sześciennych kostek węgla o wymiarach 6 x 6 x 6 cm, a w przypadku węgla roztartego, pechodzącego ze stref zaburzonych tektonicznie, przez wypełnienie korytka aparatu sproszkowanym węglem. Do badań używane bryż węgla o masie >1 kg, z których w laboratorium wycinane próbki e ww. wymiarach. Z jednej bryży węgla należało ebrobić przynajmniej 2 kostki węgla.

Przykład wyznaozania 0 i o

Kestkę węgla e wymiarach 6 x 6 x 6 cm umieszożone w korytku aparatu i ebciążeno ciężarkami e masie: 9 kg, 4,5 kg i 2,25 kg. De tege ebciążenia dedano obciążenie dźwigni równe 2,25 kg. Sumaryczne obciążenie próbki wynesi więc 18 kg, które poprzez dźwignię wywiera nacisk na próbkę równe: 4 x 18 = 72 kG (~720 M). Naprężenie normalne Gn, wynosi więc:

$$G_{n_1} = \frac{720 \text{ N}}{36 \text{ cm}^2} = 20 \text{ N/cm}^2$$



Rys. 8. Próbka węgla z pola "Piast" KVK "Nowa Ruda" po ścięciu w aparacie bezpośredniego ścinania

Obracając pokrętło, wywołujące przesuw skrzynki, spowodowano ścięcie próbki (rys. 8). W momencie ścięcia wskazówka dynamometru zatrzymała się w miejscu, które stanowi 0,10 części całej skali, czyli pełne wskazania czujnika wyniosło 3,10 mm (1 pełny obrót wskazówki dynemometru odpowiada 1 mm). Następnie posłużono się rysunkiem (rys. 9), z którego odczytano wielkość siły poprzecznej T, równej 1420 N/cm²; stąd wyznaczono wielkość naprężenia ścinającego (7,) wg zależności:

$$T_1 = \frac{T}{A} = \frac{1420}{36} \approx 39,5 \text{ N/cm}^2$$

W wyniku pierwszego ścięcia otrzymano pierwszy punkt charakterystyki $(6n_1, \mathcal{T}_1)$ - patrz rys. 10, prosta 3 (współrzędne: $6n_1 = 20 \text{ N/cm}^2$ i $\mathcal{T}_1 = 39,5 \text{ N/cm}^2$). W analogiczny sposób przeprowadzono ścięcie drugiej próbki pochodzącej z tej samej bryły węgla. Drugie ścięcie przeprowadzono przy $6n_2 = 42,5 \text{ N/cm}^2$ i $\mathcal{T}_2 = 49 \text{ N/cm}^2$. Otrzymano drugi punkt charakterystyki $(6n_2, \mathcal{T}_2)$ o współrzędnych (42,5 i 49). Łącząc obydwa punkty etrzymano wykres linii prostej o równaniu (3), z którego wyznaczone: $\varrho = 24^{\circ}$ i c = 31 N/cm^2 (patrz rys. 10, prosta 3); przykłady wyznaczania ρ i c dla węgla = pola "Piast" obrazuje rys. 11.



25 60	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	550	375	400	425 4	30
100 1056 105	4,65	209	2,60	5,02	3,8	4,15	4.70	5,22	5,80	6,30	6,90	7,50	805	B,62	9,20 9	

Rys. 9. Charakterystyka dynamometru pierścieniewego produkcji ZAN mr 71/77

Dla węgli poszczególnych kopalń wykonano po 15 badań tego typu. Wyniki parametrów zestawiono w tablicy 1; natomiast wartości kohezji węgla wynoszą:

węgiel	z	pola	"Piast":	1,5	N/cm ²	< °	<42	2,5	N/cm ² ;	c _{ár} :	= 10,33	N/om ² ,
węgiel	z	pola	"Słupieo":	15	N/em ²	< •	<	95	N/cm ² ;	cár :	= 42,30	N/om ² ,
węgiel	z	pola	"Chrobry":	7	N/cm ²	< c	<	31	N/om ² ;	ofr :	= 12,46	N/cm ² ,
wegiel	z	KWK '	"Thorez":	5	N/cm ²	< 0	<	55	N/om ² ;	0 ár =	= 22,50	N/cm ² .





Fizyozne własności wegli delnośląskich

Sproszkowany węgiel pochodzący ze stref zaburzonych tektonicznie posiada wartości o w granicach 12-13°, natomiast wartość o dla tych węgli wynosi od 1,5-7 N/cm².

Vartość ρ i o meżna w przybliżeniu również wyznaczyć na podstawie znajomości Rr i Rc (z wykresu koła Mohra).

Znajomość o pozwala również w przybliżeniu wyznaczyć wielkość współczynnika Poissona, Przekształcając znany wzór z mechaniki gruntów otrzymany:

$$\vartheta = \frac{t_g^2 (45^\circ - \frac{Q}{2})}{1 + t_g^2 (45^\circ - \frac{Q}{2})}$$
(13)

Dla wartości 0 od 10[°] do 30[°] błąd popełniany między wyznaczaniem analitycznym – powyższym wzorem a badaniami laboratoryjnymi nie przekracza 10% [7].

Warteść liczby w zależneści od wielkości ę kształtuje się następująde:

ρ(°)	৵ [-]
12	0,400
15	0,371
18	0,346
21	0,321
24	0,300
30	0,250

Badania zależności między wskaźnikiem zwięzłości (f) a mechaniczną wytrzymałością na ściskanie (Rc). Do badań używane prób węgla o masie >1 kg, które następnie rezdrabniano tak, by otrzymać próbkę do badań Rc oraz próbki do badań wskaźnika f (bryły węgla o masie 300 g i 500 g). Pomiar wskaźnika f jest w praktyce łatwiejszy aniżeli Ro; wobec powyższege ustalenie korelacji między f i Ro nabiera istotnege znaczenia (parametr f można określać in situ za pomocą penetremetru). Ogólnie w mechanice górotworu przyjmuje się, że zależność między f i Rc (kG/cm²) wyraża się następujące:

$$f = \frac{R_c}{100}$$
 (-) (14)



Fizyozne własności węgli delneśląskich

V wyniku przeprewadzonych badań na 21 próbkach węgla, pochodzącego z wyrzutowych pekładów kepalń DśZPW, otrzymano następującą zależność analityczną:

$$f = \frac{R_0}{4.9} - \sqrt{\frac{R_0}{49}}$$
 (-) (15)

dla przedziału 0,7 MN/m² < Rc < 11,0 MN/m²; wsp. korelaoji r = 0,81. Wykres zależności f = g(Rc), gdzie Ro wyrażene jest w (MN/m²), obrazuje rys. 12.

Badania porowatości węgla. Prowadzono je w aparaturze konstrukcji Kleczkowskiego-Mularza oraz Washburna-Buntinga. Znaczenie badań tego parametru podano w pracy [16], natomiast w pracy [17] podane sposób określania tego parametru oraz jego relę w procesie wyrzutów gazów i skał. Wobec powyższego w niniejszej pracy egraniczono się jedynie do przedstawienia wyników tych badań (tablica 1).

Przedstawione w tablicy 1 średnie warteści parametrów określano za pomocą średniej arytmetycznej (\overline{X}) warteści mierzonych (Xi) o postaci:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{1}^{n} X_{1}$$

gdzie:

n - ilość próbek.

IV. Podsumowanie

Wykonane badania pozwalają określić w przybliżeniu kształtowanie się parametrów mechanicznej wytrzymałości wegli kopalń DśZPW. Dotychczas tego typu badania na węglach dolnośląskich nie były prowadzone, z czego wynikala dodatkowa trudność. Badania potwierdziły tezę, że niska mechaniczna wytrzymałość węgla jest jedną z podstawowych przyczyn (obok ciśnienia gazu i stanu naprężeń) występowania wyrzutów węgla i gazu. Węgle z pekładów wyrzutowych posiadają znacznie niższe parametry mechanicznej wytrzymałości od węgli pochodzących z pokładów niewyrzutowych w tym samym rejonie górniczym DáZPW, Przykładowe, mechaniczna wytrzymałość na ściskanie wegla w stanie jednooslowym (Rc), pochodzącego z najbardziej wyrzutowego rejonu DśZPW, tzn. z pola "Piast", jest ok. 5,3 razy mniejsza od Ro węgla z niewyrzutewego pela "Słupiec"; natomiast węgle z pokładów wyrzutowych kopalń wałbrzyskich są ok. 3 razy mniej wytrzymałe mechanicznie (patrz tabl. 1). Na podstawie badań literaturewych można stwierdzić, że węgiel z pola "Piast" poslada najmiższe parametry mechanicznej wytrzymałości speśród

(16)

Fizyczne własności wegli do nośląskich

wszystkich węgli kopalń eksploatujących pokłady wyrzutowe; dotychczas uważano, że najniższą wytrzymałość posiadają węgle Zagłębia Pecs w WRL (Rc_{śr} = 3,0 MN/m²), (przyp. aut.). Dla innych parametrów mechanicznej wytrzymałości (Rr, f, E, G, c) zachodzą podobne prawidłowości jek w przypadku Rc, tzn. .ch wartości określone na węglach wyrzutowych są kilka razy mniejsze w stosunku do węgli niewyrzutowych.

Wartość kąta tarcia wawnętrznego (ρ) określana na węglach wyrzutowych DśZPW jest o ok. 8⁰-15⁰ mniejsza od określanego na węglu niewyrzutowym, pochodzącym z pola "Słupiec"; natomiast w przypadku współczynnika Poissona obserwuje się zależność odwrotną. Największą wartością charakteryzującą są węgle najmniej wytrzymałe mechanicznie, dla których średnie wartości ϑ są o ok. 0-05-0,10 wyższe od węgli zwięzłych, pochodzących z pola "Słupiec".

Reasumując, można stwierizić, że węgle pokładów zagrożonych wyrzutami charakteryzują się niskimi wartościami Rc, Rr, f, ρ , c, E i G oraz wysokimi wartościami $\sqrt[n]{}$.

Oprócz powyżej omówionych parametrów mechanicznej wytrzymałości, istotnego znaczenia w problematyce wyrzutów nabierają również niektóre parametry fizyczne węgli i skał otaczających, z których najważniejsza jest porowatość węgla (m) i skał stropowych (m_1). Porowatość wpływa na pojemność sorpcyjną, rozkład naprężeń oraz na mechaniczną wytrzymałość węgla i skał płonnych [17].

LITERATURA

- Badania nad parametrami fizykomechanicznymi węgli i skał płonnych kopalń Dolnośląskiego Zaglębia Węglowego. Czyn XXXV-lecia PRL. Praca wykonana pod kierunkiem H. Gila, Gliwice, VI. 1979.
- [2] Coeuillet R.: Pression de terrain et incidents dynamiques (Degagements instantanes et coups de toit). "Revue de L'Industrie Minerale", nr 611, 1954.
- [3] Chodot W.W.: Wniezapnyje wybrosy ugla i gaza. Izd. GNTI, Moskwa 1961.
- Filcek H.: Wpływ czasu na stan naprężenia i odkształcenia górotworu w sąsiedztwie wyrobiska chodnikowego. Zeszyty Problemowe Górnictwa, T. 1, z. 1, Warszawa 1963.
- [5] Gil H.: Kryterium wyrzutu gazów węgla i skał. Przegląd Górniczy, nr 5, 1977.
- [6] Gil H., Kraj W., Świdziński A.: Praca badawcza NB-373/RG-6/77. Etap II. "Opracowanie analitycznego kryterium wyrzutu węgli gazów i skał, w oparciu o mierzalne parametry określające wpływ zaszłości eksploatacyjnych oraz ciśnienia gazu, naprężeń pierwotnych i porowatości węgla pod wpływem zmien obciążenia". Gliwice, XI. 1977.
- [7] Gil H., Drzęźla B., Świdziński A.: Praca badawcza NB-373/RG-6/78. Etap III. "Przemysłowa weryfikacja analitycznego kryterium wyrzutu gazów i skał z uwzględnieniem wpływu zaszłości eksploatacyjnych i objętości usuwanej masy węglowej". Gliwice, XII.1978.
- [8] Gil H., Świdziński A. i inni: Praca badawcza NB-373/RG-6/79. Etap IV.
 "Metoda AZW Analitycznej Oceny Stanu Zagrożenia Wyrzutami Gazów i Skał" - wersja przemysłowa. Gliwice, XII. 1979.

Ł	9	Gil H.,	Swidziński A.: Nowa metoda prognozowania wyrzutów	gazów	1
		skał na	etapie prognozy regionalnej. Przegląd Górniczy nr 2,	1981.	

[10] Gmoszińskij: K woprosu o podgowitielnej fazie wniezapnogo wybrosa.Problemy rudnicznoj aerologii i wniezapnych wybrosow ugla i gaza. Izd. AN SSR, Moskwa 1958.

- Pforr H.: Wytyczne Międzynarodowego Biura Mechaniki Górotworu do określania parametrów geomechanicznych skał i górotworu. Gliwice 1975.
- [12] Praca badawcza NB-373/RG-6/76 "Matematyczne kryterium wyrzutu gazów i skał". Etap I. Praca wykonana pod kierunkiem H. Gila, Gliwice, XII. 1976.
- Polska Norma Branżowa BN-75/8704-11, Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie przy użyciu próbek nieforemnych, Wyd. Normalizacyjne 1977.
- [14] Polska Norma Branżowa BN-75/8704-07. Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie przy użyciu próbek foremnych. Wyd. Normalizacyjne 1975.
- Polska Norma Branżowa BN-75/8704/05. Oznaczanie wytrzymałości na rozciąganie metodą poprzecznego ściskania. Wyd. Normalizacyjne 1975.
- [16] Świdziński A.: Charakterystyka głównych czynników wpływających na możliwość zaistnienia wyrzutów gazu węgla i skał. ZN Pol.Śl. s. Górnictwo, z. 87, 1977.
- [17] Świdziński A., Ignacy P., Pachla B.: Badania nad porowatością węgli kopalń DśZPW. ZN Pol.Śl. s. Górnictwo, nr 104, 1979.
- [18] Świdziński A.: Weryfikacja analitycznego kryterium prognozowania wyrzutów gazów węgli i skał w oparciu o pomiary in situ. Praca doktorska. Biblioteka Cłówna Pelitechniki Śląskiej, Gliwice 1980.
- [19] Świądkowski Z.: Zastosowanie metod tensometrii elektrycznej do pomiarów wielkości mechanicznych. Warszawa 1978.

Wpłynężo do Redakcji 14.I.1981 r.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Jan Borowski

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИЖНЕСИЛЕЗСКИХ УГЛЕЙ

Резюме

Представлены результаты исследований физических свойств нижнесилезских углей с учетом опасности выбросов угля и газов. Исследования касались определения постоянной пластичности (к), козффициента Пуассона (ϑ), угла внутреннего трения (φ), модуля касательной упругости Кирхгофа (G), козффициента крепости по Протодьяковнову (f), а также пористости (м). Эти параметры действительны в обработанных в ITEZ аналитических методах прогнозирования опасности выбросов.

Fizyczne własności węgli dolnośląskich

PHYSICAL PROPERTIES OF COALS IN THE LOWER SILESIA

Summary

The paper pontains the results of the tests carried over the physical properties \bullet coals in the Lower Silesia within the aspect of coal and gas outburst. The tests were concerned with the determination of the plasticity constant (k), Poisson's coefficient (γ), the angle of inner friction (ρ), elasticity modulus (G) of Kirchhoff, compactness factor after Protodiakonov (f), and porosity factor (m). The parameters are essential in the analytical methods of prognosticating the outburst developed at the Institute (ITEZ).