ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1979

Seria: GÓRNICTWO z. 88 Nr kol. 571

Marcin BORECKI

BADANIA NAD OKREŚLENIEM WSKAŹNIKA REOLOGICZNEGO SKŁONNOŚCI WĘGLA DO TĄPAŃ

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono wyniki badań przeprowadzone w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Sląskiej nad związkiem skłonności do tąpań a intensywnością pełzania na przykładzie wybranych pokładów węgla.

Jako miarę skłonności węgla do tąpań zaproponowano przyjąć wskaźnik reologiczny oraz zaproponowano wstępną klasyfikację pokładów węglowych według stopnia zagrożenia tąpaniami w zależności od ich własności reologicznych.

1. Wstęp

Obserwacje zjawisk zachodzących w górotworze pod wpływem prowadzenia robót górniczych wskazują, że powstanie tąpań warunkują dwa czynniki występujące równocześnie:

- skłonność górotworu do tąpań,
- koncentracja naprężeń, mogące zruszyć górotwór w sposób gwałtowny.

Metody zwalczania lub zapobiegania tąpaniom polegają więc na wyeliminowaniu jednego z tych czynników.

Dotychczasowe metody zwalczania lub zapobiegania tąpaniom polegają głównie na niedopuszczeniu do nadmiernej koncentracji naprężeń w pobliżu wyrobisk. Istnieją jednak metody zmierzające do zmiany tych własności fizycznych węgla lub skał otaczających, które decydują o skłonności górotworu do tąpań. Warunkiem rozwoju tych metod jest jednak bliższe poznanie zespołu własności fizycznych oraz związków zachodzących między nimi a tak zwaną tąpliwością pokładów.

Dla potrzeb praktyki, a w szczególności zaś dla prognozowania naturalnej skłonności węgla do tąpań, niezbędne jest uwzględnienie w tych związkych własności reologicznych, a więc czynnika czasu. Nawet tak gwałtowne zjawiska, jakimi są tąpania, poprzedza zawsze stosunkowo długi okres koncentracji naprężeń - wytwarzanie się granicznych stanów naprężeniowo-deformacyjnych. W Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej podjęto w 1976 r. kompleksowe badania własności reologicznych skał, w pierwszej kolejności skał karbońskich ROW-u [1]. W ramach tych badań przeprowadzono badania własności reologicznych węgla

z wybranych pokładów kopalni Szombierki i Dymitrow szczególnie pod kątem wpływu własności reologicznych na skłonność węgla do tąpań.

2. Badanie własności reologicznych węgla

Reologiczne własności węgla oznaczono w laboratoryjnej próbie pełzania w warunkach jednoosiowego ściskania. Materiałem doświadczalnym dla przeprowadzenia badań był węgiel z pokładów 418 i 510 KWK Dymitrow oraz węgiel z pokładów 507 i 510 KWK Szombierki.

Pokłady 507 i 510 w Kop. Szombierki oraz pokład 510 w Kop. Dymitrow zaliczone są zgodnie z przepisami do III stopnia zagrożenia tąpaniami, natomiast pokład 418 Kop. Dymitrow jest pokładem nietąpiącym. Pobrane bryły węgla poddano wstępnej selekcji, a z wybranego materiału wycięto próbki do badań. W badaniach reologicznych stosowano identyczne próbki jak w badaniach doraźnych nad własnościami sprężystymi i wytrzymałościowymi. Stosowano próbki prostopadłośnienne o wymiarach 50x50x100 mm. Dokładność mechanicznej obróbki próbek spełniała wymagania wytycznych Międzynarodowego Biura Mechaniki Górotworu.

W związku z tym, że zamierzeniem badań było oznaczenie własności reologicznych w stanie powietrzno-suchym, obrobione już próbki przechowywano w okresie 5 tygodni w warunkach umiarkowanej temperatury (20°C) i stałej wilgotności powietrza (50%).

Przed podjęciem zasadniczych badań na pełzanie przeprowadzono badania wstępne. Dotyczyły one przede wszystkim wytrzymałości węgla na ściskanie, której znajomość była niezbędna dla ustalenia wielkości obciążeń w zasadniczych próbach pełzania. Rezultaty tych badań podano w tablicy 1. Badania zasadnicze przeprowadzono w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej na czterech pełzarkach sprężynowo-hydraulicznych PSH 400 kN do prób pełzania przy ściskaniu z obciążeniem do 400 kN. Próbki badano metodą stałego obciążenia przy poziomie naprężeń równym 0,6 i 0,9 R_c.

Stałe obciążenie w próbach pełzania utrzymywano z dokładnością ± 0,3%. Do pomiaru odkształceń próbek stosowano czujniki zegarowe oraz czujniki indukcyjne. Badania prowadzono aż do momentu zaniknięcia procesu pełzania. Efektem przeprowadzonych prób pełzania są uzyskane zależności:

$$\varepsilon = F(t) \qquad (1)$$

gdzie:

ε - odkształcenie właściwe,

t - czas.

Zależności te przedstawiono w formie wykresów na rys. 1, 2 i 3.

Tablica 1

Kopalnia	Pokład	Wytrzymałość na ściskanie R_c [MN/m^2]	Odchylenie standardowe s [MN/m^2]	Wskaźnik zmienności ν [%]	Ilość próbek
1	2	3	4	5	6
DIMITROW	418	20,4	5,8	28,4	11
	510	18,8	5,5	29,3	9
SZOMBIERKI	507	19,0	5,3	27,9	7
	510	23,6	7,2	30,0	9

W rezultacie badań własności reologicznych skał karbońskich Zagłębia Górnośląskiego przeprowadzonymi w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej w Gliwicach stwierdzono: że deformacja większości skał Zagłębia Górnośląskiego może być opisana liniowymi zależnościami. W związku z tym dla opracowania materiałów badań zastosowano równanie całkowe teorii liniowej dziedziczności Bolzmanna-Volterry z jądrem pełzania typu Rabotnowa.

Dla aproksymacji krzywej pełzania zastosowano równanie [3]:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{E}\left\{1 + \frac{\chi}{\beta \cdot \chi}\left[1 - e^{(\chi \cdot \beta)\gamma \cdot t^{1-\alpha}}\right]\right\} \qquad (2)$$

opisujące pełzanie ośrodka dziedzicznego o modelu całkowym z jądrem pełzania typu Rabotnowa,

gdzie:

χ i β - parametry pełzania,

γ i α - wielkości stałe,

przy czym $\alpha \approx 0,7$

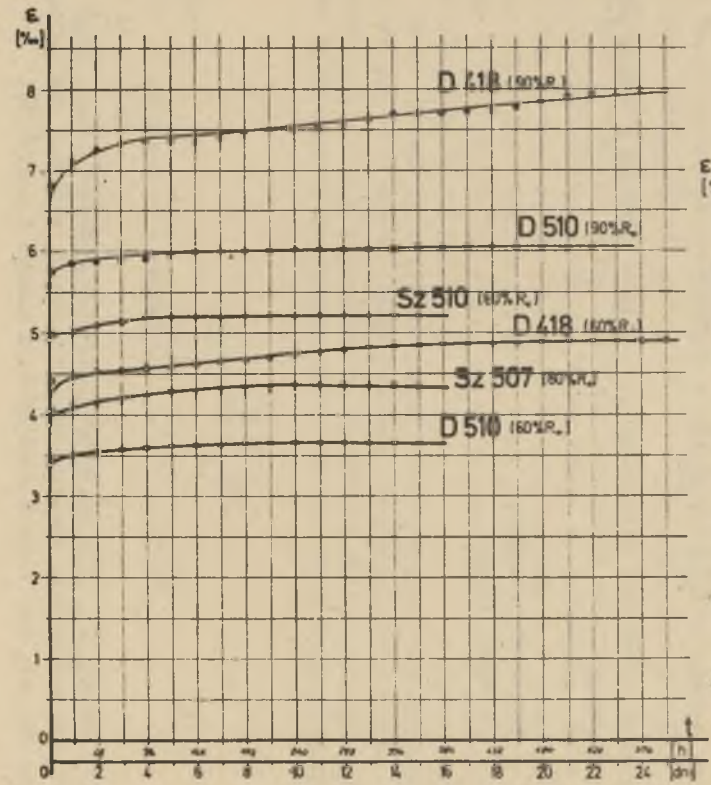
$$\gamma = (1 - \alpha)^{1-\alpha} \approx 0,7.$$

Przy $t \to \infty$ i $\beta > \chi$

$$\frac{\varepsilon_{(t)} - \varepsilon_0}{\varepsilon_0} = \frac{\chi}{\beta - \chi}$$

$$\varepsilon_t = \varepsilon_\infty = \varepsilon_0 \quad 1 + \frac{\chi}{\beta - \chi} \qquad (3)$$

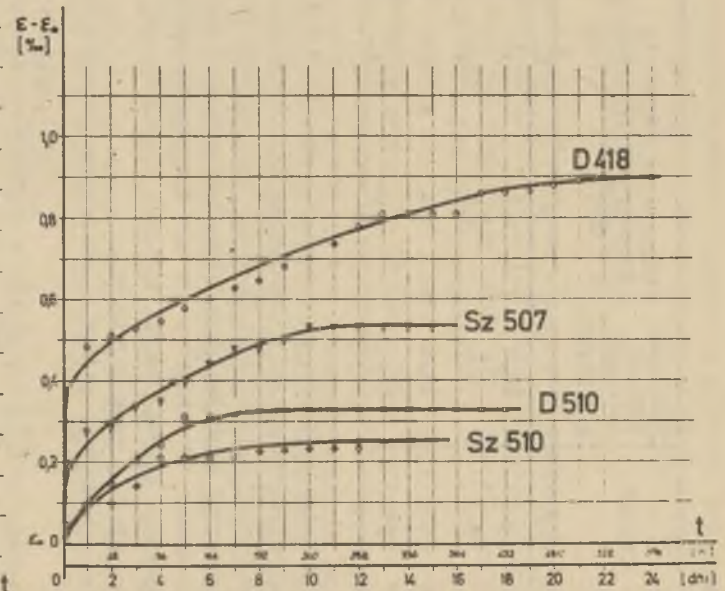
Z układu równań (2) i (3) obliczono parametry pełzania, tj. χ i β. Umożliwiły one wykreślenie aproksymowanych krzywych pełzania dla badanych węgli (rys. 4a, 4b, 4c). Sposób aproksymacji podano w pracy [3].



Rys. 1. Próby pełzania węgla

Fig. 1. Creep tests of coal

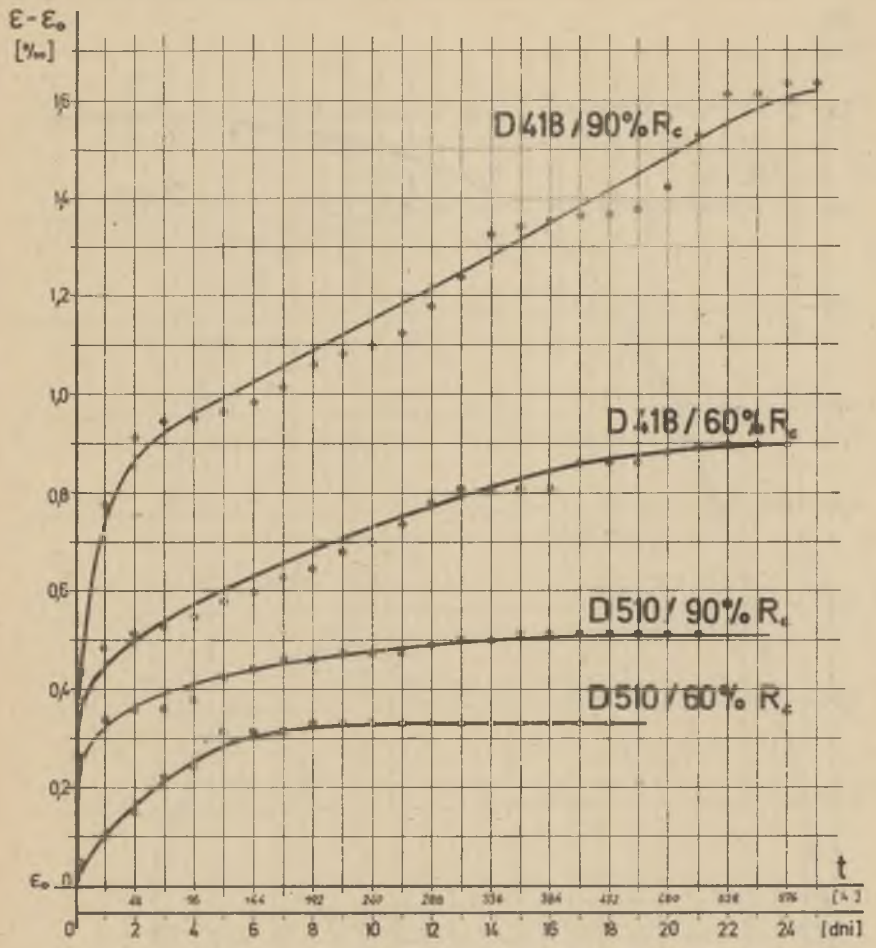
Рис. 1. Испытания ползучести угля



Rys. 2. Krzywe pełzania węgla pod obciążeniem 60% R_c

Fig. 2. Creep curves of coal at load of 60 per cent of R_c

Рис. 2. Кривые ползучести угля под напряжением 60% $\sigma_{сж}$



Rys. 3. Wpływ wielkości naprężenia na intensywność pełzania

○ - węgiel z pokładów nietąpiących
□ - węgiel z pokładów tąpiących

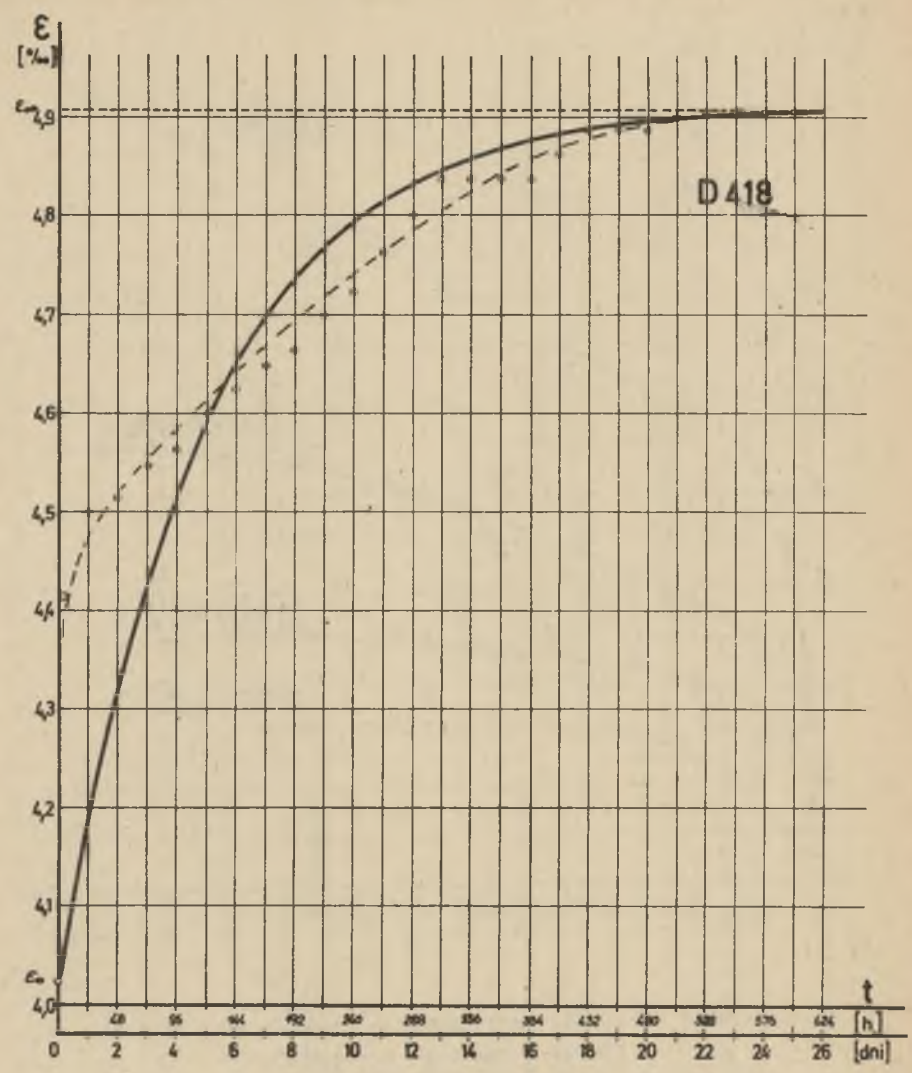
Fig. 3. Influence of stress value upon intensity of creep

○ - coal from unbumpy seams
□ - coal from bumpy seams

Рис. 3. Влияние величины напряжения на интенсивность ползучести

○ - уголь из бесгорноударных пластов

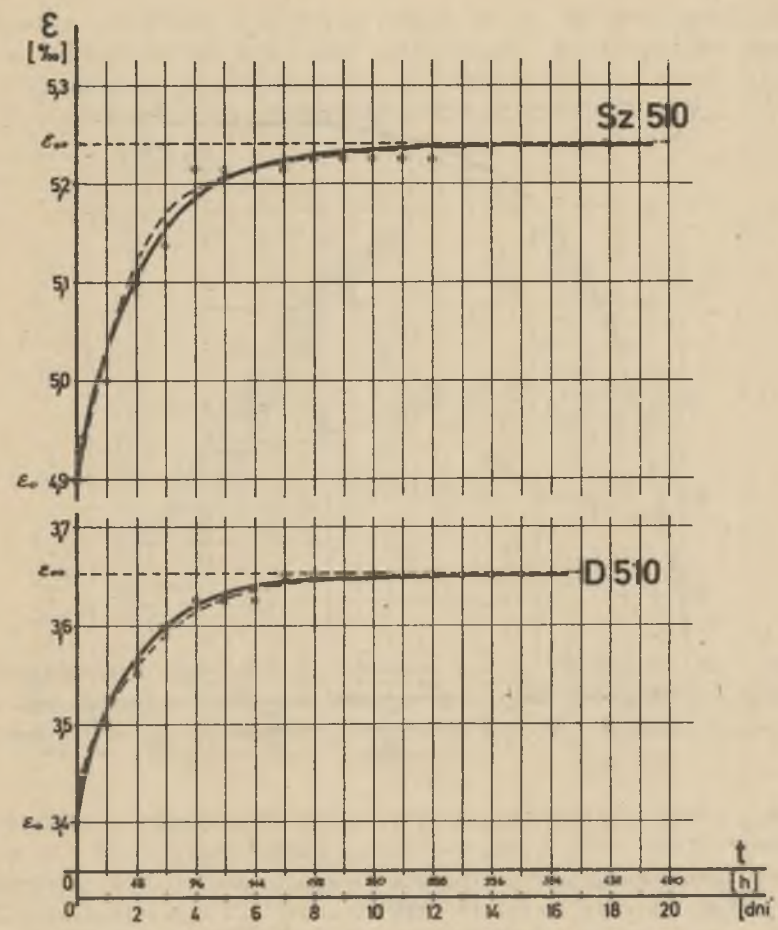
□ - уголь из горноударных пластов



Rys. 4a. Aproksymacja krzywej pełzania węgla z pokładu 418 Kopalni Dymitrow

Fig. 4a. Approximation of creep curve of coal from seam of 418 of Dymitrow mine

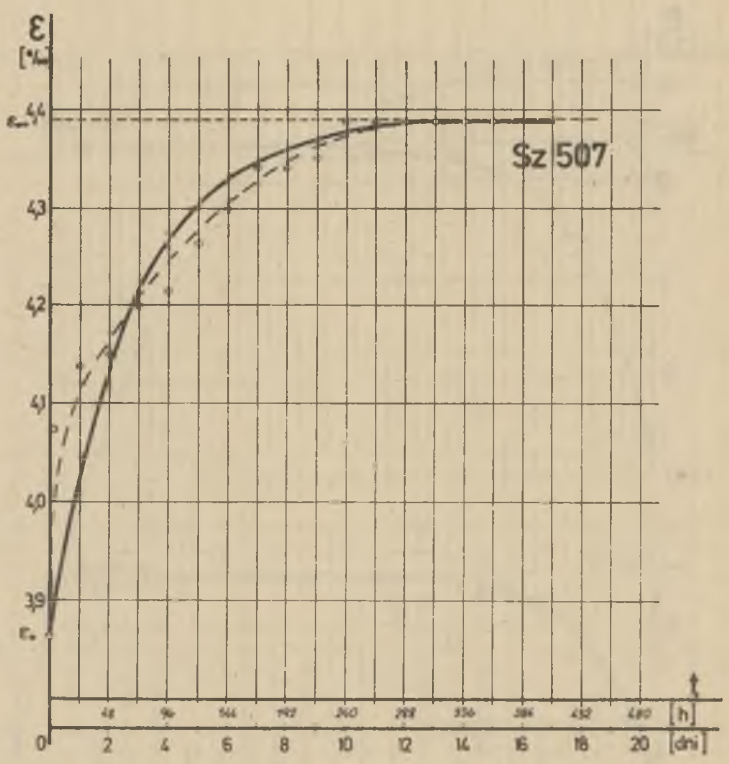
Рис. 4а. Апроксимация кривой ползучести угля из пласта № 418 шахты Димитров



Rys. 4b. Aproksymacja krzywych pełzania węgla z pokładu 510 kopalń Dymitrow i Szombierki

Fig. Approximation of creep curves of coal from seam of 510 of Dymitrow and Szombierki mines

Рис. 4б. Апроксимация кривых ползучести угля из пласта № 510 шахт Димитров (D 510) и Шомберки (Sz 510)



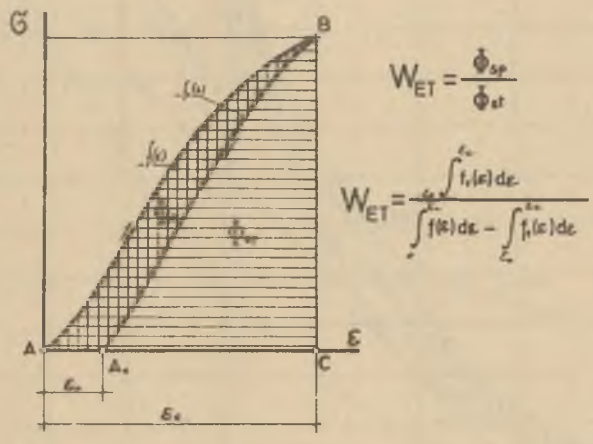
Rys. 4c. Aproksymacja krzywej pełzania węgla z pokładu 507 kopalni Szombierki

Fig. 4c. Approximation of creep curve of coal from seam of 507 of Szombierki mine

Рис. 4в. Апроксимация кривой ползучести угля из пласта № 507 шахты Шомберки

3. Pełzanie węgla a jego skłonność do tąpań

Z porównania przebiegów krzywych pełzania wynika, że intensywność pełzania węgla z pokładów tąpiących przy tych samych stopniach obciążenia jest wyraźnie mniejsza od intensywności pełzania węgla z pokładu nietąpiącego, tj. pokładu 418 kop. Dymitrow.



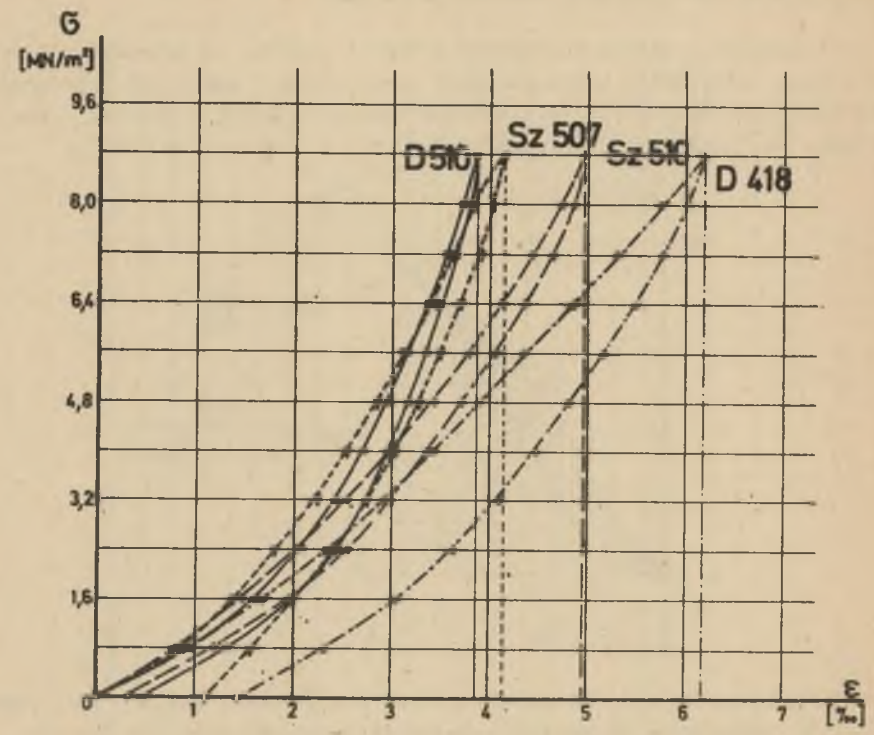
Rys. 5. Określenie energetycznego wskaźnika skłonności węgla do tąpań
Fig. 5. Definition of energetic index of proneness to burts for coal
Рис. 5. Определение энергетического показателя предрасположения угля горным ударам

Stan zagrożenia tąpaniami pokładu w kopalni wg obowiązujących przepisów określa się na podstawie badań statystycznych. W celu zweryfikowania danych dotyczących określenia skłonności węgla do tąpań, posłużono się [3] wskaźnikiem energetycznym W_{ET} (rys. 5), Jak wynika z licznych badań, węgiel jest bardzo skłonny do tąpań, gdy $W_{ET} > 5$, mało skłonny do tąpań, gdy $W_{ET} = 2 \div 5$ oraz nieskłonny do tąpań, gdy $W_{ET} < 2$.

Zestawienie wielkości określonych na podstawie wykresów (rys. 6) wskaźników energetycznych dla poszczególnych pokładów podano w tablicy 2. W tablicy tej podano także stopnie zagrożenia tąpaniami, do których badane pokłady zostały zaliczone zgodnie z przepisami. Dane zamieszczone w tablicy 3 wskazują na dobre powiązanie tych czynników.

Dla potrzeb ilościowego określenia związku pomiędzy skłonnością węgla do tąpań a jego skłonnością do pełzania posłużono się wskaźnikiem reologicznym. Wskaźnik reologiczny określa zależność:

$$W_{RT} = \frac{\chi}{\beta} \qquad (4)$$



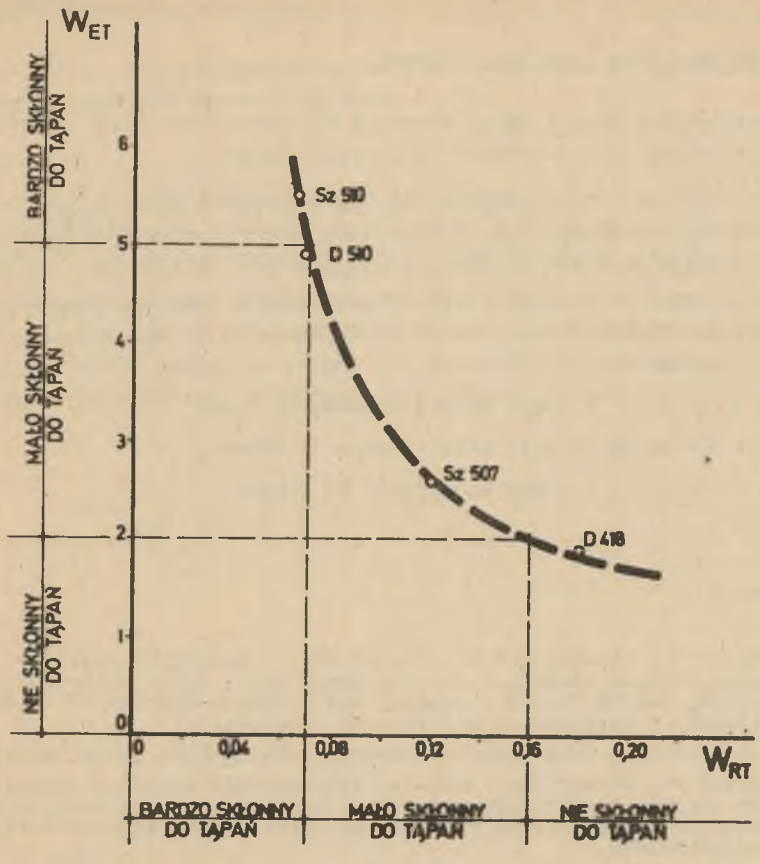
Rys. 6. Wyznaczenie energetycznych wskaźników skłonności węgla do tąpań

Fig. 6. Determination of energetic index of proneness to bursts for coal

Рис. 6. Установление энергетических показателей предрасположения угля горным ударам

Tablica 2

Kopalnia	Pokład	Stopień zagrożenia tąpaniami wg przepisów	Energetyczny wskaźnik skłonności węgla do tąpań		Wskaźnik reologiczny W_{RT}
			W_{ET}	określenie	
1	2	3	4	5	6
Dymitrow	418	niezagrożony tąpaniami	1,9	nieskłonny do tąpań	0,480
	510	III	4,9	bardzo skłonny do tąpań	0,070
Szombierki	507	III	2,6	mało skłonny do tąpań	0,120
	510	III	5,5	bardzo skłonny do tąpań	0,065



Rys. 7. Zależność między relogicznym (W_{RT}) a energetycznym (W_{ET}) wskaźnikiem skłonności węgla do tąpań

Fig. Connection between rheological (W_{RT}) and energetic (W_{ET}) index of proneness to bursts for coal

Рис. 7. Зависимость между реологическим (W_{RT}) и энергетическим (W_{ET}) показателями предрасположения угля горным ударом

Wartości liczbowe wskaźnika reologicznego W_{RT} w tablicy 2 bardzo wyraźnie korelują z umieszczonym w niej wskaźnikiem energetycznym W_{ET}, a tym samym ze stopniem zagrożenia tąpaniami badanych pokładów. Zależność ta graficznie została przedstawiona na rys. 7. Można stąd wyciągnąć wniosek, że miarą skłonności węgla do tąpań może być wskaźnik reologiczny. Oznaczając więc parametry reologiczne skał, można na ich podstawie sądzić nie tylko o pełzaniu ale i - w drodze odpowiednich korelacji - o właściwych tym skałom zjawiskach dynamicznych.

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

1. Przedstawione wyniki badań wskazują na wyraźną zależność skłonności węgla do tąpań od jego własności reologicznych.
2. Jako miarę naturalnej skłonności węgla do tąpań proponuje się przyjąć wskaźnik reologiczny W_{RT}. Koreluje on wyraźnie ze wskaźnikiem energetycznym W_{ET} badanych pokładów i ich stopniem zagrożenia tąpaniami.
3. W zależności od wielkości wskaźnika reologicznego W_{RT} proponuje się następującą wstępną klasyfikację węgli pokładów według stopnia zagrożenia tąpaniami:

$W_{RT} < 0,07$ - węgle bardzo skłonne do tąpań

$W_{RT} = 0,07-0,16$ - węgle mało skłonne do tąpań

$W_{RT} > 0,16$ - węgle nieskłonne do tąpań.

LITERATURA

[1] Borecki M., Kwaśniewski M., Oleksy St.: Podstawy teoretyczne i metodyczne badania własności reologicznych skał. Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni, Gliwice 1975. Praca publikowana w ograniczonych ilościach egzemplarzy.

[2] Rabotnow J.N.: Połzucziest elementow konstrukcji. Nauka, Moskwa 1966.

[3] Borecki M., Oleksy St., Pach J.: Aproksymacja krzywych pełzania skał jako ośrodka dziedzicznego o modelu całkowym - Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni, Gliwice 1977. Praca niepublikowana.

ИСПЫТЫВАНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ СКЛОННОСТИ УГЛЯ К ГОРНЫМ УДАРАМ

Р е з ю м е

В статье представлены результаты испытаний проведеных в Институте Проектирования Строительства Шахт и Охраны Поверхности касающие связи между склонностью угля к горным ударам а интенсивностью его ползучести на основе избранных угольных пластов. Предложено принять коэффициент ползучести в качестве меры склонности угля к горным ударам. Предложена тоже предварительная классификация угольных пластов по уровням загрожения горными ударами в зависимости от их реологических свойств.

INVESTIGATIONS ON THE DETERMINATION OF
COAL BOUNCING TENDENCY RHEOLOGICAL INDEX

S u m m a r y

Investigations results carried out in the Institute of Mining Designing, Building and Minehead Protection of the Silesian Polytechnic Institute have been presented. They concern the relation between bounce tendency and creep intensity on the example of a number of chosen coal beds. The rheological index has been suggested to be accepted to determine bouncing tendency and a preliminary coal bed classification proposed according to bouncing hazard as depending on rheologic characteristics.