

TADEUSZ GODULA  
Katowickie Przedsiębiorstwo Geologiczne

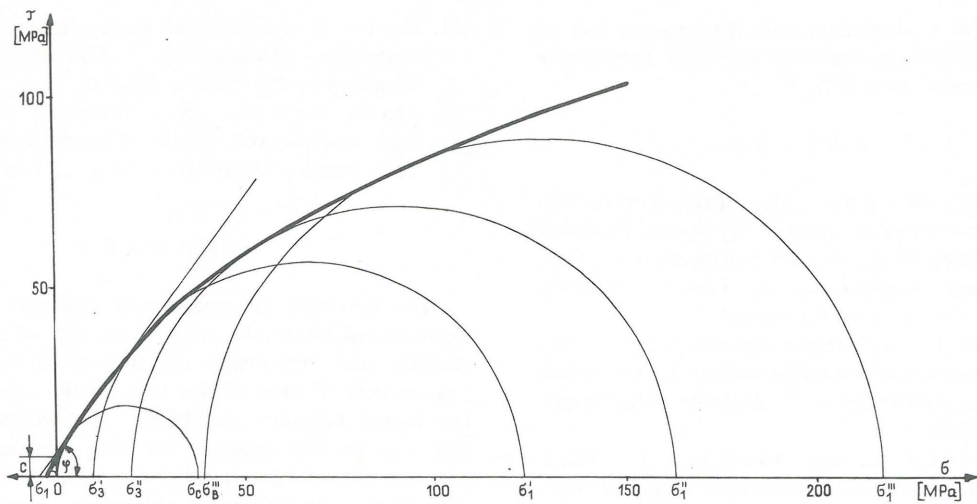
## WŁASNOŚCI MECHANICZNE SKAŁ KARBOŃSKICH W POŁUDNIOWO-ZACHODNIEJ CZĘŚCI GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Wykonane w latach siedemdziesiątych liczne prace geologiczne dla rozpoznania zasobów złóż węgla kamiennego w południowo-zachodniej części GZW, w rejonach na południe od uskoku Gorzyce – Bzie – Czechowice, obejmowały również szeroki program badań geologiczno-inżynierskich. Konieczność tych badań wynika z faktu głębokiego występowania warstw karbońskich w trudnych warunkach geologiczno-inżynierskich dla prowadzenia eksploatacji.

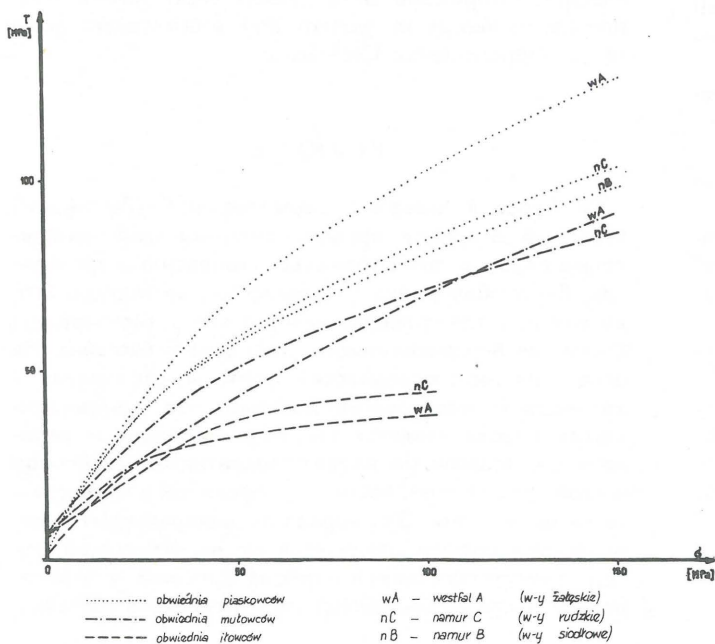
Badania geologiczne karbonu otworami wiertniczymi do głębokości 1500 m stwierdziły występowanie głównie trzech serii stratygraficznych należących do: namuru B (warstwy siodłowe), namuru C (warstwy rudzkie) i westfalu

A (warstwy załęskie). Utwory karbońskie wykazują budowę warstwową, w której wyróżniono 5 podstawowych odmian litologicznych skał. Stanowią je: piaskowce, mułowce, iłowce, łupki węglowe i węgle kamienne. W ramach przeprowadzonych prac geologiczno-inżynierskich dla skał tych oznaczono metodami laboratoryjnymi 3 podstawowe wskaźniki wytrzymałościowe: 1) wytrzymałość chwilowa na ściskanie, 2) wytrzymałość chwilowa na rozciąganie, 3) wytrzymałość w stanie naprężeń trójosiowych.

Przy wykonywaniu oznaczeń wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie kierowano się zaleceniami Międzynarodowego Biura Mechaniki Górniczej, natomiast ściska-

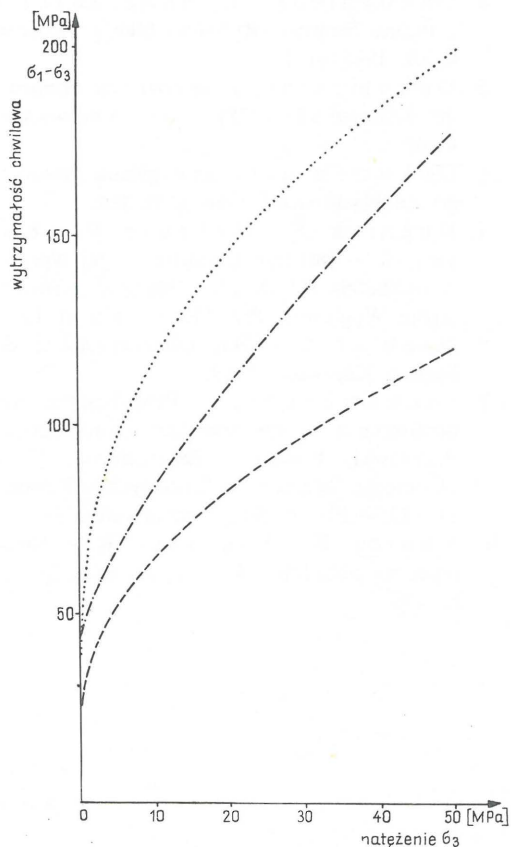


Ryc. 1. Diagram Mohra sporządzony na podstawie uśrednionych wartości  $\sigma_1$  dla piaskowców rudzkich.



Ryc. 2. Średnie obwiednie Coulomba-Mohra.

nie skał w stanie naprężeń trójosiowych wykonywano w komorze ciśnieniowej typu GT produkcji OBRTG, przy trzech wielkościach ciśnienia bocznego, wynoszących: 9,806 MPa, 19,913 MPa i 39,226 MPa. Badania wytrzymałościowe przeprowadzono na próbkach wycinanych z rdzeni wiertniczych, co z uwagi na ich małe średnice, ograniczało zakres oznaczeń. W wyniku przeprowadzonych badań tylko z piaskowców, mułowców i iltowców uzyskano większą ilość wyników, natomiast z łupków węglowych i węgla kamiennych z powodu ich dużej kruchości badań tych nie można było wykonać w szerszym zakresie. Niemniej uzyskane ilości wyników pozwalają na przeprowadzenie ogólnej charakterystyki własności wytrzymałościowych skał karbońskich badanych rejonów. Własności te analizowano w seriach stratygraficznych, ponieważ skały w ramach tych serii wykazują większą jednorodność budowy petrograficznej. Wyniki badań dotyczące poszczególnych serii podzielono na zbiory w zależności od litologii i wilgotności badanych próbek. Dla scharakteryzowania poszczególnych własności skał według podziału posłużono się wartościami średnimi, a dla scharakteryzowania stopnia rozproszenia wyników – gra-



Ryc. 3. Zależność wytrzymałości chwilowej na ściskanie od wielkości ciśnienia bocznego.

nicą dokładności wyznaczenia średniej wartości „I”, którą określono na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Największa ilość wykonanych oznaczeń dotyczyła wytrzymałości na ściskanie. Ich średnie wartości z uwzględnieniem przyjętego podziału przedstawia tab. I.

Z zestawienia tego wynika, że najwyższą wytrzymałością na ściskanie charakteryzują się piaskowce warstw załęskich, a najniższą piaskowce warstw rudzkich. Piaskowce warstw siodłowych zajmują miejsce pośrednie. Podobne kierunki zmian wytrzymałości na ściskanie zaznaczają się wśród iltowców. Natomiast najbardziej wytrzymałe mułowce występują w warstwach załęskich, a najsłabsze w warstwach siodłowych. Wytrzymałości łupków węgl-

Tabela I  
ŚREDNIE WARTOŚCI WYTRZYMAŁOŚCI CHWILOWEJ  
NA ŚCISKANIE W MPa

Serie stratygraficzne	Wilgotność próbek	Rodzaj oznaczenia	Piaszkowce	Mułowce	Iłowce
westfal A (w-y załęskie)	suche	$\bar{x}$ $l_{0,95}$	73,350 ±9,411	73,030 ±5,586	67,176 ±3,664
	nasycone	$\bar{x}$ $l_{0,95}$	44,734 ±7,382	34,646 ±3,914	26,903 ±2,851
namur C (w-y rudzkie)	suche	$\bar{x}$ $l_{0,95}$	57,172 ±3,143	62,886 ±6,345	52,997 ±5,965
	nasycone	$\bar{x}$ $l_{0,95}$	35,914 ±2,875	33,406 ±3,655	27,107 ±4,555
namur B (w-y siodłowe)	suche	$\bar{x}$ $l_{0,95}$	70,574 ±6,439	56,532 ±16,323	59,530 ±14,948
	nasycone	$\bar{x}$ $l_{0,95}$	37,461 ±5,650	30,435 ±16,679	47,344 ±20,009

$\bar{x}$  = wartość średnia  
 $l_{0,95}$  = dokładność wyznaczenia średniej na poziomie prawdopodobieństwa 0,95.

wych w stanie suchym wynoszą od 19,613 MPa do 32,176 MPa, a węgli kamiennych – zależnie od budowy petrograficznej oraz głębokości występowania od 2,581 MPa do 19,826 MPa. Odmian tych nie ujęto w tablicy ze względu na małe liczby oznaczeń. Wytrzymałości na ściskanie skał nasyconych wodą są niższe i bardziej jednorodne, na co wskazują mniejsze rozrzuty wyników.

Wytrzymałość chwilową na rozciąganie skał oznaczono metodą brazylijską, a więc poprzez ściskanie próbek wzdłuż pobocznic walca, przy czym próbki do badań orientowano tak, by siła nacisku przebiegała równolegle do warstwowania skały. Otrzymane wyniki odpowiadają zatem wytrzymałości na rozciąganie siłami skierowanymi prostopadłe do warstwowania skał. Ich średnie wartości przedstawione zostały w tab. II.

Z danych zawartych w tabeli wynika, że najwyższe wytrzymałości na rozciąganie wykazują piaszkowce warstw załęskich, a najniższe – piaszkowce warstw siodłowych. Pośród iłowców obserwuje się odmienny kierunek zmian. Wytrzymałość chwilowa na rozciąganie skał nasyconych wodą, podobnie jak wytrzymałość na ściskanie jest niższa i bardziej jednorodna.

Opracowanie wyników badań trójosiowego ściskania skał oparto na kryterium wytrzymałościowym Coulomba-Mohra. Ze względu na dużą ilość wykonanych oznaczeń oraz rozrzuty wyników, średnie wartości kohezji i kąta tarcia wewnętrznego wyznaczono na podstawie średniego kształtu obwiedni dla skał poszczególnych serii stratygraficznych. Otrzymano je poprzez wykreślenie kół Mohra, odpowiadających średnim wartościom wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie oraz pionowym naprężeniom niszczącym  $\sigma_1$  dla próbek skał badanych w komorze ciśnieniowej, przy jednakowych wielkościach ciśnienia bocznego. Do przeprowadzenia takich uśrednień upoważniła przeprowadzona analiza rozkładu uśrednianych wyników, która wykazała, że wartości naprężenia pionowego przy stałych wielkościach ciśnienia bocznego, podobnie jak wyniki wytrzymałości chwilowej na ściskanie i rozciąganie mają rozkłady gęstości zbliżone do rozkładu normalnego.

Uśrednianie dało także możliwość uwzględnienia wszystkich wyników badań, a więc nawet tych, dla których pojedyncze koła Mohra odbiegały swoją wielkością od pozostałych, co uniemożliwiało ich interpretację. Uśred-

Tabela II  
ŚREDNIE WARTOŚCI WYTRZYMAŁOŚCI CHWILOWEJ  
SKAŁ NA ROZCIĄGANIE W MPa

Serie stratygraficzne	Wilgotność próbek	Rodzaj oznaczenia	Piaszkowce	Mułowce	Iłowce
westfal A (w-y załęskie)	suche	$\bar{x}$ $l_{0,95}$	6,424 ±1,016	5,703 ±0,938	3,539 ±0,909
	nasycone	$\bar{x}$ $l_{0,95}$	3,802 ±1,446	3,514 ±1,003	1,773 ±0,599
namur C (w-y rudzkie)	suche	$\bar{x}$ $l_{0,95}$	5,294 ±0,586	5,339 ±1,617	4,175 ±1,881
	nasycone	$\bar{x}$ $l_{0,95}$	2,922 –	5,011 –	1,235 –
namur B (w-y siodłowe)	suche	$\bar{x}$ $l_{0,95}$	4,085 ±0,301	5,811 ±1,226	2,266 –
	nasycone	$\bar{x}$ $l_{0,95}$	3,837 ±0,350	2,017 –	2,405 –

$\bar{x}$  = wartość średnia  
 $l_{0,95}$  = dokładność wyznaczenia średniej na poziomie prawdopodobieństwa 0,95.

Tabela III  
ŚREDNIE WARTOŚCI SPÓJNOŚCI  
I KĄTA TARCIA WEWNĘTRZNEGO

Serie stratygraficzne	Wilgotność próbek	Piaszkowce		Mułowce		Iłowce	
		c MPa	$\varphi^\circ$	c MPa	$\varphi^\circ$	c MPa	$\varphi^\circ$
westfal A (w-y załęskie)	suche	8,0	58°	9,5	50°	8,0	54°
	nasycone	5,0	57°	8,5	37,5°	2,0	46,5°
namur C (w-y rudzkie)	suche	7,5	57°	12,5	49°	13,0	47°
	nasycone	5,5	53°	7,5	46°	8,0	33,5°
namur B (w-y siodłowe)	suche	9,5	54,5°	9,0	47,5°	10,0	53°
	nasycone	4,5	55,5°	–	–	–	–

nione wielkości kół Mohra pozbawione są takich przypadkowych odchyłek powodowanych niejednorodną budową skał, a tym samym bardziej odpowiadają ich przeciętnej wytrzymałości. Przykład średniego kształtu obwiedni Coulomba-Mohra, wyznaczonej na podstawie tak przygotowanych danych, przedstawia ryc. 1, natomiast zestawienie wszystkich obwiedni dla przebadanych skał w wydzielonych seriach stratygraficznych obrazuje ryc. 2. Przykłady te uwiadcniają, że obwiednie do kół Mohra dla skał karbońskich są liniami krzywymi, a nie prostymi, jak to wynika z równania Coulomba

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

Dla wyznaczenia stałych  $c$  i  $\varphi$  zastosowano więc pewne uproszczenia, które polegały na zastępowaniu odcinków krzywoliniowych obwiedni prostymi st stycznymi do koła jednoosiowego ściskania i koła ściskania trójosiowego przy naprężeniu bocznym  $\sigma_3 = 9,806$  MPa. Zestawione w tab. III średnie wielkości kąta tarcia wewnętrznego i spójności dla skał karbońskich południowo-zachodnich rejonów GZW odpowiadają zatem przedziałowi ciśnienia bocznego od 0,0 do 9,806 MPa.

Wykonane badania wytrzymałościowe skał w komorze ciśnieniowej pozwoliły także na określenie zależności pomiędzy wytrzymałością skał a wielkością naprężenia  $\sigma_3$ . Wielkość tych zmian dla skał karbońskich południowo-zachodnich rejonów GZW przedstawia ryc. 3. Zależności te mają przebieg paraboliczny, a zatem w pierwszym etapie wzrostu ciśnienia przyrosty wytrzymałości są bardzo duże, natomiast w dalszych etapach ich wielkości znacznie się zmniejszają. Pierwsza faza wzrostu wytrzymałości odpowiada bowiem zaciskaniu mikroszczelin i wiąże się z szybkimi zmianami porowatości ogólnej skał, następne fazy natomiast odpowiadają już tylko ścisnaniu skał w ograniczonych warunkach ich swobodnego odkształcania się. Przedstawione w niniejszym artykule wyniki badań kilku własności mechanicznych skał karbońskich wskazują na wyraźny ich związek z budową litologiczną, wilgotnością, a także z wielkością ciśnienia.

#### L I T E R A T U R A

1. Głazer Z. — Mechanika gruntów. Wyd. Geol. 1977.
2. Jaczewski H., Szczepanik Z. — Komora do badania skał w trójosiowym stanie naprężeń. Techn. Poszuk. Geol. 1980 nr 1.
3. Jaroszewski W. — Technika uskoków i fałdów. Wyd. Geol. 1974.
4. Kidybiński A., Smółka J., Bałazy I. — Oznaczanie podstawowych własności mechanicznych skał związłych. Pr. GIG 1974, komunikat nr 608.
5. Pforr H. — Richtlinien zur Ermittlung von geo-

- mechanischen Kennziffern der Gesteine und des Gebirgsmassivs. Freiburger Forschungshefte, A 502, 1973.
6. Praca zbiorowa — Karbon Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Inst. Geol. 1972 t. 61.
  7. Volk W. — Statystyka stosowana dla inżynierów. WNT 1973.

#### S U M M A R Y

The paper presents results of studies on temporary compression, tension and triaxial compression strength of Carboniferous rocks from south-western part of the Upper Silesian Coal Basin, i.e. areas where these rocks occur at large depths. The obtained results made it possible to characterize mechanic properties of rocks of three stratigraphic series: Namurian B (Main Anticline Beds), Namurian C (Ruda Beds) and Westphalian A.

#### Р Е З Ю М Е

В статье представлены результаты испытаний кратковременного сопротивления сжатию и растяжению, а также трехосного сжатия карбониферных пород из юго-западной части Верхнесилезского угольного бассейна в районах их глубокого залегания. Эти данные позволили охарактеризовать механические свойства горных пород, принадлежащих к трем стратиграфическим сериям — намюру В (седловые слои), намюру С (рудские слои), а также вестфалу А.