

*Mirosława Bukowska*

## WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE WYTYPOWANYCH WĘGLI GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO NA TLE ICH BUDOWY PETROGRAFICZNEJ

### Streszczenie

Jednym z podstawowych wskaźników wytrzymałościowych skał zwięzłych, w tym węgla, jest wytrzymałość na ściskanie, którą oznacza się w warunkach laboratoryjnych z zastosowaniem maszyny wytrzymałościowej lub w warunkach naturalnego zalegania złoża. Elementarnymi petrograficznymi składnikami węgla są maceraty, które określa się badaniami mikroskopowymi. Grupy macerałów różnią się między sobą własnościami, nie tylko fizycznymi, ale również chemicznymi i technologicznymi.

Węgle Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wykazują dużą zmienność zarówno pod względem petrograficznym, jak i wytrzymałościowym (rys. 2). Zmienność ta wynika z różnej zawartości poszczególnych grup macerałów.

Do wyjaśnienia przyczyn tej zmienności nie zawsze wystarcza poznanie zawartości macerałów, niezbędna jest także znajomość mikrolitotypów. Niektóre mikrolitotypy charakteryzują się bowiem większą, a inne mniejszą wytrzymałością na ściskanie. W związku z powyższym charakterystykę petrograficzną wybranych próbek węgla określono z uwzględnieniem ich wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie. Próbki węgla pobrano z różnych ogniw litostratygraficznych górnego karbonu GZW (grupa pokładów 200-700) (tabl. 1). Na przygotowanych próbkach węgla wykonano oznaczenie wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie oraz oznaczono zawartości grup macerałów i składu mikrolitotypów, karbominerytu i minerytu (tabl.1). Analiza wyników badań wytrzymałości na ściskanie i udziału mikrolitotypów w wytypowanych węglach wykazała tendencję wzrostową wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie wraz ze wzrostem udziału w próbkach durytu, klarodurytu i karbominerytów (rys. 3). W sekwencji pokładów od 308 do 713, które były przedmiotem badań, stwierdzono generalnie tendencję zmniejszania się udziału mikrolitotypów, które wykazują większą wytrzymałość na ściskanie niż pozostałe (rys. 4).

### Uniaxial compression strength of chosen coals of Upper Silesia Coal Basin basing on its petrographic structure

#### Abstract

One of basic index of rock concise hardness, including coal, is uniaxial compression strength, which means in laboratory conditions with employment of hardness machine or in conditions of natural filling fields. The macerates are elementary petrographic component of coal, which are defined by microscopic researches. Groups of macerates differ between them, not only physical, but also chemical and technological.

Coal of Upper Silesia Basin exert big variability, equal in petrographic as well as hardness respect (Fig. 2 ). This variability results from different contents of individual group of macerates.

To explanation of reason of this variability it does not always enough knowledge macerates contents, also essential is acquaintance of microlitotypes. So, some of microlitotypes are characterised by bigger, other smaller. By reason of above-mentioned petrographic characteristic of chosen sample of coal definite with taking into consideration uniaxial compression strength  $\times 2$ . Samples of coal collect from different litostratigraphic links of high GZW carbon (group of board 200–700) (table 1). On prepared samples of

coal execute designation of strength compression and its mean contents of macerates group and composition of microlitotypes, carbominerites and minerites (table 1). Analysis of research result of uniaxial compression strength and microlitotypes participation of chosen coal ascertain exerted upward trend of strength along with incrementation of samples participation of durite, clarodurite and carbominerites (Fig. 3). In sequence of board from 308 for 713, which was object of research, it ascertain trend of decrease participation generally of microlitotypes, which exert bigger uniaxial compression strength than remaining (Fig. 4).

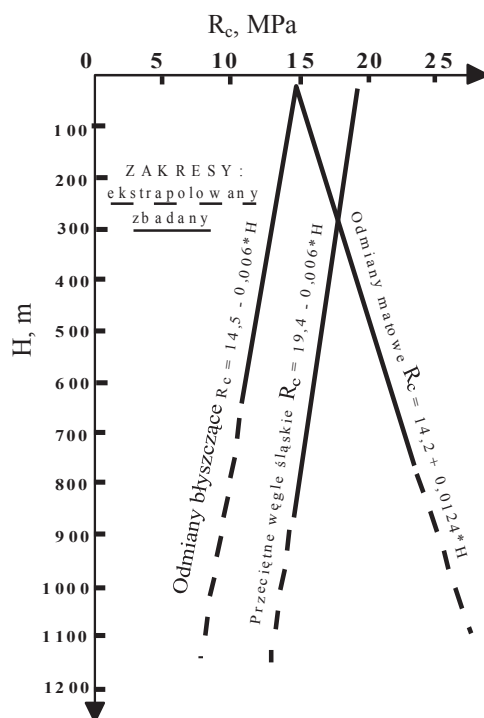
## WPROWADZENIE

Pokłady węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) wchodzi w skład utworów produktywnych karbonu, tworzących zespół pięter molasowych, których maksymalna zachowana miąższość jest oceniana na około 4500 m. Miąższość poszczególnych pokładów węgla jest zróżnicowana i wynosi od 0,4 do 24,0 m. Sumaryczna miąższość sięga 340 m (Zdanowski, Żakowa red. 1995). W GZW występują węgle od energetycznych poprzez koksowe do antracytów, przy czym stopień ich zmetamorfizowania wzrasta z głębokością ze wschodu na zachód (Jureczka, Kotas 1995).

Jednym z głównych wskaźników wytrzymałościowych skał płonnych i węgla, który jest wykorzystywany w projektowaniu bezpiecznej eksploatacji w podziemnych zakładach górniczych, między innymi do projektowania i doboru obudowy podziemnych wyrobisk górniczych i ich połączeń, dokonywania oceny stanu zagrożenia tąpnięciami wyrobisk górniczych, do doboru parametrów maszyn urabiających, jest wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe.

Wytrzymałość na ściskanie w warunkach laboratoryjnych określa się w różnych stanach naprężenia (Bukowska 2002a, c). Najczęściej dla potrzeb górnictwa podziemnego oznaczenia wykonuje się w jednoosiowym ścisaniu (PN-G-04303) z uwagi na ich mniejszą czasochłonność oraz mniejsze wymagania sprzętowe. Prezentowane w artykule wartości wytrzymałości na ściskanie oznaczono podczas ściskania jednoosiowego w maszynie wytrzymałościowej, w której sterowanie odbywało się za pomocą odkształceń podłużnych próbki, mierzonych przemieszczeniem tłoka. Stosowano prędkość odkształcenia rzędu  $10^{-4} \cdot s^{-1}$ , która według wielu badaczy odpowiada prędkościom odkształcania się skał wokół wyrobisk eksploatacyjnych.

W Głównym Instytucie Górnictwa analizowano wpływ głębokości zalegania pokładów węgla na wytrzymałość na ściskanie i wyodrębniono dwie grupy węgla: odmiany błyszczące, do których zaliczono węgle z przewagą składników błyszczących i węgle błyszcząco-matowe oraz odmiany matowe – węgle z przewagą składników matowych i węgle matowo-błyszczące. Równania empiryczne zmian wytrzymałości na ściskanie węgla z głębokością ich zalegania opracował Kidybiński (1982). Wykazał, że zależność wytrzymałości na ściskanie od głębokości jest inna dla odmian matowych niż dla odmian błyszczących – wytrzymałość węgla matowych wzrasta z głębokością, natomiast wytrzymałość węgla błyszczących ze wzrostem głębokości zmniejsza się (rys. 1).



**Rys. 1.** Głębokościowy rozkład wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie węgla kamiennych wg Kidybińskiego (1982):  
 $R_c$  – wytrzymałość na ściskanie,  $H$  – głębokość od powierzchni terenu

**Fig. 1.** Deepness uniaxial compression strength distribution of hard coal according to Kidybiński (1982):  
 $R_c$  – uniaxial compression strength,  $H$  – deepness from the surface

Elementarnymi składnikami węgla są macerały, które określa się w badaniach mikroskopowych. Grupy macerałów różnią się właściwościami fizycznymi, chemicznymi i technologicznymi. Ponadto, ta sama grupa macerałów również wykazuje zmienne właściwości (w różnych węglach) w zależności od stopnia uwęglenia (Stach i inni 1982; Gabzdyl 1987; 1989; Kruszewska, Dybova-Jachowicz 1997). Macerały tworzą zrosty w postaci pasemek o miąższości co najmniej  $50 \mu\text{m}$  – mikrolitotypy, a ich zmineralizowane formy to karbomineryty.

Poznanie zmienności właściwości węgla w zależności od zawartości różnych macerałów wymaga znajomości składu petrograficznego. Znajomość jedynie składu macerałów może być niekiedy niewystarczająca do rozpoznania przyczyn zmienności niektórych właściwości węgla, na przykład wytrzymałości. Właściwości te zależą bowiem nie tylko od udziału w węglu różnych macerałów, lecz także od zawartości i rodzaju ich naturalnych asocjacji, tj. mikrolitotypów. Niektórym mikrolitotypom przypisuje się większą a innym mniejszą wytrzymałość na ściskanie, dlatego, zdaniem autorki, celowe było przedstawienie charakterystyki petrograficznej wybranych próbek węgla na tle ich wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie. W związku z powyższym wykonano badania próbek węgla, które obejmowały:

- analizę zawartości grup macerałów i minerałów, wg PN-ISO 7404-3: 2001,

- analizę zawartości i składu mikrolitotypów, karbominerytu i minerytu (skały), wykonaną według zaleceń Międzynarodowego Komitetu Węgla i Petrologii Organicznej (ICCP) (Stach i inni 1982) i normy PN-93/G-04564.

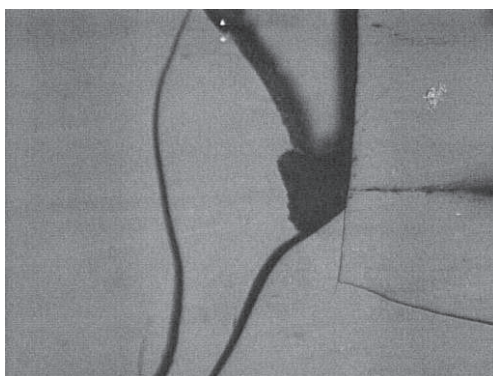
Próbki węgla do badań petrograficznych pobrano z pokładów reprezentujących różne ogniwa litostratygraficzne utworów górnego karbonu GZW:

- krakowską serię piaskowcową, z warstw łaziskich – pokład 207,
- serię mułowcową, z warstw orzeskich – pokład 308 i z warstw załęskich – pokład 405/1,
- górnośląską serię piaskowcową, z warstw siodłowych – pokłady 504 i 510,
- serię paraliczną, z warstw porębskich – pokład 615 i z warstw jakłowieckich – pokład 713.

## 1. CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA PRÓBEK WĘGLA

### Próbka węgla z pokładu 207 w KWK Ziemowit

Próbka zawierała węgiel o dużej zawartości wityrytu, przy stosunkowo małym udziale liptynytu, inertynitu i minerałów, co wynikało ze znacznej przewagi wityrytu w składzie mikrolitotypów. Oznacza to, że był to węgiel błyszczący. Wityryt występował w formie warstewek o znacznej grubości (do ok. 5 mm), przedzielonych cienkimi (przeważnie o grubości <1 mm) warstewkami pozostałych wyróżnionych mikrolitotypów. Znaczący udział poza wityrytem wykazał klaroduryt i duroklaryt, a pozostałe mikrolitotypy wystąpiły w ilości kilku procent. Mikrolitotypy wykazały przeważnie bardzo słabą mineralizację, przejawiającą się obecnością drobnych skupień minerałów ilastych i drobnych, rozproszonych ziarenek pirytu w wityrycie. Niektóre warstewki, głównie inertytu z fuzynitem i semifuzynitem, rzadziej wityrytu, a sporadycznie durytu wykazały dużą zawartość minerałów ilastych bądź węglanów (głównie syderytu), bądź siarczków (pirytu), odpowiednią dla karbominerytu. Wityryt wykazywał silne przejawy wietrzenia, z uwagi na obecność rozgałęzionych i klinowato przecinających się spękań, prowadzących do powstawania ziarnistych wykruszeń (fot. 1).

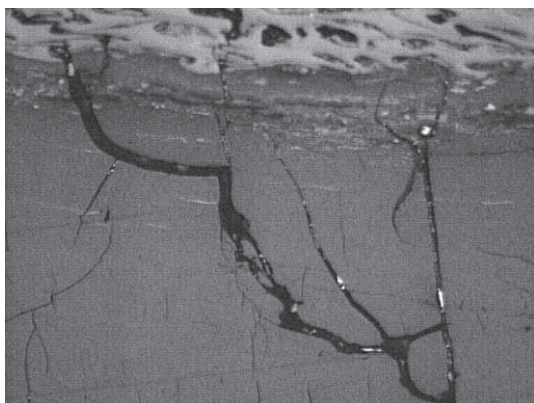


Fot. 1. Spękania wietrzeniowe w wityrycie

Phot. 1. Weathering cracks of vitrite

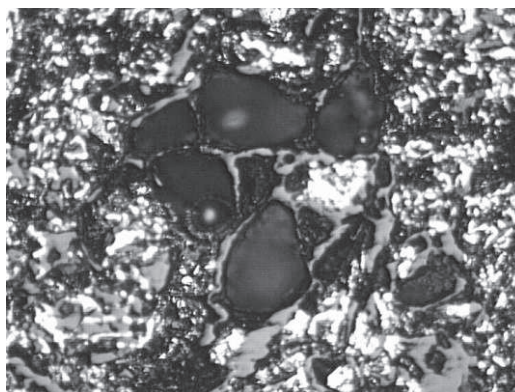
### Próbka węgla z pokładu 308 w KWK Ziemowit

Skład macerałów był zdominowany przeważającym, choć niezbyt dużym udziałem wityryny oraz znaczną zawartością inertynitu. Substancja mineralna występowała głównie w postaci minerałów ilastych, którym towarzyszyły siarczki i rzadziej węglany. W składzie mikrolitotypów najwyższy udział wykazywał duroklaryt, a następnie klaroduryt. Wszystkie pozostałe składniki mikrostrukturalne, charakteryzowały się małym, kilku procentowym udziałem. Większość analizowanych warstewek mikrolitotypów zawierała substancję mineralną w formie rozproszonych drobnych ziarenek pirytu lub substancji ilastej, rzadziej w formie żyłek wypełniających cienkie szczelinki w węglu (fot. 2). Przeważająca część substancji mineralnej występowała w warstewkach karbominerytu lub minerytu. Mineryt stanowił soczewki lub warstewki minerałów ilastych z węglanami i pirytem (fot. 3) oraz z fragmentami z pokruszonych ścianek fuzynitu. Na załączonych mikrofotografiach widać (fot. 2), że szczeliny w tym węglu są przeważnie puste i tylko w niektórych występuje piryt.



**Fot. 2.** Nieregularne spękania wietrzeniowe miejscami prowadzące do wykruszeń na powierzchni węgla, częściowo wypełnione pirytem, przebiegające w wityrynie i wygaszające się na semifuzynie (inertynit – najjaśniejszy fragment – powyżej)

**Phot. 2.** Irregular weathering cracks partly causing crumble up of coal, partly pyrite in vitrite and extinction on semifusinite (inertinite – the brightest part – above)



**Fot. 3.** Duże ziarna węglanów w otoczeniu inertynitu (jasnoszarego fuzynitu) z licznymi ziarnami pirytu

**Phot. 3.** Big grains of carbonates near inertinite (bright-grey fusinite) with many pyrite grains



### Próbka węgla z pokładu 405/1 w KWK Knurów

Próbka stanowiła węgiel o dość dużej zawartości macerałów grupy inertnitu, przy obniżonej zawartości wityrnytu. Węgiel był słabo zmineralizowany, a substancja mineralna w równym stopniu była reprezentowana przez minerały ilaste, węglany i piryt. Ze względu na skład mikrolitotypów węgiel można było zaliczyć do duroklarytowo-witrytowo-klarodurytowego. Mikrolitotypy te wykazywały zbliżony udział wynoszący od około 20%. Kilkuprocentową, podobną zawartość wykazały wityrnyty, inertyty i duryty (składniki zasobne w inertynit) oraz klaryty. Pasemka głównych mikrolitotypów przeważnie nie były zmineralizowane i tylko sporadycznie można zaobserwować rozproszone minerały ilaste w wityrcie bądź pojedyncze kryształy pirytu z inertytem (fot. 4). Nieliczne warstewki karbominerytu zawierały wityrnyty z rozszanymi bardzo drobnymi ziarnami pirytu ( $< 1 \mu\text{m}$ ) lub inertynit (fuzynit) z węglanami. Występujące w węglu cienkie szczeliny nie zawierały substancji mineralnej (fot. 5).

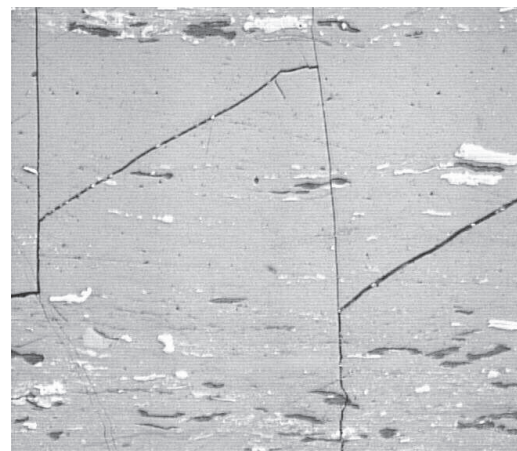


**Fot. 4.** Piryt (najjaśniejszy) w przestrzeniach komórkowych inertynitu

**Phot. 4.** Pyrite (the brightest) in inertinite cells

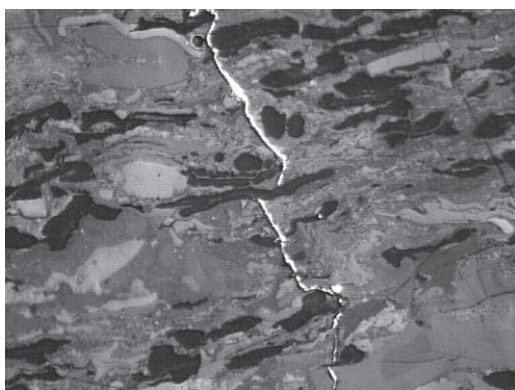
**Fot. 5.** Spękania schodkowe w warstewce wityrytu i duroklarytu (inertynit – najjaśniejszy, liptynit – najciemniejszy, w podstawowej masie wityrynitowej)

**Phot. 5.** Stairs cracks in virite and duroclarite (inertinite – the brightest, liptinite – the darkest, in vitrinite substance)



### Próbka węgla z pokładu 504 w KWK Polska Wirek

Węgiel z tej próbki charakteryzował się małą zawartością wityrynytu i dużą inertynytu. Znaczna była także zawartość liptynytu. Węgiel był słabo zmineralizowany minerałami ilastymi, węglanami i siarczkami. Duża zawartość inertynytu w próbce, przy znacznym udziale liptynytu wynikała ze składu głównych mikrolitotypów. Oprócz dominującego duroklarytu (fot. 6) wysoką zawartość wykazywały bowiem klaroduryt i wityrynertyt, charakteryzujące się dużym udziałem inertynytu. Do mikrolitotypów o podrzędnym udziale (od 1 do kilku procent) zalicza się wityryt, inertyt, klaryt, duryt i wityrynertolityt. Na podstawie przedstawionego składu petrograficznego węgiel zaliczano do odmiany głównie matowej lub półmatowej. Substancja mineralna w małych ilościach występowała w nielicznych warstewkach inertytu i wityrynertytu, w formie wypełnień przestrzeni komórkowych fuzynitu i semifuzynitu. Nieliczne, większe skupienia pirytu występowały w formie żyłek w klarodurycie (fot. 7) oraz nieforemnych skupień krystalicznych w wityrynicie. Stwierdzono także obecność minerałów ilastych z węglanami w fuzynicie i semifuzynicie, w warstewkach o składzie klarodurytu i duroklarytu. Warstewki te zaliczają się do karbargilitu. Szczeliny endokliważu zwykle były puste i nie zawierały substancji mineralnej.



**Fot. 6.** Żyłki pirytu w duroklarycie zbudowanym z inertynytu (najjaśniejsza barwa), liptynytu (ciemnoszary) i podstawowej masy wityrynitowej

**Phot. 6.** Pyrite streaks in duroclarite composed from inertinite (the brightest), liptinite (dark-grey) and base vitrinite substance

**Fot. 7.** Kryształki pirytu w witryniecie (barwa szara) i semifuzynicie (jaśniejsza w górnej części fotografii)

**Phot. 7.** Pyrite crystals in vitrinite (grey) and semifusinite (the brightest in top part of picture)

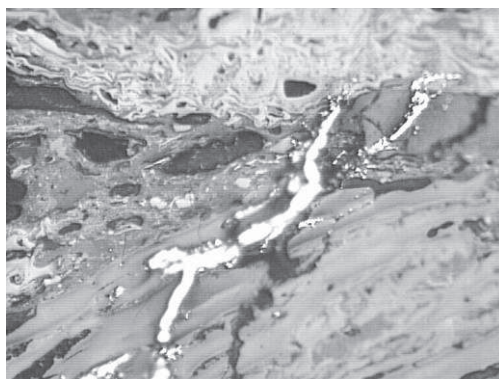


### **Próba węgla z pokładu 510 w KWK Kazimierz Juliusz**

Skład petrograficzny tej próbki węgla charakteryzował się dużym udziałem inertytnitu oraz dość małą, choć dominującą, zawartością witrynu. Substancję mineralną obecną w węglu reprezentowały minerały ilaste, węglany i piryt wykazujące podobny udział. Węgiel zaliczono do duroklarytowo-klarodurytowych. Udziały wymienionych mikrolitotypów znacznie przewyższały zawartość każdego z pozostałych składników, tj. inertytu, witytu, witynertytu, witynertolitytu i durytu oraz mikrolitotypów zmineralizowanych, tj. karbankerytu, karbopirytu i nielicznych pozostałych składników karbominerytu. Substancja mineralna najczęściej była związana z inertytem (minerały ilaste i węglany) bądź z duroklarytem i klarodurytem (minerały ilaste i siarczki). Część warstewek wymienionych mikrolitotypów, z uwagi na większą zawartość minerałów, przedstawiał karbopiryt (fot. 8, 9) lub karbankeryt i sporadycznie – karbargilit oraz karbopolimineryt. Ponadto piryt lub rzadziej węglany, wypełniały częściowo szczeliny w węglu (fot. 8).

**Fot. 8.** Żyłka pirytu w z inertytnie (biało szary w

**Phot. 8.** Pyrite streak in (white-grey in top part of



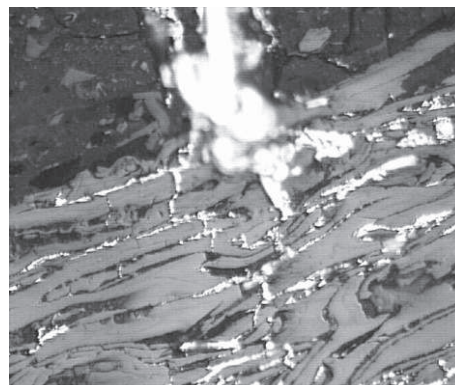
duroklarycie na kontakcie górnej części fotografii)

duroclarite with inertinite picture)



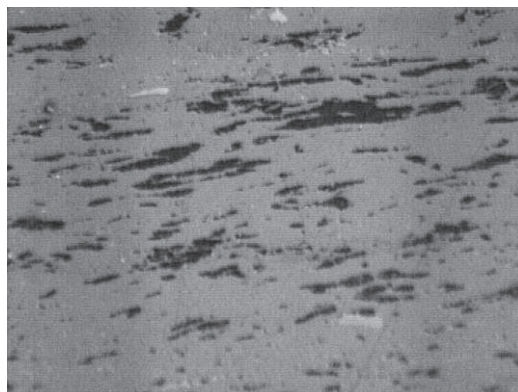
**Fot. 9.** Żyłka grubokrystalicznego pirytu w klarodurycie przechodząca do karbopirytu (semifuzynit z drobnokrystalicznym pirytem w zaciśnionych przestrzeniach komórkowych)

**Phot. 9.** Pyrite big-crystal streak in clarodurite going to carbopyrite (semifusinite with small-crystal pyrite in compressed cells)



### Próbka węgla z pokładu 510 w KWK Brzeszcze

Węgiel ten spośród przebadanych wyróżniał się największym udziałem macerałów grupy liptynitu. Ponadto, zawierał dość dużo inertynitu i względnie mało witynitu. Mały udział wykazały minerały ilaste, przy przeważającej zawartości węglanów i siarczków. Skład mikrolitotypów był silnie zdominowany przez duroklaryt, oprócz którego dość dużą zawartość wykazywał klaroduryt zasobny w inertynit. Pozostałe mikrolitotypy miały podrzędne znaczenie, z uwagi na zawartość, nieprzekraczającą 5%. Mikrolitotypy zawierały niewielką ilość substancji mineralnej, z wyjątkiem niektórych pasemek duroklarytu, w których obserwowano liczniejsze skupienia substancji ilastej. Mała była także zawartość karbominerytu, reprezentowanego przez karbopiryty, karbankeryty i bardzo nieliczne pasemka karbargilitu (witynitu ze smugami minerałów ilastych – fot. 10). Sporadycznie napotymano samodzielne pasemka substancji ilastej, które zaliczano do minerytu (skały). Obecne w węglu niezbyt liczne spękania w większości nie były wypełnione substancją mineralną lub tylko częściowo wypełniał je piryt.

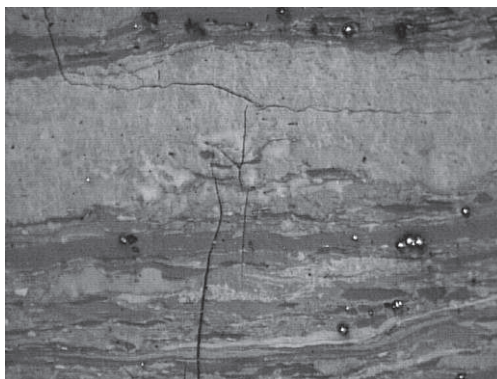


**Fot. 10.** Karbargilit jako warstewka witynitu ze smugami substancji ilastej (ciemnoszarej)

**Phot. 10.** Carbogilite as vitrinite surface with strip of loamy substance (dark-grey)

### Próbka węgla z pokładu 615 w KWK Śląsk

Analiza składu petrograficznego węgla wykazała duży udział inertynitu i dość małą zawartość liptynitu. Zawartość witynitu była względnie mała. Substancję mineralną w tym węglu reprezentowały głównie siarczki (piryt). Minerale ilaste i węglany wykazały bardzo małą zawartość (<1%). W składzie mikrolitotypów dominowały duroklaryt z klarodurytem. Spośród pozostałych składników, o podrzędnym udziale, najwyższą zawartość wykazał witynertyt. Należy podkreślić duży udział inertynitu (mikrynitu) w witynertycie, a także w klarodurycie. Wityt i inertyt występują w podrzędnych ilościach. Sporadycznie obserwowano klaryt. Zwraçała uwagę mała zawartość substancji mineralnej w wymienionych mikrolitotypach. Były to nieliczne minerały ilaste rozproszone niekiedy w pasemkach witytu i klarodurytu lub rzadziej węglany i siarczki wypełniające przestrzenie komórek fuzynitu i semifuzynitu. Karbomineryt był reprezentowany wyłącznie przez karbopiryty, przedstawiający warstewki witytu, inertytu, duroklarytu, klarodurytu i witynertytu z pirytem. Udział karbopirytu (ok. 10%) w tej próbce był największy. Węgiel zawierał liczne spękania powstałe w procesie jego wietrzenia (Fot. 11). W spękaniach nie zaobserwowano obecności substancji mineralnej.



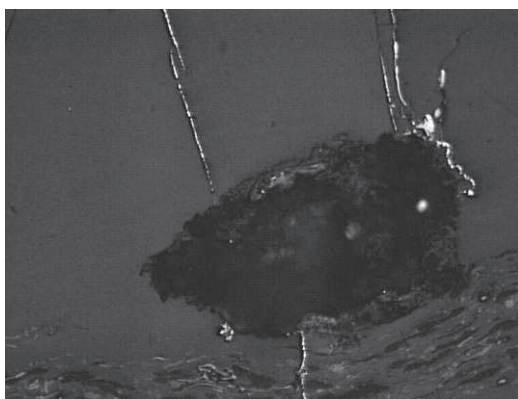
**Fot. 11.** Drobne spękania w klarodurycie (dolna część fotografii) oraz inertycie (jasnoszary, w górnej części fotografii). Widoczne pojedyncze kryształki pirytu (białe) luźno rozmieszczone w klarodurycie

**Phot. 11.** Small cracks in clarodurite (bottom part of picture) and inertite (bright-grey, in top part of picture). Samples of pyrite crystals (white) are appear easy located in clarodurite

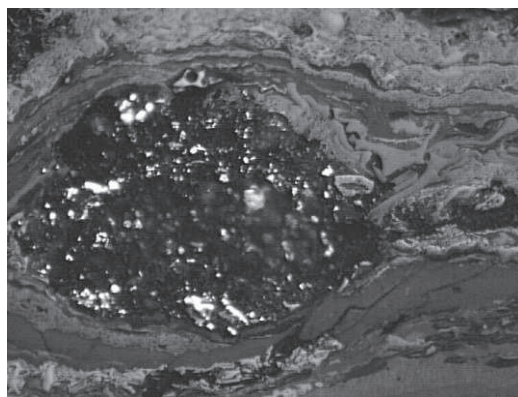
### Próbka węgla z pokładu 713/1-2 w KWK Rydułtowy

Próbka zawierała węgiel, w którym wśród macerałów dominujący udział był witynitu. Dość duża była także zawartość liptynitu, zaś inertynit wykazał względnie mały udział w porównaniu z zawartością w pozostałych badanych próbkach. Licznie występowały tu minerały, wśród których przeważały węglany. W składzie mikrolitotypów, duży i równorzędny udział miały duroklaryt i wityt. Znaczny udział w tej próbce wykazywał także klaryt, obok klarodurytu. Małą zawartością charakteryzowały się witynertyt, inertyt oraz sporadycznie obserwowany – duryt. Omówiony skład mikrolitotypów był charakterystyczny dla węgla półbłyszczącego. Mikrolitotypy

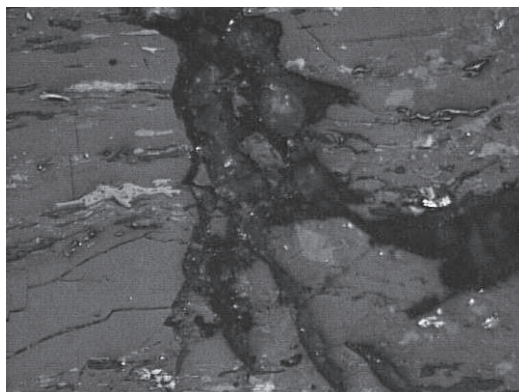
charakteryzowała częsta obecność substancji mineralnej, występującej w zmiennych ilościach i w urozmaiconych formach. Najczęściej były to różnej wielkości (od kilkunastu do kilkuset mikrometrów) konkrekcje dobrze wykrystalizowanego syderytu (fot. 12) lub syderytu ilastego (fot. 13), a także syderytu z pirytem. Konkrekcje najczęściej były obecne w duroklarycie i wityricie lub karbankerycie lub karbopiryście. Dość liczne były także soczewki inertytu (fuzynitu i semifuzynitu), w których przestrzenie komórkowe całkowicie były wypełnione węglanami i siarczkami, z przewagą jednych lub drugich minerałów, w obecności domieszek minerałów ilastych. Niekiedy wykazywały znaczną grubość (3–4 mm) i ze względu na duży udział w nich substancji mineralnej (> 60%), przedstawiają mineryt. Często obserwowano obecność żyłek pirytu bądź węglanów, wypełniających szczeliny endogeniczne i spękania o nieprawidłowym, nieregularnym przebiegu (fot. 14).



**Fot. 12.** Konkrecja ilasto-syderytyczna w otoczeniu żyłek pirytu w wityricie  
**Phot. 12.** Concretion loamy – sideritic near pyrite streak in vitrite



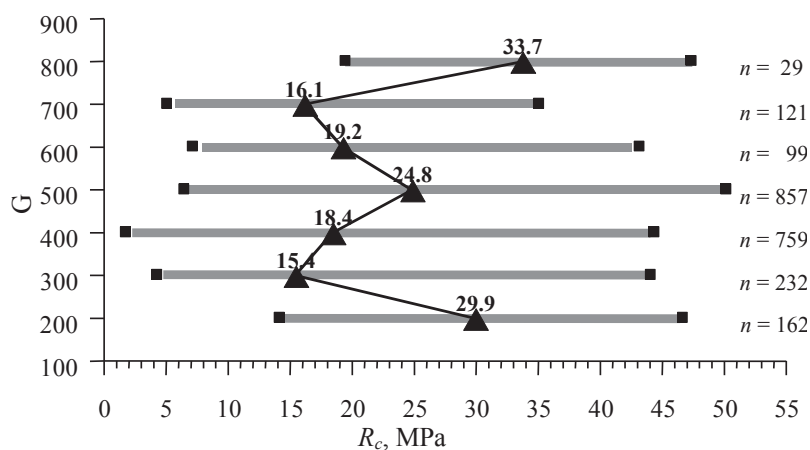
**Fot. 13.** Konkrecja syderytyczno-ilasta z pirytem w otoczeniu klarodurytu  
**Phot. 13.** Concretion sideritic – loamy in pyrite near claudurite



Fot. 14. Nieprawidłowe spękanie endo- i egzokliważowe w duroklarycie, wypełnione węglanami  
 Photo. 14. Irregular crack endo- and egzokliważowe in duroclarite, filled by carbonates

## 2. BUDOWA PETROGRAFICZNA WĘGLA A WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE

W Głównym Instytucie Górnictwa jest prowadzony i stale aktualizowany bank danych własności fizycznych węgla i skał płonnych formacji węglonośnej karbonu produktywnego w GZW, którego jednym z parametrów jest wytrzymałość na ściskanie (Bukowska 2002b; Bukowska, Szedel 2003). Wartości wytrzymałości na ściskanie węgla GZW zmieniają się w szerokim zakresie od kilku do prawie pięćdziesięciu megapaskali, bez względu na pozycję stratygraficzną. Na rysunku 2, oprócz zmienności wytrzymałości na ściskanie, przedstawiono również jej średnie wartości dla poszczególnych grup pokładów oraz liczbę oznaczeń średniej wartości wytrzymałości na ściskanie ( $n$ ), na które składa się w sumie około 10000 przebadanych próbek węgla.



**Rys. 2.** Zmienność wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie węgla GZW: $R_c$  – wytrzymałość na ściskanie, G – grupy pokładów węgla GZW**Fig. 2.** Variability of uniaxial compression strength for coals of GZW: $R_c$  – uniaxial compression strength, G – groups of GZW coals

Duże zróżnicowanie wytrzymałości na ściskanie węgla w poszczególnych grupach pokładów wynika z różnic w ich budowie petrograficznej. Niektórym mikrolitotypom węgla przypisuje się bowiem lepsze, innym słabsze, własności mechaniczne, głównie wytrzymałościowe. Mikrolitotypami, którym przypisuje się lepsze własności wytrzymałościowe, są:

- duryt – mikrolitotyp z grupy bimaceralnych o zawartości liptynitów i inertynitów powyżej 95%,
- klaroduryt – mikrolitotyp z grupy trimaceralnych, w którym inertynitów jest więcej niż sumy wityrinitów i liptynitów,
- karbomineryt, który stanowi zmineralizowany mikrolitotyp, np. karbopiryty, karbankeryt, karbosilicyt, karbopolimineryt.

Według niektórych badaczy największą wytrzymałość mechaniczną mają węgle półmatowe – jednolity durytowy, mniej wytrzymały – durytowy ziarnisty (Dubieński 1999). Znacznie mniejszą wytrzymałością na ściskanie charakteryzują się węgle błyszczące – wityrtowe i klarytowe.

W tym kontekście, w tabelicy 1 zestawiono wartości wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie przebadanych próbek węgla i zawartość tych mikrolitotypów, które wykazują wyższą wytrzymałość.

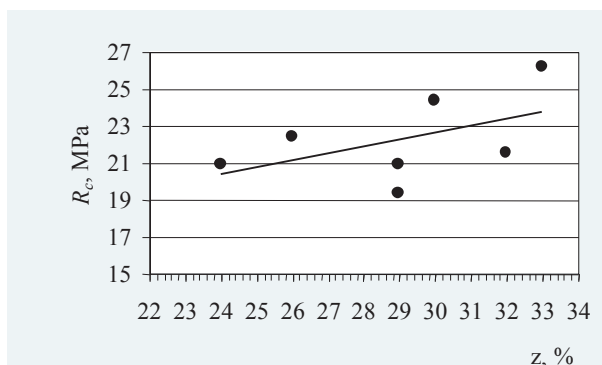
**Tablica 1.** Wytrzymałość na ściskanie próbek węgla pobranych z pokładów grup 200–700, zawartość grup macerałów i substancji mineralnej oraz najmocniejszych mikrolitotypów

Numer pokładu	Głębokość zalegania m	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie MPa	Grupy macerałów %						Zawartość durytu, klarodurytu i karbominerytu, %
			Wityrnyt	Liptynit	Inertynit	Min. Ilaste +kwarc	Węglany	Siarczki	
207	ok. 450	30,9	75	5	15	3	1	1	22
308	ok. 460	26,2	51	13	30	3	1	2	33
405/1	ok. 750	19,3	58	10	32	<1	<1	<1	29
504	ok. 680	24,4	44	14	40	<1	1	1	30
510	ok. 640	22,4	44	23	31	<1	1	1	26
510	ok. 420	20,9	46	14	37	1	1	1	29
615	ok. 765	21,5	52	7	38	<1	<1	3	32
713	ok. 1185	20,9	62	12	18	1	5	2	24

Analiza wyników badań wytrzymałości i udziału mikrolitotypów w wytypowanych węglach wykazała tendencję wzrostową wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie wraz ze wzrostem udziału w próbkach durytu, klarodurytu i karbominerytów.



Tendencję zmian wytrzymałości na ściskanie węgla ze zmianą zawartości w nich niektórych mikrolitotypów przedstawiono na rysunku 3.

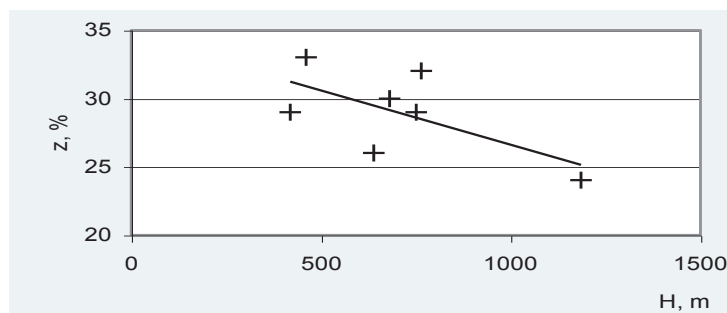


**Rys. 3.** Zależność wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie od petrografii węgla: z – zawartość durytu, klarodurytu i karbominerytu,  $R_c$  – wytrzymałość na ściskanie

**Fig. 3.** Variability of uniaxial compression strength depending on coal petrography: z – content of durite, clarodurite and carbominerite,  $R_c$  – uniaxial compression strength

Na rysunku 3 nie uwzględniono próbki węgla z pokładu 207, gdyż nie było technicznych możliwości wykonania oznaczeń składu petrograficznego i wytrzymałości na ściskanie na tej samej próbce.

Omawiane próbki węgla pochodziły z różnych ogniw stratygraficznych serii produktywnej GZW (tabl. 1), pobrane z różnych głębokości, w konkretnych miejscach w wyrobiskach górniczych poszczególnych kopalń. W sekwencji pokładów od 308 do 713, które były przedmiotem badań, stwierdzono tendencję zmniejszania się udziału mikrolitotypów, którym przypisuje się większą wytrzymałość na ściskanie niż pozostałym (rys. 4).



**Rys. 4.** Trend zmian zawartości w węglu najmocniejszych mikrolitotypów z głębokością zalegania pokładu: H – głębokość od powierzchni terenu,  $R_c$  – wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie, z – zawartość durytu, klarodurytu i karbominerytu

**Fig. 4.** Change trend of contents in coal of the strongest microlitotypes from depth of: H – deepness from the surface,  $R_c$  – uniaxial compression strength, z – content of durite, clarodurite and carbominerite

**PODSUMOWANIE**

Badania wytrzymałości na ściskanie i badania petrograficzne wykonano na próbkach węgla pochodzących z różnych ogniw stratygraficznych karbonu produktywnego GZW obejmujących grupy pokładów 200–700. Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. Przebadane węgle wykazały średnie wartości wytrzymałości na ściskanie w porównaniu z wytrzymałością na ściskanie dla poszczególnych warstw (rys. 2, tabl. 1).
2. Próbkę węgla charakteryzowały się zróżnicowanym składem petrograficznym, wyróżniono:
  - próbki wykazujące w składzie macerałów przeważający, choć zmienny udział grupy wityrytu, w zakresie od powyżej 50 do 75%. Zróżnicowany udział, niezależny od zawartości głównego składnika, wykazały liptynit i substancja mineralna. Z uwagi na dominujący udział wityrytu węgle z tych próbek charakteryzowały się przeważnie znaczną zawartością wityrytu, od kilkunastu do nawet kilkudziesięciu procent. Próbkę węgla zaliczone do tej grupy, wykazały w składzie mikrolitotypów dużą przewagę duroklarytu,
  - próbki węgla cechujące się zmniejszoną zawartością wityrytu (poniżej 50%) i dużą zawartością inertynitu (od powyżej 30 do około 40%). Podwyższoną zawartość wykazał w nich także liptynit (14–23%). Z uwagi na małą zawartość wityrytu, charakteryzowały się także niską zawartością wityrytu, rzędu kilku procent. Podwyższona zawartość inertynitu w składzie mikrolitotypów była wynikiem dużego udziału klarodurytu i duroklarytu.
3. Próbkę węgla charakteryzowały się zmienną zawartością substancji mineralnej, od 1 do 8%, którą w różnych proporcjach reprezentowały minerały ilaste, węglany i siarczki. Minerale stanowiły głównie skład karbominerytów oraz częściowo występowały też w formie rozproszonych drobnych ziarenek lub większych skupień – konkrekcji w mikrolitotypach, rzadziej wypełniały szczeliny kliważowe.
4. Przeprowadzona analiza wyników badań próbek węgla wykazała zależność pomiędzy budową petrograficzną węgla a wytrzymałością na jednoosiowe ściskanie, która przejawia się wzrostem wytrzymałości na ściskanie wraz ze wzrostem udziału w węglu durytu, klarodurytu i karbominerytów.

**Literatura**

1. Bukowska M. (2002a): *Geomechanical properties of rocks from the rockburst hazard point view*. Archives of Mining Sciences, Vol. 47/2, s. 111–138.
2. Bukowska M. (2002b): *Bank danych o własnościach fizyko-mechanicznych skał i węgla GZW*. Dokumentacja nr... Katowice, GIG (niepublikowana).
3. Bukowska M. (2002c): *Własności naprężeniowe i energetyczne skał karbonu produktywnego GZW w warunkach zmiennych prędkości odkształcenia i ciśnień okólnych*. I Konf. Nr 55 nt. Problematyka inżynierska z zakresu ochrony terenów górniczych. Kraków, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, s. 305–312.
4. Bukowska M. Szedel D. (2003): *Komputerowy system ewidencji własności fizycznych skał Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Przegląd Górniczy nr 4, s. 7–10.

5. Dubiński J. (red.) (1999): *Koncentracja wydobywania a zagrożenie górnicze*. Katowice, GIG.
6. Gabzdyl W., Hanak B., Probierz K., Kubik A. (1997): *Proceedings of the XIII International Congress on the carboniferous and permian*. Prace PIG – CLVII, part 2. Warszawa.
7. Gabzdyl W. (1987): *Petrografia węgla*. Skrypt Politechniki Śląskiej, nr 1337.
8. Gabzdyl W. (1989): *Geologia węgla*. Skrypt Politechniki Śląskiej, nr 1427/2.
9. Jureczka J. Kotas A. (1995): *Tektonogeneza Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. The carboniferous system in Poland. Zdanowski A., Żakowa H. (red). Prace PIG CXLVIII, s. 168–171.
10. Kidybiński A. (1982): *Podstawy geotechniki kopalnianej*. Katowice, Wydaw. Śląsk.
11. Zdanowski A., Żakowa H. (red) (1995): Prace PIG CXLVIII, Warszawa s. 124–134.
12. Kruszewska K., Dybova-Jachowicz S. (1997): *Zarys petrologii węgla*. Katowice, Wydaw. Uniwersytetu Śląskiego.
13. PN-93-G-04564. Węgiel kamienny. Analiza petrograficzna. Oznaczanie zawartości mikrolitotypów, karbominerytu i skały płonnej.
14. PN-G-04303. Skały zwięzłe. Oznaczanie wytrzymałości skal zwięzłych na próbkach foremnych.
15. PN-ISO 7404-3. Metody analizy petrograficznej węgla kamiennego (bitumicznego) o antracytu. Metoda oznaczania składu grup macerałów.
16. Stach E., Mackowsky M. TH., Teichmüller M., Taylor G.H., Chandra D., Teichmüller R. (1982): *Textbook of Coal Petrology*. Berlin – Stuttgart, Gebrüder Borntraeger.

**Recenzent:** dr Leokadia Róg