

Waldemar Korzeniowski*

MORFOMETRYCZNA METODA OCENY JAKOŚCI GÓROTWORU NA POTRZEBY DOBORU OBUDOWY KOTWIOWEJ W KOPALNI RUD CYNKU I OŁOWIU „POMORZANY”**

1. Wstęp

Obudowa kotwiowa w kopalniach należących do ZGH „Bolesław” stanowi podstawowe zabezpieczenie wyrobisk w wyrobiskach przygotowawczych oraz eksploatacyjnych. Na przestrzeni kilkudziesięciu lat stosowano tu z powodzeniem różne rozwiązania konstrukcyjne i projektowe w zróżnicowanych warunkach geologiczno-górnicznych. Na podstawie własnych doświadczeń opracowano tu (oraz produkowano przez wiele lat) oryginalną obudowę typu „Olkusz”, a także ciągle modyfikowano i udoskonalano inne rozwiązania. Można z całą pewnością stwierdzić, że kadra inżynierska kopalń olkuskich należy do liderów w tym zakresie, służąc niejednokrotnie swoją wiedzą i doświadczeniem kopalniom, które dopiero mają zamiar wprowadzić podobne rozwiązania.

Wyrobiska zabezpieczane obudową kotwiową, szczególnie w Kopalni „Pomorzany”, były w przeszłości wielokrotnie monitorowane i szczegółowo badane pod kątem stateczności wyrobisk czy też możliwości czasowego niezabezpieczenia stropu podczas dni wolnych od pracy, uzyskując pozytywne opinie Wyższego Urzędu Górniczego.

Obecnie obowiązujące przepisy — Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. (załącznik nr 3) w sprawie projektowania, wykonywania i kontrolowania obudowy, narzucają określone rygory, które ograniczają możliwości kopalni do bardziej elastycznego podejścia do problemu warunków stosowania obudowy kotwiowej. Należy przy tej okazji zaznaczyć, że podobne przepisy dotyczące górnictwa miedziowego zostały w ostatnich latach dość istotnie zmodyfikowane na bazie dotychczasowych doświadczeń naukowo-badawczych i tzw. ruchowych. Przepisy odnośnie kopalń cynku i ołowiu w cytowanym powyżej dokumencie zostały powtórzone jednak bez zmian w stosunku do po-

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** Artykuł powstał w ramach badań statutowych nr 11.11.100.27

przednio obowiązującego dokumentu (załącznik nr 4). Taka sytuacja sprawia, że racjonalne podejście do tego zagadnienia, polegające na wykorzystaniu własnych doświadczeń kopalni, jest w praktyce niezwykle utrudnione.

Na podstawie obserwacji, pomiarów i analizy warunków geologiczno-górnicznych w wyrobiskach górniczych Kopalni „Pomorzany” oraz uwzględniając obowiązującą metodykę klasyfikacji jakości stropów pod kątem doboru obudowy kotwiowej w artykule wskazano na pewne możliwości uzupełnienia tej metodyki o elementy związane z charakterystycznymi typami odsłoniętych powierzchni wyrobisk.

2. Charakterystyka górotworu i skał w Kopalni „Pomorzany”

Złoże bilansowe o znaczeniu przemysłowym zalega na terenie obszaru górniczego Kopalni „Pomorzany” w obrębie dolomitów kruszconośnych. Miąższość złoże jest bardzo zmienna i sięga ok. 20 m. Eksploatacja może odbywać się w dwóch do czterech warstwach w zależności od rejonu. Mineralami kruszcowymi są sfaleryt i galena. Najbardziej bogata w kruszce jest spągowa partia dolomitów kruszconośnych na kontakcie z wapieniami gogolińskimi. Najczęściej spotykaną formą ciała rudnego są rozległe nieregularne soczewy o bardzo zmiennej miąższości i jakości złoże. W obrębie ciał rudnych występują gniazda różniące się znacznie procentową zawartością metalu. Dolomity kruszconośne w typowym swym wykształceniu to dolomity szare, drobnokrystaliczne, o przełomie nierównym. W strefach utlenionych dolomity są silnie zbrekcowane, a pustki i szczeliny wypełniają częściowo lub całkowicie siarczki cynku, ołowiu i żelaza oraz minerały płonne, takie jak: kalcyt żyłowy, dolomit oraz rzadziej baryt. Własności skał ulegają niekiedy gwałtownym zmianom spowodowanym niejednorodnością i zaburzeniami struktury wewnętrznej w postaci przerostów i skupień gniazdowych minerałów kruszconośnych, licznymi spękaniem i kawernami, mniej lub bardziej wtórnie zabliźnionymi kalcytem, wtrąceniami i rozproszeniem substancji ilastej oraz znacznym zwietrzeniem skał. Dolomity diploporowe zalegają na dolomitach kruszconośnych i reprezentowane są przez jasnoszare i szare, partiami brunatne dolomity, porowate i mikroporowate, przeważnie grubo ławicowe.

3. Klasyfikowanie stropów w aspekcie doboru obudowy kotwiowej w kopalni rud cynku i ołowiu

Dla potrzeb doboru obudowy kotwiowej, zgodnie z obowiązującymi przepisami [5], określa się klasy jakości stropu na podstawie zbadanych próbek skalnych rdzeni wiertniczych.

Ocenę jakości rdzeni skalnych z poszczególnych otworów wiertniczych przeprowadza się na podstawie opisów makroskopowych dla poszczególnych interwałów wysokości. Opisy makroskopowe rdzeni skalnych zawierają ogólną ocenę intensywności spękań, uzysk rdzeni i stopień podzielności. Wydziela się cztery klasy intensywności spękań według kryteriów zawartych w tabeli 1.

TABELA 1

Kryteria określania klasy intensywności spękań

Klasa intensywności spękań K_{soi}	Opis makroskopowy rdzenia	Uzysk rdzenia, %	Długości odcinków rdzeni, m
1	nie spękany	> 90	> 0,30
2	mało spękany	80÷90	0,10÷0,30
3	średnio spękany	60÷80	< 0,10
4	silnie spękany	< 60	okruchy i kawałki

O zaliczeniu skał do odpowiedniej klasy spękań decyduje najmniej korzystny parametr. Średnią wartość klasy intensywności spękań na podstawie danego otworu badawczego określa się jako średnią ważoną poszczególnych warstw z uwzględnieniem ich miąższości. Wartość klasy pola określa się jako średnią arytmetyczną ze średnich wielkości określonych dla otworów badawczych z dokładnością do 0,1 według następującego wzoru:

$$K_{so_i} = \frac{\sum_{j=1}^n K_{sw_j} \cdot mw_j}{\sum_{j=1}^n mw_j},$$

gdzie:

K_{so_i} — średnia ważona wartość klasy spękań stwierdzona w otworze nr i , [-],

K_{sw_j} — klasa intensywności spękań warstwy skał j , [-], $1 \leq K_{sw_j} \leq 4$,

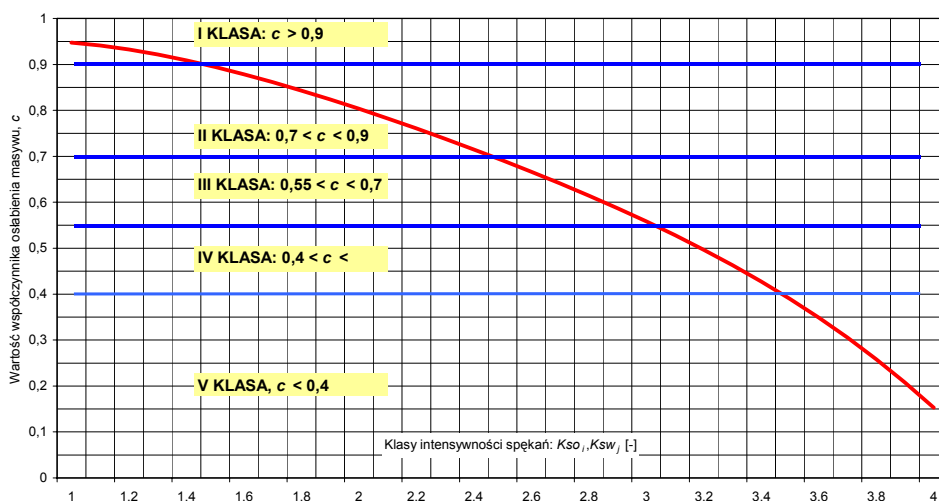
mw_j — miąższość warstwy j o określonej klasie spękań, m,

N — liczba warstw, dla których określono klasy spękań.

Określone klasy spękań dla poszczególnych otworów (średnioważone z poszczególnych warstw) stanowią podstawę do wyznaczenia współczynnika osłabienia masywu c , według zależności pokazanej na nomogramie (rys. 1), gdzie uwidoczniono zakresy jego zmienności dla kolejnych klas jakości stropu.

Każdej klasie stropu przypisane są graniczne wytrzymałości na ściskanie R_c oraz wytrzymałości na rozciąganie R_r . Na podstawie materiałów archiwalnych kopalni oraz przeprowadzonych badań skał stropowych można stwierdzić, że klasy stropu określone tylko na podstawie współczynnika intensywności spękań były wyraźnie niższe w porównaniu z wynikami badań wytrzymałościowych, z czego wynika, że klasa stropu limitowana była przede wszystkim wartością współczynnika c . Klasyfikacja jakości stropu oparta jest na uśrednionych wartościach wybranych parametrów szacowanych lokalnie. Do czynników, które

mogą pogorszyć lokalne warunki, należą strefy tektoniczne, spękania, strefy utlenione, miejsca występowania rud brekcjowych o wysokiej mineralizacji, strefy krasu hydrotermalnego lub okien erozyjnych pokrywy utworów kajprowych.



Rys. 1. Nomogram do określania klasy intensywności spękań

4. Obudowa wyrobisk w Kopalni „Pomorzany” w świetle aktualnych przepisów

W kopalni stosuje się obudowę kotwioną wklejaną typu „Olkusz”. Średnica żerdzi kotwi wynosi 16 lub 20 mm, a długość 1,6 m. Żerdzie wklejane są przy pomocy co najmniej dwóch ładunków klejowych *Lockset*.

Mechanizm współpracy obudowy kotwionej z górotworem w warunkach Kopalni „Pomorzany” oparty jest na zasadzie tworzenia się samonośnego sklepienia skalnego oraz częściowo na przykotwianiu bloków skalnych ograniczonych powierzchniami szczelin istniejącymi w górotworze. Zadaniem kotwi w takich przypadkach jest przede wszystkim niedopuszczenie do wyodrębnienia się i rozluźnienia bloków, które mogłyby spowodować dezintegrację stropu. Kotwie w tych warunkach nie są narażone na nadmierne ciśnienie górotworu ani też na obciążenia dynamiczne. Można stwierdzić, że kotwie w takim przypadku są wystarczająco skuteczne, jeżeli uniemożliwiają odpajanie się bloków skalnych i nadmierny rozwój szczelin i pęknięć. Istotną cechą opisanego mechanizmu jest brak występowania istotnego rozwoju pęknięć lub szczelin z upływem czasu z powodu wzrostu ciśnienia górotworu.

Dobór obudowy kotwionej w zakładach wydobywających rudy cynku i ołowiu ograniczony jest rygorami zawartymi w obowiązujących przepisach [5].

Na podstawie wyników badań określa się klasę stropu w skali od I (górotwór najlepszy) do V (górotwór najłabszy).

W kopalniach rud cynku i ołowiu dopuszcza się przekrój wyrobisk o kształcie prostokąta lub trapezu w I i II klasie stropu, przy czym w stropie I klasy dopuszcza się utrzymywanie wyrobisk nawet bez obudowy.

Ociosy wyrobisk o wysokości powyżej 4,5 m, niezależnie od klasy stropu, należy kotwić w odległości 4,5 m od spągu. Obudowę wyrobisk dla wielowarstwowej eksploatacji złoża, złoża naruszonego wcześniejszą eksploatacją oraz dla pogorszonych warunków geologiczno-górnictwowych projektuje się indywidualnie. Dla II i III klasy stropu dopuszcza się możliwość rozrzedzenia siatki kotwienia oraz pozostawienie wyrobiska bez obudowy.

Z punktu widzenia technologii eksploatacji złoża kluczowymi elementami mającymi wpływ na stopień zabezpieczenia stropu oraz ociosów przy pomocy kotwi są:

- prawidłowo zaprojektowana i zrealizowana metryka strzałowa,
- dokładnie wykonana „obrywka” stropu i ociosów przed zainstalowaniem obudowy kotwowej.

W Kopalni „Pomorzany” nie obserwuje się obwałów zarówno skał stropowych, jak i dezintegracji ociosów, i w praktyce nie zachodzi potrzeba wykonywania tzw. przebudów wyrobisk. Ze względu na płytkie zaleganie złoża nie występują negatywne zjawiska związane ze wzmożonym ciśnieniem górotworu, co mogłoby na przykład powodować sukcesywne wykruszanie się ociosów w ich przystropowej części.

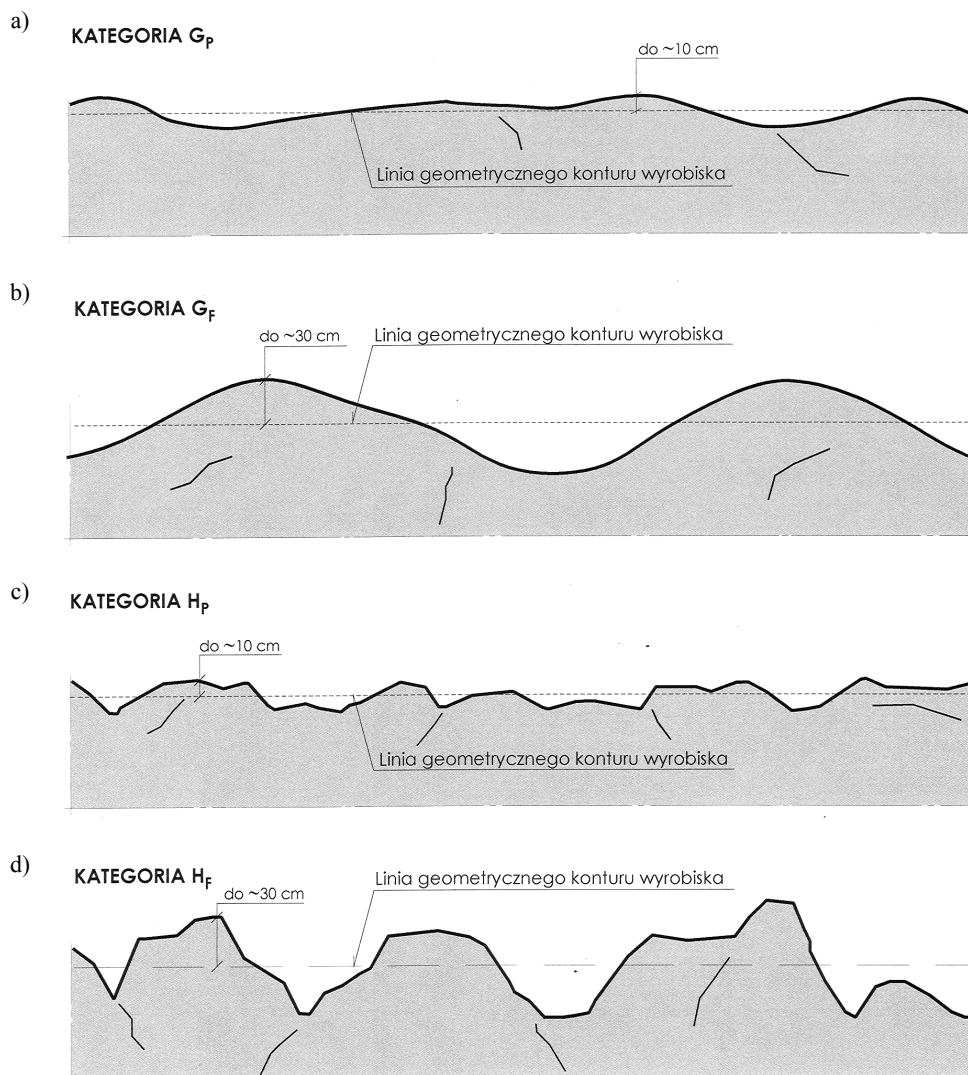
Należy zwrócić uwagę na ważny fakt, że załoga realizująca kotwienie w Kopalni „Pomorzany” jest bardzo doświadczona w tym zakresie, co zapewnia staranne i skuteczne wykonywanie obudowy. Obserwacje wyrobisk po wykonaniu obrywki następującej po każdym strzelaniu urabiającym i przed zabudową wskazują, że ten element ciągu technologicznego wykonywany jest właściwie i dokładnie.

5. Kategorie morfometryczne stropów i ociosów

Na podstawie obserwacji górotworu i pomiarów można wyróżnić kilka kategorii morfometrycznych ociosów i stropów, przyjmując jako kryterium kształt linii konturu wykonanego wyrobiska. Rozróżnia się przy tym nierówności w skali makro, odnosząc zmienność ich wysokości w stosunku do uśrednionej linii przebiegu całego konturu wyrobiska oraz nierówności w skali mikro odnoszone w stosunku do odcinka tego konturu o długości 1 m. Tak więc poszczególne kategorie można określić następująco:

- kategoria G_P — powierzchnie gładkie, prawie płaskie, o niewielkiej zmienności wysokości nierówności do ok. 10 cm (rys. 2a);
- kategoria G_F — powierzchnie gładkie, o falistej powierzchni, o zmienności wysokości nierówności do ok. 30 cm (rys. 2b);

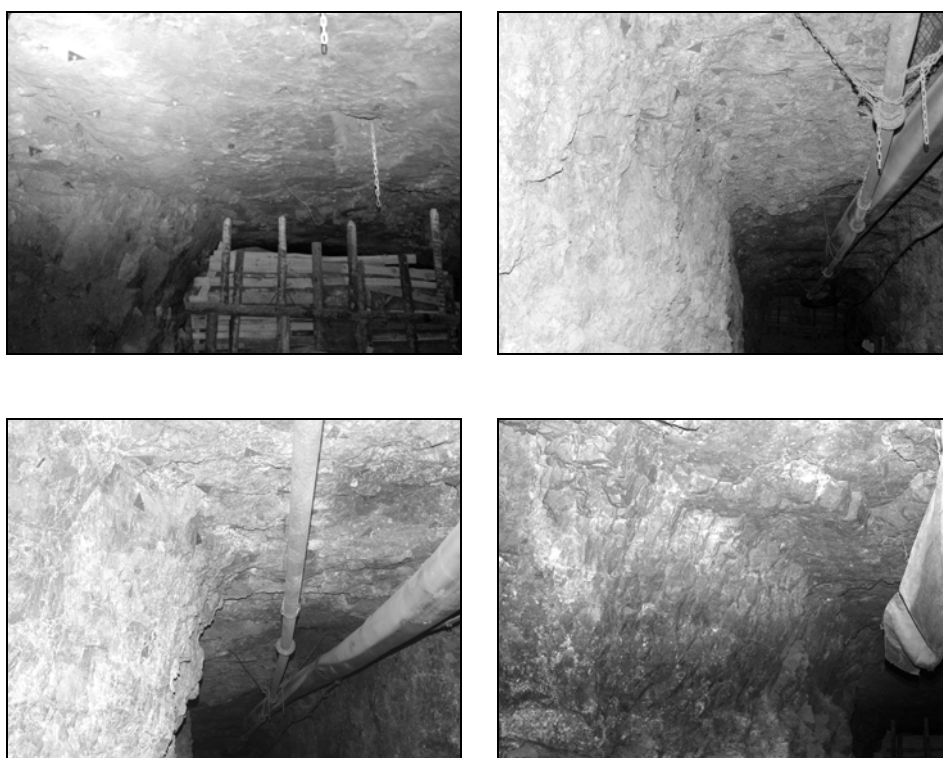
- kategoria H_p — powierzchnie chropowate, ale o wyraźnych, ostrych krawędziach, prawie płaskie, o niewielkiej zmienności wysokości nierówności do ok. 10 cm (rys. 2c);
- kategoria H_f — powierzchnie chropowate, o falistej powierzchni, o zmienności wysokości nierówności do ok. 30 cm (rys. 2d).



Rys. 2. Kategorie morfometryczne ociosów i stropu wyrobiska

Na rysunkach 3–6 przedstawiono charakterystyczne obrazy ociosów wyrobisk oraz stropów w Kopalni „Pomorzany”.

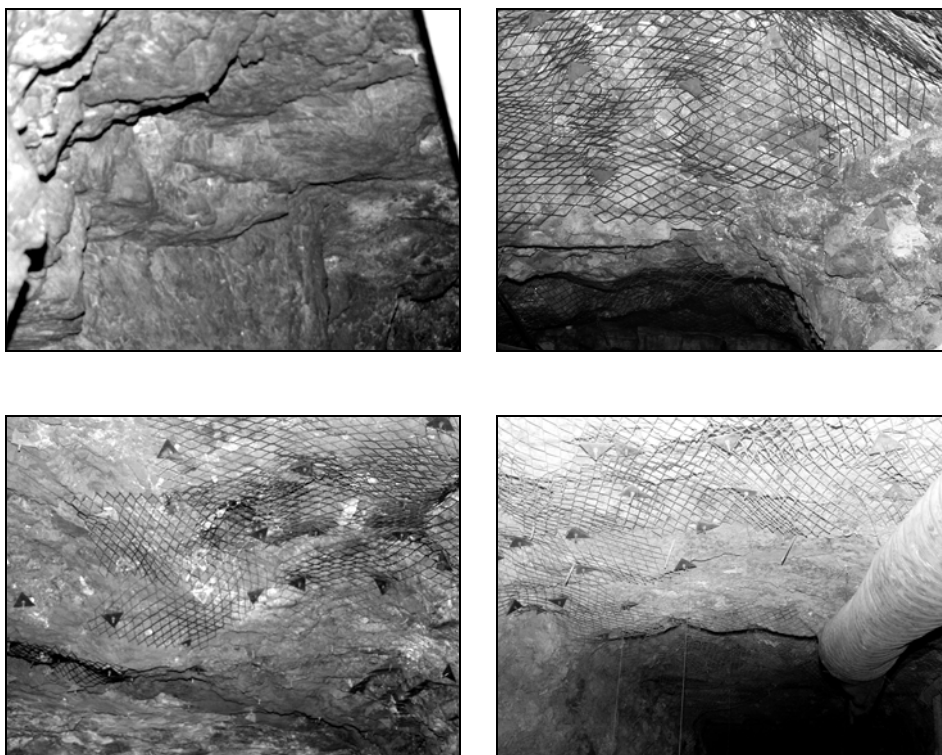
Wyrobisko zaliczone do kategorii G_p jest najbardziej korzystne z punktu widzenia zachowania pierwotnie nadanego kształtu wyrobiska z upływem czasu. Stosunkowo płaska powierzchnia wyrobiska o niewielkich odchyleniach wysokości nierówności tworzy zwarty masyw, gdzie praktycznie nie występują istotne z punktu widzenia stateczności, szczeliny czy pęknięcia, a tym bardziej skłonne do opadania bryły skalne. Linia konturu przekroju wyrobiska ma łagodny przebieg, o niewielkich odchyleniach. W takich wyrobiskach najczęściej stosowana jest obudowa rozrzedzona, bez opinki z siatki metalowej. Kotwienie ociosów w przystropowej części jest zbędne, a w niektórych przypadkach można wręcz odstąpić od kotwienia nawet stropu (rys. 3).



Rys. 3. Przykłady kategorii morfometrycznych stropów i ociosów typu G_p

Podobna sytuacja ma miejsce w wyrobiskach zaliczonych do kategorii G_F , to znaczy w wyrobiskach o falistej linii konturu wyrobiska, ale jednocześnie większym zróżnicowaniu wysokości poszczególnych nierówności („wzniesień”). W takich wyrobiskach nie obserwuje się istotnych głębokich szczelin. Stosunkowo gładka powierzchnia tworzy zwarty, masywny ocios lub strop nieskłonny do samoistnego wyodrębniania się z niego oddzielnych

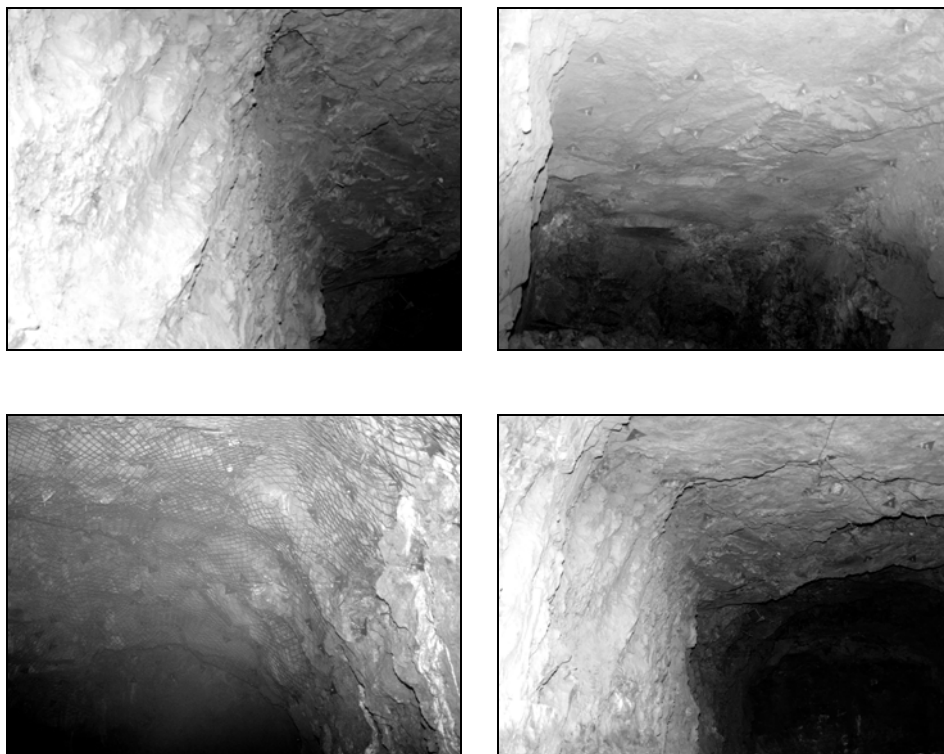
bloków czy brył skalnych. W takich wyrobiskach sporadycznie stosuje się opinę z siatki metalowej, przy jednoczesnym rozrzedzeniu siatki kotwienia. W wyrobiskach tego typu nigdzie nie stwierdzono wykuszania się ociosu lub odspojonych brył skalnych. Kotwienie ociosów (a w niektórych sytuacjach nawet stropu) w tej kategorii wyrobisk jest bezcelowe. Najczęściej owalny strop łączy się łagodnie z ociosem nie tworząc żadnych stref wzmożonego ciśnienia ani też jakiegokolwiek osłabienia (rys. 4).



Rys. 4. Przykłady kategorii morfometrycznych stropów i ociosów typu G_F

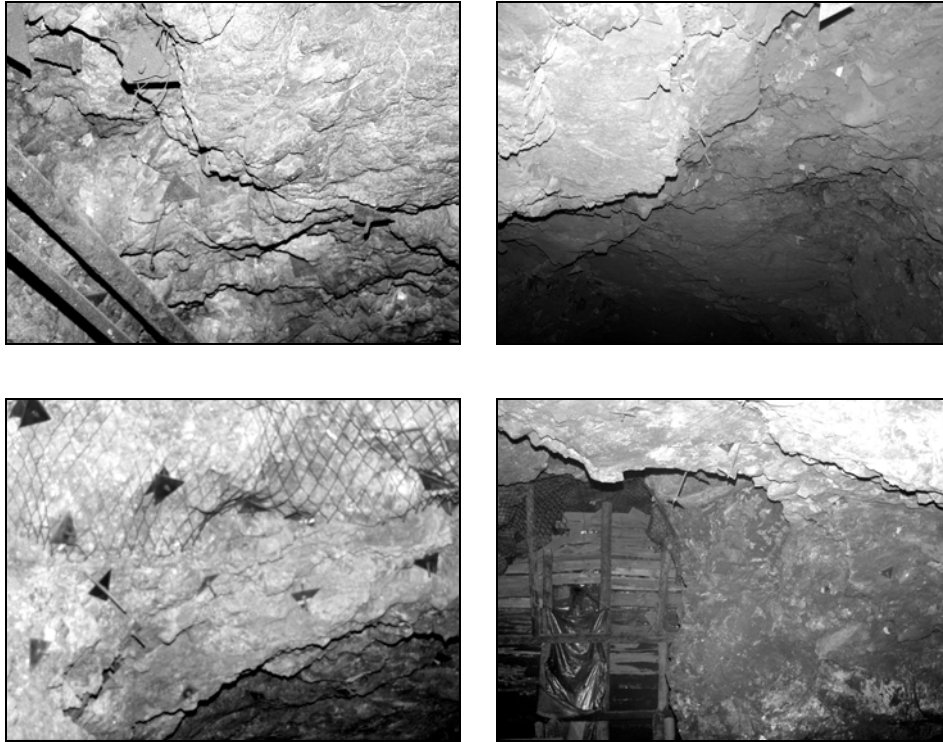
Kategoria wyrobisk H_P jest odmienna od wyżej opisanych. Wspólną cechą jest niewielki rozrzut wysokości nierówności w linii konturu przekroju wyrobiska, jednakże linia ta nie jest już „falą”, lecz łamaną. Krawędzie wzniesień są wyraźne i ostre. W takich wyrobiskach istnieją niewielkie pęknięcia i niekiedy szczeliny. Stosowana obudowa kotwiowa jest zabudowana w standardowej siatce kotwienia. W razie konieczności stosuje się opinę z siatki metalowej (rzadko zdarza się to w praktyce). W wyrobiskach, w których wykonano staranną obrywkę stropu, ociosy i strop są zwarte i nie wykazują tendencji do odpajania się skał. Nie obserwuje się wypadania skał spomiędzy obudowy. Wyrobiska utrzymują nadany

im kształt przez wiele miesięcy, a nawet lat. Wykonywanie obrywki jest w takich warunkach bardzo skuteczne, co powoduje, że zarówno strop, jak i ociosy tworzą zintegrowaną caliznę. Tylko sporadycznie, przy zaistnieniu wyraźnych szczelin, może zachodzić potrzeba specjalnego zabezpieczenia ociosów w wysokich wyrobiskach (rys. 5).



Rys. 5. Przykłady kategorii morfometrycznych stropów i ociosów typu H_P

Kategoria wyrobisk H_F jest charakterystyczna w rejonach występowania rud silnie utlenionych o brunatno-żółtawym kolorze. Charakterystyczne są w takich sytuacjach głębsze kawerny, ostre krawędzie nierówności i ślady po wypadających blokach związanych słabym spoiwem. Przekrój poprzeczny wyrobisk jest bardzo nieregularny i daleko odbiega od założonego. Często widoczne są rozległe szczeliny. W wyrobiskach tej kategorii często zachodzi konieczność siatkowania zarówno stropu, jak i ociosów. Oprócz kotwi zlokalizowanych według zaprojektowanej siatki kotwienia występuje konieczność kotwienia oddzielnych bloków skalnych. W wyrobiskach sklasyfikowanych w tej kategorii zaleca się stosowanie kotwienia ociosów, szczególnie w wyrobiskach o wysokości przekraczającej 4,5 m (rys. 6).



Rys. 6. Przykłady kategorii morfometrycznych stropów i ociosów typu H_F

6. Wnioski

Obudowa kotwiowa w kopalniach ZGH Bolesław była stosowana w górotworze tzw. słabym (Kopalnia „Bolesław”), nieco lepszym (Kopalnia „Olkusz”) oraz w stosunkowo najlepszym górotworze (Kopalnia „Pomorzany”). Zakład ten należy do najbardziej doświadczonych zakładów górniczych w Polsce w zakresie stosowania obudowy kotwiowej. Ze względu na stosunkowo niewielkie ciśnienie górotworu, wynikające przede wszystkim z płytkiego zalegania złoża, praktycznie nie notuje się obwałów skał stropowych i ociosowych. Ociosy wyrobisk w swej przystropowej części w Kopalni „Pomorzany” nie wykazują skłonności do rozgniatacia czy odpadania z nich brył skalnych. Według obowiązującej metodyki klasyfikacji stropów dla potrzeb kotwienia wyrobisk w kopalniach cynku i ołowiu parametr wytrzymałościowy R_c kwalifikuje górotwór w zbadanych rejonach do wyższej klasy jakości, podczas gdy współczynnik osłabienia masywu c zwykle obniża tę klasę. Znaczny stopień spękania i rozdrobnienia rdzeni skalnych w otworach badawczych wynika częstokroć ze stosowanej techniki wiercenia oraz sprzętu wiertniczego i nie zawsze świadczy o dużym osłabieniu górotworu (powodującym obniżenie klasy jakości stropu).

Zaproponowana kategoryzacja wyrobisk, oparta na morfometrii stropu i ociosów, może stanowić istotne uzupełnienie obowiązującej metodyki doboru obudowy kotwiowej w kopalniach cynku i może służyć do weryfikowania klasy stropu, w szczególności jakości rdzenia. Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że w wyrobiskach kategorii G_P i G_F nie zachodzi konieczność kotwienia ociosów, natomiast w kategorii wyrobisk zaliczonej do grupy H_P tylko sporadycznie, po stwierdzeniu wyraźnych szczelin i powierzchni osłabionych. W kategorii wyrobisk H_F zaleca się stosowanie kotwienia ociosów.

LITERATURA

- [1] Dokumentacja geologiczna złoża Zn i Pb w kategorii *C1*. Kraków, Przedsiębiorstwo Geologiczne 1975
- [2] *Korzeniowski W.*: Analiza możliwości niekotwienia ociosów wyrobisk eksploatacyjnych i przygotowawczych w kopalni „Pomorzany”. Kraków 2004 (praca niepublikowana)
- [3] *Korzeniowski W.*: Badania własności geomechanicznych skał i górotworu dla oceny klasy stropu w aspekcie doboru obudowy kotwiowej w kopalni „Pomorzany”. Kraków 2005
- [4] *Lis J. i in.*: Badania geomechanicznych własności skał oraz klasyfikacja stropów na podstawie rdzeni badawczych z otworów wiertniczych w wybranych rejonach kopalń ŻGH „Bolesław”. Wrocław 1997 (praca niepublikowana)
- [5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego podziemnych zakładach górniczych — załącznik 3 z dnia 28 czerwca 2002

