

Jacek POSTAWA  
AGH Kraków  
Marek JARCZYK  
ZGE Sobieski Jaworzno III

## MOŻLIWOŚCI UZDATNIANIA POWIERZCHNI TERENU W ZASIĘGU ZROBÓW STAREJ PŁYTKIEJ EKSPLOATACJI DLA CEŁÓW INWESTYCYJNYCH

**Streszczenie.** W opracowaniu przedstawiono sposoby uzdatniania powierzchni terenu w zasięgu starych płytkich zrobów metodą wymuszania kontrolowanego zawału oraz lokalnego doszczelniania i wypełniania istniejących pustek lub gruzowiska zawałowego.

## POSSIBILITIES OF THE GROUND SURFACE CONDITIONING WITHIN A RANGE OF OLD SHALLOW MINING FOR INVESTMENT PURPOSE

**Summary.** In the elaboration it has been presented the methods of ground surface conditioning within a range of old shallow abandoned areas by means of provoked and controlled caving and local “sealing and filling” of existing voids or goafs.

### 1. Wprowadzenie

Zakres prac badawczych, profilaktyki i aktywnej likwidacji istniejącego zagrożenia powierzchni nakłada na kopalnię i samorząd lokalny obowiązek ścisłej współpracy nad eliminacją źródeł tego zagrożenia. Współpraca ta powinna polegać na wspólnych działaniach w zakresie eliminacji zagrożenia, jakie stwarzają stare płytkie zroby oraz wyrobiska górnicze mające połączenia z powierzchnią [1, 4, 6, 7].

⇒ *Celem tych działań będzie przygotowanie terenów pogórnich do zagospodarowania przy założeniu wysokiej skuteczności, odpowiedniego stopnia bezpieczeństwa i stosunkowo niskich kosztów do planowanych przedsięwzięć inwestycyjnych.*

⇒ *Aktualnie dominuje tendencja, aby prace uzdatniające rejonu w zasięgu starych płytkich zrobów ograniczyć tylko do terenu planowanej inwestycji i bezpośredniego jej sąsiedztwa albo wykonać wstępne badania i na ich podstawie określić optymalny sposób zagospodarowania lub lokalizacji planowanej inwestycji.*

Należy zaznaczyć, że koszty likwidacji płytkich pustek są wysokie, natomiast skuteczność uzdatniania terenu, przy założeniu prostych prac podsadzkowo-iniekcyjnych, jest ograniczona [2, 3, 4, 5].

## **2. Sposób kontrolowanego uzdatniania powierzchni terenu w zasięgu starych płytkich zrobów**

W przypadku niewielkich głębokości eksploatacji (50÷80m) niskie ciśnienie pionowe utrudnia lub uniemożliwia powstanie pełnego zawału w zrobach systemów filarowych, filarowo-zabierkowych lub chodnikowych. Stan taki występuje szczególnie w rejonach, gdzie strop bezpośredni ma zbyt małą grubość, a strop zasadniczy tworzą skały zwarte. W takich warunkach okres czasu ujawnienia się deformacji powierzchni może być bardzo długi, niekiedy nawet ponad 100 lat, co potwierdzają badania metodami geofizycznymi, wiercenia badawcze oraz rejestrowane przypadki powstania deformacji nieciągłych.

Przekroczenie istniejącego stanu równowagi granicznej i powstanie deformacji, bardzo często nieciągłej, może być spowodowane w wielu przypadkach stosunkowo niewielkim, trudnym do przewidzenia w czasie impulsem, związanym z działalnością pozagórnica lub prowadzoną na większych głębokościach eksploatacją podbierającą.

W celu wyeliminowania, w miarę możliwości, przytoczonych sytuacji proponuje się zastosowanie kontrolowanego prowokowania zawału metodą strzelań ładunkami MW umieszczonymi w otworach, wykonanych z powierzchni terenu lub doszczelniania istniejących zrobów metodą podsadzkowo - iniekcyjną.

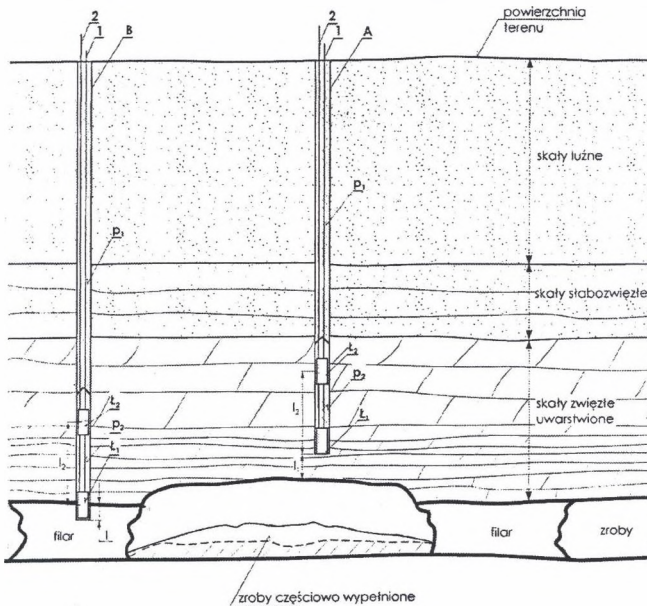
### **2.1. Sposób kontrolowanego wymuszania zawału nad zrobami**

Wymuszenie kontrolowanego zawału nad zrobami lub w strefie porowatego gruzowiska zawałowego stwarza możliwość ujawnienia się stref o najwyższym stopniu zagrożenia zapadliskami w okresie przed podjęciem decyzji o lokalizacji planowanych inwestycji.

Detonacja ładunków MW w otworach jest źródłem intensywnych drgań parasejsmicznych, które stanowią będą impuls do powstania kontrolowanego doszczelnienia zrobów lub powstania zawału, wymuszając objawienie się deformacji w strefach osłabień stropu, gdzie przekroczony został stan równowagi granicznej związany z dezintegracją stropu zasadniczego. Takie działania mogą przyczynić się do wcześniejszego i kontrolowanego powstania deformacji na powierzchni, a w konsekwencji po likwidacji powstałych zapadłisk do przeklasyfikowania terenu i stworzenia możliwości jego zagospodarowania.

Sytuacja taka może pozwolić na wykorzystanie do zabudowy terenów uważanych za całkowicie nieprzydatne do zabudowy.

Sposób kontrolowanego prowokowania zawału objaśniono na rys. 1.



Rys. 1. Sposób prowokowania zawału nad zrobami

A - otwór wiertniczy  $\varnothing 100-150\text{mm}$  do zrobów lub strefy anomalnej, B - otwór wiertniczy do calizny (filar) wybranego pokładu,  $p_1$  - przybitka zasadnicza,  $p_2$  - przybitka wewnętrzna  $\sim 3\text{m}$ ,  $\text{Ł}_1$  - ładunek MW z  $\text{ZE}_1$ ,  $\text{Ł}_2$  - ładunek MW z  $\text{ZE}_2$ , zwłoka:  $\text{ZE}_1 < \text{ZE}_2$ ,  $l_1$  - odległość ładunku od stropu pustki  $\sim 1,0\text{m}$ ,  $l_2$  - odległość pomiędzy ładunkami zależna od charakterystyki skał otaczających, 1 - zagłębienie otworu w strop filara, 1 - przewody strzałowe, 2 - zawieszenie ładunków MW

Fig. 1. Cave provoking method

A - Borehole down to the abandoned area or anomaly zone, 100-150 mm da., B - Borehole down to the pillar,  $p_1$  - basic stemming,  $p_2$  - inner stemming, ca. 3m,  $\text{Ł}_1$  - explosive charge with  $\text{ZE}_1$  initiator,  $\text{Ł}_2$  - explosive charge with  $\text{ZE}_2$  initiator, delay  $\text{ZE}_1 < \text{ZE}_2$ ,  $l_1$  - distance of the charge from the roof of the working, ca. 1m,  $l_2$  - distance between the charges that depends on rock mass characterization, 1 - borehole penetration depth into the pillar, 1 - Blasting cables, 2 - The charge suspension wires

Średnica planowanych otworów strzałowych wynosi:  $\text{Ø}100\div 150\text{mm}$ . Długość otworów w przypadku strzelania nad zrobami sięga około 1,0÷2,0m od stropu istniejącej pustki, zaś w przypadku dezintegracji istniejącego filara około 0,5÷1,0m poniżej stropu nad filarem.

Zastosowanie materiału wybuchowego do wywołania kontrolowanej dezintegracji skał w górotworze związane jest równocześnie z negatywnymi skutkami w postaci drgań propagowanych w otoczeniu.

Jeżeli w miejscu wykonywania robót z użyciem MW zlokalizowane są obiekty budowlane lub przemysłowe, należy zwrócić uwagę, by poziom drgań nie był wyższy od dopuszczalnego dla poszczególnych rodzajów i kategorii obiektów.

Drgania wywołane detonacją MW rozchodzą się w górotworze w sposób uzależniony od wielu czynników, wśród których należy wymienić:

- ilość użytego MW,
- rozmieszczenie MW w otworze,
- sposób odpalania ładunków,
- ilość powierzchni odsłonięcia,
- rodzaj skał,
- budowę geologiczną,
- stopień zawodnienia górotworu,
- odległość miejsca wykonywania robót od obiektów chronionych.

Ujęcie tego zagadnienia w postaci jednego wzoru jest praktycznie niemożliwe. Dlatego też w praktyce stosuje się prognozowanie efektu sejsmicznego za pomocą wzorów ujętych w przepisach (Rozporządzenie MPiH nr 135) oraz zależności dostępnych w literaturze fachowej. Jeżeli jest to możliwe, wielkości prognozowane poddaje się weryfikacji przez wykonanie pomiarów drgań w warunkach in situ przez próbne odstrzały z zastosowaniem mniejszych ładunków MW, ale zbliżonych do przewidywanych przy realizacji dalszych prac.

Prognoza intensywności drgań w warunkach przewidzianych do realizacji jest dodatkowo utrudniona ze względu na zastosowanie ładunków kamufletowych, czyli najbardziej niekorzystnych w zakresie propagowania energii do górotworu, w postaci drgań parasejsmicznych.

Wielkość ładunków  $\text{Ł}_1$  i  $\text{Ł}_2$  dobierać należy dla konkretnych warunków na podstawie przeprowadzonych w trakcie strzelań wzorcowych pomiarów propagacji fal i strefy drgań, które mogą przenosić się na obiekty infrastruktury powierzchniowej.

Otwór badawczy dla strzelań wzorcowych w celu ustalenia ładunku bezpiecznego dla obiektów powierzchniowych należy wykonać:

- z rdzeniowaniem na całej długości,
- średnica otworu  $100 \div 150$ mm,
- w przypadku trudności utrzymania drążonego otworu należy wykonać rurowanie rurami PCV o średnicy zapewniającej umieszczenie w nim ładunku MW o średnicy około 80 mm,
- w trakcie wiercenia należy wykonać badanie z użyciem mikrokamery, z trwałą dokumentacją rejestrowanego obrazu,
- ładunki ( $\text{Ł}_1$  i  $\text{Ł}_2$ ) z MW luzem z nabojem udarowym w opakowaniu (maksymalny całkowity ładunek  $Q = 5$  kg),
- zapalniki elektryczne ostre 0,5 sekundowe,
- odległości czasowe pomiędzy zwłokami 2 sekundy,
- przybitka zasadnicza nie mniej niż  $\frac{1}{4}$  długości otworu,
- przybitka wewnątrzotworowa  $\sim 3$  m,
- materiał przybitki niepalny: piasek, zwierzyny, drobny żwir.

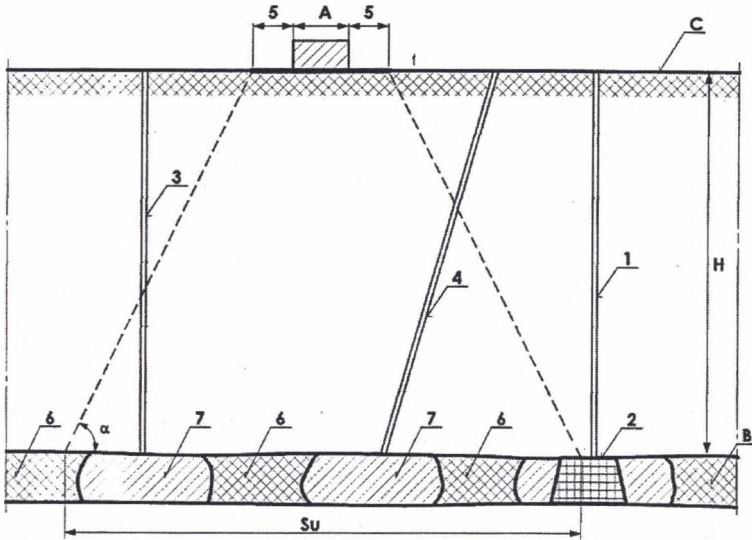
W trakcie prowadzenia badań zasięgu strefy drgań należy dodatkowo prowadzić monitoring górotworu i powierzchni metodami geofizycznymi (sejsmiczną i grawimetryczną) oraz pomiary geodezyjne zmian powierzchni terenu w wyniku kontrolowanej dezintegracji skał w rejonie płytkich zrobów.

## **2.2. Sposób wykonywania sztucznego filara ochronnego metodą podsadzkowo – iniekcyjną**

Planując lokalizację obiektów kubaturowych na powierzchni terenu objętego wpływem starych płytkich zrobów, proponuje się stworzenie sztucznego filara ochronnego zabezpieczającego je trwale przed skutkami wystąpienia deformacji nieciągłych.

Schemat uzdatniania podłoża dla planowanej zabudowy objaśniono na rys.2.





Rys. 2. Schemat uzdatniania podłoża dla planowanej zabudowy w rejonie starych płytkich zrobów:

H - głębokość starych płytkich zrobów, Su - proponowana strefa uszczelnienia starych płytkich zrobów,  $\alpha$  - kąt zasięgu Su, A - planowany obiekt na powierzchni, 1 - otwór wiertniczy dla wykonania sztucznej bariery ograniczającej strefę Su, 2 - sztuczna bariera ograniczająca, 3, 4 - otwory wiertnicze podsadzkowe, 5 - pas ochronny wokół obiektu A, 6 - filary, 7 - zrobry (część wyeksploatowana złoża), B - pokład, C - powierzchnia terenu

Fig. 2. Schematic conditioning of the groundwork to be used for a construction within the range of old, shallow abandoned areas:

H - depth of the old abandoned areas, Su - proposed sealing zone of the old shallow abandoned areas,  $\alpha$  - range angle of the Su, A - Planned object upon the surface, 1 - A planned borehole for the artificial barrier limiting the Su zone, 2 - The artificial limiting barrier, 3, 4 - Filling bore-holes, 5 - Protection band around the A object, 6 - pillars, 7 - abandoned areas (mined part of the deposit), B - seam, C - surface

Średnica planowanych otworów podsadzkowych 3 i 4 na rys.2 w przypadku grawitacyjnego podsadzania wynosi  $\text{Ø}100\div 200$  mm, długość otworów w zależności od głębokości zalegania zrobów wyeksploatowanego w przeszłości pokładu. Kierunek otworów zależy jest od lokalizacji na powierzchni z uwagi na łatwe ustawienie urządzenia wiertniczego oraz sposób dostarczania materiału podsadzkowego.

Otwór 1 przystosowany do budowy sztucznej bariery 2, ograniczającej zasięg podsadzania, średnica w zależności od sposobu wykonywania bariery ograniczającej.

Przy podsadzaniu grawitacyjnie na sucho  $\text{Ø}100\div 200$  mm w warunkach doszczelniania porowatej strefy zaciśniętych zrobów lub szczelinowatego górotworu metodą iniekcji wysokociśnieniowej ( $10\div 20$ MPa) z wykorzystaniem zaczynów szybkowiążących: średnica otworu wynosi  $\text{Ø}42\div 51$ mm, a głębokość sięga do spągu wyeksploatowanego pokładu.

Rozmieszczenie otworów podsadzkowych i służących do budowy sztucznej bariery ustala się na podstawie analizy sytuacji geologiczno-górnictwej oraz badań geofizycznych, wiertniczych lub introskopowych z użyciem mikrokamery.

### 2.3. Kontrola skuteczności wzmacniania i uszczelniania skał

Kontrola skuteczności wykonanych specjalistycznych robót uszczelniających i wzmacniających stanowi ważny element całości przedsięwzięcia związanego z realizacją zamierzeń projektowych.

Złożoność zagadnień związanych z określeniem skuteczności, wymaga indywidualnego rozważenia różnych przypadków, przede wszystkim zaś wyboru odpowiedniego sposobu badań lub pomiarów.

*Proponowane sposoby badań skuteczności wykonanych robót uszczelniających i wzmacniających to:*

- ⇒ wykonanie otworów kontrolnych,
- ⇒ pobranie prób rdzeniowych,
- ⇒ określenie szczelności metodą aerometryczną,
- ⇒ obserwacje z użyciem mikrokamery w otworach kontrolnych,
- ⇒ badania geofizyczne (sejsmiczne, grawimetryczne i elektrooporowe).

Przeprowadzone szczegółowe prace badawcze, po wykonaniu planowanych specjalistycznych robót uzdatniających podłoże terenu, mogą być podstawą do przekwalifikowania terenu do wyższej kategorii w przypadku stwierdzenia wysokiej skuteczności robót zabezpieczających.

## 3. Podsumowanie i wnioski

- Wymuszenie kontrolowanego zawału nad starymi zrobami płytkiej eksploatacji lub w strefie porowatego gruzowiska zawałowego stwarza możliwość ujawnienia się stref o najwyższym stopniu zagrożenia powierzchni terenu zapadliskami w okresie przed podjęciem decyzji o lokalizacji planowanych inwestycji. Sytuacja taka może pozwolić na wykorzystanie do zabudowy terenów uważanych za całkowicie nieprzydatne do tego celu.
- Po skutecznym wymuszeniu destrukcji górotworu wymagane jest uzdatnienie terenu przez kontrolowane podsadzenie lub zasypanie i niwelację powierzchni terenu.
- Wdrożenie proponowanych sposobów uzdatniania terenu zagrożonego deformacjami nieciągłymi może pozwolić na ograniczenie wydatków na prace inwestycyjne związane z uzdatnianiem powierzchni terenu.

- W sytuacji koniecznego ograniczania i oszczędnego gospodarowania zasobami budżetu krajowego ma to szczególne znaczenie i w dalszych pracach nad rewitalizacją terenów po zlikwidowanych kopalniach może przynieść wymierne korzyści ekonomiczne i społeczne.

Recenzent: Dr hab. inż. Jan Biątek, Prof. Pol. Śl.

## LITERATURA

- 1 Kawalec B.: Przywracanie dla budownictwa terenów zagrożonych górnictwymi deformacjami nieciągłymi. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 4/12, 1994,
- 2 Palarski J i inni: Likwidacja płytko zalegających pustek poeksploatacyjnych i wyrobisk górniczych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 264, Gliwice.
- 3 Postawa J. Jarczyk M., Stryczek S. 2003: Technologia uzdatniania, dla celów inwestycji budowlanych, powierzchni terenów zagrożonych deformacjami nieciągłymi. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z.258. Gliwice 2000.
- 4 Postawa J., Jarczyk M.: Sposoby określania zagrożenia powierzchni deformacjami nieciągłymi w zasięgu starej płytkiej eksploatacji na obszarze likwidowanych kopalń. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z.258. Gliwice 2003.
- 5 Stryczek S., Gonet A., Postawa J.: Technologia likwidacji zagrożenia zapadliskowego na obszarze płytkiej eksploatacji górniczej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z.258. Gliwice 2003,
- 6 Strzałkowski P.: Zagrożenie deformacjami nieciągłymi obiektów budowlanych i wyrobisk górniczych. Budownictwo Górnicze i Tunelowe, 1, Gliwice 2001,
- 7 Zych J i inni: Sposób likwidacji płytkich wyrobisk górniczych byłej kopalni barytu w Boguszowie. Sympozja i Konferencje nr 49. Przywracanie wartości użytkowych terenom górniczym. Stare kopalnie – nowe perspektywy. PAN IGSMiE, Kraków 2001.

*Praca została zrealizowana w ramach Badań Statutowych Nr 11.11.100.711*

## Abstract

In the elaboration it has been presented the methods of ground surface conditioning within a range of old shallow abandoned areas by means of provoked and controlled caving and local “sealing and filling” of existing voids or goafs.

Forcing of control caving over the abandoned areas or within of a pore zone of goafs cause possibility of revealing the highest level threats with surface collapse, just before and after decision on location the planned investment.

While planning a location of cubic objects on the surface influenced by old shallow abandoned areas, construction of an artificial pillar has been proposed, that will permanently protect against occurrence of non-continuous deformations.