

Zenon SZCZEPANIAK

Instytut Geomechaniki,
Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni
Politechnika Śląska, Gliwice

ZASADNOŚĆ ODPREŻENIA SKAŁ PRZY OCIOSACH WYROBISK KORYTARZOWYCH I KOMOROWYCH

Streszczenie. Na obudowę kapitalnych wyrobisk górniczych wykonywanych na dużych głębokościach przekazywane jest często tzw. deformacyjne ciśnienie górotworu. Przyczyną ciśnienia deformacyjnego jest koncentracja naprężeń i duża ich wielkość w skałach przy ociosach tych wyrobisk. W pracy przedstawiono sposoby zapobiegania zaciskaniu wyrobisk korytarzowych i komorowych ze szczególnym zwróceniem uwagi na celowość technologicznego odprężenia skał przy ociosach.

THE RELEVANCE OF ROCK DESTRESSING AT SIDE WALLS OF DOG AND CHAMBER HEADINGS

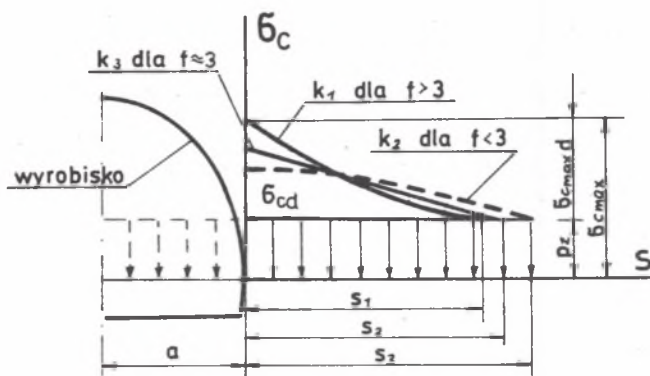
Summary. The support of main mining headings executed at great depths is often subjected to the so called "deforming" rock pressure. This is caused by the great amount and concentration of stresses in rocks at sidewalls of headings. The paper presents ways of preventing the closure of dog and chamber headings and particular consideration is given to the usefulness of technological destressing of rocks at side walls.

ОБОСНОВАННОСТЬ ОТЖИМА ПОРОД В БОКАХ КАМЕРНЫХ И УЗКИХ ВЫРАБОТОК

Резюме. На крепь капитальных горных выработок, проводимых на больших глубинах, передается часто так называемое деформационное давление горного массива. Причиной деформационного давления является концентрация напряжений и их большая величина в горных породах боковых поверхностей этих выработок. В работе представлены способы предупреждения зажима камерных и узких выработок, поддерживается целесообразность технологического отжима горных пород в боках выработок.

1. NAPRĘŻENIA DEFORMUJĄCE SKAŁY W OTOCZENIU WYROBISKA KORYTARZOWEGO LUB KOMOROWEGO

Udostępnienie złóż węgla i innych kopalin użytecznych na zwiększających się głębokościach pociąga za sobą narastanie trudności związanych z koniecznością utrzymania (przez wymagany długotrwały okres) korytarzowych wyrobisk udostępniających i komorowych, które często ulegają zaciskaniu pod wpływem deformacyjnego ciśnienia górotworu.



Rys. 1 Rozkład naprężeń pierwotnych p_z i dodatkowych σ_{cd} w skałach o różnej zwięzłości przy ociosach wyrobiska korytarzowego lub komorowego

Fig. 1 Pattern of primary p_z stresses and additional σ_{cd} stresses in rocks with different strength at side walls in a dog or a chamber opening

Ciśnienie deformacyjne wystąpi w tych przypadkach, gdy spełniony będzie w skałach otaczających wyrobisko warunek wyrażony zależnością (1) (rys.1).

$$\sigma_{cmax} = p_z + \sigma_{cmaxd} > R_c, \quad (1)$$

gdzie:

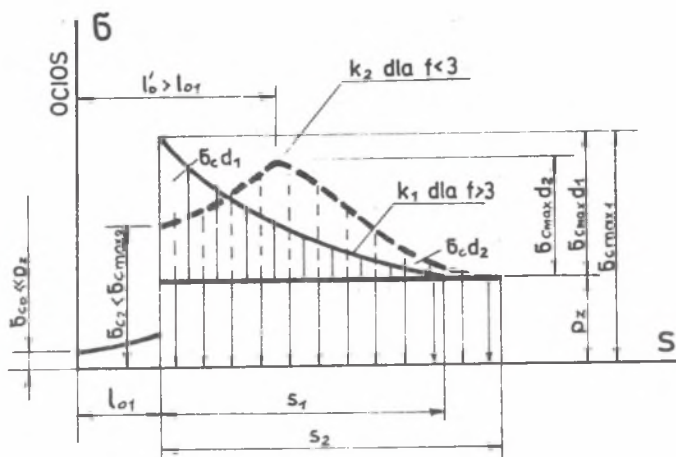
- R_c - ustalona laboratoryjnie doraźna wytrzymałość danej skały na ściskanie w jednoosiowym stanie naprężenia,
- σ_{cmax} - maksymalne naprężenie ściskające w skałach przy ociosie wyrobiska,
- σ_{cmaxd} - maksymalne naprężenie dodatkowe (rys.1),
- p_z - naprężenie pierwotne ($p_z = \gamma \cdot H$).

Rys. 1 obrazuje rozkład naprężeń pierwotnych p_z przy ociosach wyrobiska oraz tzw. naprężeń dodatkowych σ_{cd} rozkładających się według krzywych k_1 , k_2 i k_3 (linia prosta) zależnie od zwięzłości skał określonej współczynnikiem f (gdzie $f = 3$, oznacza, że R_C skał = 30 MPa). Źródłem naprężeń dodatkowych jest ciężar skał nadległych nad połową maksymalnej szerokości wyrobiska (a) korytarzowego lub komorowego (rys. 1). Dla potrzeb praktycznych można przyjąć, że naprężenia σ_{cd} rozkładają się wg linii prostej (linia k_3 - rys. 1), a ich zasięg obejmuje długość odcinka $s = 3a - 5a$. W takim przypadku dla wyrobiska o długości l ($l = 1m$) na głębokości H i ciężarze objętościowym skał nad wyrobiskiem γ wielkość σ_{cmaxd} można wyliczyć ze wzoru (2), a σ_{cmax} ze wzoru (3).

$$\frac{\sigma_{cmaxd} \cdot s + s \cdot 1 m}{2} = \gamma \cdot H \cdot a \cdot 1 m$$

$$\sigma_{cmaxd} = \frac{2 \cdot \gamma \cdot H \cdot a}{s} = \frac{2 \cdot p_z \cdot a}{s} \quad (2)$$

$$\sigma_{cmax} = \sigma_{cmaxd} + p_z = \frac{2 \cdot p_z \cdot a}{s} + p_z = \frac{p_z (2a + s)}{s} \quad (3)$$



Rys.2 Rozkład naprężeń ściskających przy ociosach wyrobiska korytarzowego po zaistnieniu zależności $\sigma_{cmax} > R_C$ i przy współpracy deformujących się skał z obudową

Fig.2 Pattern of compressive stresses at side walls in a dog heading after $\sigma_{cmax} > R_C$ relationship occurred and with cooperation of deforming rocks with the support

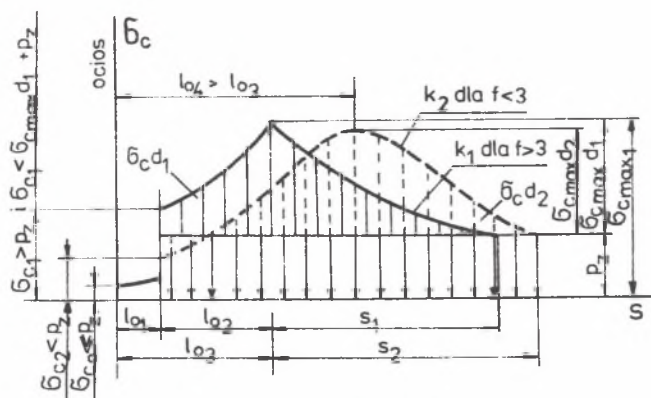
Przy założeniu, że $s = 3a$, $\sigma'_{cmax} = 5/3 p_z$.

Jeżeli dla wyliczonej wielkości σ'_{cmax} , w którymkolwiek miejscu przy obrysie wyłomu wyrobiska, a zwłaszcza dla skał przy jego ociosie zaistnieje zależność $\sigma'_{cmax} > R_c$, wówczas skały ulegają spękaniu i kruszeniu, przemieszczają się w kierunku wykonanej w wyrobisku obudowy, napotykają na jej opór i wywierają na nią duże deformacyjne ciśnienie górotworu. Naprężenia w strefie skał pokruszonych spadają do wielkości σ_{co} podyktowanej przez podporność obudowy (rys.2). Naprężenia maksymalne σ'_{cmax} przenoszą się w przypadku skał zwięzłych na granicę strefy skał nieodprężonych, to jest na odległość lo_1 względem ociosu wyrobiska (krzywa k_1 na rys. 2), a w przypadku skał mniej zwięzłych na odległość $lo > lo_1$ (krzywa k_2 - rys. 2). W przypadku gdy wielkość σ'_{cmax} lub σ_{c2} w odległości lo_1 od ociosów wyrobiska (rys.2) przekracza doraźną wytrzymałość skał na ściskanie ($R_{c1} > R_c$ - rys. 4), wówczas ulegają one dalszej deformacji, zwiększają nacisk na obudowę i są przyczyną zaciskania wyrobiska prowadzącego często do konieczności jego przebudowy.

2. SPOSOBY ZABÓBIEGANIA ZACISKANIU WYROBISK KORYTARZOWYCH LUB KOMOROWYCH

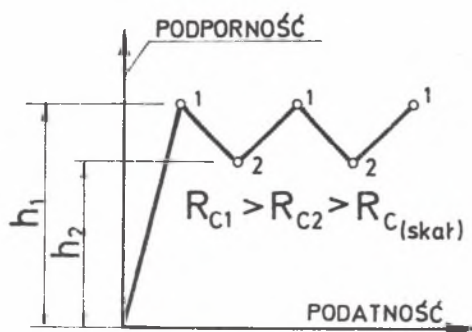
Z rysunków 3 i 4 można wnioskować, że istnieją co najmniej dwie różne metody oddzielne lub wzajemnie uzupełniające się w zakresie zapobiegania zaciskaniu wyrobisk korytarzowych lub komorowych przy możliwości wywierania na wykonaną w nich obudowę deformacyjnego ciśnienia górotworu. Podstawową metodą jest stosowanie obudowy o konstrukcji zapewniającej prawidłową współpracę z otaczającym ją górotworem przy maksymalnym wykorzystaniu własnej wytrzymałości skał otaczających dane wyrobisko [3]. Obudowa taka powinna charakteryzować się dostatecznie dużą podpornością iadaną podatnością [1]. W jakimś stopniu wymagania te spełnia obudowa z odrzwi stalowych podatnych, a wśród nich odrzwia z łuków o profilu V-36. Charakterystykę pracy tych odrzwi przedstawiono na rys.4. Ich wadą jest dość znaczny spadek podporności wykonanej z nich obudowy w czasie pracy złączy spowodowanej dużym naciskiem p_o (zdeformowanej skały w obszarze lo_1 , rys.2) na obudowę oraz na skały jeszcze nieodprężone.

Wpływ podporności obudowy na wielkość doraźnej wytrzymałości na ściskanie (R_{c1} i R_{c2} , rys. 4) otaczających ją skał wyjaśnia hipoteza de Saint Venanta (4) określająca wytrzymałość materiałów kruchych na ściskanie w trójosiowym stanie naprężenia [2]:



Rys. 3 Kształtowanie się naprężeń ściskających w skałach (przy ociosach wyrobiska korytarzowego lub komorowego) odprężonych technologicznie i współpracujących z obudową

Fig. 3 Distribution of compressive stresses in rocks (at side walls of a dog or a chamber opening) which are technologically destressed and which cooperate with the support



Rys. 4 Wpływ podporności podatnej obudowy na wytrzymałość skał (R_c) otaczających wyrobisko korytarzowe

Fig. 4 Influence of the support load-bearing capacity on the strength of rocks (R_c) surrounding a dog heading

$$\sigma_{\text{cmax}} - \nu (p_y + p_o) \geq R_c, \quad (4)$$

$$\sigma_{\text{cmax}} \geq R_c + \nu (p_y + p_o) = R_{c1},$$

gdzie:

ν - współczynnik Poissona dla skał,

p_y - naprężenia pierwotne w skałach o kierunku równoległym do długości wyrobiska,

p_o - nacisk skał odprężonych (lo_1 - rys. 2 i 3) na obudowę - równy jej podporności roboczej

Jeżeli skała w otoczeniu wyrobiska posiada mniejszą zwięzłość ($f \leq 3$), wówczas wielkość σ_{cmax} może przemieścić się na odległość $lo > lo_1$ względem obudowy, a na granicy strefy skały nieodprężonej wystąpią naprężenia ściskające o wielkości $\sigma_{c2} < \sigma_{\text{cmaxd}_2} + p_z$ (rys.2). W tym przypadku skała będzie ulegać dalszym deformacjom, a wyrobisko zaciskaniu, jeżeli $\sigma_{c2} > R_{c1}$ (rys. 2 i 4). Naprężenia $\sigma_{\text{cmaxd}_2} + p_z$ nie będą niszczące dla skał, gdyż skały w odległości $lo > lo_1$ pracują w pełni w trójosiowym stanie naprężenia. Taki rozkład naprężeń σ_{cd_2} (rys. 2 i 3) jest możliwy przy występowaniu słabszych skał w otoczeniu wyrobiska i warstw sztywnych powyżej jego stropu.

Z przedstawionych wykresów na rys. 2 wynika, że korzystniejszy jest taki rozkład naprężeń, przy którym wielkość σ_{cmax} ulega przesunięciu względem obudowy na odległość $lo > lo_1$, wówczas naprężenia na granicy strefy nieodprężonej mają wielkość $\sigma_{c2} < \sigma_{\text{cmax}}$.

Odsunięcie wielkości σ_{cmax} na odległość lo_3 (rys. 3) względem wyrobiska można uzyskać przez wstępne odprężenie skał przy jego ociosie sposobem technologicznym. Odprężenie takie najłatwiej można wykonać za pomocą otworów o długości $lo_3 = 2,0 - 3,5$ m i średnicy równej otworom strzałowym, tj. około 50 mm. Otwory należałoby odwiercać możliwie najbliżej spągu wyrobiska w kilku rzędach (najmniej 3 rzędy), przy czym odległość między rzędami i między osiami otworów w danym rzędzie nie powinna być większa niż 10 cm. Otwory względem siebie w poszczególnych rzędach powinny być usytuowane w szachownicę. Takie rozmieszczenie otworów pozwoli na uzyskanie rozkładu naprężeń przy ociosach wyrobiska korytarzowego lub komorowego jak na rys. 3, gdzie wymiar lo_3 oznacza długość otworów odprężających, a lo_1 szerokość strefy skał odprężonych, przez którą zostaje nawiązana współpraca między obudową a skała-

mi jeszcze nieodprężonymi. Współpracująca z górotworem obudowa (rys. 3 i 4) ułatwia miażdżenie się skały między otworami odprężonymi i jej przemieszczanie w kierunku tych otworów, co powoduje spadek naprężeń w skałach przy ociosach wyrobiska. Wielkość naprężeń maksymalnych $\sigma_{cmax1,2} = \sigma_{cmaxd1,2} + P_z$ (rys.3) przemieszcza się na minimalną odległość l_{o3} (długość otworów) względem ociosów wyrobiska, gdzie naprężenia te mogą być przyjęte przez własną wytrzymałość skał pracujących w pełni w trójosiowym stanie naprężenia.

Wykresy na rys. 3 obrazują, że w wyniku technologicznego odprężenia skały przy ociosach występujące w niej naprężenia w pobliżu obudowy mogą osiągnąć wielkość mniejszą nawet od naprężeń pierwotnych ($\sigma_{c2} < p_z$). Jeżeli naprężenia σ_{c2} lub σ_{c1} (rys.3) nie przekroczą wielkości doraźnej wytrzymałości skał na ściskanie (R_{c1} lub R_{c2} - rys. 4), wówczas deformacja skał zostanie zahamowana, a wyrobisko zachowa długotrwałą stateczność bez konieczności jego przebudowy.

3. PODSUMOWANIE

Celowość uniknięcia pracochłonnych, kosztownych i niebezpiecznych przebudów wyrobisk korytarzowych oraz komorowych w warunkach dużych ciśnień górotworu wymaga stosowania w nich obudów o dużej podporności i zadanej podatności. Podporność obudowy jest ograniczona względami ekonomicznymi i techniczno-technologicznymi. Stąd istnieje uzasadniona potrzeba eksperymentowania w warunkach dołowych technologicznej metody odprężenia skał przy ociosach wyrobiska umożliwiającej w nich minimalizację naprężeń w pobliżu obudowy współpracującej z deformującym się górotworem i zahamowanie lub ograniczenie tych deformacji. W pracy proponuje się stosowanie otworów odprężających o małych średnicach (około 50 mm), długości 2,0 do 3,5 m i odpowiednio zagęszczonych. Na podstawie doświadczeń dołowych zostaną ustalone najkorzystniejsze parametry odnośnie do rozmieszczenia i długości otworów, przy których uzyskuje się dobre efekty w zakresie odprężenia różnych rodzajów skał i wyeliminowania niebezpiecznego zaciskania wyrobisk prowadzącego do konieczności ich przebudowy. Wielkości maksymalnych naprężeń w skałach przy ociosach wyrobiska korytarzowego lub komorowego decydujących o potrzebie technologicznego ich odprężenia można określić za pomocą zależności 2 i 3.

LITERATURA

- [1] Chudek M.: Obudowa wyrobisk górniczych. Część 1, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1987.
- [2] Kisiel J. i inni: Mechanika techniczna: Mechanika skał i gruntów. PWN, Warszawa 1982.
- [3] Szczepaniak Z., Urbańczyk J.: Skuteczność udostępniających wyrobisk korytarzowych w warunkach deformacyjnego ciśnienia górotworu. XVI Zimowa Szkoła Mechanik Górotworu, Materiały Konferencyjne, 1991.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. **Kazimierz RUŁKA**

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1992 r.