

Henryk KLETA

Stanisław WOJCIECHOWSKI

WPŁYW WYBRANIA KOSTKI PRZYSZYBOWEJ NA OBUDOWĘ SZYBU

Streszczenie. W pracy podano sposób wyznaczania średnich naprężeń w rejonie szybu powstałych wskutek prowadzenia eksploatacji pozafilarowej. Określono podstawy teoretyczne oddziaływania kostki przyszybowej na obudowę szybu, wskazano sposób wyznaczenia naprężeń i odkształceń obudowy szybu.

1. Wstęp

Obecnie dla ochrony szybów wyznaczone są filary ochronne, do granic których prowadzona jest eksploatacja górnicza. Powoduje ona znaczny wzrost naprężeń w filarze i częściowe uszkodzenie obudowy szybu. Przy eksploatacji górniczej w filarach szybowych z przecięciem wyrobiska szybowego, jedną z najczęściej stosowanych metod eksploatacji jest metoda z wstępną eksploatacją tzw. kostki przyszybowej. Podstawowym zadaniem kostki przyszybowej jest kompensacja odkształceń pochodzących od eksploatacji frontem zasadniczym w okresie jego zbliżania się do rury szybowej. W czasie wybierania kostki przyszybowej mogą wystąpić niebezpieczne obwały skał stropowych, wyciskanie spągu pokładu oraz uszkodzenia obudowy szybu. Na przebieg zachowania się górotworu wokół szybu ma w dużej mierze wpływ oddziaływanie doprowadzonej do granic filara szybowego eksploatacji górniczej.

2. Ustalenie średnich naprężeń w filarze ochronnym szybu

Wielkość deformacji na granicy filara zależy w głównej mierze od głębokości zalegania pokładów, ich grubości oraz sposobu kierowania stropem. Wybranie jednego pokładu do granic filara w większości nie powoduje widocznych na powierzchni nieciągłych deformacji górotworu. Szczególnie łagodny przebieg niecki osiadania wystąpi przy wybieraniu pokładu z zastosowaniem podsadzki hydraulicznej.

Wpływ wybrania jednego pokładu do granic filara na wielkość średnich naprężeń w filarze można obliczyć wykorzystując niżej podane rozważania.

Doprowadzenie eksploatacji jednego pokładu do granic filara spowoduje powstanie siły poprzecznej ścinającej, która wynosi [1]:

$$T_0 = \frac{2P_z \cdot L}{3\pi} \quad (1)$$

gdzie:

p_z - wielkość naprężeń w górotworze nienaruszonym wpływami eksploatacji pokładu,

$$p_z = H \cdot g \cdot \varphi$$

H - głębokość położenia wybieranego pokładu do granic filara,

g - przyspieszenie ziemskie,

φ - średnia gęstość przestrzenna skał zalegających nad rozpatrywanym pokładem,

L - długość fali oddziaływania stropu na pokład, którą można obliczyć lub przyjąć:

- dla grubych sztywnych warstw piaskowców $L = 200+400$ m
- dla łupków piaszczystych $L = 100+200$ m
- dla łupków ilastych $L = 50+100$ m.

Długość fali L zależy również od głębokości H i kąta zasięgu wpływów głównych β i dla jej obliczenia można się posłużyć wzorem przybliżonym

$$L = \frac{\pi \cdot H}{2,5 \cdot \operatorname{tg} \beta} \quad (2)$$

Wybranie pokładu do granic filara spowoduje powstanie siły poprzecznej, której sumaryczna wielkość wyniesie:

$$T = 2\pi \cdot r \cdot \frac{2P_z \cdot L}{3\pi} = \frac{4}{3} p_z \cdot r \cdot L \quad (3)$$

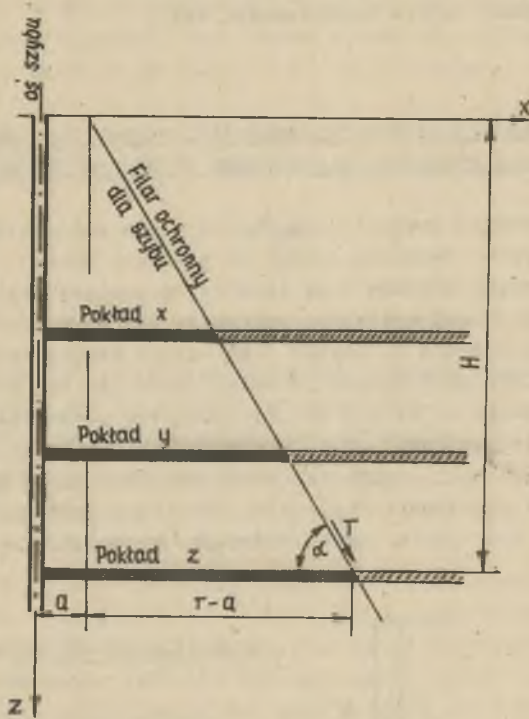
Siła poprzeczna na krawędzi eksploatacji spowoduje wzrost naprężeń w filarze, a ich średnia wielkość wyniesie:

$$G_{zS} = \frac{T}{\pi \cdot r^2} + p_z = \frac{4}{3} \frac{P_z \cdot L}{\pi \cdot r} + p_z \quad (4)$$

W warunkach, gdzie wystąpią ścięcia na granicy filaru i obsuw górotworu powodujący powstawanie progów, wzoru (4) nie można stosować.

W czasie eksploatacji kolejnych pokładów węgla na zawał do granic filara ochronnego zauważa się w niekorzystnym przypadku powstanie na powierzchni szczelin i progów w wyniku przekroczenia wytrzymałości skał. Można więc przyjąć w niekorzystnym przypadku, że skały ulegają pęknięciu i obsu-

wowi po pewnej płaszczyźnie w kierunku wybranej przestrzeni, powodując wzrost naprężeń w filarze ochronnym.



Rys. 1. Schemat do obliczenia wpływu eksploatacji zewnętrznej na szyn

Wielkość naprężeń w filarze przedstawionym na rys. 1 obliczono rozpatrując przebieg naprężeń stycznych do powierzchni granicznej na płaszczyznach ścięcia, przy wykorzystaniu znanych równań z teorii stanów granicznych [4]. Przebieg procesu przemieszczeń skał na granicy filara jest zjawiskiem złożonym; występuje tu dominujący wpływ peźzania skał, czasu osiadania górotworu, grubości wybieranego pokładu i kształtujących się odkształceń górotworu od pokładu do powierzchni terenu.

Wychodząc z warunków stanów granicznych przemieszczeń skał na granicy filara, wyprowadzono uproszczony wzór na średnie naprężenie, który posiada postać:

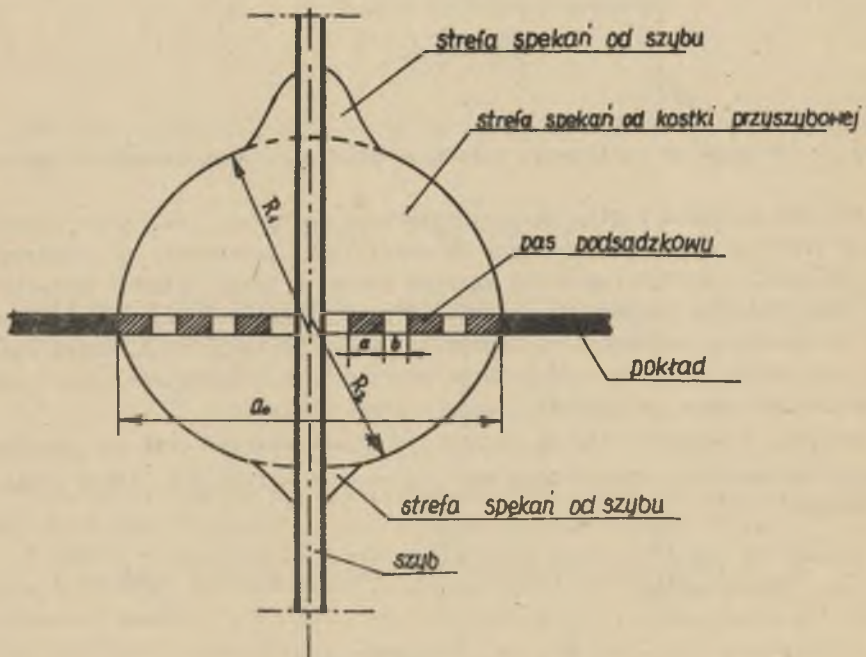
$$\sigma_{zS} = \xi \frac{2}{r^2} \int_0^H a \cdot g \cdot \xi \cdot z \cdot \mu \cdot dz + \int_0^H a \cdot c \cdot dz + \int_0^H g \cdot \rho \cdot \mu \cdot z^2 \cdot ctg \alpha \cdot dz + \int_0^H C \cdot z \cdot ctg \alpha \cdot dz + \gamma \cdot H \tag{5}$$

gdzie:

- ξ - współczynnik peźzania i osłabienia skał,
- μ - współczynnik tarcia wewnętrznego skał,
- C - kohezja.

3. Wpływ wielkości kostki przyszybowej i sposobu kierowania stropem na kształtowanie się stref platycznych i ciśnień na obudowę szybu

Podczas wykonywania kostki przyszybowej ulega zmianie wielkość podparcia stropu pokładu w otoczeniu szybu, co powoduje wzrost naprężeń tak w stropie jak i w spągu pokładu oraz ciśnień na obudowę szybu, a po przekroczeniu ich wytrzymałości występują spękania. Dla uproszczenia przyjęto, że w wyniku przekroczenia wytężenia skał stropu bezpośrednio w otoczeniu kostki przy uwzględnieniu wpływu podsadzki wytworzy się strefa plastyczna o kształcie zbliżonym do koła (rys. 2). Wielkość przemieszczeń skał w otoczeniu kostki przyszybowej można w przybliżeniu ustalić w analogii do zachowania się skał nad wyrobiskiem korytarzowym o dużej szerokości. W tym celu wykorzystano rozważania Ruppenejta [2]. Przy czym założono, że strop pokładu w czasie wybierania kostki przyszybowej będzie się opierał o pasy



Rys. 2. Kostka przyszybowa wraz ze strefą spękań

z podsadzki wykonanej z materiału ściśliwego. Pasy te stanowią rodzaj obudowy podatnej, przy czym ich szerokość i wzajemna odległość są tak dobrane, aby wytwarzające się między tymi pasami sklepienia i kliny poślizgu skał nie powodowały nadmiernego niszczenia tak pasów jak i skał stropowych.

Można więc założyć, że pasy oddziałują z pewnym średnim ciśnieniem na strop i spąg, którego wielkość obliczono z równania:

$$p_1 = \frac{E_0 \cdot \varepsilon}{1 + \frac{b}{a}} \quad (6)$$

gdzie:

- p_1 - średnie ciśnienie oddziaływania pasów podsadzkowych na strop i spąg pokładu w miejscu kostki przyszybowej,
- E_0 - średni moduł ściśliwości pasów podsadzkowych,
- ε - odkształcenie jednostkowe pasów podsadzkowych,
- a - szerokość pasów podsadzkowych,
- b - odległość między pasami podsadzkowymi.

Zabudowane pasy podsadzkowe zmniejszają niekorzystny wpływ strefy spękań skał stropowych i spągowych na obudowę szybu. Wpływ ten określono rozszerzając równania Ruppenejta [2], przy uwzględnieniu zależności (6), otrzymując wzór pozwalający obliczyć oddziaływanie strefy spękań warstw górotworu na zastosowaną podsadzkę lub pasy podsadzkowe w kostce przyszybowej. Wzór ten posiada postać:

$$p = \left[\sigma_{\delta} (1 - \sin \varphi) + C (\operatorname{ctg} \varphi - \cos \varphi) \right] \left[\frac{\eta \cdot a_0 \cdot \sin \varphi}{2u \cdot G} (\sigma_{\delta} + C \cdot \operatorname{ctg} \varphi) \right]^{\frac{\sin \varphi}{1 - \sin \varphi}} - C \cdot \operatorname{ctg} \varphi \quad (7)$$

gdzie:

- σ_{δ} - naprężenie w filarze szybowym, pochodzące od eksploatacji pozafilarowej,
- η - współczynnik zmiany objętości spękanych skał i ich pełzania, obliczamy na podstawie analizy wyników badań [5]; wynosi on $\eta = 10$,
- a_0 - szerokość kostki przyszybowej,
- u - wielkość przemieszczeń warstw górotworu,
- G - średni moduł sprężystości warstw górotworu.

Dla uproszczenia we wzorach Ruppenejta [2] przyjęto kąt tarcia wewnętrzznego $\varphi = 30^\circ$, a po uwzględnieniu zależności (6), (7) i przekształceniu otrzymano:

$$p = (G_s + 1,73 C)^2 \frac{\gamma \cdot a_0}{4 \cdot G \cdot u} - 1,73 C \pm \gamma R_{1,2} \quad (8)$$

Wpływ oddziaływania podsadzki w kostce przyszybowej ustalono wykorzystując równanie (6) oraz równanie (8) jak i uwzględniając wpływ ciężaru własnego skał w strefie spękań w miejscu kostki przyszybowej. Wielkość przemieszczeń warstw górotworu oblicza się ze wzoru:

- dla stropu kostki przyszybowej

$$U_{st} = \frac{\gamma \cdot a_0 \cdot \sin \varphi}{2G} (G_s + C \cdot \text{ctg} \varphi) \left[\frac{G_s (1 - \sin \varphi) + C (\text{ctg} \varphi - \cos \varphi)}{\frac{E_0 \cdot \ell}{1 + \frac{b}{a}} - \gamma \cdot R_1 + C \cdot \text{ctg} \varphi} \right] \frac{1 - \sin \varphi}{\sin \varphi} \quad (9)$$

- dla spągu kostki przyszybowej

$$U_{sp} = \frac{\gamma \cdot a_0 \cdot \sin \varphi}{2G} (G_s + C \cdot \text{ctg} \varphi) \left[\frac{G_s (1 - \sin \varphi) + C (\text{ctg} \varphi - \cos \varphi)}{\frac{E_0 \cdot \ell}{1 + \frac{b}{a}} + \gamma R_2 + C \cdot \text{ctg} \varphi} \right] \frac{1 - \sin \varphi}{\sin \varphi} \quad (10)$$

gdzie:

R_2 - promień strefy plastycznej poniżej spągu kostki przyszybowej,

R_1 - promień strefy plastycznej nad stopem kostki przyszybowej.

Zasięg strefy spękań wokół kostki przyszybowej oraz położenie strefy plastycznej obliczono uzupełniając wzory Ruppenejta [2] i w wyniku przekształceń przy uwzględnieniu wzoru (6) otrzymano:

$$R_1^2 = \frac{a_0^2}{4} \left[\frac{G_s - 1,73C}{2 \left(\frac{E_0 \cdot \ell}{1 + \frac{b}{a}} - \frac{\gamma \cdot a_0}{2} + 1,73C \right)} \right] \quad (11)$$

$$R_2^2 = \frac{a_0^2}{4} \left[\frac{G_s - 1,73C}{2 \left(\frac{E_0 \cdot \ell}{1 + \frac{b}{a}} + \frac{\gamma \cdot a_0}{2} + 1,73C \right)} \right] \quad (12)$$

We wzorach tych pominięto wpływ tworzenia się stref plastycznych wokół szybu z uwagi na to, że ich wielkość jest znacznie mniejsza niż wytworzona strefa plastyczna wokół kostki przyszybowej. Wielkości te przewiduje się podać w następujących pracach.

Po określeniu wielkości promieni strefy plastycznej, przy wykorzystaniu wzorów (11), (12), można obliczyć wielkość strefy spękań skał w otoczeniu kostki przyszybowej i przewidzieć prawdopodobne wielkości uszkodzenia obudowy szybu. Promień strefy plastycznej w otoczeniu szybu można ustalić wykorzystując równania Ruppenejta [2] przez porównanie wzajemnego oddziaływania stref od kostki przyszybowej i szybu w strefie plastycznej. Wykorzystując równanie stanów granicznych oraz uwzględniając wielkość naprężeń pochodzących od kostki przyszybowej i szybu można określić wielkość naprężenia średniego działającego na obudowę szybu. Następnie w oparciu o zagadnienie Lamé'a istnieje możliwość określenia wielkości naprężeń, odkształceń i przemieszczeń obudowy szybu po wykonaniu kostki przyszybowej.

4. Podsumowanie

Dla zapewnienia bezpiecznych warunków eksploatacji szybu konieczna jest ocena stateczności rury szybowej i określenie wielkości naprężeń w rejonie szybu w przypadku intensywnej eksploatacji pozafilarowej. Biorąc pod uwagę podejmowanie eksploatacji w filarach szybowych w coraz trudniejszych warunkach górniczo-geologicznych, dużego znaczenia nabiera określenie przyrostu naprężeń i odkształceń wskutek wykonania kostki przyszybowej, szczególnie w przypadku prowadzenia eksploatacji na zawał w filarze szybowym. Przedstawiona metoda pozwala w sposób przybliżony obliczyć wpływ zarówno konstrukcji jak i wielkości kostki przyszybowej na obudowę szybu.

LITERATURA

- [1] Chudek M.: Mechanika górotworu. Skrypt Ucselniany Pol. Śl. nr 589/20, Gliwice 1976.
- [2] Ruppenejt K.W., Liberman J.M., Matwiejenko W.W., Piesljak J.A.: Razcziet kriepti szachtnych stwożow. Moskwa 1962.
- [3] Walczak J.: Wytrzymałość materiałów oraz podstawy teorii sprężystości i plastyczności, PWN, Warszawa 1973.
- [4] Wikun Z.: Zarys geotechniki, Warszawa 1970.
- [5] Zasławski Ju.Z., Zorin A.H., Czernjak U.: Razcziety parametrov kriepti vyrabotok głubokich szacht. Tiechnika, Kijów 1972.

ВЛИЯНИЕ ПОДРАБОТКИ ПРИСТВОЛЬНОЙ ЧАСТИ СТОЛБА
НА КРЕПЬ СТОЛА

Р е з ю м е

В статье передан метод определения средних напряжений вблизи ствола возникнутых вследствие проведения внестолбной подработки как и теоретические основы для определения действия подрабатыванной части столба на крепь ствола. Описан метод вычисления напряжений в этом случае.

ROUNABOUT PIT SHAFT WINNING AS INFLUENCING SHAFT CASINGS

S u m m a r y

The work presents determining of mean stress values in the shaft area due to extra-pillar winning. Theoretical basis for roundabout shaft extraction influence upon the shaft casing has been stated and shaft casing stresses and strains indications determined.