

Jarosław BRODNY
Politechnika Śląska, Gliwice

ROZKŁAD SKŁADOWEJ PIONOWEJ STANU NAPRĘŻENIA W OCIOŚIE CHODNIKA PODCZAS TĄPAŃ

Streszczenie. W artykule przedstawiony został rozkład składowej pionowej stanu naprężenia w ociosie wyrobiska chodnikowego w czasie wystąpienia zjawiska tąpnięcia. Została wyznaczona maksymalna wartość składowej pionowej stanu naprężenia, przy której dochodzi do tąpnięcia z ociosów do chodnika. Wyznaczono także położenie tej maksymalnej wartości w pokładzie.

THE DISTRIBUTION OF THE VERTICAL COMPONENT OF THE STRESS STATE IN THE SIDEWALL OF THE HEADING DURING CRUMPS

Summary. The paper presents the distribution of the vertical component of the stress state in the sidewall of the heading while the crump phenomenon occurs. On the basis of the assumed distribution, the maximum value of the vertical component of the stress state, at which the crump occurs from sidewalls to the heading, was determined. The location of the maximum value in the bed was determined as well.

1. Wprowadzenie

W górotworze nienaruszonym występuje pierwotny stan naprężenia. Można przyjąć, że w pokładzie węglowym rozkład ten jest stały. Górotwór jest wtedy w stanie równowagi. Wartości składowych stanu naprężenia w pokładzie zależą głównie od głębokości zalegania i są wynikiem nacisku warstw nadległych. Wartość składowej pionowej stanu naprężenia (ciśnienie pionowe) można obliczyć z zależności [1]:

$$\sigma_z = h \gamma$$

gdzie :

γ – średni ciężar objętościowy skał,

h – głębokość lokalizacji pokładu,

a składowe poziome z zależności:

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z / m-1$$

gdzie:

m – odwrotność liczby Poissona dla danego rodzaju skał.

Na skutek wykonania w górotworze wyrobiska górniczego (np. chodnika) następuje zmiana warunków równowagi, a w konsekwencji tego dochodzi do zmiany rozkładu stanu naprężenia w sąsiedztwie wykonanego wyrobiska. W ociosie wyrobiska występuje zjawisko spiętrzenia naprężeń (głównie σ_z). Przy prowadzonej eksploatacji dodatkowo dochodzi do spiętrzenia naprężeń w ociosie wyrobiska poprzez wystąpienie tzw. ciśnienia eksploatacyjnego. Wzrost składowych stanu naprężenia może w tym wypadku dojść do wartości, przy których może wystąpić tąpnięcie z ociosów pokładu do chodnika. W przypadku pojawienia się tępnięć do chodnika w ociosie występują bardzo wysokie składowe stanu naprężenia (σ_z kilkakrotnie przekraczająca R_c). Istotne znaczenie ma więc wyznaczenie maksymalnej wartości składowej pionowej stanu naprężenia, przy której dochodzi do tąpnięcia oraz określenie miejsca w pokładzie, w którym ona wystąpi. W tym celu poddano badaniom węgle z pokładów 504,505 i 510 KWK Jas-Mos. Dla węgla z tych pokładów zostały wyznaczone na podstawie badań laboratoryjnych maksymalne i średnie wartości składowej pionowej stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięcia bez obudowy chodnikowej. Wartości te zostały przedstawione w tablicy 1 [3]. W celu wyznaczenia rozkładu σ_z został przyjęty uproszczony model rozkładu składowej pionowej stanu naprężenia σ_z (rys.1). Następnie zostały przeprowadzone badania tępnięć na modelach pokładów z modelami obudów chodnikowych w celu wyznaczenia wartości średniej składowej pionowej stanu naprężenia, przy której dochodziło do tąpnięcia z ociosów do chodnika. W dalszym etapie pracy zostały obliczone wartości σ_{zmax} i a_w .

2. Badania i obliczenia

W celu wyznaczenia maksymalnych wartości składowej pionowej stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięć z ociosów pokładu do chodnika (z uwzględnieniem obudowy chodnikowej), konieczne stało się przyjęcie modelu rozkładu tej składowej w pokładzie. Model został opracowany na podstawie danych, jakie można było uzyskać z badań. Badania stanowiskowo-modelowe tępnięć pozwalały wyznaczyć średnią wartość składowej pionowej stanu naprężenia, przy której dochodziło do tąpnięcia z ociosów pokładu do chodnika, dla trzech różnych nośności obudowy chodnikowej. Wykorzystane zostały również wcześniej wyznaczone maksymalne wartości składowej pionowej stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięcia z ociosów pokładu do chodnika bez obudowy chodnikowej (tab.1) [3,4].

Do obliczeń przyjęty został paraboliczno-prostoliniowy rozkład σ_z (rys.1), w którym przyjęto:

σ_{sr} - wartość średnia składowej pionowej stanu naprężenia podczas tąpnięcia,

a_0 - podwójna odległość σ_{zmax} od ociosów chodnika,

w_m - długość pokładu.

Na podstawie przyjętego rozkładu zostały wyznaczone zależności pozwalające obliczyć maksymalną wartość składowej pionowej stanu naprężenia, przy której dochodziło do tąpnięcia z ociosów pokładu do chodnika z modelem obudowy chodnikowej. Obliczenia zostały oparte na porównaniu pól powierzchni ograniczonych z jednej strony wartością naprężenia średniego σ_{sr} (lewa strona równania 1), a z drugiej polem powierzchni ograniczonym parabolą i prostą przechodzącą przez punkty o współrzędnych $(w_m ; 1,2 R_c)$, $(a_0 ; \sigma_{sr})$ (rys.1 i 2).

Dla układu z rys.1 równanie to będzie miało postać:

$$W_m \sigma_{sro} = 0,66(\sigma_{zmaxo} a_0) + (w_m - a_0) 1,2R_c + 0,5(\sigma_{sro} - 1,2R_c) (w_m - a_0) \quad (1)$$

dla pierwszego układu pomiarowego (rys.2) można podać podobne równanie:

$$W_m \sigma_{srl} = 0,66(\sigma_{zmaxl} a_l) + (w_m - a_l) 1,2R_c + 0,5(\sigma_{srl} - 1,2R_c) (w_m - a_l) \quad (2)$$

Podobne równania można wyznaczyć również dla drugiego i trzeciego układu pomiarowego. Można również ułożyć proporcje pomiędzy wartościami naprężeń średnich i maksymalnych.

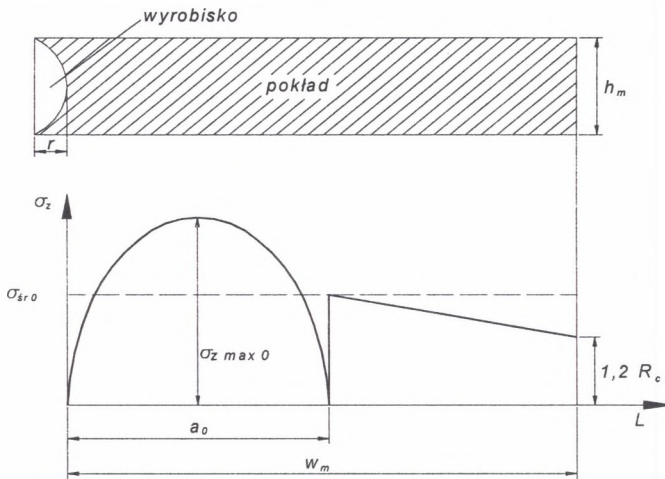
$$\frac{\sigma_{z \max 0}}{\sigma_{z \max I}} = \frac{\sigma_{\acute{s}ro}}{\sigma_{\acute{s}rl}} \Rightarrow \sigma_{z \max I} = \sigma_{z \max 0} \frac{\sigma_{\acute{s}rl}}{\sigma_{\acute{s}ro}} \quad (3)$$

Takie proporcje można wyznaczyć także dla drugiego i trzeciego układu pomiarowego.

Z równania (3) można wyznaczyć wartość $\sigma_{z \max I}$.

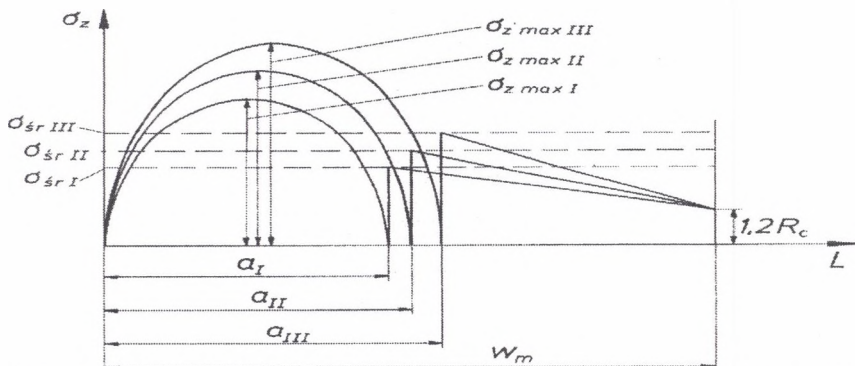
Z równania (2), mając obliczone $\sigma_{z \max I}$, można wyznaczyć a_1 :

$$a_1 = \frac{0,5(\sigma_{\acute{s}rl} - 1,2R_c)}{0,66\sigma_{z \max I} - 0,5(\sigma_{\acute{s}rl} + 1,2R_c)} W_m \quad (4)$$



Rys. 1. Rozkład składowej pionowej stanu naprężenia w ośrodku chodnika

Fig. 1. The distribution of the vertical component of the stress state in the sidewall



Rys. 2. Rozkłady składowych pionowych stanu naprężenia w ośrodku chodnika podczas tąpnięcia dla trzech układów pomiarowych

Fig. 2. The distribution of the vertical component of the stress state in the sidewall of the heading during crumps

Z równań (3) i (4) można obliczyć także wartości a_{II} i σ_{zmaxII} oraz a_{III} i $\sigma_{zmaxIII}$. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w tablicy 4.

Indeks „o” oznacza dane dla układu bez obudowy, indeks „I” oznacza dane dla pierwszego układu z obudową, „II” dla drugiego układu z obudową, a „III” dla trzeciego układu z obudową. Nośności obudów chodnikowych wykorzystanych dla poszczególnych układów pomiarowych zostały przedstawione w tablicy 2 [2].

Tablica 1

Maksymalne wartości składowej pionowej stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięcia z ociosów do chodnika bez obudowy [7]

Pokład	σ_{zmaxo} [MPa]	σ_{sro} [MPa]
504 KWK Jas-Mos	73,3	38,3
505 KWK Jas-Mos	65,9	38,3
510 KWK Jas-Mos	57,0	33,4

Tablica 2

Nośność obudowy chodnikowej dla poszczególnych układów pomiarowych

Układy pomiarowe	Nośność obudowy [MPa]
I. układ	0,285
II. układ	0,379
III. układ	0,474

Metodyka badań laboratoryjno-stanowiskowych, opis stanowiska badawczego oraz charakterystyka modeli zostały przedstawione w pracach [2,8]. Długość pokładu w_m wynosi 30 m i jest ograniczona wymiarami stanowiska badawczego. R_c badanych węgli waha się w granicach od 16,8 MPa do 17,6 MPa. Do obliczeń przyjęto wartość $R_c = 17$ MPa.

Na postawie badań laboratoryjno-stanowiskowych zostały wyznaczone wartości średnie składowej pionowej stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięcia z ociosów do chodnika dla węgli z pokładów 504,505 i 510 KWK Jas-Mos z modelami obudów chodnikowych. Wartości te zostały ujęte w tablicy 3.

Tablica 3

Średnie wartości składowej pionowej stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięcia z ociosów do chodnika dla węgli z pokładów 504,505 i 510 KWK Jas-Mos z modelami obudów chodnikowych

Pokład	σ_{srl} [MPa]	σ_{srII} [MPa]	σ_{srIII} [MPa]
504 KWK Jas-Mos	43,2	48,4	54,1
505 KWK Jas-Mos	45,1	51,2	56,2
510 KWK Jas-Mos	41,0	48,1	55,0

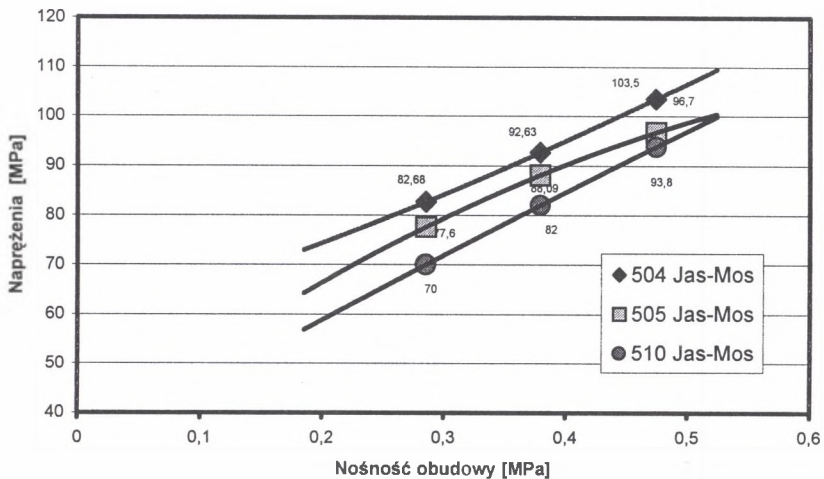
3. Wyniki

Po rozwiązaniu układu równań (1-3) i uwzględnieniu danych zawartych w tabelicy 3 zostały wyznaczone maksymalne wartości składowych pionowych stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięcia z ociosów chodnika (z uwzględnieniem obudowy chodnikowej) oraz położenie tych wartości w pokładzie (a_{I-III}). W tabelicy 4 przedstawione zostały uzyskane wyniki.

Tablica 4
Maksymalne wartości składowych pionowych stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięcia z ociosów do chodnika (z uwzględnieniem obudowy chodnikowej) oraz położenie tych wartości w pokładzie ($0,5 a_{I-II}$) dla badanych węgli

Pokład	σ_{zmaxI} [MPa]	σ_{zmaxII} [MPa]	$\sigma_{zmaxIII}$ [MPa]	$0,5a_I$ [m]	$0,5a_{II}$ [m]	$0,5a_{III}$ [m]
504 KWK Jas-Mos	82,68	92,63	103,5	7,5	8,0	8,2
505 KWK Jas-Mos	77,60	88,09	96,7	10,0	10,4	10,6
510 KWK Jas-Mos	70,00	82,00	93,8	10,0	10,5	10,6

Na rysunkach 3 i 4 na wykresach zostały graficznie przedstawione uzyskane wyniki.

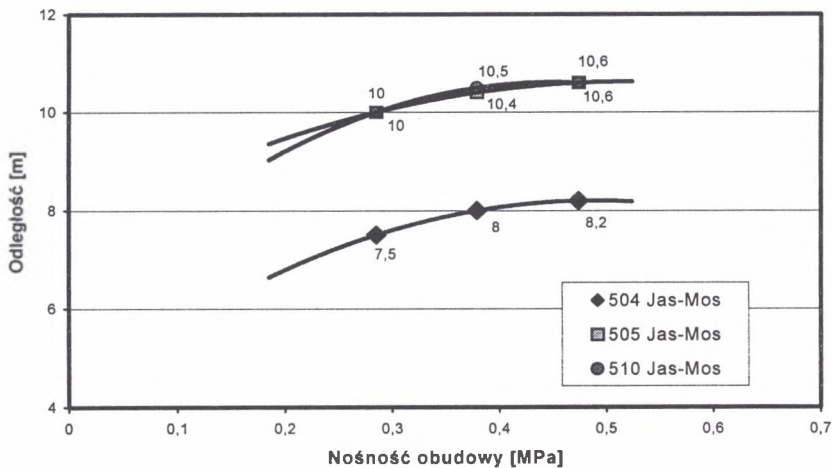


Rys. 3. Wykresy określające maksymalne wartości składowych pionowych stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięcia z ociosów chodnika z uwzględnieniem nośności obudowy chodnikowej

Fig. 3. Diagrams of the maximum values of vertical components of the state of stresses for that a crump from a road side towards a dog heading was occurred

4. Wnioski

Analizując uzyskane wyniki należy stwierdzić, że wraz ze wzrostem nośności obudowy chodnikowej rośnie maksymalna wartość składowej pionowej stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięcia z ociosów do chodnika. Wzrost nośności obudowy chodnikowej powoduje przesunięcie położenia maksymalnej wartości składowej pionowej stanu naprężenia, przy której dochodzi do tąpnięcia, w głąb pokładu. Na podstawie wyznaczonych położeń σ_{zmax} można stwierdzić, że przy spiętrzeniach składowej pionowej stanu naprężenia ponad 3-4 razy R_c składowa ta osiąga swoje maksimum w odległości od ok. 7,5 m do ok. 11 m od ociosów chodnika. Jest to szczególnie istotna informacja w przypadku prowadzenia działań związanych z profilaktyką przeciwtapaniową. Pomiar wartości składowej pionowej stanu naprężenia powinien być prowadzony w wyznaczonym przedziale, gdzie σ_z osiąga swoje maksimum. Konieczne staje się praktyczne zweryfikowanie otrzymanych wyników w warunkach in situ poprzez pomiar wartości składowej pionowej stanu naprężenia.



Rys. 4. Wykresy określające położenie maksymalnych wartości składowych pionowych stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięcia z ociosów pokładu do chodnika z uwzględnieniem nośności obudowy chodnikowej

Fig. 4. Diagrams of the maximum values of vertical components of the state of stresses for that a crump from a road side towards a dog heading was occurred (a load carrying capacity of a four-piece set was not taken into account)

LITERATURA

1. Borecki M., Chudek M.: Mechanika górotworu. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1972.
2. Brodny J.: Wpływ nośności obudowy chodnikowej na ograniczenie zagrożenia tapaniami z ociosów. Praca doktorska. Politechnika Śląska, Gliwice 1999.

3. Brodny J., Zastawny E.: Określenie parametru „C” dla uściślenia stanu zagrożenia łąpaniami dla wybranych pokładów KWK Jas-Mos. XX ZSMG, Wrocław 1997.
4. Szućcik W.: Wykonanie badań próbek węgla na określenie parametru „C” dla uściślenia stanu zagrożenia łąpaniami pokładów 504,505 i 510 z KWK Jas-Mos. Praca NB-104/RG-2/96 .Politechnika Śląska. praca niepublikowana, Gliwice 1996.
5. Zastawny E.: łąpania eksplozyjne do przodka ścianowego w modelach pokładu węgla w świetle badań laboratoryjnych. ZN Pol. Śląskiej, seria Górnictwo z.217, Gliwice 1993.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Karol Reich

Abstract

The paper presents the distribution of the vertical component of the stress state in the sidewall of the heading while the crump phenomenon occurs. On the basis of the assumed distribution, the maximum value of the vertical component of the stress state, at which the crump occurs from sidewalls to the heading, was determined. The location of the maximum value in the bed was determined as well. The laboratory tests and their results allowed to determine the maximum value of the vertical component of the stress state, at which the crump occurs from sidewalls to the heading, and the distance of this component from the sidewall in the bed for individual measuring systems. On the grounds of the test results one can note that the bigger load capacity of the heading steel lining is, the bigger maximum value of the vertical component of the stress state is, at which the crump occurs from sidewalls to the heading.