ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2004
Seria: GÓRNICTWO z. 261 Nr kol. 1650

Jarosław BRODNY
Politechnika Śląska, Gliwice

NOŚNOŚĆ OBUDOWY CHODNIKOWEJ A INTENSYWNOŚĆ TĄPNIĘCIA

Streszczenie. W artykule przedstawione zostały wyniki badań wpływu nośności obudowy chodnikowej kołowej sztywnej na intensywność tąpnięcia Uzyskane wyniki jednoznacznie dowodzą, że w wyniku wzrostu nośności obudowy chodnikowej następuje wzrost intensywności tąpnięcia, a także jego skutki. Zgodnie z wynikami uzyskanymi z wcześniejszych prac następuje także wzrost składowych stanu naprężenia, przy których dochodzi do tąpnięcia.

BEARING CAPACITY OF HEADING LINING IN VIEW OF CRUMP INTENSITY

Summary. The paper presents the results of investigation studies involving the influence of bearing capacity of rigid ring heading lining on the intensity of the event. The obtained results unquestionably prove that the increase of bearing capacity of the lining results in the increase of crump intensity and consequences involving it. As presented in earlier works, such a situation results in the increase of strain state components, at which crumps are taking place.

1.Wprowadzenie

Tąpania występujące w kopalniach węgla kamiennego stwarzają problemy zarówno w procesie projektowania wyrobisk górniczych, jak i w trakcie eksploatacji pokładów węgla. Problematyka tąpań traktowana jest przez wielu badaczy w sposób analityczny [7,8,11] i doświadczalny oparty na badaniach laboratoryjnych materiału węglowego przy jednokierunkowym obciążeniu [6] oraz w trójkierunkowym stanie obciążenia [12], a także na pomiarach oraz obserwacjach in situ [1]. Badania te miały na celu określenie przyczyny oraz mechanizmu powstawania tego zjawiska. W pracach tych zajmowano się głównie badaniami

materiału węglowego oraz rozkładem naprężeń wokół wyrobisk górniczych. Z wyjątkiem pracy [4] nie zajmowano się natomiast problemem wpływu współpracy obudowy – górotwór na możliwość występowania tąpań oraz na ich intensywność. W moich pracach zająłem się problemem wpływu nośności obudowy chodnikowej kołowej sztywnej na możliwość wystąpienia tąpnięcia oraz na jego intensywność. Przez intensywność tąpnięcia należy rozumieć maksymalny przyrost składowej poziomej stanu naprężenia, przy której występuje tąpnięcie. Tak zdefiniowana intensywność ma bezpośredni wpływ na skutki tąpnięcia. Badania zostały przeprowadzone w Instytucie Mechanizacji Górnictwa na modelach pokładu węglowego z wykonanym modelem wyrobiska chodnikowego i z zabudowanym modelem obudowy chodnikowej kołowej sztywnej. Przyjęta obudowa sztywna daje możliwości określenia zależności pomiędzy jej nośnością a intensywnością zdarzenia.

Dotychczasowe badania tąpania materiału węglowego prowadzone w Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej doprowadziły do wyznaczenia właściwości materiału węglowego, zwanej „zjawiskiem tąpania materiału węglowego" [12]. Wyniki tych badań dowiodły, że : „ ciśnienia, przy których występują tąpania eksplozyjne na modelach pokładu (w którym wykonano model chodnika), i intensywność tych tąpań zależą od wielkości chodnika i modelu obudowy „ [4] . Wyniki powyższych prac oraz wysoki stopień zagrożenia tąpaniami wyrobisk chodnikowych stały się przyczyną prowadzenia prac mających na celu określenie, jaki wpływ na wartości składowych stanu naprężenia w pokładzie, przy której może wystąpić tąpanie z ociosów oraz intensywność tąpania, ma nośność obudowy chodnikowej.

W niniejszej pracy zostaną przedstawione wyniki badań, określających wpływ nośności obudowy chodnikowej kołowej sztywnej na intensywność tąpań.

2. Metoda badań

Badania stanowiskowe tąpania modelu pokładu węgla z modelem obudowy chodnikowej kołowej sztywnej zostały przeprowadzone na stanowisku badawczym w laboratorium Instytutu Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. Sposób obciążania pokładu prowadzony był podobnie jak w badaniach określających wartość parametru „C" w metodzie badania zjawiska tąpania materiału węglowego [5,12].

Badania zostały przeprowadzone na modelach pokładu z zamontowanym modelem obudowy chodnikowej kołowej sztywnej. Badania stanowiskowe prowadzono na modelach

węglowych w zmieniającym się trójkierunkowym stanie naprężenia, podobnie jak się on zmienia w rzeczywistości. Posiadane stanowisko badawcze pozwala przeprowadzić tego typu badania, umożliwia wyznaczenie wartości składowych głównych stanu naprężenia, przy których istnieje możliwość wystąpienia tąpnięcia oraz zmiany tych wartości w trakcie zdarzenia.

Modele obudowy chodnikowej wykonano zgodnie z teorią podobieństwa modelowego [10]. Modele obudowy chodnikowej kołowej sztywnej zostały opracowane w oparciu o przekrój poprzeczny kształtownika V 25. Sposób wyznaczenia skal podobieństwa modelowego dla modelu obudowy oraz ich wartości zostały przedstawione w pracy [2].

Badany materiał węglowy jest tym samym materiałem co w warunkach in situ. Są to więc badania na modelach pokładu. Dotychczas nie znaleziono materiału ekwiwalentnego, mającego właściwość zwaną „zjawiskiem tąpania materiału węglowego". Wielkość i rodzaj obciążenia badanego układu są podobne do występujących w warunkach rzeczywistych.

Badania przeprowadzono dla sześciu rodzajów materiału węglowego z różnych pokładów. Dla każdego z tych materiałów wcześniej zostały wyznaczone wartości współczynników C_I, C_{II} i C_{III} , zjawiska tąpania materiału węglowego oraz parametr „C ", określający największą składową pionową stanu naprężenia (w ociosie chodnika), przy której występuje tąpanie [5]. Dla każdego z materiałów węglowych przeprowadzono badania dla trzech różnych nośności obudowy modelowej chodnikowej kołowej sztywnej. Nośność obudowy różnicowana była ilością odrzwi zabudowanych na stałym odcinku pomiarowym. Biorąc pod uwagę zróżnicowanie zarówno materiału węglowego jak i nośności, badaniom poddanych zostało 18 różnych konfiguracji. Uwzględniając tylko zróżnicowanie nośności obudowy, możemy wyróżnić cztery podstawowe układy badawcze. Dla pierwszego układu badawczego badania zostały przeprowadzone na modelu pokładu bez modelu obudowy chodnikowej. Dla kolejnych układów badania przeprowadzono na modelach pokładu z zamontowanym modelem obudowy chodnikowej kołowej sztywnej o różnych nośnościach. Zmiana nośności obudowy następowała na skutek zmiany liczby odrzwi zabudowanych na stałym odcinku pomiarowym chodnika modelowego. W tablicy 1 zostały przedstawione wartości nośności obudowy chodnikowej dla poszczególnych układów badawczych.

Tablica 1

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

Pierwszy układ obejmował zabudowę na odcinku pomiarowym chodnika trzech odrzwi obudowy chodnikowej kołowej sztywnej, drugi układ czterech odrzwi, a trzeci pięciu odrzwi. W celu uzyskania dokładnej współpracy pomiędzy ociosem a obudową, przestrzeń pomiędzy nimi została wypełniona wykładką. Nośności obudów chodnikowych obecnie stosowanych w górnictwie wynoszą ok. 0,15-0,25 [MPa] (są to głównie obudowy podatne). Nośności, dla których przeprowadzono badania, należą więc do stosunkowo wysokich.

Dokładny opis metodyki badań, stanowiska badawczego i sposobu pobierania materiału węglowego przedstawiono w pracy [2].

3.Wyniki badań

W tablicy 2 przedstawiono zestawienie średnich przyrostów wartości składowych poziomych stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięcia. Wyniki zostały przedstawione dla sześciu badanych węgli i dla czterech układów badawczych.

Tablica 2

. Zestawienie wyników badań

Materiał węglowy	Układ badawczy	Przyrosty wartości składowych poziomych stanu naprężeń w wyniku tąpnięcia	
		$\Delta\sigma_x$ [MPa]	$\Delta\sigma_y$ [MPa]
Pokład 501 KWK Makoszowy	Bez obudowy	2,75	2,25
	I układ	3,29	2,62
	II układ	4,67	3,37
	III układ	4,85	3,5
Pokład 510 KWK Katowice	Bez obudowy	2,08	0,60
	I układ	3,60	3,30
	II układ	4,30	3,35
	III układ	4,84	3,52

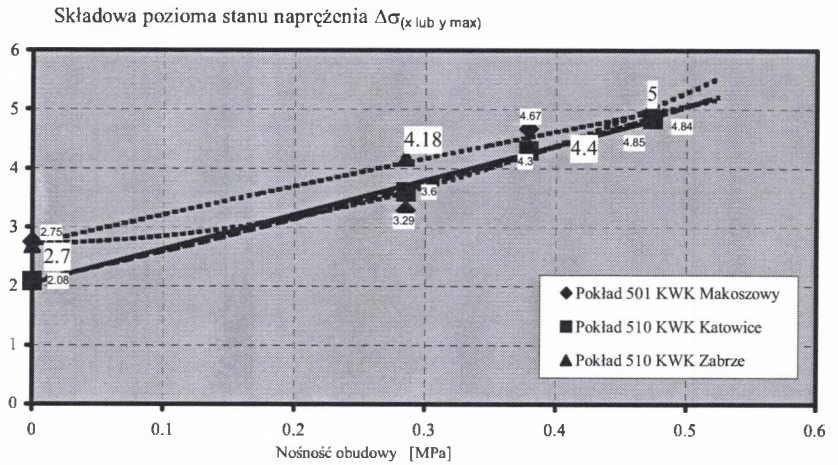
cd.tablicy 2

Pokład 510 KWK Zabrze	Bez obudowy	2,70	1,50
	I układ	4,18	2,80
	II układ	4,40	3,02
	III układ	5,00	3,22
Pokład 504 KWK Jas-Mos	Bez obudowy	2,75	1,83
	I układ	3,45	2,18
	II układ	4,00	2,67
	III układ	4,20	2,83
Pokład 505 KWK Jas-Mos	Bez obudowy	2,80	1,67
	I układ	4,41	3,16
	II układ	4,71	3,30
	III układ	4,85	3,60
Pokład 510 KWK Jas-Mos	Bez obudowy	2,70	2,00
	I układ	4,72	2,82
	II układ	4,95	2,92
	III układ	5,10	4,34

Na rysunkach 1 i 2 zostały przedstawione wykresy określające zależności pomiędzy nośnością obudowy chodnikowej a maksymalną wartością składowej poziomej stanu naprężenia (intensywnością), przy której występowało tąpnięcie. Zgodnie z definicją intensywności tąpnięcia na wykresach na osi pionowej ujęte zostały wartości przyrostu składowej $\Delta\sigma_x$ (gdyż wartość tej składowej poziomej stanu naprężenia jest maksymalna).

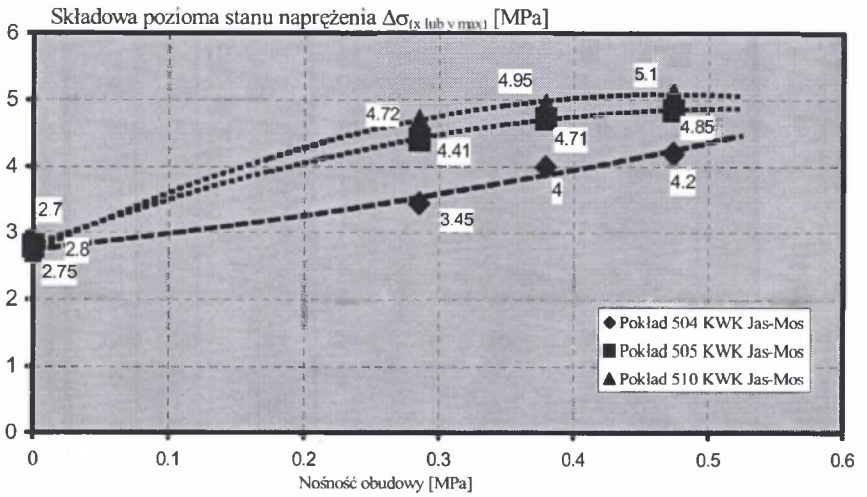
Na rysunku 4 zostały przedstawione zależności procentowe zmiany przyrostów składowej poziomej stanu naprężenia (czyli intensywności tąpnięcia) w funkcji nośności obudowy chodnikowej.

Na rysunku 3 został zaprezentowany schemat obciążenia modelu pokładu z modelem wyrobiska, jaki był realizowany podczas badań.



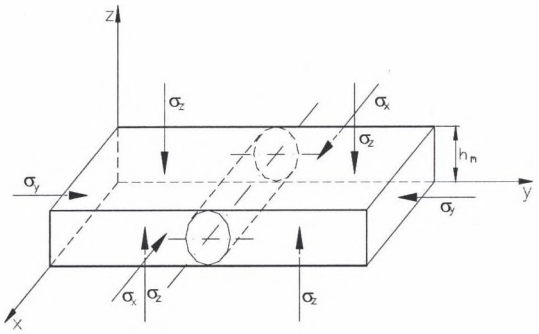
Rys. 1. Wykres określający zależność pomiędzy nośnością obudowy chodnikowej a maksymalną wartością zmiany składowej poziomej stanu naprężenia, przy której występowało tąpnięcie dla węgli z pokładów 501 KWK Makoszowy, 510 KWK Katowice i 510 KWK Zabrze

Fig. 1. Diadram of the dependence between a load capacity of steel arching and the horizontal component of a stress in a roadside through crump for the 501 seam of the Makoszowy, Katowice and Zabrze coal mines

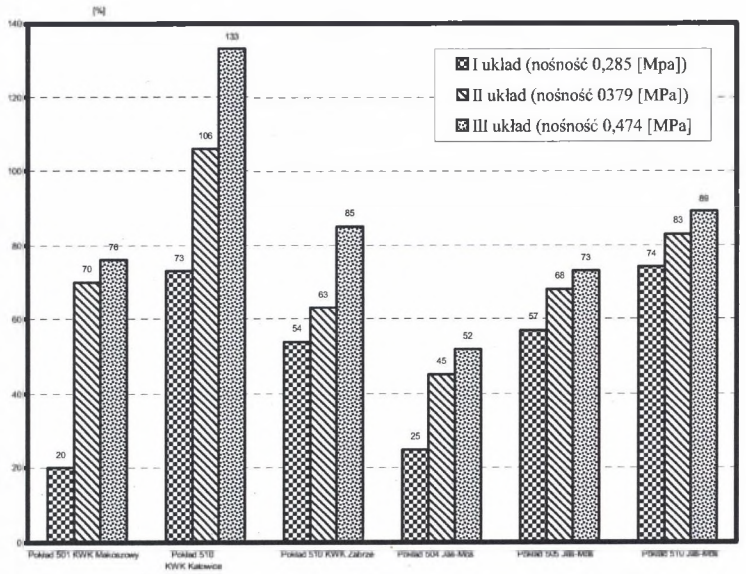


Rys. 2. Wykres określający zależność pomiędzy nośnością obudowy chodnikowej a maksymalną wartością zmiany składowej poziomej stanu naprężenia, przy której występowało tąpnięcie dla węgli z pokładów 504, 505, 510 KWK Jas-Mos

Fig. 2. Diagram of the dependence between a load capacity of steel arching and the horizontal component of a stress in a roadside through crump for the 504,505,510 seams of the Jas-Mos coal mine



Rys. 3. Układ obciążenia modelu pokładu z modelem chodnika
Fig. 3. Loading system of the bed model with the heading model



Rys. 4. Procentowe zależności zmiany wartości składowej poziomej stanu naprężenia $\Delta\sigma_x$ (intensywność tąpnięcia,) od nośności obudowy chodnikowej

Fig. 4. Percentage relation between the change of horizontal component of stress state $\Delta\sigma_x$ (intensity of crump) during the crump and the load capacity of heading timbering

4. Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że zmiana składowej poziomej stanu naprężenia równoległej do osi wyrobiska $\Delta\sigma_x$ jest większa niż wartość składowej poziomej stanu naprężenia prostopadłej do osi wyrobiska $\Delta\sigma_y$.

Dla układu bez obudowy dla wszystkich badanych węgli intensywność tąpnięcia wahała się w bardzo małym przedziale od 2,7 [MPa] do 2,8 [MPa] czyli w granicach ok. 3%. Dla pierwszego układu z obudową (nośność obudowy 0,285 [MPa]) zmiany te były wyższe i wynosiły od 3,29 [MPa] dla węgla z pokładu 501 KWK Makoszowy do 4,72 [MPa] dla węgla z pokładu 510 KWK Jas-Mos. Dla tej nośności obudowy zmiana składowej poziomej stanu naprężenia w czasie tąpnięcia dla badanych węgli zmieniała się o ok. 43 %. Wzrost w stosunku do wartości dla układu bez obudowy wynosił od 20% dla węgla z pokładu 501 KWK Makoszowy do 73% dla węgla z pokładu 510 KWK Jas-Mos. Dla drugiego układu z obudową (nośność obudowy 0,379 [MPa])zmiany wartości składowej poziomej stanu naprężenia zmieniały się o ok. 24 %. Wzrost w stosunku do wartości dla układu bez obudowy wynosił od 45% dla węgla z pokładu 504 KWK Jas-Mos do 106% dla węgla z pokładu 510 KWK Katowice. Dla trzeciego układu z obudową (nośność obudowy 0,474 [MPa])zmiany wartości składowej poziomej stanu naprężenia zmieniały się o ok. 21 %. Wzrost w stosunku do wartości dla układu bez obudowy wynosił od 52% dla węgla z pokładu 504 KWK Jas-Mos do 233% dla węgla z pokładu 510 KWK Katowice.

Analizując otrzymane wyniki badań można stwierdzić że wraz ze wzrostem nośności obudowy chodnikowej rośnie także intensywność tąpnięcia, szczególnie jest to widoczne przy porównaniu wyników dla układu bez obudowy i pierwszego układu badawczego z obudową o najniższej nośności. Przy dalszym wzroście nośności obudowy (układ drugi i trzeci) obserwujemy wzrost składowych poziomych stany naprężenia ,lecz jest on już stosunkowo niewielki. Można więc przyjąć, że od pewnej nośności obudowy jej wpływ na intensywność zdarzenia jest niewielki. Przy niskiej nośności obudowy chodnikowej intensywność tąpnięcia jest niska, a jego skutki małe ale wystarczające do zniszczenia wyrobiska.

Otrzymane wyniki potwierdzają wcześniejsze wnioski, jakie zostały przedstawione w pracy [3], a stwierdzające, że wraz ze wzrostem nośności obudowy chodnikowej kołowej sztywnej następuje wzrost składowych stanu naprężenia, przy których dochodzi do tąpnięcia.

LITERATURA

1. Biliński A.: Ocena zagrożenia tąpnięciem wyrobiska eksploatacyjnego. Prace GIG, seria dodatkowa. Katowice 1992.
2. Brodny J.: Wpływ nośności obudowy chodnikowej na ograniczenie zagrożenia tąpaniami z ociosów. *Praca doktorska.* Politechnika Śląska, Gliwice 1999.
3. Brodny J.: Nośność obudowy chodnikowej a zagrożenie tąpaniami. *Monografia. Badania przemieszczeń dynamicznych stropu wyrobisk.* Prace Naukowe GIG, Katowice, grudzień 1998 .
4. Brodny J., Schyma A.: Badania wstępne tąpań modeli pokładu węgla z modelem chodnika o przekroju prostokątnym. Instytut Geotechniki Pol. Wrocławskiej XXI ZSMG. Wrocław 1993 .
5. Brodny J., Zastawny E.: Określenie parametru „C" dla uściślenia stanu zagrożenia tąpaniami dla wybranych pokładów KWK Jas-Mos. XX ZSMG, Wrocław 1997.
6. Filcek M.: Laboratoryjna próba ściskania a reologiczne własności skał. *Przegląd Naukowo - Techniczny AGH.* Seria Górnictwo, z.1/1959.
7. Filcek H., Zorychta A.: Rozwiązania teoretyczne dotyczące mechanizmu tąpań i kryteriów zniszczenia ośrodka skalnego. Materiały IV ZSMG. Wisła 1977.
8. Gil H.: Matematyczne ujęcie mechanizmu tąpań pokładowych. *ZN Pol. Śląskiej*, z.70. Gliwice 1976.
9. Hładysz Z.: Reologiczne kryterium skłonności węgla do tąpań w świetle badań laboratoryjnych. *Praca doktorska*, GIG, Katowice 1978.
10. Müller L.: Teoria podobieństwa mechanicznego. Wydawnictwo NT, Warszawa 1961.
11. Szuścik W.: Tąpania w świetle hipotezy wytężeniowej. Materiały sympozjum Katowice 1975.
12. Szuścik W., Zastawny E.: Zjawisko tąpania materiału węglowego. *Przegląd Górniczy.* Nr 11. 1998.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Karol Reich

Abstract

The paper presents the results of investigation studies involving the influence of bearing capacity of rigid ring heading lining on the intensity of the event. The crump intensity should be understood as the maximum increase of the horizontal component of strain state, at which crump is taking place. The intensity has direct influence on the consequences of crump. The investigation studies were carried out in the Institute of Mining Automation using the models of coal beds with the constructed model of dog heading and the model of rigid ring heading lining. The research tests were carried out for six coal models and for three different bearing capacities of lining. The obtained results unquestionably prove that the increase of bearing capacity of the lining results in

the increase of crump intensity and consequences involving it. As presented in earlier works, such a situation results in the increase of strain state components, at which crumps are taking place.