ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2000
Seria: GÓRNICTWO z. 246 Nr kol. 1480

Jarosław BRODNY
Politechnika Śląska, Gliwice

BADANIA TĄPAŃ W INSTYTUCIE MECHANIZACJI GÓRNICTWA

Streszczenie. W artykule zostały przedstawione wyniki badań pracowników Instytutu Mechanizacji Górnictwa nad zagadnieniem tąpań. Zespół pod kierunkiem W. Szuścika na przestrzeni od 1972 do 2000 roku prowadził prace w zakresie tąpań eksplozyjnych (naprężeniowych) oraz dokonał wielu badań mających na celu zwiększenie bezpieczeństwa przy eksploatacji górniczej. Została określona nowa właściwość węgla zwana „zjawiskiem tąpania materiału węglowego". Na podstawie tych badań wyznaczony został w przestrzeni naprężeń obszar występowania zjawiska tąpania materiału węglowego. W dalszych etapach badawczych określono wpływ nawilżania węgli oraz nośności obudowy ścianowej i chodnikowej na możliwość wystąpienia tąpnięcia. Wyniki tych badań, ich praktyczne zastosowanie oraz wnioski zostały przedstawione w niniejszym opracowaniu.

RESEARCH ON CRAMPS CARRIED OUT IN THE INSTITUTE OF MINING ENGINEERING

Summary. The paper presents the results of research on crump problems carried out in the Institute of Mining Engineering. In the years 1972 - 2000 the team headed by W.Szuścik elaborated the mechanism of explosion (stress) crump generation and carried out a lot of investigation studies which aimed to ensure better safety during the mining process. A new property of coal called "phenomenon of coal material crump" had been determined. Basing on the carried out investigation studies, the area characteristic for the occurrence of the phenomenon of coal material crump was defined in three-direction stress zone. In further stages of the research the influence of coal humidification and load capacity of longwall timbering and heading timbering on potential occurrence of crumps was determined. The results of these investigation studies, their practical application and conclusions were presented in the present elaboration.

1. Wstęp

Systematyczne schodzenie z eksploatacją górniczą w coraz niższe pokłady, duża intensywność eksploatacji oraz wybieranie pokładów zalegających w skomplikowanych warunkach górniczo-geologicznych powoduje narastanie różnego typu zagrożeń. Dominującym zagrożeniem są tąpania. Eksploatacja górnicza powoduje naruszenie równowagi w górotworze, co w konsekwencji może prowadzić do powstawania tąpań jako wyniku przyjmowania przez górotwór nowych warunków równowagi. Przyczyny, charakter i natężenie tąpania zależą od wielu czynników (geologicznych, eksploatacyjnych, stosowanych środków ochronnych), jednak decydującym czynnikiem jest głębokość eksploatacji.

Tąpnięcie polega na dynamicznym wypełnieniu wyrobiska górniczego materiałem węglowym, powodując jego uszkodzenie lub zniszczenie. W kopalniach rejestruje się każdego roku kilkadziesiąt tąpnięć. Przeciwdziałanie powstawaniu tąpań i minimalizacja ich skutków w wyrobiskach górniczych są podstawowymi zadaniami w zwalczaniu zagrożenia tąpaniami. W tym celu konieczne stało się określenie mechanizmu i przyczyn występowania tego zjawiska.

Problematyka tąpań traktowana jest przez wielu badaczy w sposób analityczny [7, 8, 9, 12, 13, 14, 18, 28] i doświadczalny oparty na badaniach laboratoryjnych materiału węglowego przy jednokierunkowym obciążeniu [10, 15]. Podczas ściskania (w jednokierunkowym stanie naprężenia) następuje dynamiczny rozpad próbki, który jednak nie jest tąpnięciem. Proces ten można nazwać zniszczeniem lub dynamicznym rozpadem próbki przy jednokierunkowym obciążeniu. Prowadzono także wiele pomiarów oraz obserwacji in situ [1, 17, 25]. Według doświadczeń kopalnianych, tąpania występują w caliźnie górotworu, co wskazuje na to, że badania należałoby prowadzić w trójkierunkowym stanie naprężenia.

Takie podejście do problematyki oceny warunków występowania tąpań zostało zaprezentowane w pracach zespołu W.Szuścika w Instytucie Mechanizacji Górnictwa. W. Szuścik przyjął, że zdolność górotworu do generowania tąpań jest jedną z jego właściwości. W celu udowodnienia tego założenia podjęto badania próbek węgla w trójkierunkowym stanie naprężenia. Uzyskane wyniki dowiodły poprawności tych założeń. Została określona właściwość węgla zwana „zjawiskiem tąpania materiału węglowego".

W dalszych etapach przeprowadzono badania mające na celu określenie różnych czynników wpływających na tą właściwość, a także ograniczenie zagrożenia tąpaniami z czoła ściany i z ociosów wyrobisk chodnikowych. Na podstawie tych badań W. Szuścik dokonał także podziału tąpań, który stał się, obok podziału W. Konopki [20], podstawowym podziałem tąpań obowiązującym w górnictwie.

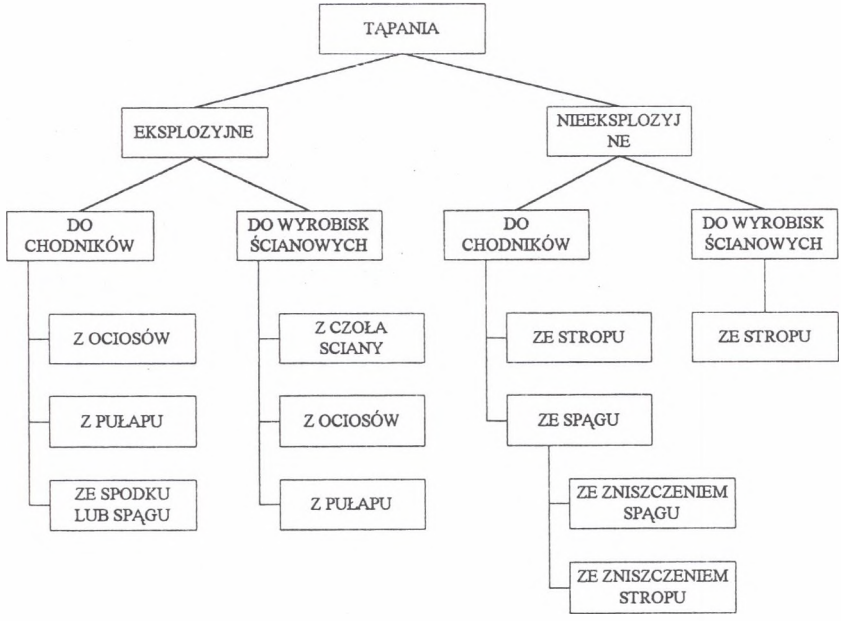
Biorąc jako podstawę podziału mechanizm powstawania i przebiegu tąpań W. Szuścik podzielił je na tąpania eksplozyjne i nieeksplozyjne [27]. Tąpania eksplozyjne to takie, przy których węgiel w wyniku zmiany stanu naprężenia i stanu odkształcenia zamienia się w materiał eksplozyjny. Wśród tąpań eksplozyjnych można wyróżnić tąpania eksplozyjne do wyrobisk ścianowych i do chodników. Ze względu na kierunek, z którego nastąpiła eksplozja, i przemieszczenie materiału do wyrobiska, tąpania eksplozyjne można podzielić na tąpania:

- z ociosów,
- ze stropu węglowego, pułapu,
- ze spodku lub spągu.

Tąpania eksplozyjne występują w węglu kamiennym, w łupkach, węglach brunatnych, jak również w rudach miedzi. Tąpania nieeksplozyjne to takie, przy których nie następuje zamiana materiału w materiał eksplozyjny (czyli nie występuje eksplozja fizyczna [11]), a występuje wypełnienie wyrobiska i zniszczenie obudowy w wyniku spękań górotworu (zgodnie z hipotezami wytężeniowymi).

Podział ten jako kryterium podziału przyjmuje występowanie lub niewystępowanie „wybuchu fizycznego" [11]. Wyjątek stanowią tąpania spągowe, które mają charakter udarowy. Na rys.1 został przedstawiony podział tąpań wg [27].

W szerszym zakresie przedstawiony został podział tąpań wg W. Konopki [20]. Podział ten obejmuje wszystkie tąpania, zarówno górnicze, jak i tektoniczne. Według tego podziału tąpania generalnie możemy podzielić na górnicze i tektoniczne. Tąpania górnicze, zwane w skrócie tąpaniami, zachodzą w rezultacie aktualnie prowadzonej lub już dokonanej działalności górniczej. Tąpania tektoniczne związane są z aktywnymi strefami tektonicznymi, a wywołujące je zjawiska mają charakter trzęsień ziemi bądź też procesów poprzedzających w danym miejscu trzęsienia ziemi. Tąpania górnicze można podzielić na naprężeniowe (odpowiadające tąpaniom eksplozyjnym wg W.Szuścika), udarowe i udarowo–naprężeniowe (rys.2).



Rys. 1. Podział tąpań wg W. Szuścika [27]
Fig. 1. Distribution of crumps acc. W. Szuścik

Porównując przedstawione podziały tąpań [20, 27] można stwierdzić, że nie są one sprzeczne, pomimo tego że w zakresie podziałów są pewne różnice. Podział wg [27] nie obejmuje tąpań tektonicznych, koncentrując się jedynie na podziale tąpań górniczych. Podział tąpań wg W. Konopki na naprężeniowe, naprężeniowo–udarowe oraz udarowe jest podziałem w zależności od szybkości narastania obciążenia powodującego przekroczenie naprężeń granicznych w pokładzie.

W poniższych rozdziałach zostaną przedstawione wyniki badań zespołu W. Szuścika nad problematyką tąpań i zagadnieniem ochrony wyrobisk górniczych przed możliwością wystąpienia tąpnięcia i jego skutkami.

2. Zjawisko tąpania materiału węglowego

W latach osiemdziesiątych rozpoczęto badania mające na celu określenie przyczyny występowania tąpań z punktu widzenia właściwości węgla. Badania prowadził E. Zastawny

pod kierunkiem W.Szuścika. Badania prowadzono na próbkach węgla w trójkierunkowym stanie naprężenia, co na ówczesne czasy było rozwiązaniem nowatorskim, a jednocześnie ryzykownym. Wymagało bowiem zbudowania odpowiedniego stanowiska badawczego oraz aparatury pomiarowej.

Zaprojektowane i zbudowane od podstaw stanowisko badawczo–pomiarowe pozwoliło zrealizować w laboratorium zjawisko tąpania materiału węglowego na próbkach będących w trójkierunkowym stanie naprężenia podobnym do występującego w górotworze [32]. Aparatura rejestrująco–pomiarowa pozwalała także wyznaczyć przebiegi zmian składowych stanu naprężenia w czasie występowania tąpnięcia. Opracowana została także metodyka prowadzenia badań tąpań [30, 31].

Badania polegały na tym, że odpowiednio zorientowaną próbkę prostopadłościenną umieszcza się na stanowisku badawczym do trójkierunkowego ściskania. Stanowisko pozwalało na realizowanie ściskania próbki w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach z możliwością zmiany dowolnej ze składowych stanu naprężenia. Próbkę obciąża się odpowiednio do wartości naprężeń, jakie występują w pokładzie podczas eksploatacji złoża. Następnie zmniejsza się jedną ze składowych poziomych stanu naprężenia, co powoduje tąpnięcie próbki objawiające się:

- nagłą zmianą wartości składowych stanu naprężenia,
- zjawiskiem akustycznym (trzaski, huki) i drganiami maszyny,
- zmianą stanu odkształcenia badanej próbki.

Opisane zjawisko występujące w próbce węgla podczas badań laboratoryjnych nazwano zjawiskiem tąpania. Jako miarę nasilenia (intensywności) zjawiska przyjęto maksymalny przyrost wartości składowej poziomej stanu naprężenia.

Zarejestrowane składowe stanu naprężenia bezpośrednio przed zjawiskiem tąpania próbek przedstawia się w postaci punktów w przestrzeni naprężeń. Analizując obszary występowania zjawiska tąpania, postawiono hipotezę obszaru występowania zjawiska tąpania materiału węglowego, którą sformułowano następująco [32]:

„W przestrzeni naprężeń głównych σ_x, σ_y, σ_z istnieje obszar ograniczony od dołu powierzchnią torusa parabolicznego o równaniu:

$$\sigma_z = a\left(\sqrt{\sigma_x^{\,2} + \sigma_y^{\,2}} - b\right)^2 + C,$$

wewnątrz którego można doprowadzić próbkę węgla do wystąpienia w niej zjawiska tąpania o określonej intensywności".

W celu określenia minimalnej wartości naprężenia pionowego, przy którym zachodzi zjawisko tąpania materiału węglowego, konieczne jest wyznaczenie wartości współczynników C_I, C_{II} i C_{III}. Wartość tych współczynników określa wartość minimalnej składowej pionowej stanu naprężenia, przy której występuje tąpnięcie o określonej intensywności.

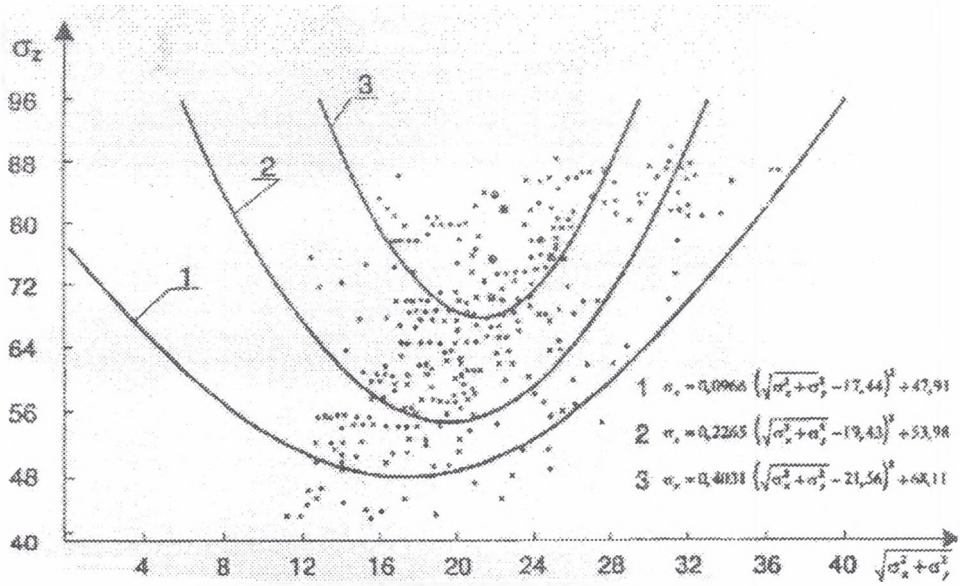
Jako miarę intensywności przyjęto największą zmianę składowej poziomej stanu naprężenia. Współczynniki te określono następująco:

C_I dla $\Delta\sigma \geq 2{,}5$MPa,

C_{II} dla $\Delta\sigma \geq 5{,}0$MPa,

C_{III} dla $\Delta\sigma \geq 7{,}5$MPa.

W pracach [6, 31] przedstawiono wartości współczynników C_I, C_{II} i C_{III} dla różnych węgli.



Rys.2.Obszar występowania zjawiska tąpania materiału węglowego [32]
Fig. 2. Zone where the crump phenomenon occurs [32]

Na podstawie tych badań można stwierdzić, że:

- zjawisko tąpania materiału węglowego w próbce jest możliwe do zrealizowania w trójkierunkowym stanie naprężenia wówczas, gdy po obciążeniu jej dużymi

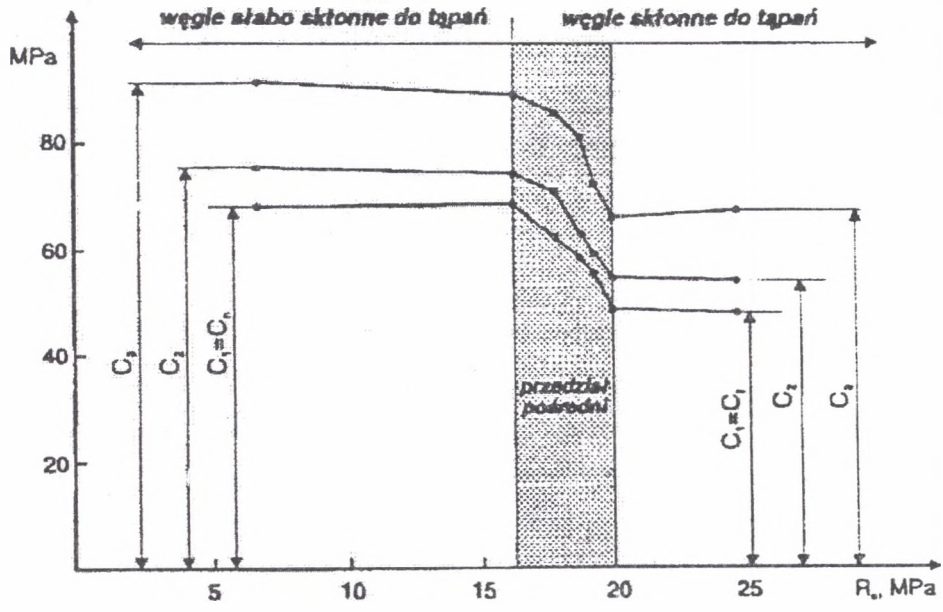
składowymi stanu naprężenia następuje zmniejszanie wartości jednej ze składowych głównych poziomych stanu naprężenia,

- badania laboratoryjne próbek prostopadłościennych węgla pozwalają określić wartości składowych głównych stanu naprężenia w momencie wystąpienia zjawiska tąpania materiału węglowego,
- na podstawie wyników badań wielu próbek można wyznaczyć w przestrzeni naprężeń obszary występowania (o różnej intensywności) zjawiska tąpania materiału węglowego,
- znajomość stanu naprężenia w pokładzie (na który mają wpływ głębokość zalegania, rodzaj robót przygotowawczych i eksploatacyjnych, zaszłości geologiczno–górnicze, profilaktyka przeciwtąpaniowa itp.) oraz znajomość obszaru występowania zjawiska tąpania w przestrzeni naprężeń pozwala na określenie stopnia zagrożenia tąpaniami,
- materiał węglowy ma zdolność zachowania swych właściwości do wystąpienie zjawiska tąpania, tzn. że po zaistnieniu pierwszego zjawiska mogą nastąpić kolejne, przy spełnieniu koniecznych w wymienionych warunków.

Dalszej analizie wyniki badań zespołu W. Szuścika poddał W. Konopko [19], konfrontując wartości współczynników C_I, C_{II},C_{III} z wytrzymałością węgli na jednoosiowe ściskanie. Podobnie jak zespół W.Szuścika, stwierdza on, że wszystkie węgle są skłonne do tąpań. Graficznie zależność ta jest przedstawiona na rys.1. Wynika z niego, że całkowita zmiana „tąpliwości" próbek zachodzi w przedziale pośrednim dla $20 \geq R_c \geq 16$ [MPa], a więc przy stosunkowo nieznacznym zmniejszeniu R_c następuje radykalna zmiana skłonności do tąpań próbek węglowych.

W. Konopko podzielił na tej podstawie wszystkie węgle na słabo skłonne do tąpań i skłonne do tąpań.

Wyznaczenie w latach osiemdziesiątych właściwości węgla zwanej „ zjawiskiem tąpania materiału węglowego" w Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej pozwoliło w późniejszym okresie na przedstawienie hipotezy obszaru występowania zjawiska tąpania materiału węglowego [32]. Przeprowadzono wiele badań, których wyniki udowodniły powyższą hipotezę, dowodząc także że istnieje minimalna wartość składowej pionowej stanu naprężenia (w trójkierunkowym stanie naprężenia), począwszy od której występuje zjawisko tąpania materiału węglowego.



Rys.3. Zależność współczynników C_I, C_{II}, C_{III} od wytrzymałości węgla na jednoosiowe ściskanie R_c wg [19]
Fig. 3. Dependence of coefficients C_I, C_{II}, C_{III} on the resistance of coal to uniaxial compressive strength [19]

3. Wpływ cieczy na zjawisko tąpania węgli

Kolejnym etapem badań tąpań było określenie wpływu bezciśnieniowego i wysokociśnieniowego nasączania próbek węgla cieczami (wodą, emulsją wodno-olejową, kwasem octowym i wodnym roztworem metanolu). Przyczyną prowadzenia tych badań były sprzeczne wyniki wcześniejszych analiz. Otóż wg [26] wtłaczanie wody do calizny węglowej powoduje z jednej strony zmianę stanu naprężenia w pokładzie, z drugiej zaś zmianę niektórych właściwości mechanicznych węgla. Powoduje to zmniejszenie wytrzymałości i sprężystości węgla oraz zdolności do kumulowania energii sprężystej. Odmienne wyniki badań węgli nasyconych wodą przedstawiono w pracy [21], w której stwierdzono, że nasycanie węgla powoduje stały wzrost laboratoryjnego wskaźnika naturalnej skłonności węgla do tąpań, co dodatkowo zwiększa możliwość wystąpienia tąpnięcia. Badania te w latach 1980–1985 prowadził G. Bobkowski [2, 3, 4]. Metodyka badań podobna była do metodyki badań zjawiska tąpania materiału węglowego. Celem prac było określenie zmian położenia obszarów występowania zjawiska tąpania w trójkierunkowym stanie naprężenia na skutek

nawilżania powyższymi roztworami. W pierwszej fazie badania prowadzono przy wykorzystaniu bezciśnieniowego nawilżania próbek węgla. Badaniom poddano węgiel z pokładu 507 KWK „Dymitrow" zaliczony do III stopnia zagrożenia tąpaniami. Wycięte próbki umieszczano w słojach szklanych, a następnie zalewano wodą, emulsją wodno-olejową i lodowatym kwasem octowym. Nawilżanie odbywało się bez wywierania ciśnienia przez okres od 24 do 336 godzin w temperaturze otoczenia. Tak przygotowane próbki poddawano badaniom w trójkierunkowym stanie naprężenia. Uzyskane wyniki badań odniesione zostały do wyników badań próbek w stanie powietrzno-suchym. Okazało się, że woda, emulsja wodno-olejowa i kwas octowy zmieniają nieznacznie położenie obszarów występowania zjawiska tąpania w granicach od 0,7 [%] do 4,7 [%], a co za tym idzie, także nieznacznie podnoszą bezpieczeństwo przed możliwością wystąpienia tąpnięcia. Nawilżone próbki zachowują (podobnie jak materiał węglowy w stanie powietrzno–suchym) właściwości powtarzalności zjawiska tąpania. Nawilżanie w czasie od 24 do 336 godzin nie miało wpływu na wyniki.

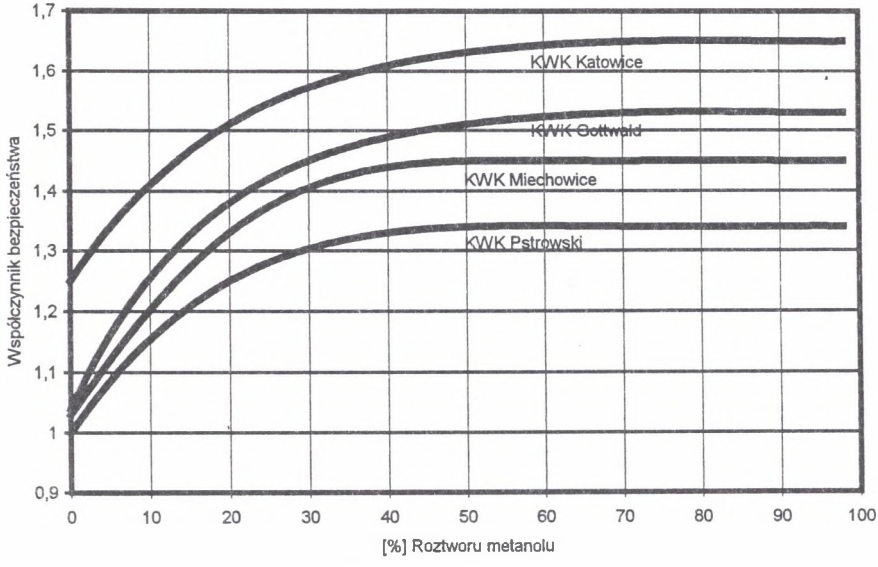
W dalszym etapie postanowiono przeprowadzić badania przy wysokociśnieniowym nasączaniu próbek wodnymi roztworami metanolu o stężeniach 0 [%], 5 [%], 10 [%], 20 [%], 40 [%] i 100 [%]. 0 [%] roztwór metanolu jest wodą, natomiast 100[%] roztwór metanolu jest metanolem bezwodnym.

Założono następujące parametry nasączania:

- ciśnienie nasączania = 20 [MPa],
- czas nasączania = 72 [h],
- temperatura nasączania = 20 [^{0}C].

Badaniom poddano węgle z pokładów zaliczanych do III stopnia zagrożenia tąpaniami kopalń „Gotwald", „Miechowice", „Pstrowski" i „Katowice". Podczas nasączania mierzono przyrosty masy poszczególnych próbek oraz wyznaczano tzw. naprężenia objętościowe. Rejestrowano także wartości składowych stanu naprężenia, przy których dochodziło do tąpnięć. Porównując otrzymane wartości składowej pionowej stanu naprężenia, przy której dochodziło do tąpnięcia próbki w stanie powietrzno–suchym, do wartości tej składowej, przy której dochodziło do tąpnięcia w stanie nasączonym próbki, można określić współczynnik bezpieczeństwa przed możliwością wystąpienia tąpnięcia. Można to także określić jako przesunięcie w górę obszaru występowania zjawiska tąpania w przestrzeni naprężeń, czyli zmniejszenie zagrożenia tąpaniami pokładowymi. Na rysunku 3 przedstawione zostały wykresy

określające wzrost współczynnika bezpieczeństwa przed możliwością wystąpienia tąpnięcia w zależności od stężenia roztworu metanolu.



Rys.4. Zmiana wartości współczynnika bezpieczeństwa w zależności od stężenia roztworu metanolu [4]
Fig.4. Change of the safety factor value depending on the concentration of methanol solution [4]

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić że bezciśnieniowe nawilżanie calizny węglowej ma nieznaczny wpływ na zmianę położenia obszaru występowania zjawiska tąpania materiału węglowego, czyli na zmianę właściwości materiału w omawianym względzie. Ciśnieniowe nawilżanie wodą także ma niewielki wpływ na zmianę właściwości węgla zwanej zjawiskiem tąpania materiału węglowego, zmianie ulegają inne właściwości mechaniczne węgla. W zakresie przeprowadzonych badań Bobkowski dowiódł, że największy wpływ na zmianę właściwości węgla zwanej zjawiskiem tąpania materiału węglowego ma 30÷40 [%] roztwór metanolu bezwodnego i może on być stosowany jako środek profilaktyki przeciwtąpaniowej. Inne jednak aspekty ograniczają jego praktyczne zastosowanie.

4. Wpływ obudów ścianowych i chodnikowych na tąpania

Dalszym kierunkiem badań było określenie, jaki wpływ na możliwość występowania tąpań ma obudowa ścianowa i chodnikowa. Pierwsze badania były prowadzone w celu określenia wpływu podporności obudowy zmechanizowanej na występowanie tąpań pokładowych w kopalniach węgla kamiennego [31]. Wyniki tych badań dowiodły, że wraz ze wzrostem podporności hydraulicznej obudowy zmechanizowanej wzrasta wartość ciśnienia pionowego, jakie musi zaistnieć, by wystąpiło tąpnięcie eksplozyjne, przy czym intensywność skutków tego tąpnięcia jest także większa. O możliwości wystąpienia tąpnięcia w przodku ścianowym decyduje najmniejsza wartość maksymalna rozkładu ciśnienia pionowego w pokładzie, wyznaczona na podstawie badań tąpań modeli pokładów węgla do przodka ścianowego, którą nazwano wartością ciśnienia krytycznego. Biorąc pod uwagę praktykę górniczą, badania te dały początek praktycznemu zastosowaniu hipotezy obszaru występowania zjawiska tąpania materiału węglowego.

Analizując liczbę oraz miejsce tąpań, jakie w latach 1985 - 1998 wystąpiły w Polsce, należy stwierdzić, że na ogólną liczbę 197 zdarzeń, jakie zarejestrowano w tym okresie, aż 140, czyli 72%, wystąpiło w chodnikach lub bezpośrednim ich sąsiedztwie. Tam też było najwięcej ofiar, a straty materialne były ogromne. Mając na uwadze te dane należy przyjąć, że wyrobiska chodnikowe należą do tych wyrobisk górniczych, które są głównie narażone na możliwość wystąpienia oraz na skutki tąpań. Wynika to z faktu, że w chodnikach zastosowane są obudowy o niskiej nośności (w porównaniu np. z nośnością obudowy ścianowej) oraz ze względu na długość tych wyrobisk w kopalniach.

Do końca lat osiemdziesiątych prowadzone były głównie badania obudów chodnikowych pod kątem ich odporności na działanie obciążeń statycznych. Wzrost zagrożeń tąpaniami spowodował konieczność przeprowadzenia badań odporności obudów chodnikowych na działanie obciążeń dynamicznych powstających w wyniku tąpnięcia.

Zainteresowanie problemem odporności obudowy chodnikowej wykonanej ze stalowych odrzwi łukowych na obciążenia dynamiczne wynikało także z faktu, że większość tąpnięć w kopalniach występowała w chodnikach z tą obudową. Problemem określania odporności obudów chodnikowych na obciążenia dynamiczne zajmowali się głównie W. Konopa w zakresie modelowania dynamiki drzwi stalowych i S. Budirski w zakresie badań złącz oraz kształtowników. Badania tego typu prowadzone były także w KOMAG-u. Prace te stanowiły

jedynie przyczynek do tej problematyki. W nieco szerszym zakresie problem ten przedstawił K. Stoiński [23, 24]. Podstawowym wnioskiem płynącym z tych prac jest to, iż stosowane odrzwia stalowe wyposażone w złącza cierne nie są wystarczająco przystosowane do przejmowania obciążeń dynamicznych wynikających z tąpań. Maksymalną nośność odrzwia uzyskują, gdy złącze nie jest podatne, tzn. w przypadku gdy odrzwia pracują jako sztywne.

Teoretyczne prace nad dynamicznym obciążeniem obudowy chodnikowej w czasie tąpań prowadził także A. Kidybiński [16], opracowując metodę doboru obudowy chodnikowej do warunków zagrożenia tąpaniami.

Wszystkie te badania miały na celu określenie kryterium doboru obudowy odpornej na obciążenie dynamiczne wynikające z tąpań. Badania te jednak nie podejmowały próby określenia, jaki wpływ ma nośność obudowy na wystąpienie tąpnięcia). W kontekście tych danych, dalsze prace w Instytucie Mechanizacji Górnictwa zostały prowadzone celem wyznaczenia wpływu obudowy chodnikowej na możliwość wystąpienia tąpnięcia oraz na jego intensywność.

Pierwsze badania na ten temat przeprowadził A. Schyma [22] w Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. W pracy tej przedstawił on wyniki badań tąpań na modelach pokładu z modelem chodnika bez obudowy oraz z zabudowanym modelem obudowy. Jako model obudowy zastosował pierścienie stalowe. Zmieniając wymiary poprzeczne chodnika oraz wymiary pierścieni udowodnił jakościowo, iż istnieje zależność pomiędzy wytrzymałością (nośnością) obudowy a wielkością składowych stanu naprężenia w ociosie, przy których może wystąpić tąpnięcie z ociosów chodnika.

Głównymi osiągnięciami pracy [22] było:

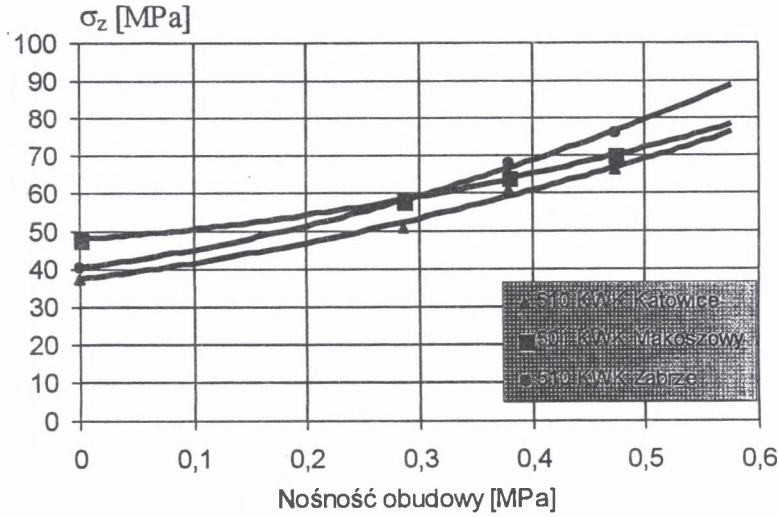
- opracowanie metody badań modelowych tąpań eksplozyjnych z ociosów chodnika,
- potwierdzenie istnienia jakościowej zależności pomiędzy wytrzymałością (nośnością) obudowy chodnikowej a wielkością składowych stanu naprężenia, przy których może wystąpić tąpnięcie.

Ze względu jednak na bardzo ogólne, z konieczności, potraktowanie tego tematu i brak dokładnych zależności matematycznych odnośnie do nośności zastosowanych modeli obudów (krążków) oraz brak odniesienia uzyskanych wyników na obiekt rzeczywisty, wyniki tych badań możemy potraktować raczej w kategoriach jakościowych.

Głównym celem dalszych prac prowadzonych przez J. Brodnego [5] było określenie w sposób jakościowy i ilościowy, jaki wpływ na możliwość wystąpienia tąpnięcia z ociosów do

chodnika ma obudowa chodnikowa. Parametrem, który w sposób jednoznaczny charakteryzuje obudowę, jest jej nośność. Dlatego badania miały na celu określenie, jaki wpływ na wartości składowych stanu naprężenia podczas tąpnięcia ma nośność obudowy chodnikowej. W tym celu został opracowany, a następnie wykonany, model obudowy chodnikowej kołowej sztywnej z kształtownika modelowego opracowanego na bazie przekroju poprzecznego przekroju kształtownika V25. Następnie zostały przeprowadzone badania stanowiskowo–modelowe na modelach pokładów z zamontowanymi modelami obudowy chodnikowej kołowej sztywnej.

Uzyskane wyniki jednoznacznie pokazują, że wraz ze wzrostem nośności obudowy chodnikowej następuje istotny wzrost minimalnej wartości składowej pionowej stanu naprężenia, przy której dochodzi do tąpnięcia z ociosów do chodnika. Dowodzi to, iż nośność obudowy chodnikowej ma wpływ na minimalną wartość składowej pionowej stanu naprężenia w pokładzie, przy której może wystąpić tąpnięcie. W zakresie przeprowadzonych badań można także stwierdzić, iż wraz ze wzrostem nośności obudowy chodnikowej następuje wzrost intensywności tąpań.



Rys 5. Wykresy określające wpływ nośności obudowy chodnikowej na minimalną wartość składowej pionowej stanu naprężenia, przy której wystąpiły tąpnięcia, dla materiałów węglowych z pokładów 510 KWK „Zabrze", 501 KWK „Makoszowy" i 510 KWK „Katowice"[5]

Fig. 5. Fig.2.Specification of investigation results involving the crumps of coal material from side walls to the heading from the seam 510 of Coal Mine „Katowice", 501 of Coal Mine „Makoszowy", 510 of Coal Mine „Zabrze"[5]

Na rys. 5 przedstawiono wykresy określające wpływ nośności obudowy chodnikowej na minimalną wartość składowej pionowej stanu naprężenia, przy której wystąpiły tąpnięcia, dla węgli z pokładów 510 KWK „Zabrze", 501 KWK „Makoszowy" i 510 KWK „Katowice".

5. Podsumowanie

Prowadzone od wielu lat w IMG badania tąpań pozwoliły wyznaczyć nową właściwość węgla, zwaną zjawiskiem tąpania materiału węglowego. Należy podkreślić pionierskość tych prac. W badaniach tych po raz pierwszy zastosowano metodę badań węgla w trójkierunkowym stanie naprężenia, co stanowiło niezaprzeczalne osiągnięcie zespołu W. Szuścika. Opracowana została metoda badań, która pozwoliła na zrealizowanie tąpnięcia w warunkach laboratoryjnych. Opracowano hipotezę obszaru występowania zjawiska tąpania materiału węglowego w trójkierunkowej przestrzeni naprężeń. Praktyczne zastosowanie tych teorii pozwoliło określić wpływ różnych czynników na możliwość występowania tąpań. Tymi czynnikami są nośność obudowy ścianowej i chodnikowej oraz nawilżanie węgla różnymi cieczami. Głównym celem, który przyświecał tym badaniom, było zwiększenie bezpieczeństwa przy eksploatacji górniczej. Określanie właściwości węgla, zwanej zjawiskiem tąpania materiału węglowego, stało się jedną z pomocniczych metod określania stanu zagrożenia tąpaniami pokładowymi (naprężeniowymi). Z perspektywy czasu należy jednak stwierdzić, że wyniki badań prowadzonych w IMG pod kierunkiem W. Szuścika nie zostały w pełni wykorzystane. Minimalną składową stanu naprężenia, przy której dochodzi do tąpnięcia, określono w sumie tylko dla kilku pokładów, a praktycznie wykorzystano w celu ustalenia stanu zagrożenia tąpaniami tylko dla sześciu. Odnosząc się do podziału tąpań W. Szuścika należy stwierdzić, że przeprowadzone na modelach badania tąpań eksplozyjnych z ociosów pozwoliły wyznaczyć wartość ciśnienia pionowego w pokładzie, przy którym dochodzi do tąpnięcia wiążącego się praktycznie ze zniszczeniem obudowy. Tąpań z pułapu praktycznie nie zarejestrowano i nie badano także na modelach. Ze spodku i spągu badań nie prowadzono, mimo że takowe występują w praktyce. Tąpań nieeksplozyjnych do chodników ze spągu i ze stropu dotychczas nie badano. Tąpania eksplozyjne do wyrobisk ścianowych z czoła ściany zostały przebadane, podobnie jak i ze spodku i spągu. Obecnie prowadzone są dalsze badania mające na celu opracowanie czujników otworowych służących do pomiaru składowych stanu

naprężenia w pokładzie [29]. Prowadzone są także badania laboratoryjne tąpań spodkowych (spągowych), najmniej dotychczas rozeznanych.

LITERATURA

1. Biliński A.: Ocena zagrożenia tąpnięciem wyrobiska eksploatacyjnego. Prace GIG, ser. dodatkowa, Katowice 1992.
2. Bobkowski G.: Badania wpływu bezciśnieniowego nawilżania próbek węgla wodą, emulsją wodno-olejową i kwasem octowym na zjawisko tąpania. Prace naukowe Instytutu Geotechniki Politechniki Wrocławskiej, nr 45, Wrocław 1985.
3. Bobkowski G.: Badania wpływu wysokociśnieniowego nawilżania próbek węgla na zjawisko tąpania. Prace Naukowe Instytutu Geotechniki Politechniki Wrocławskiej, nr 48, Wrocław 1986.
4. Bobkowski G.: Wpływ dezintegracji wywołanej cieczami na tąpliwość próbek węgla w trójkierunkowym stanie naprężeni. Praca doktorska. Pol. Śląska, Gliwice 1986.
5. Brodny J.: Wpływ nośności obudowy chodnikowej na ograniczenie zagrożenia tąpaniami z ociosów. Praca doktorska, Pol. Śląska, Gliwice 1999.
6. Brodny J., Zastawny E.: Określenie parametru „C" dla uściślenia stanu zagrożenia tąpaniami dla wybranych pokładów KWK „Jas-Mos". XX ZSMG, Wrocław 1997.
7. Drzęźla B. Gorus A., Kaczmarczyk A., Major M., Gerlach Z.: Próba ujęcia ilościowego zależności pomiędzy stanem naprężeń a aktywnością sejsmiczną górotworu". ZN AGH, ser. Górnictwo, z.129, Kraków 1987.
8. Drzęźla B., Białek J., Jaworski A.: Metody prognozowania rozkładów naprężeń w strefach oddziaływania zaszłości eksploatacyjnych. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. SC, 1988.
9. Filcek H., Zorychta A.: Rozwiązania teoretyczne dotyczące mechanizmu tąpań i kryteriów zniszczenia ośrodka skalnego. Materiały IV ZSMG, Wisła 1977.
10. Filcek M.: Laboratoryjna próba ściskania a reologiczne własności skał. Przegląd Naukowo–Techniczny AGH, ser. Górnictwo, z.1, Kraków 1959.
11. Filcek H.: Geomechaniczne kryteria zagrożenia tąpaniami. Materiały sympozjum., Lublin 1979.

12. Gil H.: Matematyczne ujęcie mechanizmu tąpań pokładowych. ZN Pol. Śląskiej, z.70, Gliwice 1976.

13. Gil H.: Analityczne metody przyjmowania i zwalczania tąpań w kopalniach. Przegląd Górniczy, nr 9, 1977.

14. Gil H., Drzęźla B.: Metody oceny skłonności węgla do tąpań. Przegląd Górniczy, nr 12, 1983.

15. Hładysz Z.: Reologiczne kryterium skłonności węgla do tąpań w świetle badań laboratoryjnych. Praca doktorska, GIG, Katowice 1978.

16. Kidybiński A.: Podstawy doboru obudowy chodnikowej dla rejonów zagrożonych wstrząsami i tąpaniami. Bezpieczeństwo Pracy w Górnictwie, nr 1 (78), Katowice 1988.

17. Kidybiński A., Biliński A.: Współczesne kierunki zwalczania zagrożenia tąpaniami. Wiadomości Górnicze, nr 5, 1978.

18. Kłeczek Z., Zorychta A.: Wpływ zaszłości eksploatacyjnych na stan naprężenia górotworu zagrożonego tąpaniami. ZN Pol. Śląskiej, Górnictwo, z.185, Gliwice 1990.

19. Konopko W.: Doświadczalne podstawy kwalifikowania wyrobisk górniczych w kopalniach węgla kamiennego do stopnia zagrożenia tąpaniami. Prace Naukowe GIG, nr 795, Katowice 1994.

20. Konopko W.: Klasyfikacja tąpań. Przegląd Górniczy, nr 7, 1991.

21. Motyczka A.: Studium mineralogiczno–wytrzymałościowe nad naturalną skłonnością do tąpań węgli w stanie powietrzno-suchym i nasyconym wodą z pokładów warstw siodłowych GZW. Prace IOiZ Pol. Lubelskiej, Lublin 1980.

22. Schyma A.: Badania wpływu ciśnienia pionowego na tąpania chodnikowe na modelach pokładów węgla kamiennego. Pol. Śląska, Praca doktorska, Gliwice 1992.

23. Stoiński K.: Wybrane problemy współpracy obudowy wyrobisk górniczych z górotworem w warunkach obciążeń dynamicznych – tąpań". ZN Pol. Śląskiej, ser. Górnictwo, z.171, Gliwice 1988.

24. Stoiński K., Matwiejszyn A.: Praktyczne zastosowanie obudowy o ograniczonej podatności w warunkach zagrożenia tąpaniami. SITG Huta Łabędy, Materiały konferencyjne, Wisła 1997.

25. Szczurowski A.: Stan badań w zakresie prognozowania i zwalczania tąpań. Przegląd Górniczy, nr 5, 1977.

26. Szecówka Z.: Zmiana niektórych własności mechanicznych węgla wskutek nawodnienia w aspekcie zwalczania tąpań pokładowych. Prace GIG. Komunikat nr 568, Katowice 1982.
27. Szuścik W.: Podział tąpań. XVII ZSMG, Wrocław 1994.
28. Szuścik W.: Tąpania w świetle hipotezy wytężeniowej. Materiały sympozjum, Katowice 1975.
29. Szuścik W., Zastawny E.: Próba ciągłego pomiaru stanu zagrożenia tąpaniami eksplozyjnymi do chodnika przyścianowego. Konferencja „Tąpania 96". GIG, Katowice 1996.
30. Szuścik W., Zastawny E.: Zjawisko tąpania materiału węglowego. Przegląd Górniczy, nr 11, 1998.
31. Zastawny E.: Tąpania eksplozyjne do przodka ścianowego w modelach pokładu węgla w świetle badań laboratoryjnych. ZN Pol. Śląskiej, ser. Górnictwo, z.217, Gliwice 1993.
32. Zastawny E.: Hipoteza obszaru występowania zjawiska tąpania. Prace IG Pol. Wrocławskiej, nr 31, Wrocław 1980.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Karol Reich

Abstract

The paper presents scientific output of the Institute of Mining Engineering involving the research on mining crumps. The investigation studies on that subject were headed by prof.W.Szuścik. He assumed that the capacity of coal to crump is one of its properties. In order to prove this innovative thesis, a number of laboratory tests on the models of coal beds were carried out. Following the obtained results, a new property of coal called "the phenomenon of coal material crump" was determined. The new property was subject to investigation studies and in effect of it the necessary conditions for the occurrence of mining crump (explosive one) were determined. The said conditions are such as sufficiently high components of stress state in the rockmass and following it reduction of at least one of the horizontal components of stress state. The knowledge of the mechanism and conditions of crump occurrence contributed to the elaboration of a hypothesis involving the area where the phenomenon of coal material crump is taking place. This theory constituted a basis to carry out

further investigation studies aiming to determine the influence of various factors on the reduction of explosive crump hazards. Laboratory tests were carried out to determine the influence of soaking the unmined coal with various liquids to reduce crump hazard. The results of these tests proved that only the soaking under pressure with water solution of methanol can effect the rise of crump safety factor by about 30-40%. Other liquids and in particular water, in contradiction to the opinions expressed earlier, result only in the change of other mechanical factors. Further studies were carried out to define the influence of the carrying capacity (supportability) of longwall timbering and heading timbering on the potentiality of crump hazard occurring from side walls and from heading. It was proved by the results of these studies that the carrying capacity (supportability) of the timbering has a significant influence on that phenomenon. The increase of carrying capacity of the timbering results in the rise of the components of stress state in rockmass to the value at which crump is taking place. In consequence the crump safety factor can go up even by about 80%. The occurrence of crump in these conditions is characterized however by higher intensity. The principal goal involving the works on crumps carried out in the Institute of Mining Engineering was to increase safety during the mining process. The determination of coal properties referred to as the phenomenon of coal material crump was one of the supplementary methods to define the hazards of bed (stress) crumps. At present the works are being carried out to elaborate the apparatus for the measurements of stress state components in rockmass in order to ensure constant monitoring of crump hazard states. The results obtained so far are promising. Summing up the investigation studies on that subject carried out by the Institute of mining Engineering the innovative character and laboriousness of the works should be emphasized.