

Walery SZUŚCIK
Politechnika Śląska, Gliwice

DOBÓR OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ DO WARUNKÓW ZAGROŻENIA TĄPANIAMI

Streszczenie. Omówiono problemy projektowania sekcji budowy zmechanizowanej oraz ich doboru do warunków zagrożenia tąpniętami. Przedstawiono metodę uwzględniania stopnia zużycia korozyjnego elementów sekcji w obliczeniach wytrzymałościowych. Omówiono problematykę stosowania zaworów upustowych oraz metodę ich badań stanowiskowych.

THE MECHANIZED ROOF SUPPORT SELECTION FOR THE CONDITIONS OF CRUMP OCCURRENCE HAZARD

Summary. Problems with designing of mechanized roof support and with its selection for the conditions of crump occurrence hazard are presented there in the paper. The method for regarding a corrosive wear in the roof support calculations is shown. Problems with usage release valves and the method of testing release valves on test stands were discussed.

1. Wstęp

Dobór obudowy zmechanizowanej do warunków zagrożenia tąpniętami jest problemem złożonym, wymagającym doboru odpowiednich współczynników bezpieczeństwa.

Pokazano problemy doboru współczynników bezpieczeństwa przy różnych metodach projektowania. Pokazano metodę uwzględniania korozji konstrukcji na obniżenie jej podporności przy różnych przypadkach jej stosowania (tąpnięcia stropowe, spągowe, spodkowe) i ich wpływ na wskaźnik nośności stropu.

2. Propozycje wartości współczynników bezpieczeństwa dla obudów zmechanizowanych

W wytrzymałości materiałów [7] wprowadzono pojęcie naprężenia dopuszczalnego na rozciąganie k_r , zdefiniowanego wzorem:

$$k_r = \frac{R_{m_r}}{n} = \frac{R_{e_r}}{n'} = \frac{R_{sp_r}}{n''} = \frac{R_{H_r}}{n''}, \quad (1)$$

które w każdym punkcie konstrukcji musi spełnić warunek:

$$k_r \geq \sigma_{red},$$

gdzie:

R_{m_r} - naprężenie na granicy wytrzymałości przy rozciąganiu,

R_{e_r} - naprężenie na granicy plastyczności przy rozciąganiu,

(gdy występuje, mówimy o materiale plastycznym, gdy nie występuje - mówimy o materiale kruchym),

R_{sp_r} - naprężenie na granicy sprężystości przy rozciąganiu,

R_{H_r} - naprężenie na granicy proporcjonalności (ważności prawa Hooke'a) przy rozciąganiu (rys. 1),

n - współczynnik bezpieczeństwa odniesiony do granicy wytrzymałości,

n' - współczynnik bezpieczeństwa odniesiony do granicy plastyczności,

n'' - współczynnik bezpieczeństwa odniesiony do granicy proporcjonalności (ważności prawa Hooke'a) lub do granicy sprężystości,

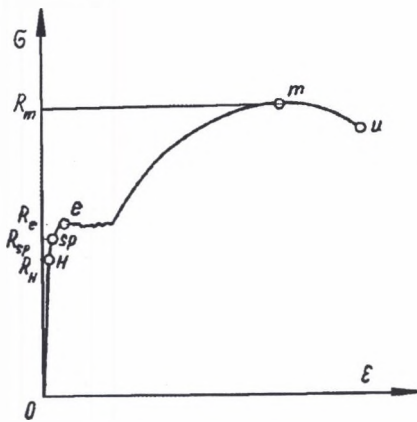
σ_{red} - naprężenie zredukowane (np.: Hipoteza Hubera)

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y - \sigma_y \cdot \sigma_z - \sigma_z \cdot \sigma_x + 3 \cdot (\tau_x^2 + \tau_y^2 + \tau_z^2)} \quad (2)$$

Współczynniki bezpieczeństwa są tym większe, im:

- bardziej narażone jest życie ludzkie wskutek ewentualnego zniszczenia konstrukcji,
- element konstrukcyjny jest bardziej odpowiedzialny (a jego uszkodzenie może spowodować zniszczenie cennej konstrukcji lub maszyny),
- materiał jest bardziej niejednorodny,
- większe są wpływy przypadkowych obciążeń,
- mniej doskonała jest metoda wyznaczania naprężeń,
- większe prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska spiętrzenia naprężeń,

- większy negatywny wpływ stanu powierzchni,



Rys. 1. Wykres rozciągania stali plastycznej
Fig. 1. Engineering stress-strain curve
for tonnage steel

- większa możliwość wstąpienia korozji,
- większe są naprężenia wstępne, montażowe i technologiczne występujące przed obciążeniami konstrukcji,
- gorsza jest kontrola jakości,
- bardziej złożony kształt,
- materiał jest stary, odkształcony, itp.,
- niższe są kwalifikacje załogi,
- niższy poziom zakładów wytwórczych i remontowych.

Jaką wartość współczynnika bezpieczeństwa odniesionego do granicy wytrzymałości - n - należy więc przyjmować dla stojaków obudowy zmechanizowanej, gdy:

- dla konstrukcji hutniczych przyjmuje się współczynnik bezpieczeństwa - $n = 5$,
- dla lin w urządzeniach wyciągowych dla jazdy urobku - $n = 8$, dla jazdy ludzi - $n = 12$,
- dla lin nośnych kolejek linowych służących do przewozu ludzi - $n = 16$?

Jeżeli przyjąć współczynnik bezpieczeństwa odniesiony do granicy sprężystości (lub do granicy proporcjonalności) dla konkretnego materiału:

$n'' = 1,00$	to $n' = 1,15$	a $n = 1,92$
$n'' = 1,14$	to $n' = 1,32$	a $n = 2,20$
$n'' = 2,60$	to $n' = 3,00$	a $n = 5,00$

Projektując stojaki oraz inne elementy obudów zmechanizowanych pracujących na wybočenje należy ściśle trzymać się metody projektowania na dopuszczalne naprężenie ([7] str. 204–262).

Projektując stropnice, spąglice i inne elementy nie pracujące na wybočenje należy skorzystać z metody projektowania na dopuszczalny udźwig (metoda nośności granicznej) ([7] str. 136–145). Elementy te muszą być jednak wykonane z materiału plastycznego. Ponieważ są to konstrukcje spawane, także i materiał spoin musi być materiałem plastycznym. Spoiny winny mieć grubości równe grubości cieńszej blach spośród dwu łączonych blach i mieć kształt wypukły. Prowadzi to do zmniejszenia ciężaru konstrukcji obudowy zmechanizowanej.

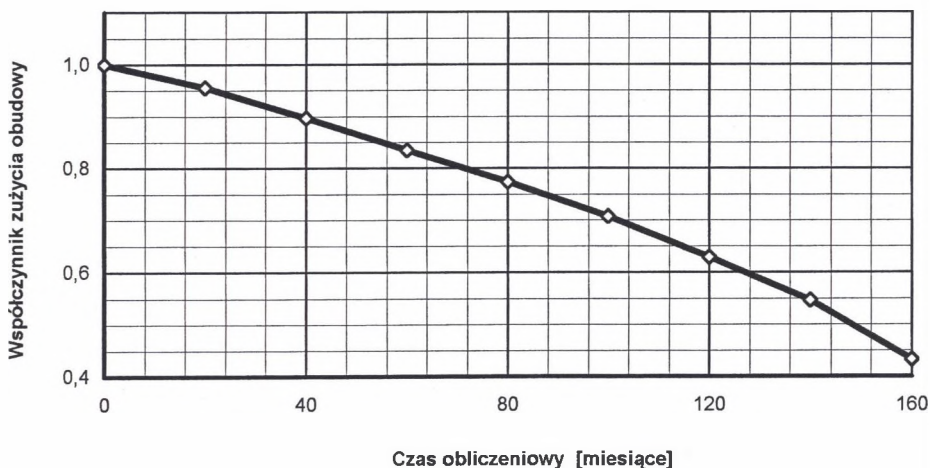
3. Obudowy zmechanizowane a korozja

Obudowy zmechanizowane pracują często w warunkach silnie korozyjnych, w których wymiary poprzeczne blach i spoin szybko się zmieniają. Celowe jest więc dla każdej obudowy uwzględnienie spadku podporności sekcji z upływem czasu.

Proces ten opisuje współczynnik $\varphi(t)$ - nazwany współczynnikiem zużycia obudowy zmechanizowanej. Z definicji tego współczynnika wynika, że dla nowej obudowy odpowiednio zabezpieczonej przed wpływem korozji

$$\varphi = 1,0$$

Przykładowy wykres funkcji $\varphi = \varphi(t)$ dla przypadku niewystępowania tępaków w wyrobisku ($K_d = 1$) przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Współczynnik zużycia obudowy zmechanizowanej pracującej w ścianach, w których nie występują tępaki

Fig. 2. The corrosive wear factor for a mechanized roof support applied in longwalls where crumps have not occurred

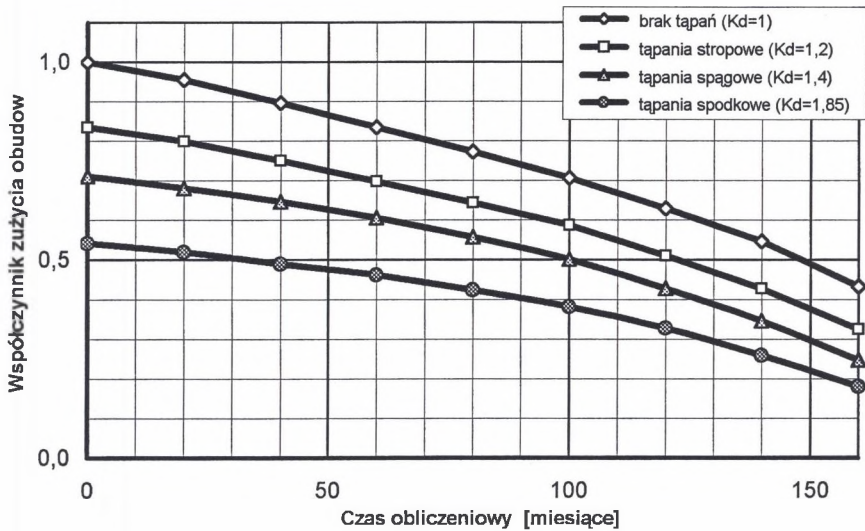
Argumentem funkcji $\varphi = \varphi(t)$ jest tzw. czas obliczeniowy - t . Winien on zależeć od czasu przebywania sekcji na dole - t_E i czasu składowania obudowy na powierzchni - t_M , przy czym:

$$t = t_E + 0,2 \cdot t_M$$

(przyjęto tutaj współczynnik 0,2 zakładający, że korozja pod ziemią jest pięciokrotnie szybsza niż na powierzchni).

Na rysunku 3 pokazano przeliczeniowe krzywe współczynnika zużycia obudowy zmechanizowanej φ w wyrobiskach, w których występują tępaki stropowe ($K_d = 1,2$),

spagowe ($K_d = 1,4$) czy spodkowe ($K_d = 1,85$). Konstruując poszczególne krzywe przyjęto warunek, iż współczynnik bezpieczeństwa sekcji obudowy zmechanizowanej ma taką samą wartość w czasie całej eksploatacji obudowy niezależnie od tego, czy w wyrobiskach, w których ją stosowano, występowały tąpnięcia czy też nie.



Rys. 3. Współczynnik zużycia obudowy zmechanizowanej pracującej w ścianach, charakteryzujących się występowaniem różnych rodzajów tępnięć

Fig. 3. The corrosive wear factor for a mechanized roof support applied in longwalls where different types of crump have been occurred

Pamiętać trzeba, że obudowa winna mieć właściwą podporność także na końcu jej pracy w danej ścianie a nie tylko na początku.

4. Badania obudów zmechanizowanych przy obciążeniach dynamicznych

Na podstawie badań laboratoryjnych i dołowych [3], [4], [5], [8] [9] podzielono tąpnięcia w ścianie na:

- 1° - tąpnięcia nieeksplozyjne od stropu,
- 2° - tąpnięcia eksplozyjne od spagu (łupków),
- 3° - tąpnięcia eksplozyjne od spodku w pierwszej przystropowej warstwie pokładu oraz tąpnięcie eksplozyjne od spodku przy pozostawieniu łąty przyspagowej węgla,
- 4° - tąpnięcia eksplozyjne z czoła ściany.

Pierwsze trzy tąpnięcia powodują obciążenia dynamiczne obudowy zmechanizowanej o następujących parametrach:

ad 1° - współczynnik dynamiczny (stosunek największego obciążenia do obciążenia statycznego – równego podporności pracy obudowy)

$$K_d = \frac{P_d}{P_{st}} = 1,2$$

przy czasie wzrostu obciążenia $\Delta t = 0,700$ s i prędkości wzrostu:

$$v_t = \frac{K_d - 1}{\Delta t} = 0,3 \frac{1}{s}$$

Dla strzelania przed frontem ściany K_d ma także wartość 1,2.

$$\text{ad } 2^\circ - K_d = \frac{P_d}{P_{st}} = 1,4 \quad \text{i} \quad \Delta t = 0,300 \text{ s} \quad \text{i} \quad v_t = \frac{K_d - 1}{\Delta t} = 1,3 \frac{1}{s}$$

$$\text{ad } 3^\circ - K_d = \frac{P_d}{P_{st}} = 1,85 \quad \text{i} \quad \Delta t = 0,007 \text{ s} \quad \text{i} \quad v_t = \frac{K_d - 1}{\Delta t} = 120,0 \frac{1}{s}$$

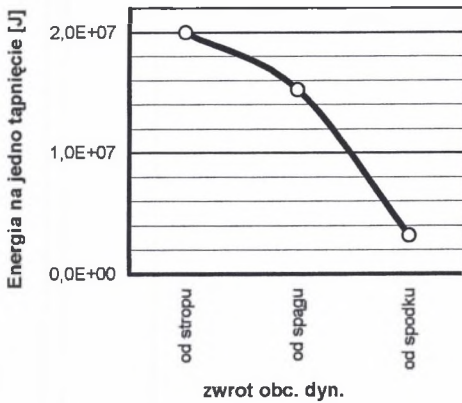
(W ad 2° i ad 3° wartości K_d są wyższe od zmierzonych w wyrobiskach, aby przy projektowaniu uwzględnić skutki szybkiego wzrastania obciążenia. Po dalszych szerszych badaniach można będzie dokładniej ocenić wyżej podane wartości.)

ad 4°- Odnośnie do problemu tupań z czoła ściany [11], wspomnę tylko, że można jemu przeciwdziałać przez sztuczne podnoszenie podporności obudowy zmechanizowanej.

5. Energia wstrząsu a tąpnięcia w ścianach (wg[3] - dane za lata 1979–1997)

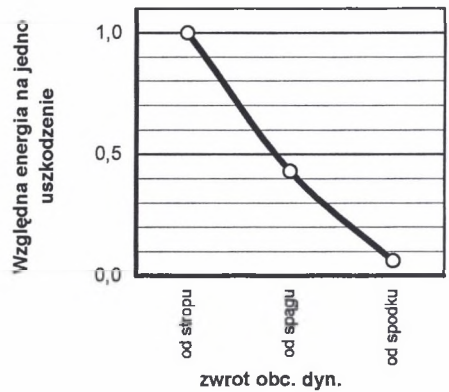
Na rysunku 4 przedstawiono energie wstrząsów przypadających na jedno tąpnięcie. Na rysunku 5 przedstawiono energię wstrząsu przypadającą na jedno uszkodzenie obudowy zmechanizowanej.

Energia wstrząsu przypadająca na jedno uszkodzenie elementu obudowy zmechanizowanej w przypadku tupań spodkowych jest 20 razy mniejsza od tejże energii w przypadku tupań stropowych.



Rys. 4. Średnia energia wstrząsu przy trzech rodzajach tąpnięć w ścianie

Fig. 4. The average tremor energy for three types of crump having occurred in longwalls



Rys. 5. Energia wstrząsu przypadająca na jedno uszkodzenie obudowy zmechanizowanej

Fig. 5. The tremor energy for one damage of a mechanized roof support

Na podstawie rys. 4 i 5 można stwierdzić, że energia wstrząsu ma mały wpływ na skutki w ścianie - zniszczenia w obudowie zmechanizowanej. Nie można także odpowiedzieć na pytanie, które zjawisko występuje jako pierwsze: wstrząs czy też zniszczenie obudowy zmechanizowanej (tąpnięcie).

6. Cel stosowania zaworów upustowych i ich badanie

Celem stosowania zaworów upustowych jest zmniejszenie obciążeń dynamicznych obudów zmechanizowanych.

Maksymalne obciążenie wynosi:

$$P_{d_{\max}} = P_{st} \cdot K_d = P_r \cdot K_d$$

Maksymalny przyrost obciążenia wynosi:

$$P_r \cdot K_d - P_r = P_r \cdot (K_d - 1)$$

Współczynnik $K_d - 1$ wynosi dla:

tąpnięć stropowych	0,20
tąpnięć spagowych	0,40
tąpnięć spodkowych	0,85.

Zawory upustowe mają stosunkowo długie czasy otwarcia i w związku z tym ilość cieczy wypływającej ze stojaka jest stosunkowo mała.

Dla tąpnięć stropowych nie ma więc sensu stosowanie zaworów upustowych.

Większość zaworów upustowych w przypadku tapani spodkowych powoduje zmniejszenie współczynnika K_d co najwyżej o 0,1.

Przebieg badania stojaków z zamontowanymi zaworami upustowymi jest następujący: w celu uzyskania na stanowisku badawczym sensownych wyników badań należy je prowadzić najpierw przy nie zamontowanym zaworze upustowym [2]. Zachowując dla konkretnego przypadku 1° , 2° , 3° tapania współczynnik dynamiczny K_d i prędkość obciążania v_t . Następnie zamontować do stojaka zawór upustowy i odczytać K_{du} przy $v_{tu} = v_t$ [2].

Badania można prowadzić dwoma metodami:

1° - metodą spadku masy,

2° - metodą wybuchową.

1. Przy metodzie „spadku masy” należy dobrać wartość spadającej masy i wysokość spadku masy, aby uzyskać w stojaku wyznaczone dla konkretnego przypadku (1° , 2° i 3°) tapania K_d i v_t .
2. Przy metodzie „wybuchowej” należy dobrać masę materiału miotającego oraz rodzaj materiału miotającego, aby uzyskać w stojaku wyznaczone dla konkretnego przypadku (1° , 2° i 3°) tapania K_d i v_t .

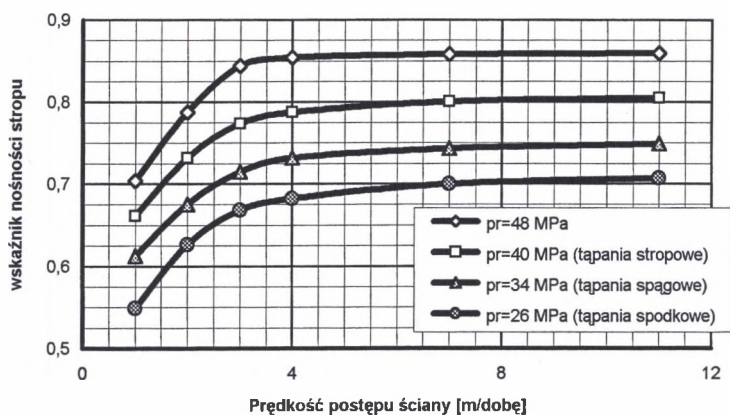
7. Wpływ rodzajów obciążeń dynamicznych obudów zmechanizowanych na wskaźnik nośności stropu g [6]

Stan utrzymania stropu wyrobiska ścianowego określa wskaźnik nośności stropu - g .

Według [1]:

dla $g > 0,8$ obudowa zmechanizowana zapewnia poprawne warunki utrzymania stropu, przy $0,7 > g > 0,8$ wystąpią w ścianie utrudnione warunki utrzymania stropu, natomiast wartości $g < 0,7$ wskazują na bardzo złe warunki utrzymania stropu (duże zagrożenie zawaleniem).

Na rysunku 6 przedstawiono wykresy zależności wskaźnika nośności stropu - g od prędkości postępu ściany oraz różnych ciśnień roboczych w stojakach sekcji obudowy zmechanizowanej. (Wykonując obliczenia założono, że pozostałe warunki naturalne i techniczne w ścianie nie ulegają zmianie.) Ciśnienia robocze w stojakach dobrano tak, aby niezależnie od rodzaju tapania w ścianie obudowa zmechanizowana przenosiła maksymalne obciążenia z tym samym współczynnikiem bezpieczeństwa.



Rys. 6. Wskaźniki nośności stropu
Fig. 6. The index of load capacity of roof

8. Podsumowanie

W pracy dokonano przeglądu problematyki doboru obudów zmechanizowanych do warunków zagrożenia tapaniami.

Pokazano różne współczynniki bezpieczeństwa materiału i konstrukcji.

Przypomniano dwie metody projektowania wytrzymałościowego.

Pokazano, jak można uwzględnić wpływ korozji na nośność obudowy zmechanizowanej.

Omówiono badania dynamiczne obudów zmechanizowanych.

Omówiono cel stosowania zaworów upustowych.

Omówiono wpływ rodzajów obciążeń dynamicznych obudów zmechanizowanych na wskaźnik nośności stropu - g.

LITERATURA

1. Biliński A., Kostyk T.: Wpływ czynników naturalnych i technicznych na stan utrzymania stropu wyrobiska ścianowego. Prace nauk. GIG nr 779. Katowice 1993.
2. Bomersbach G.: Symulacja obciążeń dynamicznych występujących podczas tapan w pod-porach hydraulicznych. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 1999.
3. Profaska M.: Przyczyny uszkodzeń elementów obudów zmechanizowanych w ścianach, w których wystąpiły tapania. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2001.
4. Szuścik W.: Kierunki rozwoju metod doboru obudów zmechanizowanych dla warunków ścianowych. Międzynarodowa Konferencja: „Bezpieczna eksploatacja obudów zme-

- chanizowanych w warunkach technicznej restrukturyzacji górnictwa” KOMAG, Gliwice 1998.
5. Szuścik W.: Podział tpań. XVII Zimowa Szkoła Mechaniki Górnotworu. ZN Pol. Wrocławskiej, s. Konferencje, z. 33, Wrocław 1994.
 6. Szuścik W.: Wpływ rodzajów obciążeń dynamicznych obudów zmechanizowanych (tpań) na wskaźnik nośności stropu. Konferencja naukowa „Zastosowania Mechaniki w Górnictwie”- ZZMwG IMG Pol. Śląskiej, Rudy Raciborskie 2001.
 7. Szuścik W., Bomersbach G.: Porównanie sposobów symulacji obciążeń dynamicznych obudów zmechanizowanych wywołanych metodą wybuchową i metodą kafarową. Prace naukowe GIG ‘Tapania 2002’.
 8. Szuścik W., Kuczyński J.: Wytrzymałość materiałów Cz. 1. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
 9. Szweda S.: Dynamiczne oddziaływanie górotworu na sekcję obudowy zmechanizowanej - analiza wyników pomiarów i wymagań normatywnych. ‘Tapania 2002’.
 10. Zastawny E.: Badania laboratoryjne zjawiska tapania węgla w trójkierunkowym stanie naprężenia. ZN Pol. Śl. s. Górnictwo, z. 99, Gliwice 1979.
 11. Zastawny E.: Tapania eksplozyjne do przodka ścianowego w modelach pokładu węgla w świetle badań laboratoryjnych. ZN Pol. Śl. s. Górnictwo, z. 217, Gliwice 1993.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Władysław Konopko

Abstract

Review of problems concerning a mechanized roof support selection for the conditions of crump occurrence hazard is shown there in the paper. Rules for the selection of the value of the safety factor and designing methods used in mechanics of materials are treated in detail. The method for regarding a corrosive wear in calculations of the load carrying capacity of the roof support is presented.

Problems with usage release valves and the method of testing release valves on test stands were discussed.

The method of a selection of mechanized roof support for the conditions of crump occurrence hazard presented in the paper, includes compliance with two requirements: preservation the proper value of the index of load capacity of roof, determined for the lining of the longwall working and maintenance of the required value of the safety factor for the roof support unit.