

Krzysztof Paczeński, Andrzej Pytlik*, Ewa Radwańska**

STANOWISKOWE BADANIA ELEMENTÓW OBUDÓW GÓRNICZYCH PRZY ICH DYNAMICZNYM OBCIĄŻENIU

1. Wstęp

Obudowy górnicze, zarówno w wyrobiskach ścianowych, jak i korytarzowych, narażone są na obciążenia dynamiczne, które z reguły nakładają się na istniejące obciążenie statyczne. W wyniku wystąpienia obciążeń dynamicznych o znacznej wartości obudowy te mogą ulec częściowemu lub całkowitemu zniszczeniu.

Aby zmniejszyć skutki dynamicznego i statycznego oddziaływania górotworu na obudowy górnicze, stosuje się w nich odpowiednio dobrane elementy upodatniające, których zadaniem jest ograniczenie skutków działania obciążenia, przede wszystkim dynamicznego.

Podstawowym elementem upodatniającym obudowę ścianową jest stojak hydrauliczny, którego upodatnienie wynika między innymi ze ściśliwości emulsji olejowo-wodnej znajdującej się w przestrzeni podłokowej cylindra oraz odkształceń rury cylindra i uszczelnień. W obudowach tych stosuje się również jako elementy upodatniające specjalne zawory upustowe o przepustowości i szybkości działania większej od zaworów roboczych stosowanych w stojakowych blokach zaworowych. Zawory upustowe mają za zadanie odprowadzenie na zewnątrz cylindra stojaka obudowy takiej objętości cieczy i w takim czasie, aby ograniczyć gwałtowny wzrost ciśnienia cieczy wewnątrz cylindra spowodowany dynamicznym obciążeniem obudowy, do wartości nie powodującej jego uszkodzenia.

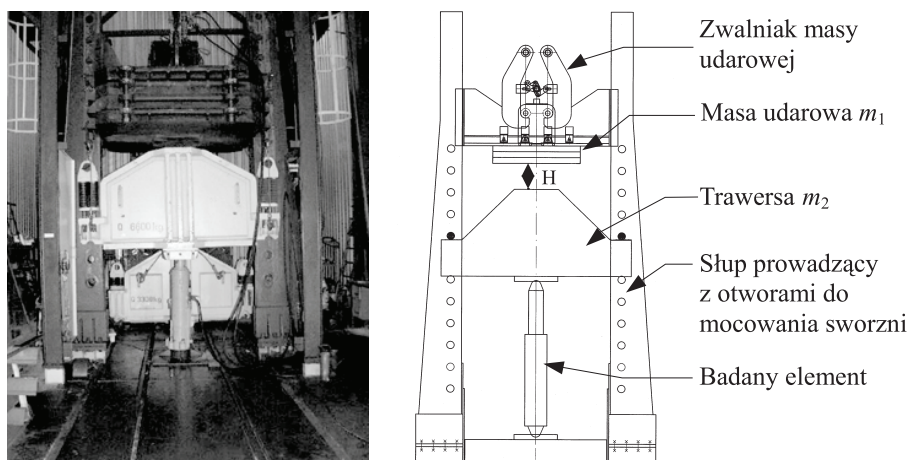
W przypadku obudowy podatnej (np. LP) wyrobisk korytarzowych elementami upodatniającymi są złącza cierne. Podczas obciążeń dynamicznych dochodzi w nich do znacznych zsuwów lub, przy dużych energiach, do dużych deformacji łukowych elementów obudowy, a w konsekwencji do utraty jej stateczności. W takich przypadkach dochodzi również do całkowitego zniszczenia opinki obudowy.

* Główny Instytut Górniczy, Katowice

Określenie skuteczności działania wspomnianych elementów upodatniających obudowy górnicze wymaga przeprowadzenia ich badań w warunkach laboratoryjnych. Do tego celu zbudowano w Głównym Instytucie Górnictwa stanowisko badawcze, w którym elementy obudów obciążane są dynamicznie za pomocą uderu masy. Równocześnie rejestrowane są charakterystyczne parametry badania (ciśnienie, siła itd.), a ich analiza odbywa się za pomocą specjalistycznych programów komputerowych. Wyniki tych badań służą konstruktorom do wprowadzania zmian konstrukcyjnych w elementach upodatniających obudowy, a tym samym do zwiększenia ich dynamicznej odporności. Zakład Badań Urządzeń Mechanicznych Głównego Instytutu Górnictwa posiada akredytację nr AB 021 Polskiego Centrum Akredytacji na badanie we wspomnianym stanowisku stojaków ciernych, indywidualnych i hydraulicznych oraz kotwi górniczych, co potwierdza jego wysokie kompetencje i duże doświadczenie w zakresie badań obudowy przy obciążeniach dynamicznych.

2. Stanowisko badawcze

W Głównym Instytucie Górnictwa badania elementów obudów górniczych przy ich obciążeniu dynamicznym przeprowadzane są w stanowisku Laboratorium Badań Urządzeń Mechanicznych. Stanowisko to zlokalizowane jest w Łaziskach Górnych, a jego wygląd i schemat pokazano na rysunku 1 (w stanowisku stojak hydrauliczny).



Fot. 1. Wygląd i schemat stanowiska do badania elementów obudowy górniczej przy obciążeniu dynamicznym

W stanowisku tym obecnie prowadzone są badania następujących elementów obudów górniczych:

- stojaków hydraulicznych obudowy zmechanizowanej,
- stojaków ciernych (typu SV, Valent, itd.),

- ciernych złączy odrzwi obudowy ŁP,
- siatek okładzinowych.

Stanowisko to umożliwia obecnie badanie elementów o maksymalnych wymiarach $5 \times 2 \times 6$ m (wysokość \times szerokość \times długość) za pomocą udaru masy do 30 000 kg. Maksymalna energia udaru wynosi 500 kJ, a wstępna siła rozparcia stojaków może wynosić maksymalnie 2 MN.

Do pomiaru ciśnienia, siły oraz przemieszczenia stosowane są czujniki współpracujące z cyfrowym wzmacniaczem pomiarowym typu DMCplus firmy HBM. Pomiaru wykonywane są z częstotliwością próbkowania 9600 Hz, a następnie archiwizowane na dysku twardym komputera. Analiza otrzymanych wyników wykonywana jest za pomocą programu CATMAN oraz specjalistycznych programów opracowanych w Laboratorium Badań Urządzeń Mechanicznych (LBUM).

3. Badania stojaków hydraulicznych

Badania stojaków hydraulicznych przy obciążeniu dynamicznym wykonywane są zgodnie z normami [1–3].

Zakres badań zgodnie z normą [1] obejmuje próbę odporności dynamicznej stojaka, z zamontowanym zaworem upustowym, za pomocą udaru swobodnie spadającej masy $m_1 = 10\ 000$ lub $20\ 000$ kg. Stojak przed badaniem zostaje rozsunięty do określonej wysokości. Następnie stojak zostaje obciążony statycznie trawersą o masie $m_2 = 3300$ lub 6600 kg i przy rozparciu do ok. 60% wartości ciśnienia roboczego obciążony dynamicznie udarem masy. Podczas badania mierzy się wartość ciśnienia w podtłokowej przestrzeni stojaka w funkcji czasu.

Wartość energii kinetycznej udaru E_u obliczana jest według wzoru

$$E_u = k_{dp} \cdot F_n \cdot 103, \text{ J} \quad (1)$$

gdzie:

k_{dp} — współczynnik obliczeniowy, J/N,

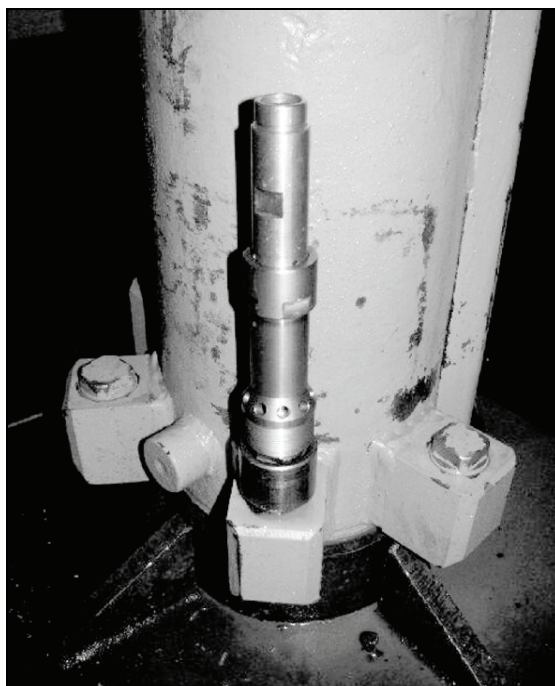
F_n — podporność nominalna stojaka, kN.

Przykładowy stojak doświadczalny z zamontowanym zaworem upustowym firmy FAZOS przedstawiono na rysunku 2.

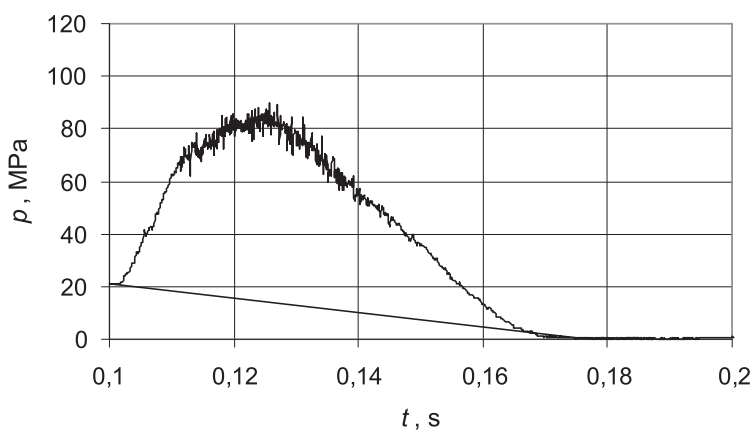
Przykładowy przebieg wartości ciśnienia w funkcji czasu, w podtłokowej przestrzeni stojaka hydraulicznego wyposażonego w zawór upustowy, przedstawiono na rysunku 3.

Obecnie najskuteczniejszym sposobem updatnienia stojaka jest zastosowanie w jego konstrukcji dodatkowego zaworu upustowego. Dzięki jego działaniu odprowadzana jest na zewnątrz cylindra stojaka obudowy taka objętość cieczy i w takim czasie, aby nie dopuścić do uszkodzenia stojaka. Ze względu na to, że podczas badań w stojaku występują bardzo wysokie ciśnienia i przepływy, konstrukcja tych zaworów narażona jest na bardzo częste

uszkodzenia. Dopracowanie ich konstrukcji wymaga od konstruktorów wykonywania wielu prób badawczych na stanowisku, które aczkolwiek w uproszczony sposób, ale oddają charakter obciążeń powstających podczas wstrząsów górotworu i tąpnięć.



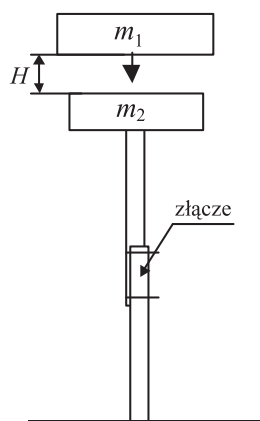
Rys. 2. Stojak doświadczalny z zamontowanym zaworem upustowym firmy FAZOS



Rys. 3. Przebieg ciśnienia w funkcji czasu w przestrzeni podtłokowej stojaka hydraulicznego $\varnothing 200$ z przedłużaczem mechanicznym, wyposażonego w zawór upustowy ($h = 0,4$ m)

4. Badania ciernych złączy (stojaków)

Istota badania wykonywanego zgodnie z normą [4] polega na dynamicznym obciążeniu złącza, na którym położona jest trawersa o masie m_2 , swobodnie spadającą z wysokości H masą uderową m_1 (rys. 4). W wyniku obciążenia dynamicznego następuje zsuw w złączu o długości Z . Znając wartości mas m_1 i m_2 , wysokość H spadku masy uderowej m_1 oraz długość zsuwu Z w złączu, można obliczyć energię kinetyczną, potencjalną oraz całkowitą energię dostarczoną do badanego złącza, jak również wartość dynamicznego oporu zsuwu złącza N_d (na drodze zsuwu).



Rys. 4. Schemat stanowiska badawczego do wyznaczania dynamicznego oporu zsuwu ciernego złącza (stojaka); $m_1 = 4000$ kg, $m_2 = 1600$ kg

Obciążenie złącza za pomocą masy uderowej powtarza się do chwili całkowitego jego zsunienia, przy czym przed każdym kolejnym dynamicznym obciążeniem złącza, nakrętki śrub strzemion dokręca się wymaganym momentem. Podczas badania mierzona jest wartość oporu zsuwu oraz długość zsuwu (przemieszczanie się względem siebie kształtowników w złączu) w funkcji czasu.

Prędkość v_o (m/s) masy uderowej (obciążnika) spadającej z wysokości H (m) w chwili uderzenia w trawersę obliczamy z zależności

$$v_o = \sqrt{2gH} \text{ m/s} \quad (2)$$

natomiast prędkość połączonych mas obciążnika m_1 (kg) i trawersy m_2 (kg) po uderzeniu plastycznym, odpowiadającą początkowej prędkości zsuwu złącza, obliczamy z zależności

$$v_p = v_o \frac{m_1}{m_1 + m_2} \text{ m/s} \quad (3)$$

Energia kinetyczna połączonych mas m_1 i m_2 na początku zsuwu wynosi

$$E_k = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_p^2 \text{ J} \quad (4)$$

Podstawiając wzory (2) i (3) do wzoru (4), otrzymujemy

$$E_k = H \frac{m_1^2}{m_1 + m_2} g \text{ J} \quad (5)$$

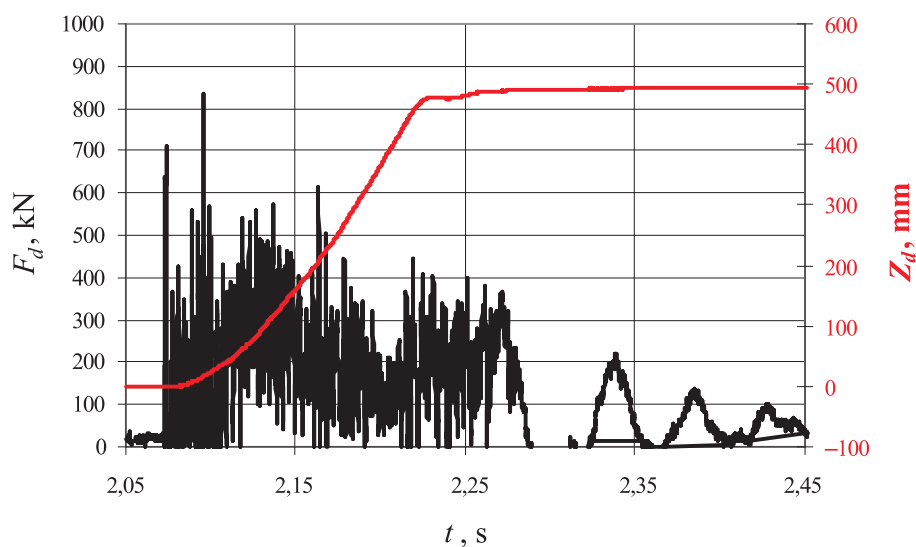
Całkowita energia dostarczona do złącza wynosi

$$E_c = E_k + (m_1 + m_2)gZ \text{ J} \quad (6)$$

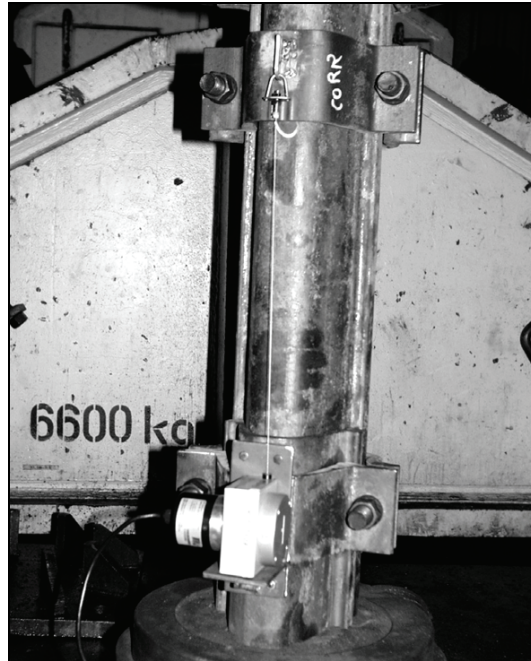
natomiast dynamiczny opór zsuwu N_d złącza obliczamy z zależności

$$N_d = \frac{E_c}{Z} \text{ N} \quad (7)$$

Przykładowy wykres siły oporu dynamicznego F_d oraz zsuwu Z_d złącz w funkcji czasu t dla strzemion dwujarzmowych przedstawiono na rysunku 5, a widok badanego złącza przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 5. Przykładowy wykres siły oporu dynamicznego F_d oraz zsuwu Z_d złącza SDw32/34/36 w funkcji czasu t ; $E_k = 33,6 \text{ kJ}$ ($H = 1,2 \text{ m}$)



Rys. 6. Złącze kształtowników w stanowisku badawczym

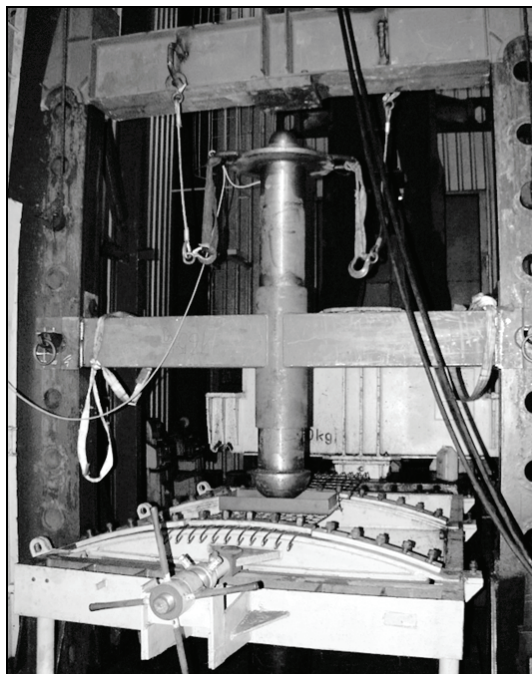
5. Badania okładzin siatkowych

Stanowisko do badań okładzin siatkowych przy obciążeniu dynamicznym za pomocą swobodnie spadającej masy uderowej wykorzystuje istniejące słupy prowadzące i trawersy stanowiska do badania stojaków oraz system pomiarowo rejestrujący. Zostało ono dodatkowo wyposażone w ramę, w której mocuje się badaną okładzinę siatkową. Rama ta zapewnia możliwość wstępnego napinania badanej okładziny siatkowej siłą rozciągającą o wartości 5 kN. Przedmiotowa rama mocująca siatkę umożliwia badanie wszystkich rodzajów okładzin górniczych stosowanych obecnie w polskim górnictwie. Na rysunku 7 przedstawiono widok stanowiska badawczego.

Okładzina górnicza, zgodnie z metodyką opracowaną w LBUM GIG, jest wstępnie obciążana za pomocą trawersy poprzez element dociskowy (trzcień zakończony kulistą czaszą lub belką) o łącznej masie $m_2 = 200$ kg oraz swobodnie spadającym na nią obciążnikiem o masie $m_1 = 445$ kg z wysokości (H).

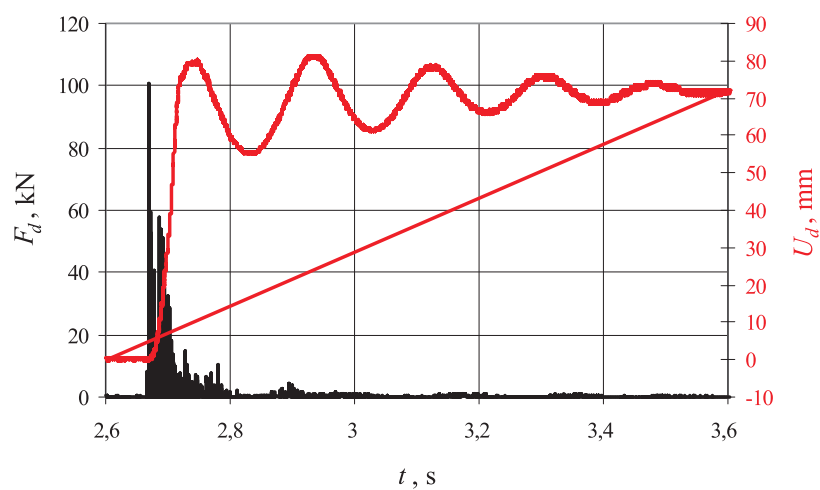
Podczas badania rejestrowana jest wartość siły obciążającej okładzinę siatkową oraz ugięcie okładziny.

Próby wykonuje się opuszczając masę m_1 na badaną siatkę zwiększając wysokość H , aż do utraty jej funkcjonalności).

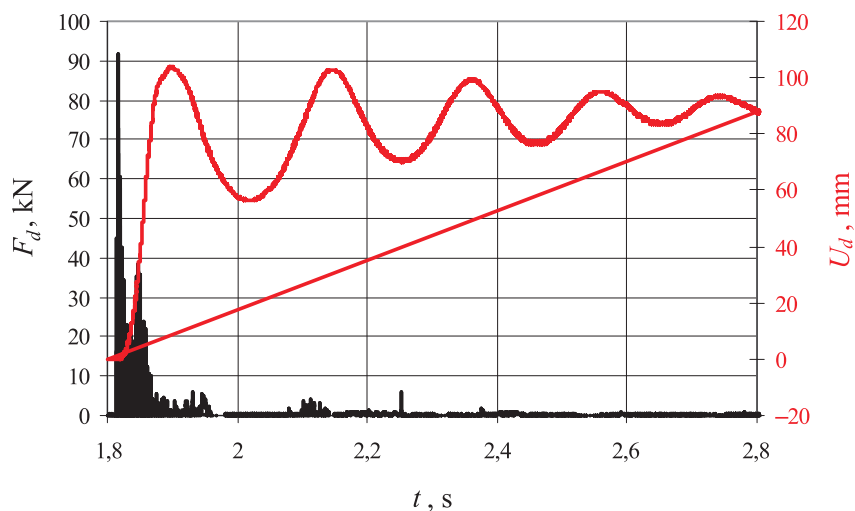


Rys. 7. Stanowisko do dynamicznych badań okładzin górniczych

Przykładowe wykresy zmian wartości siły oporu dynamicznego F_d oraz ugięcia U_d siatki w funkcji czasu t przedstawiono na rysunkach 8 i 9.



Rys. 8. Wykresy siły oporu dynamicznego F_d oraz ugięcia U_d siatki węzłowo-łańcuchowej o oczkach 50×100 mm (produkcji DEMEX), obciążonej czaszą w funkcji czasu t przy $H = 1,0$ m



Rys. 9. Wykresy siły oporu dynamicznego F_d oraz ugięcia U_d siatki węzłowo-łańcuchowej o oczkach 100×100 mm (produkcji POLMET), obciążonej czaszą w funkcji czasu t przy $H = 0,6$ m

6. Podsumowanie

Na podstawie stanowiskowych badań elementów obudów górniczych przy ich dynamicznym obciążeniu oraz analizy otrzymanych wyników możliwe było wyznaczenie charakterystyk pracy tych elementów. Poznano również charakter zjawiska niszczenia elementów obudowy i określono krytyczne miejsca w poszczególnych konstrukcjach. Te informacje pozwalają projektantom taką modyfikację konstrukcji elementów obudów, mającą na celu zwiększenie ich odporności dynamicznej, co bezpośrednio przyczynia się do podniesienia poziomu bezpieczeństwa załóg pracujących w ścianowych i korytarzowych wyrobiskach zagrożonych wstrząsami górotworu.

LITERATURA

- [1] PN-G-15537:1999: Górnicza obudowa zmechanizowana. Stojaki hydrauliczne. Badania
- [2] PN-EN 1804-2:2004: Maszyny dla górnictwa podziemnego. Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej. Część 2: Stojaki, podpory i siłowniki pomocnicze
- [3] PN-G-15536:1998: Górnicza obudowa indywidualna. Stojaki hydrauliczne centralnie zasilane. Badania
- [4] PN-G-15533:1997: Górnicza obudowa indywidualna. Stojaki cierne. Wymagania i badania

