

Jarosław Brodny*

WPŁYW OBCIĄŻENIA DYNAMICZNEGO NA CHARAKTERYSTYKĘ PRACY STOSOWANEGO W GÓRNICZEJ OBUDOWIE PODATNEJ ZŁĄCZA CIERNEGO Z KLINEM OPOROWYM

1. Wstęp

Obecne rozwiązania konstrukcyjne złączy ciernych, wykorzystywanych w odrzwiowych obudowach podatnych, charakteryzują się niestabilną pracą.

Przy obciążeniach statycznych siła przenoszona przez odrzwia rośnie do momentu rozpoczęcia zsuwu w złączy ciernym. W czasie zsuwu siła ta spada, aż do ponownego zablokowania się złącza ciernego. Następnie proces powtarza się, przy czym trudne do przewidzenia są wielkości zsuwów i wartości przenoszonych sił. Po kilku lub kilkunastu zsuwach następuje trwałe zablokowanie złącza. Powoduje to, że odrzwia stają się układem sztywnym.

Obciążenia przenoszone przez odrzwia przy obecnie stosowanych złączach ciernych stanowią przy pierwszym zsuwie średnio ok. 50% możliwości nośnych odrzwi (wyznaczonych dla układu sztywnego), a przy dalszych zsuwach wartość ta maleje nawet do ok. 30–40% [3, 4].

Przy obciążeniach dynamicznych charakterystyka pracy odrzwi jest również niekorzystna. W momencie zadziałania zewnętrznej siły dynamicznej odrzwia przenoszą obciążenie bez zsuwu w złączy. Odrzwia pracują jako sztywne do chwili rozpoczęcia zsuwu. W czasie zsuwu w złączy ciernym, który trwa najczęściej do całkowitego zablokowania się złącza zazwyczaj na skutek deformacji kształtowników lub strzemion, odrzwia nie zabezpieczają wyrobiska. Zakończenie zsuwu, najczęściej, powoduje ponowne usztywnienie całego układu.

Zasadne jest więc stwierdzenie, że przy obecnie stosowanych rozwiązaniach konstrukcyjnych złączy ciernych zsuwy występują przy stosunkowo niskich obciążeniach i niedostatecznie wykorzystywany jest potencjał nośny kształtowników, z jakich wykonane są odrzwia.

* Instytut Mechanizacji Górnictwa, Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska, Gliwice

Dla poprawienia stabilności i charakterystyki pracy złącza ciernych, przy obciążeniu statycznym i dynamicznym, opracowano nowe rozwiązanie konstrukcyjne, wykorzystujące dodatkowy element w postaci klina oporowego montowanego pomiędzy współpracującymi kształtownikami w złączu ciernym.

W artykule omówiono nową konstrukcję złącza ciernego z klinem oporowym oraz przedstawiono wyniki jej badań stanowiskowych. Zakres badań obejmował dynamiczne obciążenie złącza ciernego z klinem oporowym masą uderową spadającą z określonej wysokości.

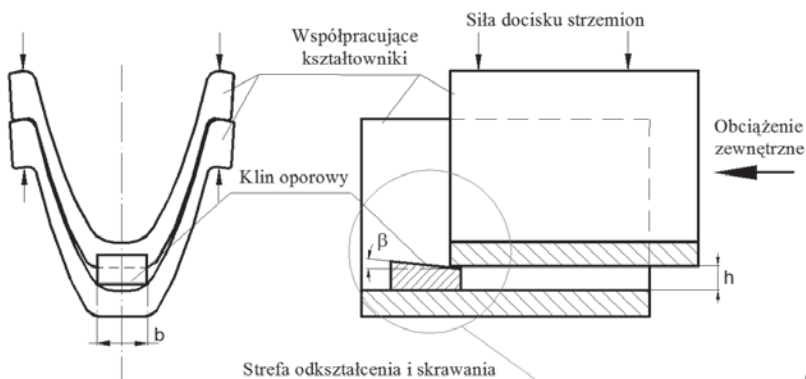
Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono charakterystyki pracy złącza ciernego z klinem oporowym, charakterystyki zmiany wartości sił osiowych w śrubach strzemion złącza oraz wielkości i przebiegi zsuwów w złączu ciernym.

Wyznaczono także zależność pomiędzy maksymalną wartością siły przenoszonej przez złącze cierne a wielkością kąta nachylenia tworzącej klina oporowego.

2. Charakterystyka konstrukcji złącza ciernego z klinem oporowym

Zastosowanie klina oporowego w złączu ciernym ma za zadanie zwiększenie oporów ruchu w czasie wystąpienia w nim zsuwu. Opory te związane są z procesem odkształcania się przemieszczającego się kształtownika i klina oraz ze skrawaniem klina oporowego.

Na rysunku 1 został przedstawiony uproszczony schemat złącza ciernego z klinem oporowym. Klin jest montowany pomiędzy współpracującymi kształtownikami, tak aby wypełnił wolną przestrzeń pomiędzy denkami kształtowników. W przedstawionym przykładzie jest on przyspawany do dna wewnętrznego kształtownika, ale możliwy jest również inny sposób jego montowania.



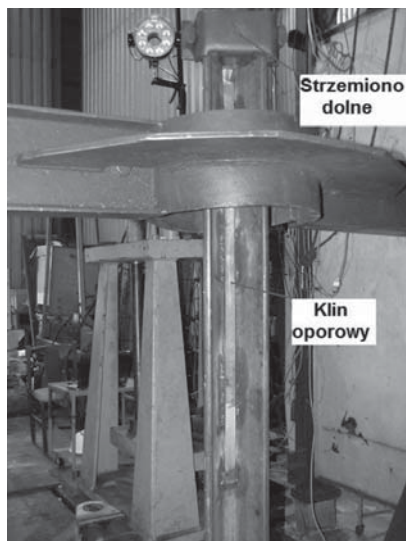
Rys. 1. Uproszczony schemat złącza ciernego z klinem oporowym

Wymiary geometryczne klina dobrano uwzględniając konieczność zapewnienia łatwego montażu oraz potrzebę regulacji oporów ruchu w czasie zsuwu w złączu ciernym. Szerokość klina b jest równa wewnętrznej szerokości denka kształtownika wewnętrznego, kąt nachylenia tworzącej klina β oraz jego długość dobiera się w zależności od oczekiwanych parametrów pracy złącza ciernego. Wartość kąta nachylenia tworzącej klina ma istotny wpływ na

chwilowe opory ruchu kształtowników, czyli na nośność i podatność złącza ciernego. Zwiększenie wartości tego kąta powoduje wzrost oporów ruchu w czasie zsuwu złącza, a co za tym idzie zmniejsza jego podatność i zwiększa nośność. Długość klina dobiera się w zależności od przewidywanej wielkości zsuwu w złączu.

Na parametry pracy złącza ciernego oprócz wymiarów geometrycznych wpływ ma także materiał, z jakiego jest wykonany klin.

Na rysunku 2 przedstawiono sposób montażu klina oporowego w złączu ciernym w czasie badań stanowiskowych. Klin został wykonany ze stali S235JR o szerokości 25 mm i kącie nachylenia tworzącej 6° . Wysokość klina h w cieńszym końcu jest równa wysokości szczeliny pomiędzy współpracującymi kształtownikami. Powoduje to, że opory ruchu w złączu ciernym rosną praktycznie od początku zsuwu.



Rys. 2. Sposób montażu klina oporowego w złączu ciernym w czasie badań stanowiskowych

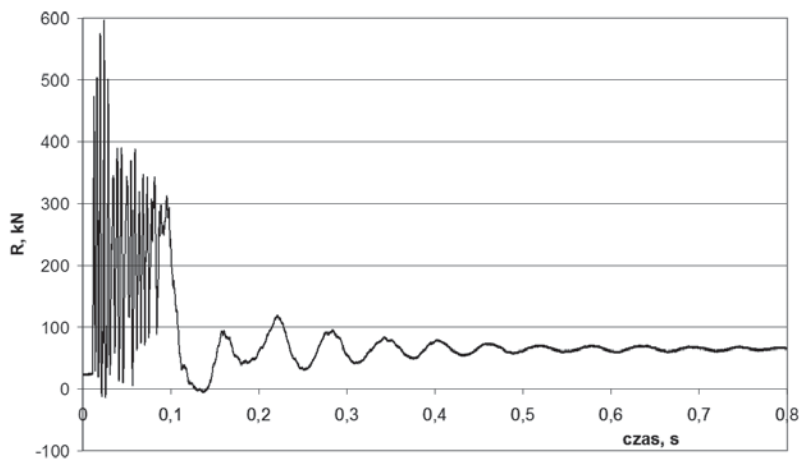
3. Wyniki badań

Złącze cierne wykonane z kształtowników V29 z dwoma strzemiętami SDO29 z klinem oporowym poddane zostało badaniom stanowiskowym. Badanie polegały na osiowym obciążeniu złącza ciernego masą uderową spadającą z określonej wysokości na trawersę spoczywającą na złączu.

W trakcie badania wyznaczana była charakterystyka dynamiczna złącza ciernego określająca zależność zmiany wartości siły przenoszonej przez złącze w funkcji czasu.

Rejestrowano także zmiany wartości sił osiowych w śrubach strzemięt. Zastosowanie kamery szybkoobrazkowej umożliwiło wyznaczenie zmian wartości przemieszczenia elementów złącza w czasie zsuwu.

Na rysunku 3 przedstawiono charakterystykę pracy złącza ciernego z klinem oporowym przy obciążeniu dynamicznym udarem masy 4000 kg spadającej z wysokości 0,5 m na trasę o masie 1600 kg spoczywającą na złączu.



Rys. 3. Charakterystyka pracy złącza ciernego z klinem przy obciążeniu udarem masy

Obciążenie przenoszone przez złącze cierne z klinem wzrasta w miarę zaciskania się złącza. Zastosowanie klina powoduje znaczne zwiększanie oporów zsuwu. W analizowanym przypadku maksymalna wartość siły przenoszonej przez złącze wyniosła 590 kN.

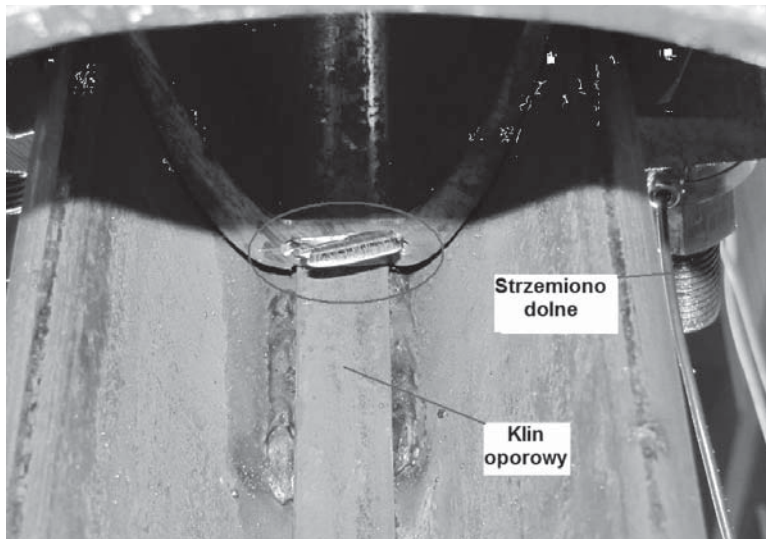
W celu określenia wpływu kąta nachylenia tworzącej klina oporowego na maksymalną wartości sił przenoszonych przez złącze cierne z klinem oporowym wyznaczono charakterystyki pracy złącza dla trzech różnych wartości tego kąta (tabela 1). Otrzymane wyniki jednoznacznie wskazują, że wraz ze wzrostem wartości tego kąta rośnie maksymalna wartość siły przenoszonej przez złącze cierne. Złącze staje się mniej podatne, co powoduje wzrost jego reakcji.

TABELA 1

Maksymalne wartości siły przenoszonej przez złącze cierne z klinem oporowym w zależności od nachylenia jego tworzącej

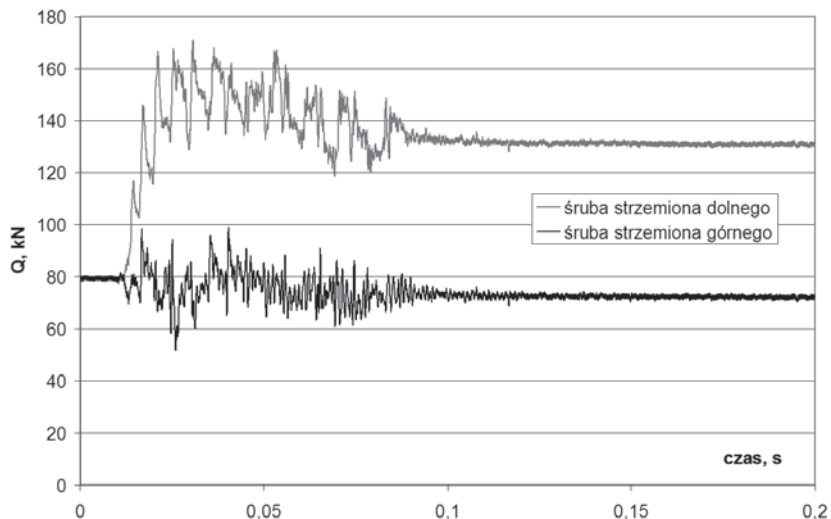
| Kąt nachylenia tworzącej klinaoporowego (β), ° | 6 | 12 | 30 |
|---|-----|-----|-----|
| Maksymalna wartość siły przenoszonej przez złącze cierne z klinem (R_{max}), kN | 590 | 650 | 760 |

Stan deformacji klina oporowego po badaniu został przedstawiony na rysunku 4. Widać wyraźnie, że w wyniku obciążenia doszło do skrawania klina. Analiza zmiany wartości sił osiowych w śrubach strzemion, a w szczególności w śrubach strzemiona dolnego (rys. 5), pozwala wnioskować, że nastąpiło także odkształcenie przemieszczającego się kształtownika.



Rys. 4. Stan deformacji klina w złączu ciernym w czasie zsuwu

Bardzo istotny wpływ na charakterystykę pracy złącza ciernego mają wartości sił osiowych w śrubach strzemion. Decydują one o jego podatności i nośności. Dlatego też w czasie badań złączy ciernych z klinem wyznaczono charakterystyki zmiany wartości sił osiowych w śrubach strzemion. Wykorzystano do tego celu czujniki tulejowe. Zastosowanie tych czujników umożliwiło także określenie wartości wstępnych sił osiowych w śrubach strzemion.

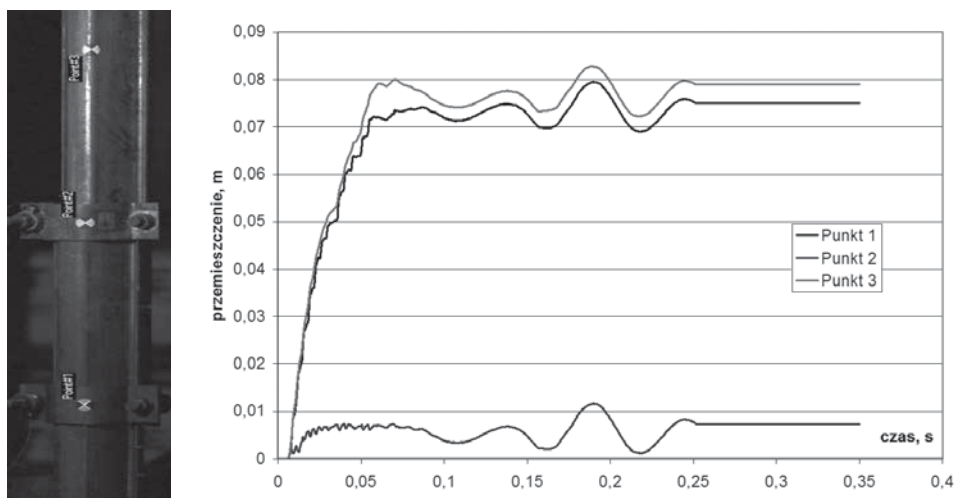


Rys. 5. Zmiany wartości sił osiowych w śrubach podczas badania złącza ciernego z klinem, uderzenie z wysokości 500 mm

W badaniach przyjęto, że wstępne wartości sił osiowych w śrubach strzemion będą wynosiły ok. 80 kN. Na rysunku 5 przedstawiono po jednej charakterystyce zmian wartości sił osiowych w śrubach dla każdego ze strzemion w czasie badania złącza ciernego z klinem oporowym. Strzemiono dolne znajdowało się bliżej klina oporowego.

Analizując otrzymane wykresy można stwierdzić, że zastosowanie klina oporowego spowodowało poprawę charakterystyk zmian wartości sił osiowych w śrubach strzemion. W śrubie strzemiona dolnego, montowanego od strony klina oporowego nastąpił wyraźny wzrost wartości siły osiowej, a w śrubie strzemiona górnego praktycznie nie nastąpiła zmiana wartości tej siły. Można zatem przyjąć, że zastosowanie klina oporowego powoduje samoczynny wzrost wartości sił osiowych w śrubach strzemion.

Wartości sił osiowych w śrubach strzemion mają także duży wpływ na wielkość zsuwu w złączu ciernym. W celu wyznaczenia przemieszczeń elementów złącza ciernego z klinem oporowym w czasie zsuwu przy obciążeniu udarem masy wykorzystano kamerę szybkoobrazkową. Sposób oznaczenia punktów na poszczególnych elementach złącza ciernego i ich przemieszczenia w czasie zsuwu przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Oznaczenie punktów i ich przemieszczenia w czasie zsuwu w złączu ciernym z klinem oporowym, k500-1(1)-Kr

Punkt 3 znajdował się na górnym przemieszczającym się w czasie zsuwu kształtowniku. Kształtownik ten poprzez zabieraki był połączony ze strzemionem dolnym, którego jarzmie dolnym znajdował się punkt 1. W czasie zsuwu charakterystyki przemieszczania się tych punktów są praktycznie identyczne. Nieco większe przemieszczenie punktu 3 jest wynikiem odkształcania się strzemiona. Punkt 2 został zlokalizowany na jarzmie dolnym strzemiona górnego, które poprzez zabieraki jest połączone z kształtownikiem dolnym, który w czasie zsuwu nie powinien się przemieszczać. W rzeczywistości

jednak na skutek drgań całego złącza ciernego oraz odkształcania się strzemięna górnego następuje przemieszczenie tego punktu, co jest widoczne na rysunku 6. Całkowita wartość zsuwu w złączu przedstawionym na rysunku 6 wyniosła 0,077 m.

4. Podsumowanie

Zastosowanie w złączu ciernym elementu konstrukcyjnego w postaci klina oporowego wpływa w sposób istotny na pracę całego złącza przy obciążeniu dynamicznym i powoduje istotny wzrost wartości sił przez nie przenoszonych. Do wywołania zsuwu w złączu ciernym z klinem konieczne jest użycie siły zewnętrznej o większej wartości niż w przypadku złącza bez klina oporowego [2]. Jest to spowodowane wzrostem oporów ruchu w czasie zsuwu na skutek skrawania klina i jego deformacji połączonej z deformacją przesuwanego kształtownika.

Zwiększenie oporów ruchu w czasie zsuwu w złączu z klinem oporowym powoduje wzrost nośności złącza przy zmniejszonej podatności w stosunku do złącza ciernego bez klina. Wpływa to na poprawę charakterystyki pracy złącza umożliwiając pełniejsze wykorzystanie nośności kształtowników przy jednoczesnym zachowaniu podatności.

Dobór parametrów geometrycznych klina oraz materiału, z jakiego zostanie on wykonany, daje możliwość wpływu na charakterystykę pracy złącza ciernego, w którym będzie on wykorzystywany.

Wyznaczone dla trzech różnych kątów nachylenia tworzącej klina oporowego charakterystyki pracy złącza ciernych świadczą o tym, że poprzez odpowiedni dobór parametrów geometrycznych klina można w sposób istotny wpływać na tę charakterystykę i na regulację siły nośnej złącza. Można tak dobrać kształt klina, aby jego kontakt z profilem nastąpił po jednym lub kilku prognozowanych zsuwach. W tym przypadku po pierwszych zsuwach, spowodowanych np. statycznym oddziaływaniem górotworu, nastąpi wzrost nośności złącza i dalsze jego upodatnianie będzie wymagało znacznie większego obciążenia.

Zastosowanie klina spowodowało wzrost wartości sił osiowych w śrubach strzemięna. Ma to bardzo istotne znaczenie dla poprawnej pracy złącza ciernego. W czasie zsuwów w złączu ciernym bez klina oporowego następuje bowiem istotne zmniejszenie wartości tych sił [1]. Zastosowanie klina powoduje, że siły te rosną bez konieczności dodatkowego dokręcania śrub, co w przypadku złącza bez klina jest konieczne dla zapewnienia odpowiednich sił docisku współpracujących kształtowników.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że przedstawione rozwiązanie konstrukcyjne wpływa na poprawę parametrów pracy złącza ciernego przy jego obciążeniu dynamicznym i powinno znaleźć praktyczne zastosowanie w odrzwiach obudowy podatnej i w stojakach ciernych.

Konstrukcja ta powinna wpłynąć na bardziej efektywne wykorzystanie parametrów wytrzymałościowych obudów podatnych, co wiąże się z poprawą bezpieczeństwa pracy w górnictwie oraz na poprawą parametrów ekonomicznych.

LITERATURA

- [1] *Brodny J.*: Analiza pracy złącza ciernego z klinem. Przegląd Górniczy nr 11/2010, Katowice 2010, s. 69–73
- [2] *Brodny J.*: Wpływ obciążenia dynamicznego na parametry pracy złącza ciernego. Kwartalnik Akademii Górniczo-Hutniczej, Górnictwo i Geoinżynieria. Oddany do druku. Kraków 2011
- [3] *Brodny J., Gluch P.*: Wyznaczanie charakterystyki pracy złącza ciernego. XVII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „TEMAG”, Gliwice 2009
- [4] *Stoiński K.*: Wybrane problemy współpracy obudowy wyrobisk górniczych z górotworem w warunkach obciążeń dynamicznych — tąpnięć. ZN Pol. Śl., Zeszyt 171, Gliwice 1988