



### Analiza wpływu wybranych wielkości charakteryzujących złącze cierne na jego parametry pracy

Analysis of the influence of selected quantities characterizing the frictional joint on its operational parameters

Dr hab. inż. Jarosław Brodny, prof. ndzw. w Pol. Śl\*<sup>\*)</sup>

**Treść:** Uwzględniając istotną rolę, jaką w obudowie podatnej wyrobisk korytarzowych pełni złącze cierne, w artykule dokonano analizy wpływu wybranych wielkości charakteryzujących złącze na parametry jego pracy. W oparciu o wyniki badań stanowiskowych określono wpływ typu zastosowanych strzemion w złączu ciernym, siły docisku współpracujących kształtowników, tarcia między nimi oraz klina oporowego na wartość siły przenoszonej przez złącze (jego nośność) oraz wielkość zsuwu (jego podatności). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że poprzez odpowiedni dobór typu strzemion do złącza ciernego, wstępnych wartości sił osiowych w śrubach strzemion oraz zastosowania dodatkowych elementów konstrukcyjnych, np. w postaci klina oporowego, można w sposób istotny wpływać na parametry pracy złącza, a tym samym na parametry pracy całej obudowy podatnej.

**Abstract:** Frictional joint is the crucial part of the friction props and yielding steel frames of roadways. It constitutes a constructional connection and have decisive influence on the basic operational parameters of the steel frames and props, i.e. their loading capacity and yielding capacity. Taking into account a significant role, played by the frictional joint in yielding support of roadways, this paper presents an analysis of the influence of the selected quantities characterizing the joint on its operational parameters. Basing on the results of stand tests, the paper shows the influence of stirrups applied in the frictional joint, pressing force of cooperating sections, friction between them and resistance wedge, on the value of force transmitted by the joint (its load capacity) and the magnitude of the yield (its yielding capacity). Basing on the obtained results, it was found that by the proper selection of these quantities, one can significantly influence on the operational parameters of the joint, thereby on the operational parameters of the entire yielding support.

#### Słowa kluczowe:

obudowa podatna, obudowa górnicza, złącze cierne

#### Key words:

yielding support, mining support, frictional joint

## 1. Wprowadzenie

Podstawowym zadaniem obudowy górniczej jest zabezpieczenie podziemnych wyrobisk przed deformacyjnym oddziaływaniem górotworu. Cechą charakterystyczną obudowy podatnej wyrobisk korytarzowych, wykonanej z profilowanych kształtowników stalowych, jest możliwość samoczynnej zmiany gabarytów w czasie pracy. Pod wpływem obciążenia zewnętrznego mogą bowiem występować przemieszczenia (zsuwy) współpracujących kształtowników, po których obudowa przechodzi w nowy stan równowagi i w dalszym ciągu zapewnia ochronę wyrobiska. Stanowi to, obok

prostej konstrukcji, łatwości zabudowy oraz niskich kosztów, podstawową zaletę tej obudowy [3, 6, 9].

Możliwość wzajemnego przemieszczania się kształtowników odrzwi i stojaków ciernych pod wpływem obciążenia zewnętrznego zapewniają złącza cierne, w których wykorzystuje się zjawisko tarcia między współpracującymi kształtownikami. W wyniku docisku w złączu ciernym kształtowników na ich stykających się powierzchniach powstają siły tarcia statycznego i kinetycznego, które decydują o parametrach pracy złącza.

O parametrach tych, oprócz współczynników tarcia statycznego i kinetycznego między stykającymi się powierzchniami współpracujących kształtowników, w dużej mierze decydują więc strzemiona, które zapewniają odpowiednią siłę docisku między tymi kształtownikami. Wartość siły

\*<sup>\*)</sup> Politechnika Śląska, Gliwice

docisku jest równa sumie wartości sił osiowych w śrubach strzemion. W czasie montażu złączy ciernych siły osiowe w śrubach strzemion są wynikiem działania momentu, z jakim są dokręcane ich nakrętki. Bardzo istotny wpływ na wartości tych sił mają także wartości współczynników tarcia w gwintach śrub i na powierzchniach oporowych nakrętek i kołnierzy jarzm strzemion [1, 5].

Uwzględniając powyższe uwagi przyjęto, że wielkościami, których wpływ na parametry pracy złącza ciernego zostanie rozpatrzony będą: wartość siły, z jaką dociskane są kształtowniki współpracujące w złączu ciernym oraz stan stykających się powierzchni tych kształtowników. Stan ten decyduje bowiem o wartości współczynników tarcia statycznego i kinetycznego między tymi powierzchniami.

Ponieważ o wartości siły docisku w złączu decydują strzemiona, w pracy przedstawiono także wyniki badań, których celem było określenie wpływu typu zastosowanych w złączu ciernym strzemion na jego parametry pracy. Analizowano także wpływ nowego elementu konstrukcyjnego w postaci klina oporowego montowanego między współpracującymi kształtownikami na parametry pracy złącza ciernego.

Podstawowym celem użytecznym przeprowadzonej analizy było określenie, które z charakteryzujących złącze ciernie wielkości i w jakim zakresie wpływają na parametry jego pracy. Jednocześnie analizę przeprowadzono pod kątem określenia, w jaki praktyczny sposób można poprzez zmianę tych wielkości wpływać na parametry pracy złącza ciernego dostosowując je do warunków pracy.

## 2. Wpływ typu strzemion na parametry pracy złącza ciernego

Strzemiona mają bardzo istotny wpływ na pracę złącza ciernego. Oprócz połączenia konstrukcyjnego, ich zadaniem jest zapewnienie odpowiedniej siły docisku między współpracującymi kształtownikami przez cały okres pracy złącza ciernego. Siła ta decyduje o parametrach pracy złącza, a w dalszej kolejności o pracy stojaków ciernych i odrzwi obudowy.

Uwzględniając fakt obecności na rynku wielu różnych konstrukcji strzemion, przyjęto, iż typ zastosowanych strzemion w złączu ciernym ma wpływ na parametry jego pracy. W celu określenia tego wpływu przeprowadzono badania stanowiskowe złączy ciernych poddanych statycznemu osiowemu ściskaniu.

Badania przeprowadzono dla złączy wykonanych z kształtownika V29 z dwoma strzemionami typu SDO29, SKL29, KX29 i KX29W oraz dla nowej wzmocnionej konstrukcji

strzemienia typu SDO29w, której widok przedstawiono na rysunku 1.

Dla każdego ze złączy ciernych przeprowadzono badania dla pięciu różnych wartości wstępnych sił osiowych w ich śrubach lub kabłąkach. W czasie badań wyznaczono przebiegi czasowe wartości siły  $R$  przenoszonej przez złącze, przemieszczenia  $z$  zsuwającego się kształtownika oraz wartości sił osiowych  $Q$  w śrubach strzemion.

W oparciu o uzyskane przebiegi wyznaczono zależności między maksymalnymi wartościami siły  $R_{max}$  przenoszonymi przez złącza ciernie (maksymalne nośności) a wartością wstępnej siły  $N$  docisku współpracujących kształtowników (rys. 2). Wstępna siła docisku jest sumą wartości wstępnych sił osiowych w śrubach strzemion lub kabłąków.

Analizując otrzymane zależności, można stwierdzić, iż wraz ze wzrostem wartości wstępnych sił osiowych w śrubach strzemion zwiększają się różnice pomiędzy maksymalnymi wartościami sił przenoszonych przez złącza ciernie, w zależności od typu strzemion zastosowanych w danym złączu.

Można więc przyjąć, że typ zastosowanych strzemion ma wpływ na parametry pracy złącza ciernego.

W zakresie przeprowadzonych badań dla wartości wstępnej siły osiowej w każdej ze śrub strzemienia wynoszącej do 90 kN różnice w wartościach przynoszonych obciążeń przez złącza są niewielkie. Przy wartościach wstępnej siły osiowej w śrubie wynoszących 100 kN i 110 kN, zanotowano wyraźne różnice między maksymalnymi wartościami sił przenoszonych przez badane złącza.

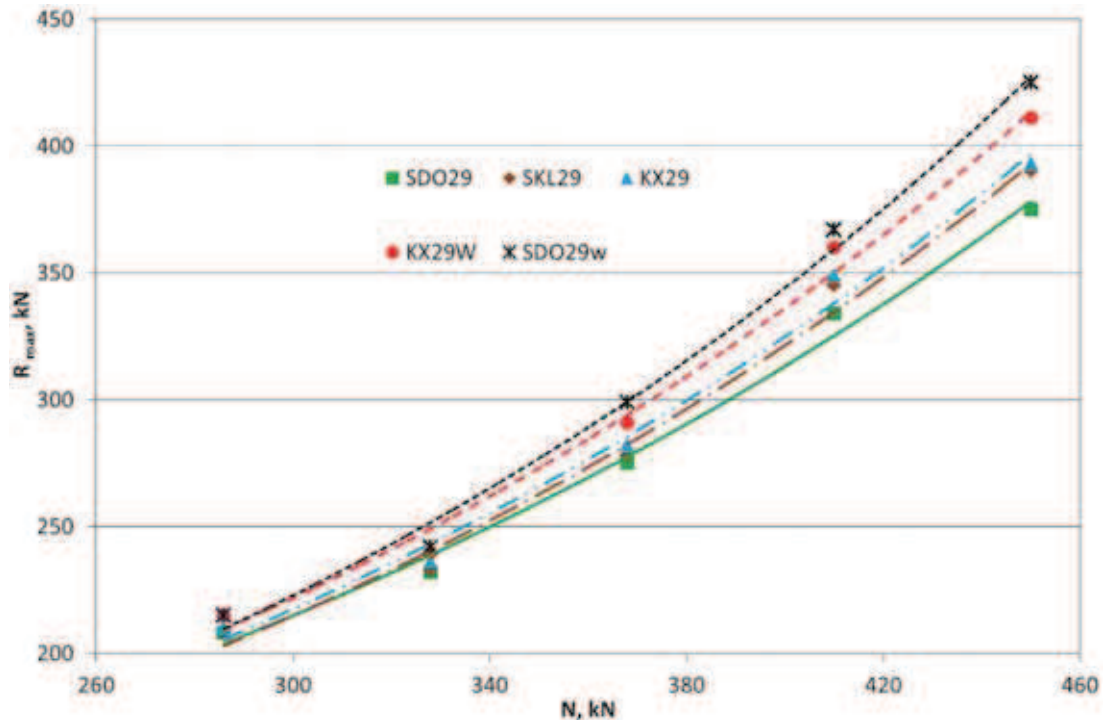
Spośród obecnie stosowanych strzemion najwyższe wartości maksymalnej siły przenoszonej przez złącze zanotowano dla złączy ze strzemionami o jarzmach wykonanych ze staliwa typu KX29W, a najniższe dla złączy ze strzemionami typu SDO29.

Bardzo dobre wyniki zarejestrowano dla złączy ciernych z strzemionami typu SDO29w. Wraz ze wzrostem wartości wstępnych sił osiowych w śrubach tych strzemion rośnie wartość siły przenoszonej przez złącza z tymi strzemionami w stosunku do pozostałych złączy. Dla wstępnej wartości siły osiowej w każdej ze śrub tych strzemion wynoszącej 110 kN wzrost maksymalnej siły przenoszonej przez to złącze w stosunku do złącza ze strzemionami typu SDO29 wyniósł ok. 14%. Przyczyną tych wzrostów jest wzmocnienie kołnierzy jarzma dolnego tego strzemienia, co istotnie poprawiło jego sztywność w stosunku do strzemienia typu SDO29.

W przypadku złączy ze strzemionami typu SKL29 i KX29, w których jarzma wykonane są z żeliwa, uzyskane maksymalne wartości przenoszonej przez nie siły w całym zakresie zmian wartości wstępnych sił osiowych w kabłąkach są bardzo zbliżone.



Rys. 1. Widok złącza ciernego z dwoma strzemionami typu SDO29w  
Fig. 1. View of frictional joint with two stirrups SDO29w



Rys. 2. Zależności maksymalnej wartości siły  $R_{max}$  przenoszonej przez złącze cierne od wartości wstępnej siły  $N$  docisku współpracujących kształtowników

Fig. 2. Relationship between the maximum value of the force ( $R_{max}$ ) transmitted by frictional joint and the value of preliminary force ( $N$ ) which presses down the cooperating sections

### 3. Wpływ siły docisku współpracujących kształtowników na parametry pracy złącza cierne

Jak już stwierdzono, bardzo istotny wpływ na parametry pracy złącza cierne ma siła docisku współpracujących kształtowników. Siła ta jest wynikiem działania strzemion, w których wykorzystuje się połączenie gwintowe.

W złączach ciernych obudowy podatnej mamy do czynienia z tzw. połączeniami gwintowymi sprężonymi (ze wstępnym obciążeniem) [5]. Połączenia te charakteryzują się tym, że w fazie montażu stojaków ciernych i odrzwi obudowy podatnej są obciążone zaciskiem wstępnym powodującym wystąpienie wstępnych sił osiowych w śrubach lub kabłąkach strzemion.

Obecnie przyjmuje się, że miarą siły, z jaką są dociskane współpracujące w złączu ciernym kształtowniki, jest wartość momentu, z jakim dokręca się nakrętki ich śrub lub kabłąków [4, 6, 7, 8, 10]. Wyniki badań dowodzą, że korzystając z powyższego założenia, nie można w pełni zdefiniować siły, z jaką są dociskane kształtowniki w złączu ciernym [1, 2]. Rzeczywiste wartości sił osiowych w śrubach strzemion są bowiem zależne nie tylko od wartości momentu, z jakim są dokręcane nakrętki śrub, lecz także od wartości sił tarcia w gwincie śruby i pomiędzy powierzchniami oporowymi nakrętki i kołnierza jarzma strzemienia [1, 5].

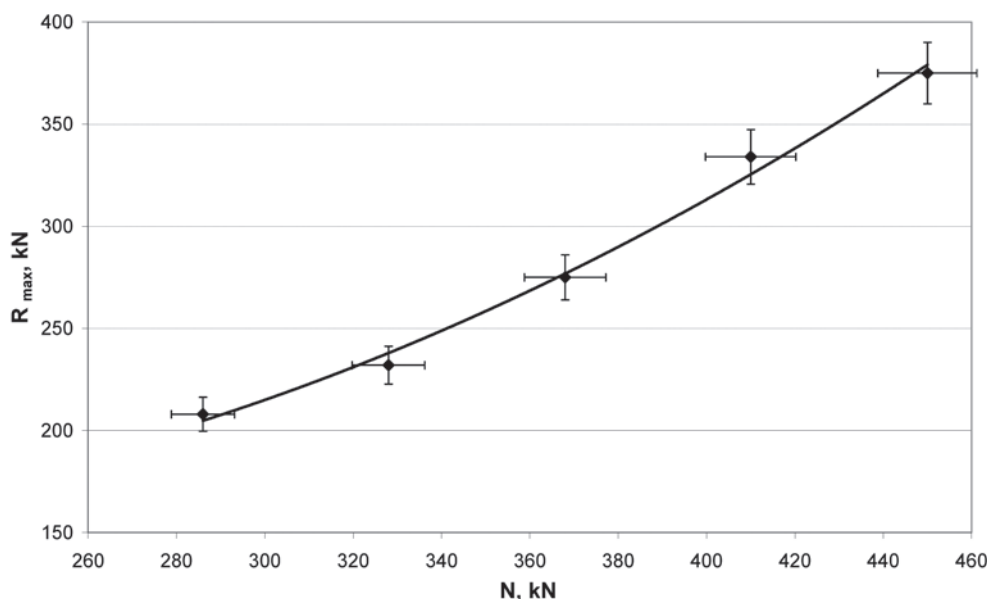
Pominięcie tarcia w gwincie śruby oraz pomiędzy powierzchniami oporowymi nakrętki i kołnierza jarzma strzemienia jest dużym uproszczeniem, czego konsekwencją mogą być istotne rozbieżności pomiędzy wartościami sił osiowych w śrubach dokręcanych tą samą wartością momentu.

Jak istotny wpływ na maksymalną wartość siły ( $R_{max}$ ) przenoszonej przez złącze cierne ma sumaryczna wartość wstępnych sił osiowych ( $N$ ) w śrubach strzemion tych złączy dowodzi zależność przedstawiona na rysunku 3. Zależność ta wyznaczona została dla złączy ciernych wykonanych z kształtownika V29 z dwoma strzemionami typu SDO29, poddanych statycznemu osiowemu ściskaniu.

Analizując tą zależność, można stwierdzić, że wartości wstępnych sił osiowych w śrubach strzemion mają bardzo istotny wpływ na wartość maksymalnej siły przenoszonej przez złącze cierne (jego maksymalną nośność). Wzrost wartości tych sił powoduje wzrost siły tarcia statycznego i kinetycznego w złączu, co przekłada się na wzrost jego nośności. W 95% badanych złączy ciernych wartość maksymalnej siły, jaką przenosi złącze cierne jest równa wartości siły zrywającej złącze, czyli sile, przy której dochodzi w złączu do pierwszego zsuwu.

Uwzględniając uzyskaną zależność oraz fakt, iż w praktyce górniczej przy montażu obudowy podatnej podaje się tylko wartość momentu, z jakim dokręca się nakrętki śruby lub kabłąków strzemion przeprowadzono badania wpływu wartości tego momentu na wartość siły osiowej w śrubie.

W wyniku przeprowadzonych badań wyznaczono wartości sił osiowych w śrubach strzemion przy danych wartościach momentów, z jakimi dokręca się ich nakrętki z uwzględnieniem stanu ich powierzchni. Badania przeprowadzono dla śrub M24 dla sześciu najczęściej obecnie zalecanych wartości momentu dokręcenia nakrętek śrub lub kabłąków oraz dla trzech stanów ich powierzchni gwintowych (suche, smarowane olejem przekładniowym i smarem grafitowym). Uzyskane wyniki ujęto w tablicy 1.



Rys. 3. Zależność maksymalnej wartości siły przenoszonej przez złącze cierne od sumarycznej wartości wstępnych sił osiowych w śrubach strzemion

Fig. 3. Relationship between the maximum value of the force transmitted by friction joint and the total value of preliminary axial forces in the bolts of stirrups

Tablica 1. Zestawienie wartości sił osiowych ( $Q$ ) w śrubach strzemion dla różnych wartości momentu dokręcenia ich nakrętek z uwzględnieniem stanu ich powierzchni

Table 1. Summary of axial force values ( $Q$ ) in the bolts of stirrups for different values of their nut torque including their surface condition

	350 Nm	400 Nm	450 Nm	500 Nm	550 Nm	600 Nm
Suche	78	95	107	114	122	131
Olej	92	104	120	132	148	160
Smar grafitowy	108	125	141	156	167	181

Źródło: Opracowanie własne

Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, jak istotny wpływ na wartość siły osiowej w śrubie strzemiona ma stan powierzchni połączenia gwintowego. Dla tej samej wartości momentu, z jakim były dokręcane nakrętki śrub strzemion, w zależności od tego czy połączenie było smarowane czy nie, uzyskano znacznie różniące się wartości sił osiowych w tych śrubach. W zakresie przeprowadzonych badań dla tych samych wartości momentu, z jakim były dokręcane nakrętki śrub, różnice wartości sił osiowych w śrubach suchych i smarowanych smarem grafitowym wynoszą w granicach od 31% dla momentu 400 Nm do 38% dla momentów wynoszących 550 Nm i 600 Nm.

Przy smarowaniu połączenia gwintowego smarem grafitowym wartość siły osiowej w śrubie w granicach  $110 \pm 5$  kN zostanie osiągnięta przy momencie dokręcenia wynoszącym 350 Nm. Uwzględniając zależność przedstawioną na rysunku 3, można przyjąć, że jest to wystarczająca wartość siły osiowej dla zapewnienia odpowiedniej nośności złącza cierne.

W celu określenia wpływu siły docisku współpracujących kształtowników na parametry pracy złącza ciernych przeprowadzono także badania stanowiskowe złącza obciążonych dynamicznie udarem swobodnie spadającej masy [1]. Wyniki tych badań w postaci zależności między maksymalną wartością siły  $R_{max}$  przenoszonej przez złącze cierne a wartością wstępnej siły  $N$ , z jaką dociskane były współpracujące

w złączu kształtowniki, z uwzględnieniem energii uderu  $E$  przedstawiono na rysunku 4.

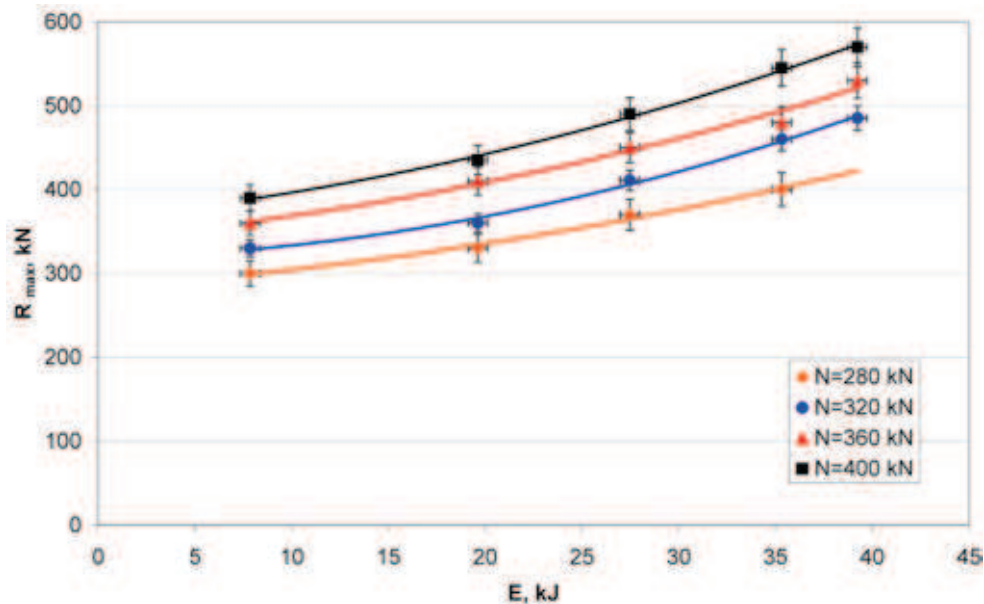
Analiza uzyskanych wyników jednoznacznie wskazuje, że dla wszystkich badanych energii uderu wraz ze wzrostem wartości wstępnej siły, z jaką dociskane są w złączu ciernym współpracujące kształtowniki rośnie maksymalna wartość siły przenoszonej przez złącze cierne (maksymalna nośność dynamiczna złącza ciernego).

W przypadku badań dynamicznych wyznaczono także zależności między całkowitą wartością przemieszczenia ( $z_c$ ) zsuwającego się kształtownika a wstępną wartością siły ( $N$ ) docisku kształtowników współpracujących w złączu ciernym dla różnych wartości energii uderu ( $E$ ) (rys. 5).

Na podstawie wyznaczonych zależności można stwierdzić, że wraz ze wzrostem wartości wstępnej siły, z jaką dociskane są w złączu ciernym współpracujące kształtowniki, maleje całkowita wartość przemieszczenia kształtownika zsuwającego się w złączu ciernym.

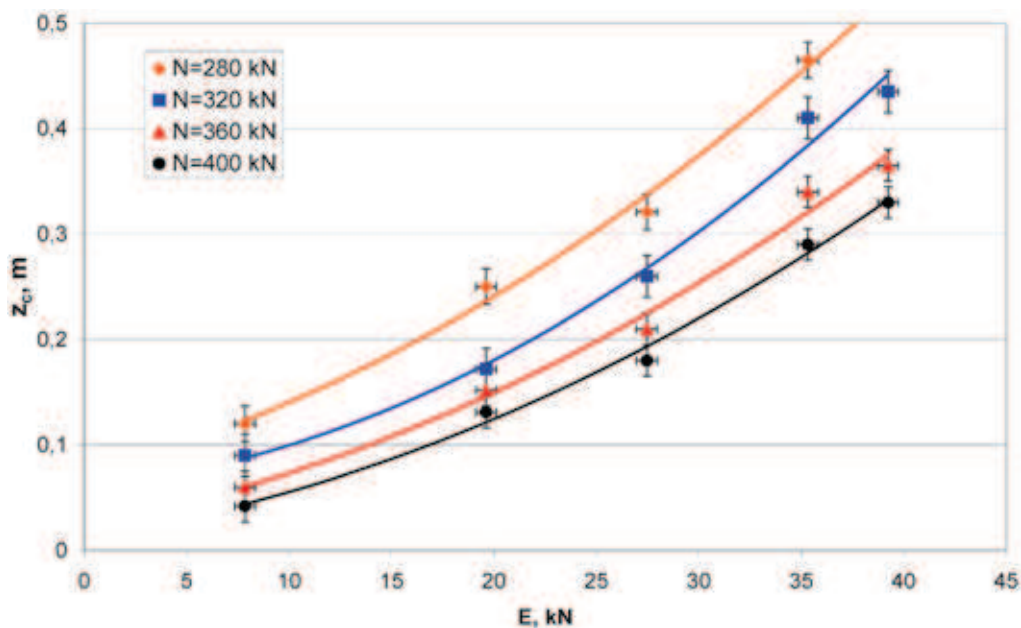
Reasumując, można stwierdzić, że wartość wstępna siły, z jaką dociskane są współpracujące w złączu ciernym kształtowniki (będąca sumą wstępnych wartości sił osiowych w śrubach strzemion), ma bardzo istotny wpływ na parametry pracy złącza ciernego. Wzrost wartości tej siły powoduje wzrost nośności złącza przy jednoczesnym zmniejszeniu jego podatności.





Rys. 4. Zależności maksymalnej wartości siły przenoszonej przez złącze ciernie od energii uderu dla różnych wartości wstępnej siły docisku współpracujących kształtowników

Fig. 4. Relationship between the maximum value of the force transmitted by the friction joint and the impact energy value for different preliminary values of force which presses down the cooperating sections



Rys. 5. Zależności całkowitego przemieszczenia zsuwającego się w złączu ciernym kształownika od energii uderu dla różnych wartości wstępnej siły docisku współpracujących kształtowników

Fig. 5. Relationships between the total displacement value of the yielding shaped section and the value of impact energy for different preliminary values of force which presses down the cooperating sections

#### 4. Wpływ tarcia między współpracującymi kształtownikami na pracę złącza ciernego

Oprócz siły docisku między współpracującymi kształtownikami bardzo istotny wpływ na parametry pracy złącza ciernego mają także wartości współczynników tarcia statycznego i kinetycznego między ich stykającymi się powierzchniami. Ilościowe wartości sił tarcia statycznego i kinetycznego, które decydują o parametrach pracy złącza ciernego.

Ilościowe określenie wpływu wartości współczynników tarcia na parametry pracy złącza ciernego na podstawie badań stanowiskowych jest zadaniem bardzo trudnym i do chwili obecnej nie przeprowadzono takich badań. Oczywiście jest jednak, że wzrost wartości tych współczynników powoduje zwiększenie oporów ruchu w złączu, co przekłada się na wzrost nośności i zmniejszenie podatności złącza ciernego.

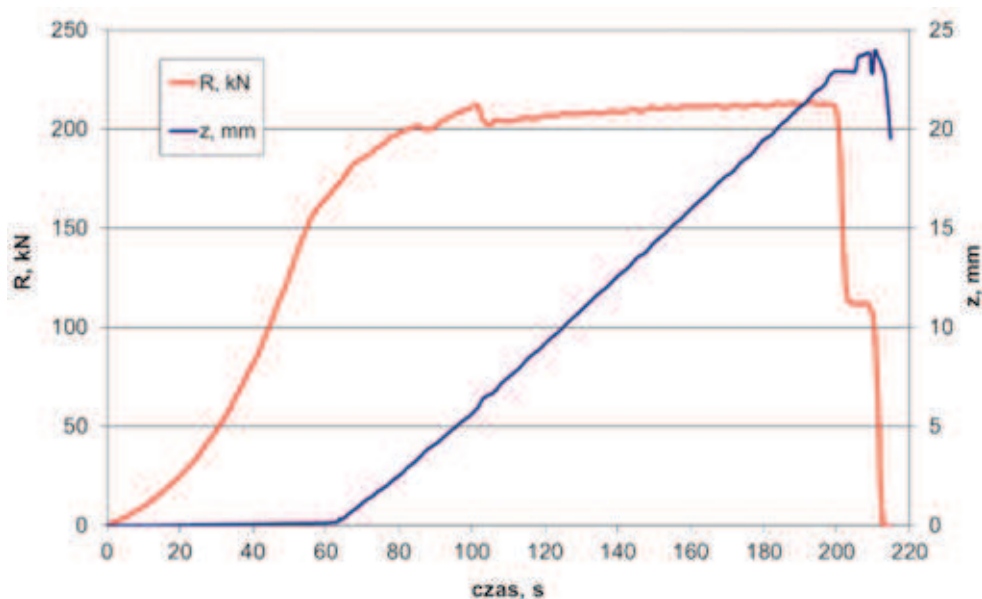
Jakościowo założenie to potwierdzają wyniki badań stanowiskowych złączy ciernych wykonanych z kształtowników sezonowanych od kilku do kilkudziesięciu dni.

Celem tych badań było określenie wpływu czasu sezonowania kształtowników na wartość siły zrywającej złącze cierne. Wydłużenie czasu sezonowania kształtowników wpłynęło bowiem na zwiększenie stopnia skorodowania ich powierzchni, co spowodowało, iż między powierzchniami stykających się kształtowników wystąpiła dodatkowa warstwa skorodowanego materiału.

Na rysunku 6 przedstawiono przebiegi czasowe siły ( $R$ ) przenoszonej przez złącze oraz przemieszczenia ( $z$ ) zsuwającego się kształtownika, dla złącza ciernego wykonanego z kształtowników sezonowanych przez okres 6 miesięcy, których powierzchnie charakteryzował znaczny stopień skorodowania.

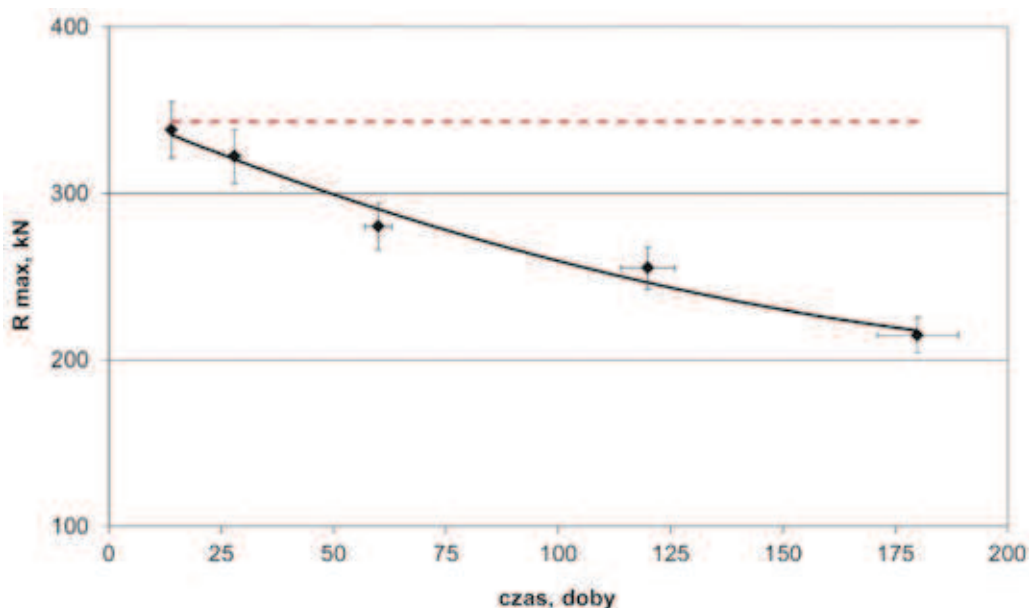
W badanym złączu nie doszło do wystąpienia nagłego zsuwu. Przemieszczanie zsuwającego się kształtownika następowało w sposób płynny i jednostajny. Niestety maksymalna wartość siły przenoszonej przez to złącze była stosunkowo niska i wyniosła 215 kN, podczas gdy w takim samym złączu wykonanym z kształtowników nieskorodowanych wartość tej siły wynosi ok. 340 kN.

Na podstawie przeprowadzonych badań określono zależność między czasem sezonowania kształtowników a maksymalną wartością siły ( $R_{max}$ ) przenoszonej przez złącza z nich wykonane (rys. 7).



Rys. 6. Charakterystyka pracy złącza ciernego wykonanego z kształtowników sezonowanych przez okres 6 miesięcy

Fig. 6. Operation characteristics of frictional joint made from sections seasoned over six months



Rys. 7. Wpływ czasu sezonowania kształtowników na maksymalną wartość siły przenoszonej przez złącze

Fig. 7. Influence of the time of seasoning sections on the maximum value of the force transmitted by a friction joint

Analiza uzyskanej zależności wskazuje, że wraz ze wzrostem stopnia skorodowania współpracujących w złączu kształtowników następuje zmniejszenie maksymalnej wartości siły przenoszonej przez złącze (jego nośności).

Zwiększanie się warstwy skorodowanego materiału spowodowało, iż w coraz większym stopniu między powierzchniami stykających się kształtowników, zamiast tarcia suchego występowało tarcie półsuche, półpłynne lub płynne. Wszystkie te rodzaje tarcia charakteryzują się znacznie niższymi współczynnikami tarcia statycznego i kinetycznego w stosunku do tarcia suchego. Wynikiem tych procesów jest istotne zmniejszenie nośności złączy ciernych.

Uzyskane wyniki jednoznacznie potwierdzają przyjęte wcześniej założenie, że zmniejszenie wartości współczynników tarcia między stykającymi się powierzchniami współpracujących kształtowników wpływa na zmniejszenie nośności złącza ciernego.

## 5. Wpływ klina oporowego na parametry pracy złącza ciernego

W celu poprawy parametrów pracy złącza ciernego opracowano nową jego konstrukcję z klinem oporowym montowanym między współpracującymi kształtownikami [2].

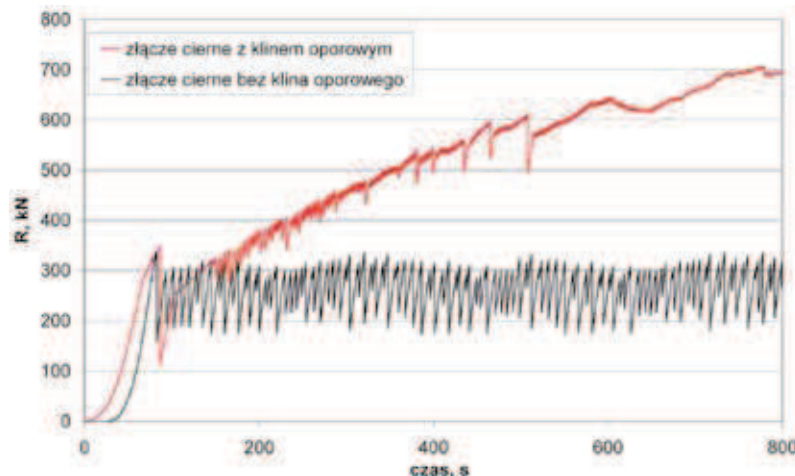
Celem zastosowania klina oporowego było zwiększenie oporów ruchu w złączu, co przełożyło się na wzrost jego nośności.

Na rysunku 8 przedstawiono charakterystyki pracy prostych złączy ciernych z klinem i bez klina oporowego poddanych statycznemu osiowemu ścisnieniu. Złącza wykonano z kształtownika V29 z dwoma strzemiętami typu SDO29.

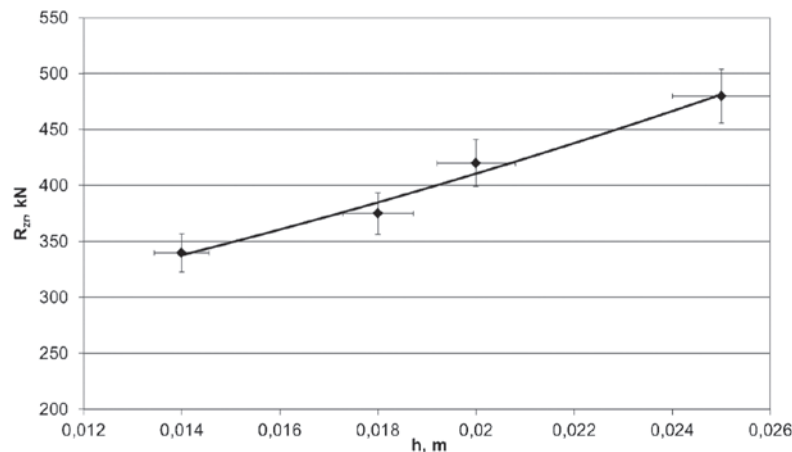
Porównując wyznaczone charakterystyki, można stwierdzić, że zastosowanie klina oporowego w złączu ciernym powoduje znaczny wzrost wartości siły przenoszonej przez to złącze (jego nośności) w stosunku do złącza bez klina oporowego. W złączu z klinem oporowym wartość siły przez nie przenoszonej wzrasta w miarę przemieszczania zsuwającego się kształtownika, co jest wynikiem wzrostu oporów ruchu wynikających z działania klina oporowego.

Wpływ klina oporowego na parametry pracy złącza ciernego jest uzależniony od jego geometrii, materiału, z jakiego jest wykonany oraz jego lokalizacji w stosunku do krawędzi dolnej przemieszczającego się kształtownika [1, 2].

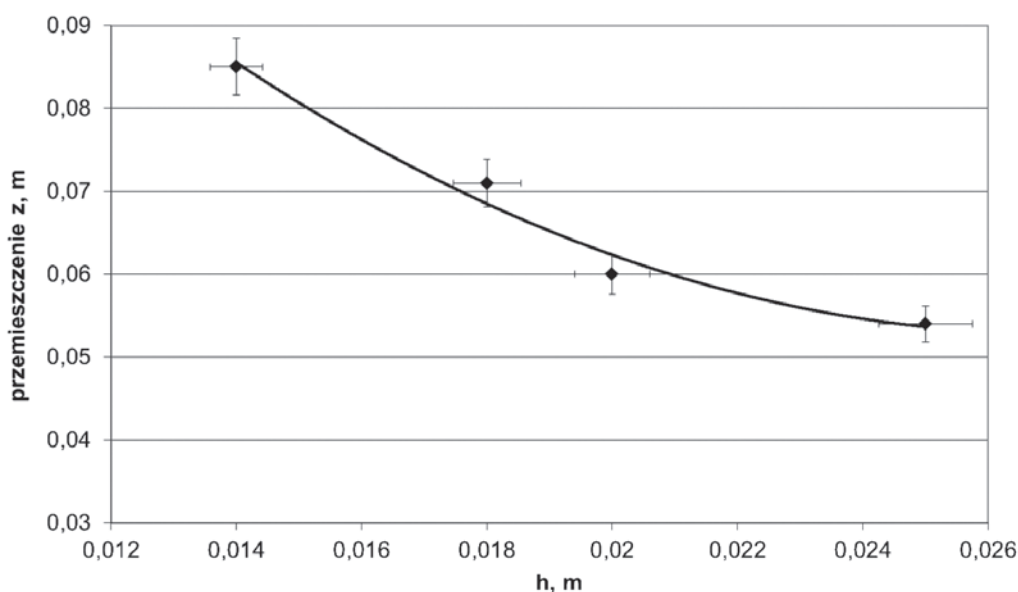
Na rysunkach 9 i 10 przedstawiono odpowiednio zależności między grubością  $h$  klina oporowego w jego początkowej części a wartością siły zrywającej  $R_{zn}$  złącze ciernie (rys. 9) i wielkością przemieszczenia z zsuwającego się w złączu kształtownika (rys. 10).



Rys. 8. Charakterystyki pracy złączy ciernych z klinem i bez klina oporowego  
Fig. 8. Operation characteristics of the friction joint with and without the resistance wedge



Rys. 9. Zależność maksymalnej wartości siły zrywającej złącze ciernie od grubości klina oporowego  
Fig. 9. Relationship between the maximum value of breaking force of frictional joint and the thickness of resistance wedge



Rys. 10. Zależność wartości zsuwu w złączy ciernym od grubości klina oporowego  
 Fig. 10. Relationship between the values of the yield in friction joint and the thickness of resistance wedge

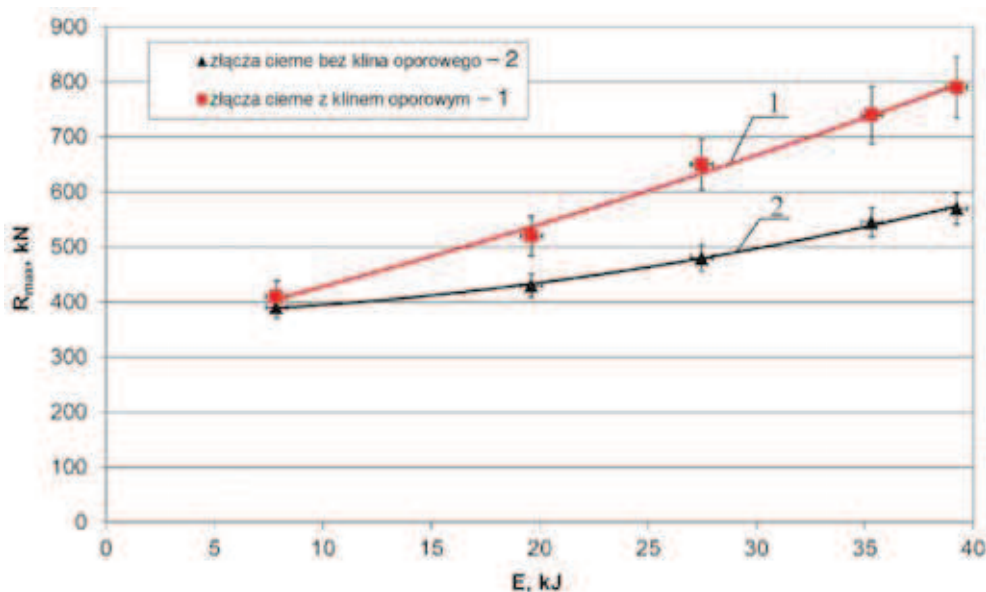
Uzyskane wyniki jednoznacznie dowodzą, że zastosowanie klina oporowego w złączy ciernym wpływa na wzrost jego nośności przy jednoczesnym zmniejszeniu podatności.

Złącza cierne z klinem oporowym poddano także badaniom udarem swobodnie spadającej masy.

W oparciu o uzyskane charakterystyki dynamiczne pracy złączy ciernych z klinem oporowym wyznaczono zależności między parametrami charakteryzującymi złącze a parametrami jego pracy.

Na rysunkach 11 i 12 przedstawiono odpowiednio zależności między energią udaru  $E$  a maksymalną wartością siły  $R_{max}$  przenoszonej przez złącze cierne oraz całkowitą wartością przemieszczenia (zsuwu)  $z$  w złączy dla złączy z klinem i bez klina oporowego.

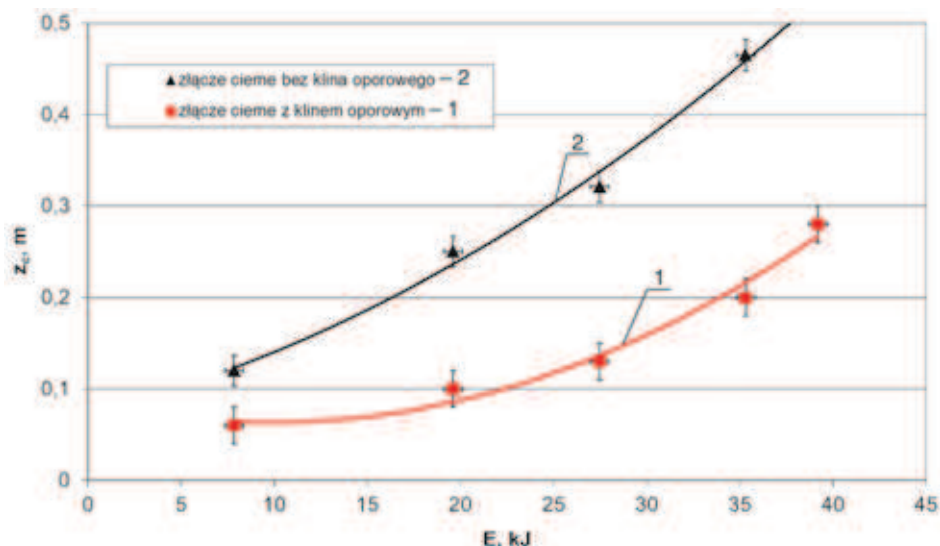
Analizując otrzymane zależności, można stwierdzić, że zastosowanie klina oporowego w złączy ciernym w sposób istotny wpłynęło na parametry jego pracy. Dla złączy ciernych z klinem oporowym zarejestrowano znacznie wyższe wartości siły przenoszonej niż dla złączy bez klina. Jednocześnie w złączach tych wystąpiły mniejsze zsuwy.



Rys. 11. Maksymalne wartości siły przenoszonej przez złącza cierne z klinem i bez klina oporowego w zależności od energii udaru

Fig. 11. Maximum values of the force transmitted by the friction joint with and without the resistance wedge depending on impact energy





Rys. 12. Zależności między całkowitą wartością przemieszczenia zsuwającego się kształownika w złączach ciernych z klinem i bez klina oporowego a wartością energii uderzenia  
 Fig. 12. Relationships between the total displacement value of the yielding shaped section in frictional joints with and without a resistance wedge and the impact energy value

## 6. Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania i uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, że analizowane parametry charakteryzujące złącze cierne mają bardzo istotny wpływ na jego pracę. Z praktycznego punktu widzenia istotne jest to, iż poprzez zmianę tych wielkości można skutecznie wpływać na parametry pracy złącza ciernego, a w dalszej kolejności całej obudowy podatnej.

Wyniki badań wpływu typu strzemion na parametry pracy złącza ciernego potwierdziły wcześniejsze założenie, że strzemiona spełniają w złączu bardzo ważną funkcję. Zapewnienie odpowiedniej siły docisku współpracujących kształowników ma bowiem decydujący wpływ na nośność i podatność złącza.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że typ zastosowanych strzemion istotnie wpływał na parametry pracy złącza. Spośród obecnie stosowanych strzemion najlepsze wyniki w zakresie maksymalnej wartości siły przenoszonej przez złącze zanotowano dla złączy ze strzemionami typu KX29W. W stosunku do powszechnie obecnie stosowanych strzemion typu SDO29, wraz ze wzrostem wartości wstępnych sił osiowych w śrubach strzemion, różnice są dość istotne. Niższe nośności złączy ze strzemionami typu SDO29 są wynikiem mniejszej sztywności kołnierzy ich dolnych jarzm. Potwierdzają to wyniki badań złączy ze strzemionami typu SDO29w. Wzmocnienie kołnierzy jarzm dolnych tych strzemion wpłynęło na znaczny wzrost nośności złączy.

Zasadnym jest więc stwierdzenie, że przy projektowaniu i doborze obudowy podatnej dla wysokich wartości przewidywanego obciążenia powinno stosować się strzemiona o wyższej sztywności.

Badania dowiodły także, iż podstawowe znaczenie dla pracy złącza ciernego ma wartość siły docisku współpracujących kształowników, będąca sumą wartości sił osiowych w śrubach lub kabłąkach strzemion. Bardzo istotne znaczenie ma w tym przypadku określenie odpowiedniej wartości momentu z jakim są dokręcane nakrętki ich śrub lub kabłąków w zależności od stanu powierzchni połączenia gwintowego.

Dla praktyki górniczej zasadnym wydaje się podawanie wartości tych momentów w zależności od sposobu smarowania połączenia gwintowego.

W zakresie wpływu wartości współczynników tarcia statycznego i kinetycznego między stykającymi się powierzchniami współpracujących kształowników w złączu ciernym na parametry jego pracy, można stwierdzić, że negatywny wpływ ma zbyt duża korozja tych powierzchni. Z praktycznego punktu widzenia w celu podwyższenia wartości tych współczynników korzystne jest oczyszczenie powierzchni styku z nadmiernej ilości produktów korozyjnych.

Bardzo korzystny wpływ na parametry pracy złącza ciernego ma zastosowanie dodatkowego elementu konstrukcyjnego w postaci klina oporowego. Uzyskane wyniki jednoznacznie dowiodły, że klin wpłynął na wzrost nośności złączy oraz zmniejszenie ich podatności zsuwnej. Poprzez odpowiedni dobór parametrów geometrycznych klina oraz jego lokalizacji w złączu można istotnie wpływać na parametry pracy złącza.

Reasumując, można stwierdzić, iż obecnie stosowane w górniczej obudowie podatnej wyrobisk korytarzowych konstrukcje złączy ciernych stwarzają duże możliwości regulacji parametrów ich pracy. Proces ten może odbywać się poprzez odpowiedni dobór typu strzemion w złączach, wartości wstępnych sił osiowych w śrubach lub kabłąkach strzemion, zastosowanie dodatkowych elementów konstrukcyjnych (np. klina oporowego) oraz odpowiednie przygotowanie stykających się powierzchni współpracujących kształowników.

## Literatura

1. Brodny J.: Identyfikacja parametrów pracy złącza ciernego stosowanego w górniczej obudowie podatnej wyrobisk korytarzowych. Monografia Politechniki Śląskiej, nr 377/2013, Gliwice 2012.
2. Brodny J.: Analiza pracy złącza ciernego z klinem. „Przeгляд Górnicy” 2010, t. 66, nr 11, s. 69-73.
3. Chudek M.: Obudowa wyrobisk korytarzowych, część 2. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1986.
4. Ciałkowski B.: Nowe konstrukcje strzemion do obudowy chodnikowej.

- Materiały Seminarium SITG, Nowoczesne technologie górnicze. Ustroń 2006, s. 17-28.
5. *Ditrich M.*: Podstawy konstrukcji maszyn. Wyd. 2 zmienione, t. 1,2,3, WNT, Warszawa 1999.
  6. *Galanka J.*: Analiza współpracy podatnej obudowy łukowej z górotworem. „Przeгляд Górniczy” 1962, nr 4.
  7. *Maloszewski J., Mateja J., Rulka K.*: Nośność stalowych odrzwi obudowy łukowej otwartej na podstawie przeprowadzonych badań. Prace Naukowe GIG, Seria dodatkowa, Katowice 1985.
  8. *Michalek M.*: Sposoby regulowania nośności zsuwej obudowy z odrzwi stalowych podatnych. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 1997.
  9. *Podjadtko R., Witthaus H., Bartel R.*: Rozwój stalowych obudów chodnikowych. Obudowa łukowa TH. „Wiadomości Górnicze” 2008, nr 9.
  10. *Rotkegel M.*: Wpływ cech konstrukcyjnych złącz na nośność stalowej obudowy odrzwiowej podatnej. „Wiadomości Górnicze” 2011, nr 9.
- 
- 

## **NACZELNY REDAKTOR**

w zeszycie 1-2/2010 Przeglądu Górniczego, zwrócił się do kadr górniczych z zachętą do publikowania artykułów ukierunkowanych na wywołanie

## **POLEMIKI – DYSKUSJI.**

Trudnych problemów, które czekają na rzetelną, merytoryczną wymianę poglądów – jest wiele! Od niej – w znaczącej mierze – zależy skuteczność praktyki i nauki górniczej w działaniach na rzecz bezpieczeństwa górniczego oraz postępu technicznego i ekonomicznej efektywności eksploatacji złóż.

**Od naszego wysiłku w poszukiwaniu najlepszych rozwiązań  
– zależy przyszłość polskiego górnictwa!!!**