

Urządzenia usprawniające montaż połączeń śrubowych w złączach ciernych odrzwi obudowy korytarzowej

Data wpłynięcia do Redakcji: 09/2023
Data akceptacji przez Redakcję do publikacji: 10/2023

2023, volume 12, issue 2, pp. 118-128

Stanisław Mikuła
Jarosław Mikuła
Politechnika Śląska, Poland

Stanisław Szweda
Marek Szyguła
ITG KOMAG, Poland

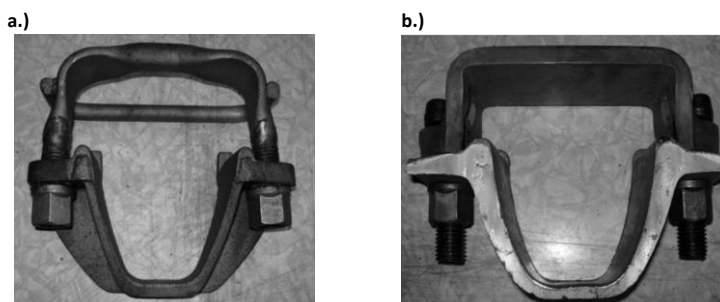


Streszczenie: Elementy podatnej obudowy stalowej wyrobisk korytarzowych, stosowanej powszechnie w polskim górnictwie węgla kamiennego, sprzęgane są ciernie za pomocą strzemion wyposażonych w połączenia śrubowe. Wymaganą nośność i podatność obudowy wyrobiska uzyskuje się poprzez równomierne dokręcenie zdwojonego połączenia śrubowego każdego ze strzemion z wymaganym końcowym momentem dokręcenia. Stosowane aktualnie naprzemiennie, sekwencyjne dokręcanie nakrętek za pomocą kluczy ręcznych lub zakrętarek, pomimo uzyskania wymaganego momentu dokręcenia, powoduje asymetrię sprzężenia ciernego łączonych kształtowników odrzwi obudowy. W artykule omówiono urządzenie przyspieszające montaż strzemion, ale przede wszystkim umożliwiające jednoczesne dokręcenie obu śrub strzemiona z wymaganym końcowym momentem dokręcenia. Zastosowanie urządzenia gwarantuje uzyskanie powtarzalnej nośności kolejnych połączeń elementów odrzwi obudowy.

Słowa kluczowe: wyrobisko korytarzowe, obudowa stalowa podatna, złącze cierne połączenie śrubowe, zakrętarka

WPROWADZENIE

W polskich kopalniach węgla kamiennego do obudowy wyrobisk korytarzowych stosowana jest powszechnie podatna stalowa obudowa odrzwiowa. Wzajemne połączenie kształtowników tworzących odrzwia obudowy zapewniają złącza cierne uzyskiwane za pomocą układu dwóch lub trzech strzemion. W przypadku, zarówno najczęściej stosowanych obecnie strzemion jarzmowych typu SD, jak również strzemion kabłąkowych typu SKL, (rys. 1) uzyskanie wymaganej siły docisku w złączu ciernym umożliwiają połączenia śrubowe.



Rys. 1. Rodzaje strzemiona – strzemię kabłąkowe SKL29; b – strzemię jarzmowe SD29
Źródło: [1]

Prawidłowa budowa strzemiona, jego poprawne wykonanie i montaż mają istotny wpływ na parametry pracy złącza ciernego [1]. Wytworzenie odpowiedniej siły docisku pomiędzy kształtownikami współpracującymi w złączu ciernym gwarantuje, z jednej strony uzyskanie wymaganej nośności odrzwi, a z drugiej strony umożliwia względne przemieszczanie (zsuw) kształtowników, zapewniający podatność obudowy [2, 3]. Wyniki badań laboratoryjnych [1, 5], symulacji numerycznych [6, 7] potwierdzają, że oprócz zapewnienia odpowiedniej sztywności kołnierzy jarzm, umożliwiającą wyeliminowanie zginania śrub, bardzo istotne znaczenie ma modelowanie tarcia pomiędzy kształtownikami oraz uzyskanie równomiernego rozkładu sił w śrubach. Uzyskanie wymaganej sztywności odrzwi obudowy ma szczególne znaczenie w rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem [8, 9] oraz na odcinkach charakteryzujących się wzmożonym ciśnieniem górotworu. Konstrukcja strzemion powinna zabezpieczyć śruby i jarzma przed zginaniem, zarówno w trakcie montażu złącza, jak również w trakcie jego pracy. Z badań i obserwacji dołowych, przedstawionych w [3] wynika, że brak kontroli sił osiowych w śrubach strzemion, a zwłaszcza zalecana przez konstruktorów duża wartość momentu dokręcenia śrub strzemion, może doprowadzić do nieprawidłowej pracy złącza, gdyż zamiast zwiększyć wartość siły docisku współpracujących kształtowników powoduje trwałe odkształcenie strzemion skutkujące zginaniem śrub. Przyczyną odkształceń strzemion oraz nieprawidłowej pracy złącza może być także nierównomierny naciąg kolejno montowanych połączeń śrubowych w strzemieniu.

Na wartość siły naciągu śruby mają wpływ: moment dokręcenia nakrętki, współczynnik tarcia w gwincie połączenia śrubowego, współczynnik tarcia nakrętki o powierzchnię kołnierza jarzma oraz rodzaj obciążenia zewnętrznego działającego na złącze cierne. Wyniki testów laboratoryjnych i symulacji numerycznych potwierdzają znaczne różnice wartości sił w śrubach rozpatrywanego jarzma, spowodowane zróżnicowanym rozkładem sił tarcia na powierzchni współpracujących kształtowników [2]. Skutkuje to, między innymi zginaniem śrub.

Tematem niniejszej publikacji jest jeden spośród wielu wyżej wymienionych problemów wpływających na prawidłową pracę złącz ciernych w podatnej obudowie odrzwiowej – uzyskiwanie symetrycznego rozkładu sił tarcia w złączu ciernym odrzwi obudowy. Symetryczny rozkład sił tarcia pomiędzy powierzchniami kształtowników współpracujących w złączu ciernym jest bowiem podstawowym warunkiem uzyskania wymaganej nośności i podatności odrzwi. Pożądany rozkład sił tarcia uzyskuje się poprzez równomierne dokręcenie nakrętek w obu połączeniach śrubowych strzemienia, z wymaganym momentem końcowym za pomocą specjalnej zakrętkarki opisanej w niniejszej publikacji. Informacje dotyczące dotychczas stosowanej technologii montażu połączeń śrubowych strzemion obudowy odrzwiowej przedstawiono w następnym rozdziale.

TECHNOLOGIA MONTAŻU POŁĄCZEŃ ŚRUBOWYCH STRZEMION

Montaż strzemion jako jedna z czynności montażu obudowy wyrobiska korytarzowego jest ujęty w Instrukcjach dotyczących technologii wykonywania robót przy drażeniu chodnika, stosowanych na kopalniach. Przykładowe instrukcje [10, 11] w odniesieniu do montażu połączeń śrubowych strzemion zawierają szereg istotnych informacji dotyczących używanego sprzętu, procedury montażu strzemiona, wymaganego momentu dokręcenia nakrętek oraz procedur kontroli momentu ich dokręcenia.

Narzędziami niezbędnymi do montażu strzemion są:

- klucz do montażu strzemion dwujarzmowych,
- klucz o ramieniu 1m do dokręcania połączeń śrubowych strzemion, lub zakrętarka hydrauliczna,
- klucz dynamometryczny do kontroli stanu dokręcenia.

Aktualnie obowiązujące procedury montażu strzemion przewidują sekwencyjne dokręcanie poszczególnych nakrętek śrub łączących strzemiona, za pomocą klucza o długości ramienia 1 m, bądź zakrętarką hydrauliczną. Wartość momentu dokręcenia uzyskuje się kontrolnie kluczem dynamometrycznym. Na rys. 2 i 3 przedstawiono przykładową zakrętarkę hydrauliczną oraz klucz dynamometryczny.



Rys. 2. Zakrętarka hydrauliczna firmy SPITZNAS

Źródło: [12]



Rys. 3 Klucz dynamometryczny

Źródło: [13]

Podstawowe dane dotyczące strzemion stosowanych w obudowie wyrobisk korytarzowych zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1 Podstawowe dane techniczne strzemion stosowanych do łączenia kształowników obudowy korytarzowej podatnej

Typ kształownika	Oznaczenia kompletu strzemion	Strzemię dolne	Strzemię górne	Strzemię środkowe	Śruba specjalna, mm	Zalecany moment dokręcania, Nm
KO21, KS21	kabłąkowe	Są jednakowe		-----		350
V21	SD21	SDD21	SDG21	-----	M20	250
V25	SD25	SDD25	SDG25	-----	M20	300
V29	SD29	SDD29	SDG29	-----	M24	400
V36	SD36	SDD36	SDG36	SDS36	M24	400
V44	SD44	SDD44	SDG44	SDS44	M27	500

Źródło: [13]

Zastosowane narzędzia oraz sekwencyjne dokręcanie śrub strzemiona nie wyeliminują asymetrii sprzężenia ciernego wynikającej z dużego współczynnika tarcia surowych powierzchni walcowanych kształowników oraz sprężystych i plastycznych deformacji elementów połączeń, zwłaszcza strzemion, w warunkach dużego końcowego momentu dokręcania nakrętek. Opisany problem występuje zarówno podczas pierwszego montażu obudowy chodnika jak i w przypadku okresowej kontroli połączeń. Istnieje więc konieczność opracowania takiego urządzenia montażowego, aby obie nakrętki w parze połączenia dokręcane były w pełni równomiernie, z narastającym jednakowo momentem i takim samym momentem końcowym. Tylko to gwarantuje prawidłowy montaż połączeń i sprzyja uzyskaniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa użytkowania obudowy korytarzowej.

BUDOWA ZAKRĘTARKI MECHANICZNEJ DO JEDNOCZESNEGO MONTAŻU OBU POŁĄCZEŃ GWINTOWYCH STRZEMIONA

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, we współpracy z Politechniką Śląską, opracowano koncepcję urządzenia do jednoczesnego wykonywania połączeń śrubowych strzemion stosowanych w obudowie chodnikowej, w sposób zapewniający prawidłowe działanie połączeń, przy zmniejszonym wysiłku monterów i zwiększonej wydajności [14]. W konstrukcji dwugłowicowej zakrętarki wykorzystano cechę napędu przy pomocy kół zębatach, polegającą na tym, że przy napędzonym centralnym kole zębatym zazębione z nim koła, po obu jego stronach, obracają się w tym samym kierunku, co ilustruje schematycznie rys. 4. Na rys. 5 pokazano wersję koncepcyjną układu mechanicznego zakrętarki. Uzębiony wałek centralny 1, napędzany silnikiem, współpracuje z dwoma jednakowymi kołami zębatymi 2, osadzonymi luźno na wałkach 3. Koła 2 połączone są sprzęgłami ciernymi 4 i 5 z wałkami 3 napędzającymi nasadki kluczy 6. Zastosowano suche sprzęgła cierne ze stożkowymi wysokociernymi powierzchniami, co zwiększa ich nośność. Tarcze sprzęgieł ciernych, dociskane

do boków kół zębatach przez pakiety sprężyn talerzowych 7, są osadzone na wałkach roboczych 3 na ruchomych połączeniach wpustowych. Nastawny moment sprzężenia tarcz sprzęgłowych z kołami zębatymi realizowany jest przez dokręcanie nakrętek 8, przez wywołanie nacisku na tuleje łożyskowe 9 oraz podkładki regulacyjne 10. Wałki robocze 3 łożyskowane są w obudowie zakrętarki za pomocą tocznych łożysk igiełkowych lub porowatych tulejek samosmarnych. Na zewnętrzne końcówki wałków roboczych 3 nałożone są wymienne nasadki kluczy nasadowych, zabezpieczone pierścieniami sprężystymi. Napęd zakrętarki może być realizowany z użyciem wolnoobrotowego silnika hydraulicznego 11. Możliwe jest też zastosowanie silnika pneumatycznego lub elektrycznego o budowie specjalnej. W tych przypadkach niezbędne może być użycie pośredniczących reduktorów zębatach. Przykładowo w pracy [15] przedstawiono koncepcję przekładni cykloidalnej do zakrętarek elektrycznych. Napęd uruchamiany jest poprzez rozdzielacz hydrauliczny/ pneumatyczny z możliwością zmiany kierunku obrotów silnika, co jest niezbędne przy stosowaniu zakrętarki również w zabiegach demontażu połączeń śrubowych. W przypadku zastosowania silnika elektrycznego, w uchwycie zamontowany jest włącznik/wyłącznik, wyposażony w przełącznik kierunku obrotów.

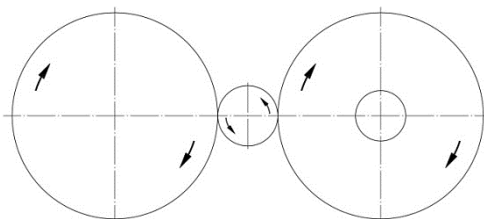
W trakcie pracy zakrętarki obie nakrętki są nakręcane synchronicznie, aż do osiągnięcia założonego końcowego momentu dokręcenia. Po osiągnięciu końcowego momentu następuje poślizg sprzęgieł ciernych.

Nadmiernie długie utrzymywanie w ruchu zakrętarki po osiągnięciu końcowego momentu dokręcenia połączeń śrubowych strzemion, jest niewłaściwe, nie tylko ze względu na nadmierne generowanie ciepła, ale również z uwagi na zużycie elementów zakrętarki, zwłaszcza sprzęgieł ciernych. W związku z tym zaproponowano dwa niezależne sposoby skutecznej sygnalizacji uzyskania wymaganego momentu końcowego.

Najprostszym jest sposób wizualny, polegający na naniesieniu, na powierzchnie cylindryczne nasadek kluczy 6, wzdłużnych pasków w kontrastowych kolorach, w tym i ewentualnie z efektem fluorescencji. Paski najlepiej nanieść w płytkich rowkach nasadek kluczy. Skośne położenie pasków dodatkowo ułatwia zauważenie chwili, gdy obie nasadki kluczy przestaną się obracać. Wówczas należy wyłączyć napęd zakrętarki i zdjąć nasadki z dokręconych nakrętek.

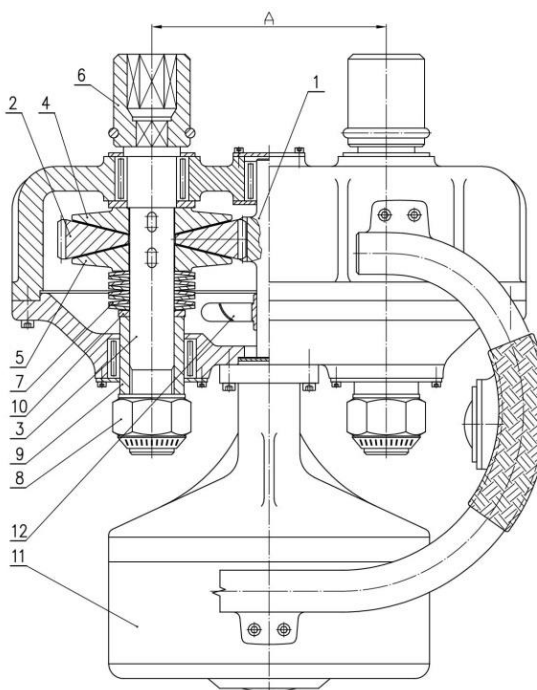
Drugie rozwiązanie bazuje na akustycznym sygnale informującym o poślizgu sprzęgieł ciernych. W wieńcowej części powierzchni bocznych kół zębatach 2 wykonane są płytkie stożkowe nawiercenia, rozłożone na obwodzie. Z nawierceniami współpracują sprężyste elementy, mocowane do boku tarcz sprzęgłowych. Elementy te, wykonane ze stalowej blachy, posiadają przetłoczenia wchodzące w nawiercenia kół zębatach. Przy poślizgu tarcz sprzęgłowych względem kół zębatach, przetłoczenia, wpadając w stożkowe nawiercenia, generują terkoczący dźwięk, informujący montera o tym, że uzyskany został pełny moment dokręcenia nakrętek. W celu łatwiejszego rozróżnienia dźwięku

terkotania generowanego przez lewe czy prawe koło, nawiercenia na każdym z kół mają różne podziałki.



Rys. 4 Kierunki obrotów kół zębatych przekładni

Źródło: [14]



Rys. 5 Wersja koncepcyjna zakrętarci dwugłowicowej

Źródło: [14]

Dla wzmocnienia efektu sygnalizacyjnego można zastosować przerwy w układzie nawierceń na obwodzie kół zębatych. Przerwany odgłos terkotania łatwiej zidentyfikować, zwłaszcza w warunkach ogólnego hałasu.

Biorąc pod uwagę prostotę opisanych sposobów sygnalizacji, zaleca się zastosować w zakrętarcie jednocześnie oba sposoby, dla zwiększenia niezawodności sygnalizacji osiągnięcia końcowego momentu dokręcenia obu nakrętek strzemion.

Ciepło tarcia sprzęgieł ciernych jest unoszone przez strumień powietrza wpływający do wnętrza obudowy i wypływający specjalnymi otworami. Przepływ powietrza chłodzącego wspomaga wirnik wentylatorowy 12, osadzony na wałku centralnym. Dodatkowo przepływ ciepła do otoczenia przez konwekcję i promieniowanie ułatwiają żebra usztywniające obudowę zakrętarci. Osadzenie nasadek kluczy na czworokątnych końcówkach wałków 3 z niewielkim luzem ułatwia nałożenie nasadek na końcówki śrub strzemion, wykazujących zwykle

odchyłki wykonawcze rozstawu nasadek – A. Również wydłużony kształt nasadek kluczy ułatwia ich nałożenie na nakrętki, zapewniając w pewnym zakresie ich samonastawność.

Wielkość końcowego momentu dokręcania nakrętek strzemion jest nastawiona nakrętkami 8 z wykorzystaniem skali naniesionej na nich oraz znaku wybitego na powierzchni czołowej wałka 3.

Po zmontowaniu dwugłowicowej zakrętarki należy wykonać pierwszą kalibrację dla obu jej stron. Również okresowo po pewnym czasie eksploatacji potrzebna jest kontrola wielkości momentu, przy którym następuje poślizg sprzęgieł ciernych. W tym celu można użyć np. pomiarowych momentomierzy tensometrycznych [16].

Praktyczny sposób kalibracji momentu dokręcenia w warunkach kopalnianych, polega na użyciu wzorcowego klucza dynamometrycznego. Kalibrację najlepiej wykonać po uprzednim zablokowaniu obrotów wałka głównego 1 zakrętarki. Można to zrobić wkładając stalowy trzpień do otworu przechodzącego przez obudowę i wałek główny. Do nakładek kluczy 6 kolejno przykładany jest wówczas moment kluczem dynamometrycznym. Pokręcając, po obu stronach zakrętarki, nakrętką 8 należy ustalić takie jej położenie, aby poślizg sprzęgieł ciernych nastąpił przy wymaganej wielkości momentu. Nakrętki 8 w swej zewnętrznej części mają wysokocierne wkładki zabezpieczające je przed samoczynnym luzowaniem się pod wpływem drgań podczas eksploatacji zakrętarki.

W trakcie użytkowania zakrętarki należy się liczyć z tym, że ustalony moment poślizgu może się zmniejszać z czasem w wyniku zużycia elementów, głównie okładzin ciernych sprzęgieł. Stąd wynika konieczność okresowej kontroli momentu poślizgu w opisany wyżej sposób. Oprócz regulacji momentu za pomocą nakrętek 8, możliwa jest również wymiana podkładek regulacyjnych 10.

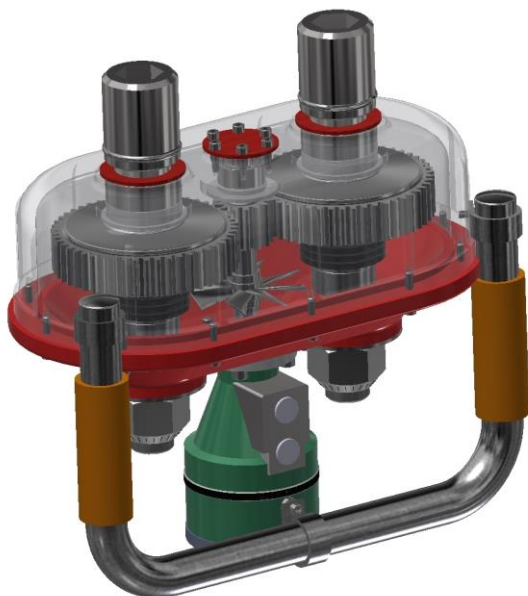
Opisana dwugłowicowa zakrętarka oprócz zastosowania do montażu i demontażu połączeń śrubowych strzemion łuków podatnych może być również użyta dla potrzeb okresowej kontroli stanu dokręcenia nakrętek w trakcie eksploatacji obudowy korytarzowej.

Cechy konstrukcyjne zakrętarki umożliwiają jej użytkowanie w dowolnym położeniu przestrzennym. Z punktu widzenia eksploatacyjnego bardzo ważną zaletą dwugłowicowej zakrętarki, według opisanej koncepcji, jest pełna eliminacja reakcyjnego momentu jaki musi ręcznie pokonywać monter, stosujący dokręcanie pojedynczych nakrętek w połączeniach śrubowych.

Budowa zakrętarki umożliwia również jej wykorzystywanie jednostronne – w przypadku montażu/demontażu pojedynczych połączeń śrubowych innych niż połączenia w strzemionach obudowy korytarzowej – dokręcanych sekwencyjnie jedno po drugim. Wykorzystując jednostronną pracę zakrętarki zaleca się naprzemienne wykorzystywanie raz jednej, raz drugiej jej strony, dla uniknięcia przyspieszonego zużycia jednej ze stron i polepszenia warunków chłodzenia urządzenia.

MODEL PRZESTRZENNY ZAKRĘTARKI MECHANICZNEJ UWZGLĘDNIAJĄCY PRZEDSTAWIONE ZAŁOŻENIA KONCEPCYJNE

Na podstawie przedstawionego opisu koncepcyjnego opracowano model zakrętarki rzeczywistej, uwzględniający rozstaw wałków roboczych właściwy dla strzemion odrzwi zbudowanych z kształtowników V29. Widok zakrętarki mechanicznej przedstawiono na rysunku 6.



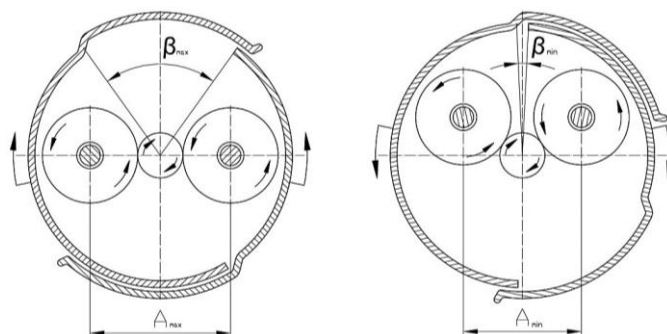
Rys. 6 Model zakrętarki mechanicznej

Źródło: opracowanie własne

W modelu zastosowano koło zębate o 14 zębach na wałku głównym oraz koła zębate o 50 zębach na wałkach roboczych, co daje przełożenie 0,28. Umożliwia to wykorzystanie silnika hydraulicznego o maksymalnym momencie obrotowym na poziomie 250÷300 Nm, do dokręcenia nakrętek strzemiona z momentem 400 Nm każda (przełożenie momentu obrotowego przekładni, wynosi 3,57). Przykładowo dobrany silnik hydrauliczny umożliwia uzyskanie:

- prędkości obrotowej wałka głównego w zakresie 7÷375 obr/min (2÷105 obr/min na wałkach roboczych)
- maksymalnego ciągłego momentu obrotowego do 310 Nm. Moment obrotowy jest regulowany.

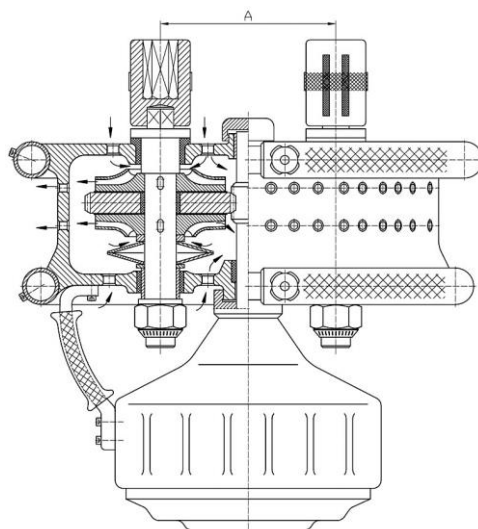
Opisane rozwiązanie konstrukcyjne, ze względu na stały rozstaw wałków roboczych, wymaga stosowania zakrętarki dedykowanej do danej wielkości profilu kształtowników obudowy odrzwiowej. Z tego powodu opracowano również rozwiązanie uniwersalne, o regulowanym rozstawie wałków roboczych [17]. W tej wersji urządzenia przewidziano obudowę dzieloną, z możliwością wzajemnego obrotu jej części względem osi wałka centralnego. Dzięki temu uzyskuje się zakres zmienności rozstawu osi wałków roboczych wymagany do montażu strzemion obudowy odrzwiowej zbudowanej z kształtowników V21÷V36 (rys. 7).



Rys. 7 Zmiana rozstawu wałków roboczych

Źródło: [17]

Wersję koncepcyjną urządzenia o regulowanym rozstawie wałków roboczych pokazano na rysunku 8.



Rys. 8 Wersja koncepcyjna zakrętki dwugłowicowej o regulowanym rozstawie wałków roboczych

Źródło: [17]

W tej wersji wykonania zastosowano tarcze sprzęgłowe płaskie, dodatkowo zaopatrzone w żebra stanowiące łopatki ukierunkowujące ruch powietrza w obudowie zakrętki i wspomagające chłodzenie urządzenia. Pozostałe cechy urządzenia w porównaniu z jego pierwszą wersją – regulacja momentu końcowego, sygnalizacja osiągnięcia momentu końcowego, możliwość zastosowania silnika hydraulicznego, pneumatycznego i elektrycznego – są takie same.

PODSUMOWANIE

Warunkiem prawidłowej i bezpiecznej pracy połączeń śrubowych elementów podatnej obudowy korytarzowej jest synchroniczne dokręcanie pary połączeń śrubowych każdego ze strzemion z jednakowym, kontrolowanym momentem końcowym.

Stosowane obecnie technologie i urządzenia do montażu obudowy korytarzowej nie zapewniają spełnienia tych wymagań, co może powodować niewłaściwe zachowanie się obudowy podczas eksploatacji, z zagrożeniem bezpieczeństwa włącznie. Zaprezentowana w artykule koncepcja dwugłowicowej zakrętarki mechanicznej spełnia wymagania prawidłowego montażu strzemion obudowy oraz zwiększa wydajność prac montażowych.

Zakrętarka mechaniczna według przedstawionej koncepcji ułatwia i przyspiesza również okresową kontrolę stanu połączeń obudowy, w toku eksploatacji. Jej stosowanie służy podniesieniu bezpieczeństwa ludzi pracujących w podziemnych wyrobiskach kopalń. Dwugłowicowa zakrętarka może być również wykorzystywana jednostronnie do montażu/demontażu innych połączeń śrubowych, z kontrolowanym momentem końcowym.

LITERATURA

- [1] Brodny J.: Analiza wpływu strzemion na pracę złącza ciernego. W: Biały W., Kuboszek A. (red.) Systemy wspomaganie w inżynierii produkcji. Środowisko i Bezpieczeństwo w Inżynierii Produkcji, 2013. pp. 75-87.
- [2] Brodny, J. Wyznaczanie sił w śrubach strzemiona w złączu ciernym obudowy górniczej. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa*, 2010, 48.5: 22-27.
- [3] Brodny, J. Analiza wpływu strzemion na parametry pracy złącza ciernego. *Przegląd Górniczy*, 2015, 71.1: 1-8.
- [4] Brodny, J. Wstępna analiza pracy połączenia śrubowego w złączu ciernym. *Górnictwo i Geoinżynieria*, 34(2) (2010). pp. 105-111.
- [5] Horst, R., Modrzik M., Ficek P., Rotkegel M, Pytlik P.: Badania nośności skorodowanych złączy ciernych obudowy odrzwiowej na przykładzie Kopalni Węgla Kamiennego Piast-Ziemowit. *Mining–Informatics, Automation and Electrical Engineering*, 2018, 56.
- [6] Horyl P., Šňupárek R, Maršálek P., Poruba Z., Pacześniowski K.: Parametric Studies of Total Load-Bearing Capacity of Steel Arch Supports. *Acta Montanistica Slovaca Vol. 24 (2019), No 3*, pp. 213-222
- [7] Rotkegel M, Walentek A, Folwarczny Z., Knapski R.: Sposób wzmocnienia obudowy odrzwiowej dla zabezpieczenia wyrobiska poddanego ciśnieniom eksploatacyjnym. *Przegląd Górniczy*, 2019, (3), pp.63-72.
- [8] Szyguła M., Mazurek K.: Mechanization of reinforcing gate supports in the zone of longwall inlet. *Mining Machines* 1/2020 (161), s. 35-45.
- [9] Lutyński A., KOMAG activities in the domestic and international research areas. *Mining Machines* 4/2021 Vol. 39, s. 47-60.
- [10] Technologia wykonywania robót przy drążeniu chodnika na pomocą Materiału wybuchowego. JSW S.A. materiały niepublikowane 2023.
- [11] Technologia robót przy drążeniu przekopu za pomocą kombajnu R-130. JSW S.A. materiały niepublikowane 2023.
- [12] Narzędzia małej mechanizacji. Transtools Sp. z o.o. www.transtools.pl [dostęp: 22.09.2023]
- [13] Obudowa wyrobisk górniczych <https://www.czek.eu/strona%20eksploatacji/strona%20zaszyfrowana/07obudowa.htm#Toc415697666> [dostęp: 20.07.2023]
- [14] Szweda S., Mazurek K., Szyguła M., Mikuła J., Mikuła S.: Urządzenie do montażu lub demontażu połączeń śrubowych elementów górniczej obudowy korytarzowej. Patent PL 242900 B1, 2023.

- [15] Kalita M.: Koncepcja przekładni cykloidalnej przeznaczonej dla zakrętarek elektrycznych. *Maszyny Górnicze* 3/2018 (155) s. 57-66
- [16] Orłoś Z. Doświadczalna analiza odkształceń i naprężeń, PWN, 1977
- [17] Szweda S., Mazurek K., Szyguła M., Mikuła J., Mikuła S.: Urządzenie do dokręcania połączeń śrubowych górniczej obudowy korytarzowej. Patent PL 243586 B1, 2023

Devices improving the installation of bolted joints in the friction joints of steel arch supports

Abstract: Elements of flexible steel support for gallery workings, commonly used in the Polish coal mining industry, are frictionally coupled with stirrups equipped with bolted joints. The required load-bearing capacity and flexibility of the working lining support are achieved by uniform tightening of the double bolted connection of each stirrup with the required final tightening torque. The alternate currently used, sequential tightening of the nuts with hand spanners or bolting machines, despite the required tightening torque being achieved, results in an asymmetric frictional coupling of the steel support sections being joined. The article describes a device that speeds up the installation of stirrups, but mainly allows both stirrup bolts to be tightened simultaneously with the required final tightening torque. The use of the device guarantees a reproducible load-bearing capacity for the successive connections of the steel support sections.

Keywords: gallery working, steel arch support, friction joint, screw joint, bolting machine

Jarosław Mikuła

Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Polska
e-mail: jaroslaw.mikula@polsl.pl

Stanisław Mikuła

Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Polska

Stanisław Szweda

Instytut Techniki Górniczej KOMAG,
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice, Polska
e-mail: sswzeda@komag.eu

Marek Szyguła

Instytut Techniki Górniczej KOMAG,
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice, Polska
e-mail: mszyguła@komag.eu