

Sylwester MARKUSIK, Tadeusz OPASIAK, Krzysztof FILIPOWICZ

BUDOWA I CHARAKTERYSTYKI DYNAMICZNE SPRZĘGŁA METALOWEGO O WYSOKIEJ PODATNOŚCI SKRĘTNEJ

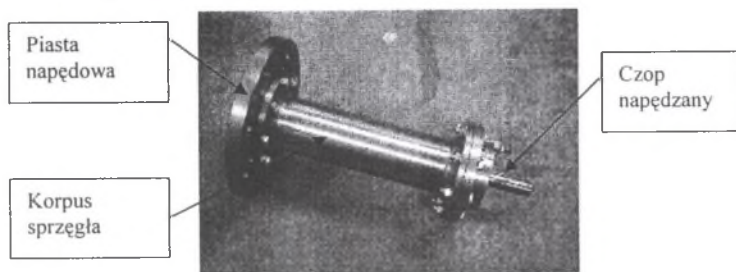
Streszczenie. Sprzęgła w układach napędowych maszyn górniczych powinny się charakteryzować dużą podatnością skrętną. Wymaganie to może spełnić sprzęgło metalowe o wysokiej podatności skrętniej (prototyp). Sprzęgło to posiada oryginalną konstrukcję niespotykaną dotąd w układach napędowych maszyn roboczych. Artykuł przedstawia budowę takiego sprzęgła i jego charakterystyki statyczne i dynamiczne badane na stanowisku laboratoryjnym do badań sprzęgieł podatnych.

BUILDING AND DYNAMIC CHARACTERISTICS OF METAL HIGH FLEXIBLE TORSION COUPLINGS

Summary. In the work of the coal machine, in the drive system should have got high flexible torsion couplings. This property has got the metal high flexible torsion coupling (prototype). The coupling has got original design not meet in the drive system now. In this paper is presented the new construction of the couplings and its the static and dynamic characteristics research work. Testing was done on test stand for determination of characteristics of the flexible coupling.

1. WSTĘP

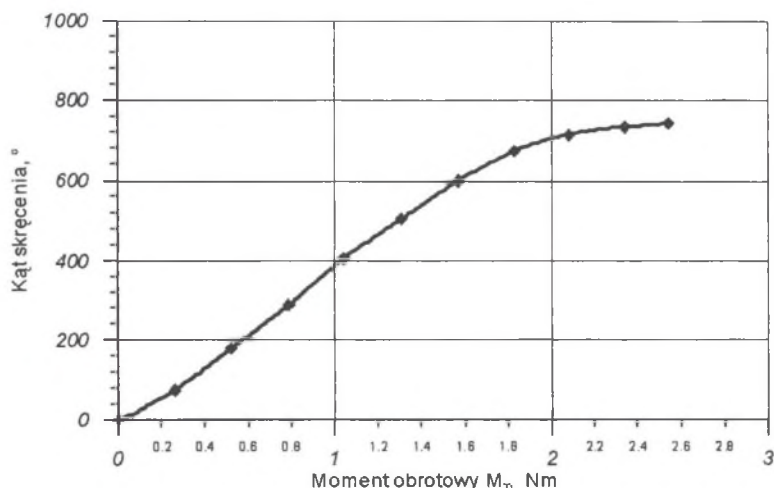
Konieczność ochrony układu napędowego przed przeciążeniem, np. w wyniku zablokowania organu roboczego, występuje często w maszynach roboczych pracujących w ciężkich warunkach górniczych [2].



Rys. 1. Widok sprzęgła metalowego o wysokiej podatności skrętniej
Fig. 1. Screen of the metal high flexible torsion couplings

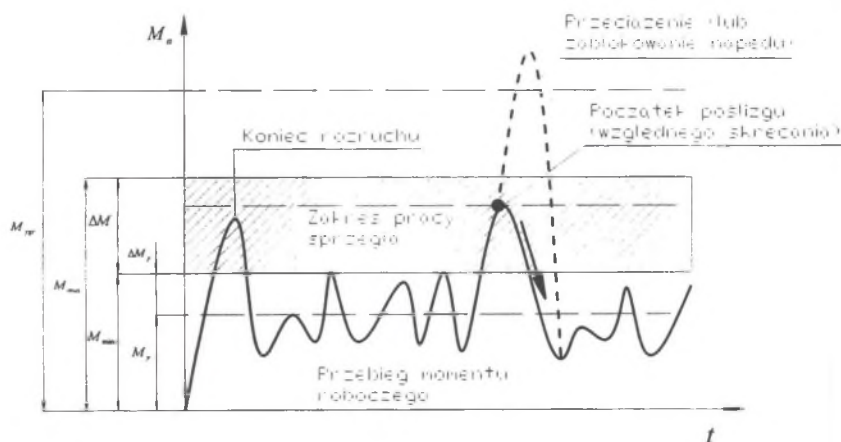
Taki układ napędowy może być zabezpieczony poprzez sprzęgło o wysokiej podatności skrętniej (rys. 1). Konstrukcja tego sprzęgła umożliwia względne skrócenie jego członów, pod wpływem przyłożonego momentu skręcającego, o kąt $\alpha=800^\circ$ (rys. 2). Tak duży kąt skrócenia

umożliwia wykonanie pełnego obrotu wału napędowego (czynnego) w stosunku do wału napędzanego (biernego). Natomiast, jeżeli moment skręcający zaniknie, to nastąpi samoczynne odtworzenie stanu początkowego. Następuje to wyniku samoczynnego odprężania się łącznika zbudowanego z pakietu sprężyn talerzykowych wcześniej ściśniętych.



Rys. 2. Charakterystyka statyczna sprzęgła metalowego podatnego skrętnie
Fig. 2. Static characteristics of metal high flexible torsion couplings

Na rysunku 3 przedstawiono zakres pracy takiego sprzęgła i początek poślizgu wyniku względnego skrócenia jego członów przy przekroczeniu momentu maksymalnego M_{max} w funkcji czasu.



Rys. 3. Zakres pracy sprzęgła metalowego o wysokiej podatności skrętniej
Fig. 3. Range of work of the metal high flexible torsion couplings

Względne skrócenie członów tego sprzęgła nie występuje w warunkach znamionowej pracy układu napędowego. Stąd moment obliczeniowy sprzęgła M_{min} jest większy od momentu nominalnego M_y obciążenia maszyny roboczej o wartość nadwyżek dynamicznych ΔM_y . Moment obliczeniowy M_{min} sprzęgła jest to najmniejszy moment obrotowy, przy

którym istnieje możliwość początku względnego skręcenia jego członów. Wielkość ograniczenia momentu obciążenia przez sprzęgło metalowe wyraża stosunek największej M_{\max} i najmniejszej wartości M_{\min} momentu obrotowego, przy którym istnieje możliwość względnego skręcenia członów sprzęgła (1).

$$\gamma = \frac{M_{\max}}{M_{\min}} \quad (1)$$

gdzie: γ - współczynnik ograniczenia obciążenia ($\gamma > 1$).

Współczynnik ograniczenia obciążenia γ (1) wiąże się z wielkością i zakresem położenia pola obciążeń dynamicznych, przy którym rozpoczyna się względne skręcenie członów sprzęgła metalowego podatnego. Na wartość rozpoczęcia tego procesu, przy których sprzęgło ulega względnemu skręceniu, wpływa wiele czynników, takich jak: niedokładność wykonania elementów roboczych sprzęgła, przenoszących bezpośrednio moment dynamiczny (współpraca nakrętki z gwintem), różnice w sztywności elementów sprężystych. Sprzęgło to posiada szczelną obudowę, więc jest odporne na działanie otaczającego go środowiska (zawilgocenie, zapylenie, wystąpienie korozji).

2. BUDOWA SPRZĘGŁA

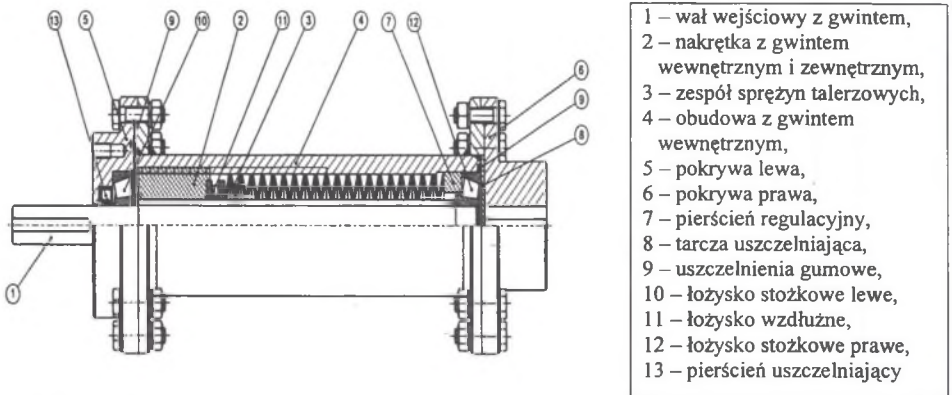
Rozpatrywane sprzęgło przeznaczone jest do pracy przy znacznych obciążeniach, co spowodowało zastosowanie do jej budowy sprężyn talerzowych [3]. Sprężyny talerzowe cechuje prosta i zwarta konstrukcja (rys. 4) [4]. Szczególnie korzystny jest stosunek pracy odkształcenia sprężystego sprężyny talerzowej do objętości montażowej przy stosunkowo niewielkim ugięciu maksymalnym. Sztywność pojedynczej sprężyny talerzowej jest duża w porównaniu z innymi rodzajami sprężyn [4]. Sprężyny talerzowe posiadają charakterystyki zależne od stosunku wysokości stożkowego talerza h (w stanie nieobciążonym) do grubości blachy t , z której są wykonane. Znormalizowane sprężyny talerzowe są sprężynami o charakterystykach liniowych, dla stosunków wymiarowych $h/t=0,75$ (rys.4) [4].

Sprężyna talerzowa



Rys. 4. Sprężyny talerzowe stosowane w sprzęgłe metalowym
Fig. 4. Plate spring used of the metal couplings

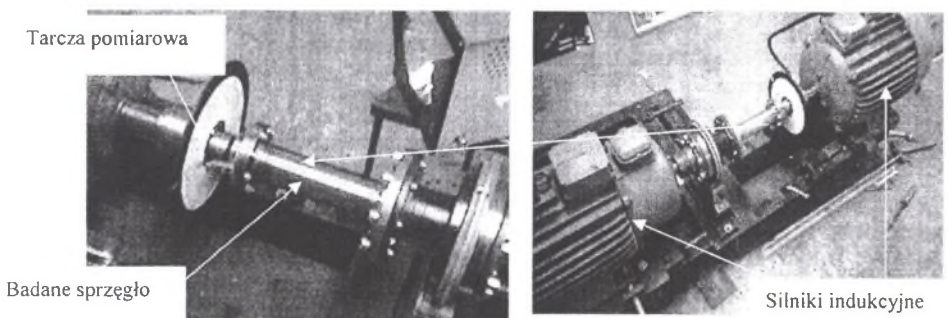
Zastosowanie sprężyn talerzowych umożliwia uzyskanie znacznych sił docisku dzięki zastosowaniu pakietu tych sprężyn. Wymaga to jednak zwiększenie osiowego wymiaru gabarytowego sprzęgła w celu wbudowania kolumny szeregowo ułożonych sprężyn dla wymaganej sztywności całego zespołu. Wybór układu pakietu sprężyn jest ważny dla uzyskania pożądanych nastaw regulacyjnych i przebiegu charakterystyki tego sprzęgła (rys. 7, 8). Jednak charakter przebiegu zmian charakterystyki wymaga prowadzenia szeregu badań doświadczalnych, które umożliwią określenie przebiegu charakterystyki. Właściwy wybór tych charakterystyk może zapewnić regulację momentu przeciążenia w czasie eksploatacji (rys. 3).



Rys. 5. Konstrukcja sprzęgła metalowego podatnego skrętnie
 Fig. 5. Construction of metal high flexible couplings

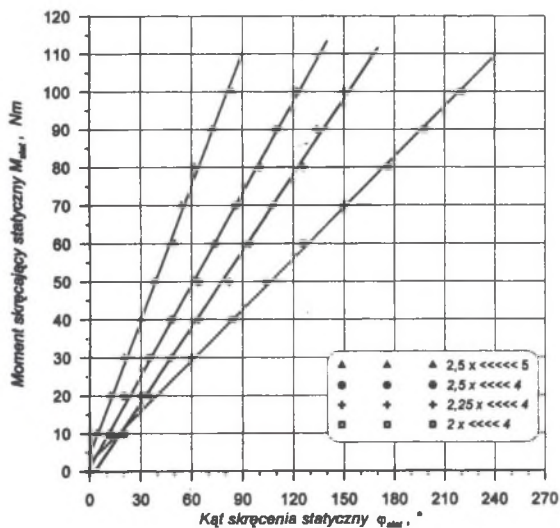
Istota działania sprzęgła o wysokiej podatności skrętnej (rys.5) polega na tym, że moment obrotowy przenoszony jest od strony czynnej do biernej za pomocą połączenia gwintowego (2) z układem sprężysto-tłumiącym w postaci pakietu sprężyn talerzowych (3), przedstawionego na rysunku 5. Połączenia gwintowe wykonane są między zewnętrznie nagwintowanym wałem wejściowym (1) i nakrętką (2), która posiada także gwint na zewnętrznej powierzchni walcowej. Ten zewnętrzny gwint współpracuje z gwintem wewnętrznym wykonanym w obudowie (4). Obydwa połączenia gwintowe różnią się kierunkami, a także skokiem. Gwinty o różnych kierunkach i skokach powodują, że przy obrotach wału wejściowego nakrętka przesuwa się o wartość zależą od skoku tych gwintów. Skok gwintów jest na tyle duży, że gwint ten jest niesamohamowny. Opór elementu sprężysto-tłumiącego, przy ruchu obrotowym wału wejściowego (1), a więc nacisk sprężyny (3) na nakrętkę (2), powoduje wzrost składowej siły w kierunku obwodowym na gwincie (4). Wzrost tej siły powoduje zwiększanie się momentu obrotowego, a gdy osiągnie on wartość momentu roboczego maszyny, rozpoczyna się jej ruch obrotowy będący jednocześnie ruchem roboczym. Chwilowe przeciążenia maszyny roboczej powodują dodatkowe ścisnienie elementów sprężystych (3), a niedociążenia maszyny ich odprężanie. Po wyłączeniu układu napędowego nakrętka (2) naciskana przez sprężyny (3) wraca do położenia wyjściowego na wale wejściowym (1).

3. WYNIKI PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

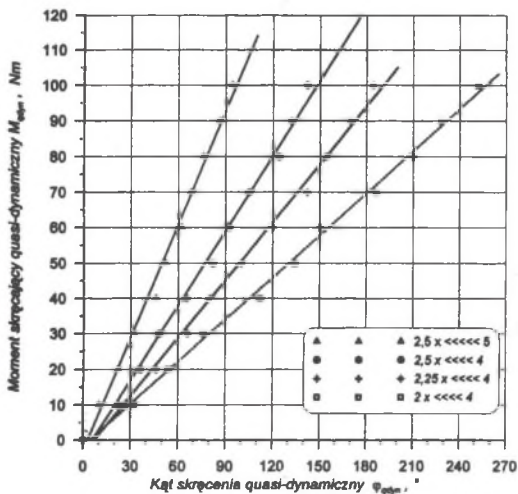


Rys. 6. Stanowisko do wyznaczania charakterystyk sprzęgieł podatnych
 Fig. 6. Test stand for determination of characteristics of flexible coupling

Sprzęgło z rys. 6. zostało poddane badaniu na stanowisku laboratoryjnym w celu wyznaczenia charakterystyk statycznych i dynamicznych przy symulacji charakterystycznych stanów obciążenia. Charakterystyka tego sprzęgła podyktowana jest sprzężeniem ciemnym (nakrętka, gwint) i sprężystym (pakiet sprężyn). Charakterystyka sprzęgła w sposób zasadniczy zależy od wybranej struktury układu pakietu sprężyn talerzowych. Do badań zastosowano sprężyny talerzowe o grubości 2; 2,25; 2,5 mm ułożone po 4 i 5 sprężyn w pakiecie. Z przebiegu charakterystyk wynika, że posiadają one przebieg liniowy, a nachylenie charakterystyki zależy od grubości zastosowanej sprężyny w pakiecie i w szczególności od liczby sprężyn w pakiecie (rys. 7).



Rys. 7. Charakterystyki statyczne sprzęgieł metalowych o wysokiej podatności skrętnej
Fig. 7. Static characteristics of the metal coupling of high torsion flexible



Rys. 8. Charakterystyki dynamiczne sprzęgieł metalowych o wysokiej podatności skrętnej
Fig. 8. Dynamic characteristics of the metal coupling of high torsion flexible

Z otrzymanych charakterystyk dynamicznych (rys. 8) wynika, że ulegają one zmianie

również w wyniku zmiany grubości sprężyn talerzowych, jak i pod wpływem ich liczby w pakiecie. Posiadają również przebieg liniowy. Z przebiegu charakterystyk dynamicznych wynika, że ulegają one około 10% usztywnieniu w stosunku do charakterystyk wyznaczanych statycznie.

4. PODSUMOWANIE

Zwarta i prosta konstrukcja sprzęgła umożliwia zmianę pakietów sprężyn bez zmiany konstrukcji sprzęgła w celu zmiany jego charakterystyki poprzez wymianę pakietu sprężyn talerzowych. Badania wykazały, że sprzęgło to może pełnić funkcję członu dopasowującego, tłumiącego, ograniczającego i zabezpieczającego układ napędowy maszyny roboczej przed przeciążeniem. Sprzęgła z dużą podatnością skrętną mogą znaleźć zastosowanie w układach napędowych maszyn roboczych ciężkich pracujących w trudnych warunkach. Sprzęgło to wymaga przeprowadzenia stosownych dalszych badań. Badania tribologiczne dotyczące powolnych połączeń gwintowych oraz kształtowych, ponieważ przy rozruchu układu napędowego w tych połączeniach wystąpi ruch nakrętki, a w czasie eksploatacji sprzęgła wystąpią nieznaczne ruchy oscylacyjne. Sprzęgło to wymaga także badań trwałościowych oraz badań eksploatacyjnych w warunkach ekstremalnych, tj. w maszynach pracujących np. w kopalniach węgla. Zebrane doświadczenia pozwolą w procesie projektowania metalowych sprzęgieł podatnych skrętnie na uwzględnienie różnych czynników wpływających na ich trwałość i niezawodności.

Literatura

1. Opasiak T.: Wpływ zmian momentu obrotowego na charakterystykę statyczną i dynamiczną sprzęgieł podatnych oponowych (rozprawa doktorska), Katedra Logistyki i Transportu Przemysłowego, Wydział Transportu, Politechnika Śląska, 2005.
2. Opasiak T.: Wpływ charakterystyk sprzęgieł podatnych na własności dynamiczne układów napędowych maszyn roboczych, VII Seminarium Naukowe, Studentów i Młodych Inżynierów Mechaników, Gdańsk 2005.
3. Markusik S.: Sprzęgła mechaniczne. WNT, Warszawa 1979.
4. Żukowski S.: Sprężyny. PWT, Warszawa 1978.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Antoniak

Praca badawcza w ramach BK - 262/RT-3/2006