ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2005
Seria GÓRNICTWO z. 269 Nr kol. 1697

Aleksander KOWAL, Krzysztof FILIPOWICZ
Politechnika Śląska, Gliwice

PODATNE SKRĘTNIE METALOWE SPRZĘGŁO PRZECIĄŻENIOWE

Streszczenie. W pracy pokazano oryginalne, metalowe sprzęgło, które jest bardzo podatne skrętnie, a przy przeciążeniach wyłącza się. Przedstawiono także charakterystykę przykładowego egzemplarza sprzęgła z naciskową sprężyną walcową obciążanego statycznie.

THE TORSION FLEXIBLE METAL OVERLOADING CLUTCH

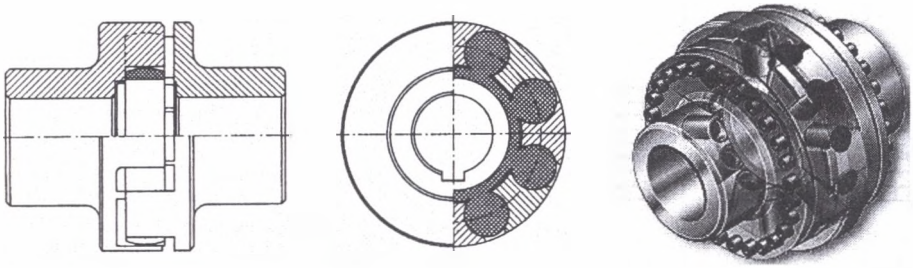
Summary. In the paper the original, metal clutch with significant torsional flexibility and switches off while overloading has been shown. The characteristics of a sample clutch with pressing shaft spring statically loaded has been presented as well.

1. Wstęp

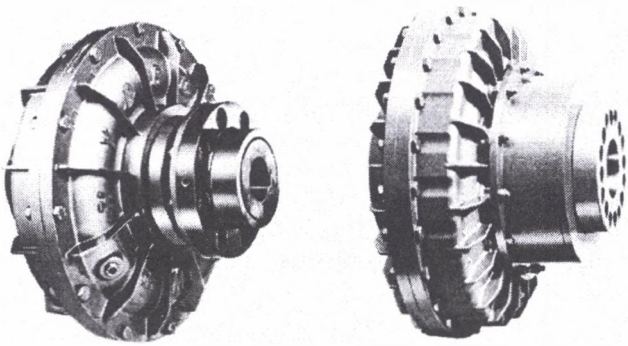
Maszyny górnicze pracujące w skrajnie trudnych warunkach narażone są na obciążenia dynamiczne i udarowe. Często są także przeciążane. Z tego też powodu, w układach napędowych maszyn górniczych stosowane są różnego rodzaju sprzęgła podatne. Przykładowe, często stosowane sprzęgła pokazano na rysunkach 1 i 2.

Wadą sprzęgieł podatnych z wkładką elastomerową, z tworzywa poliuretanowego lub gumową jest to, że największy kąt względnego skręcenia między łączonymi wałami wynosi 8°. Ta niewielka wartość nie zabezpiecza wystarczająco przed chwilowymi przeciążeniami układu napędowego. Zdecydowanie korzystniejsze pod tym względem jest sprzęgło hydrokinetyczne, w którym przy przeciążeniach występuje poślizg. Wadą tych sprzęgieł jest różnica prędkości łączonych wałów, co skutkuje nagrzewaniem się sprzęgła, oraz jego wysoki koszt i konieczność bardzo dokładnego zamontowania (osiowania) w układzie napędowym.

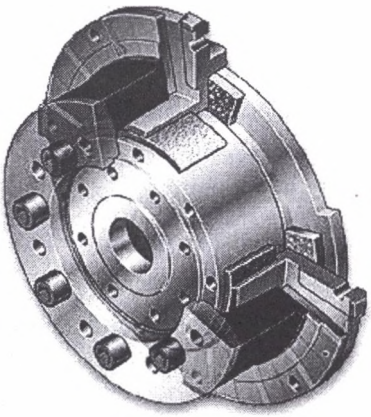
a) b)



Rys. 1. Sprzęgła podatne, a - z jedną wkładką wykonaną z tworzywa poliuretanowego [1], b – z promieniowo usytuowanymi wkładkami z elastomeru VKR, Pb82 [3]
Fig. 1. Flexible clutches, a – with one poliuretan insert [1], b – with radially placed elastomer inserts VKR, Pb82 [3]



Rys. 2. Sprzęgło hydrokinetyczne [2]
Fig. 2. Hydrokinaetic clutch [2]

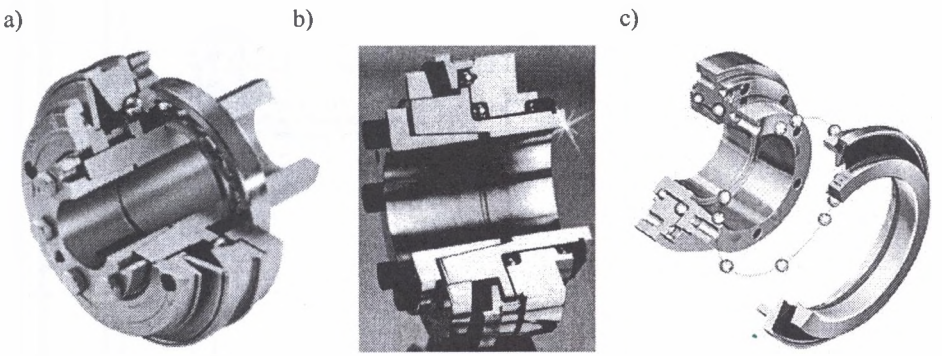


Rys. 3. Sprzęgło wysoko podatne [3]
Fig. 3. Highly flexible clutch [3]

Sprzęgło, wg informacji katalogowej [3] o dużej elastyczności nazwane TORMAX-VS z elementami gumowymi i elastomerowymi, przenosić może moment obrotowy w granicach od 570 do 3200 N·m.

Stosowane bywają sprzęgła przeciążeniowe o różnej budowie, a ich trzy postacie konstrukcyjne pokazano na rysunku 4. Zazwyczaj zasada działania tych sprzęgieł sprowadza się do tego, że elementy toczne usytuowane w kierunku obwodowym, podobnie jak w łożysku kulkowym wzdłużnym (oporowym) lub skośnym, ściskane są przez tarcze sprzęgła z dużą siłą. Opory ruchu tak obciążonego „łożyska" są duże i mogą przenosić moment obrotowy, a w przypadku przeciążenia, sprzęgło pracuje jak silnie obciążone łożysko.

W celu zwiększenia przenoszonego momentu obrotowego przez takie sprzęgła, często w bieżniach wykonuje się płytkie wgłębienia na elementy toczne. W przypadku wystąpienia przeciążeń, elementy toczne muszą pokonać progi tych wgłębień, na co pozwala sprężyna dociskająca do siebie tarcze poprzez elementy toczne.



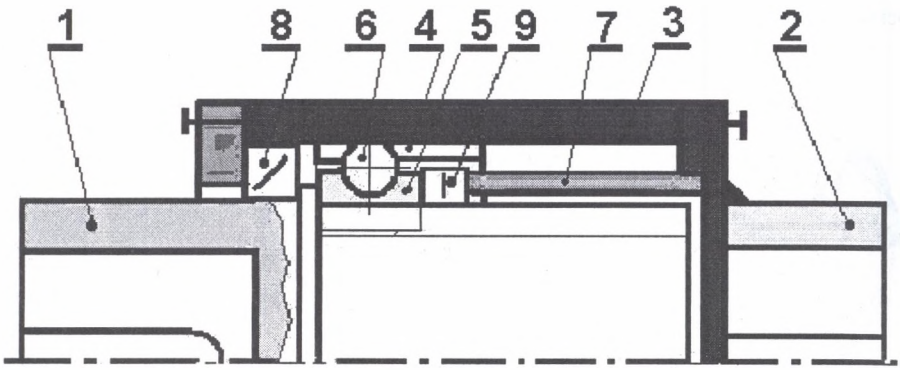
Rys. 4. Ilustracja przykładowych rozwiązań sprzęgieł przeciążeniowych, gdzie: a – EAS-NC [4], b, c – firmy R+W [5]
Fig. 4. Illustration of the sample solution of the overloading clutches: a – EAS-NC [4], b, c – R+W [5]

2. Konstrukcja oryginalnego sprzęgła przeciążeniowego

W Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej skonstruowano i wykonano prototyp sprzęgła przeciążeniowego, które jest wykonane z metalu i jest bardzo podatne skrętnie, a przy wystąpieniu przeciążenia sprzęgło to wyłącza się. Po zmniejszeniu się obciążenia zewnętrznego sprzęgło samoczynnie się włącza.

Przedstawiane sprzęgło rozwiązuje problem zmniejszenia chwilowych przeciążeń układu napędowego maszyny lub urządzenia w czasie rozruchu oraz łagodzenia obciążeń dynamicznych w czasie eksploatacji, a także przerywa przepływ mocy w przypadku nadmiernego przeciążenia, które często występuje w układach napędowych maszyn ciężkich, np. górniczych i drogowych.

Sprzęgło składa się z dwóch zasadniczych części, nagwintowanego wału wejściowego i wału wyjściowego lub piasty wejściowej i wyjściowej (rys. 5) [6], które połączone są ze sobą za pomocą kul umiejscowionych w ślepych otworach wykonanych w kierunku promieniowym na zewnętrznej powierzchni nakrętki, leżących w jednej poprzecznej płaszczyźnie i w dopasowanych do kul rowkach wykonanych wewnątrz tulei. Nakrętka współpracuje z naciętym gwintem niesamohamownym na wale wejściowym.



Rys. 5.Schemat sprzęgła przeciążeniowego o dużej podatności skrętnej [6], gdzie: 1 – wejście sprzęgła ze śrubą, 2 – wyjście sprzęgła, 3 – obudowa, 4 – rowek w obudowie, 5 – nakrętka z gniazdami na kulki, 6 – kulki, 7 – element sprężysto-tłumiący, 8 – łożysko skośne, 9 – łożysko wzdłużne

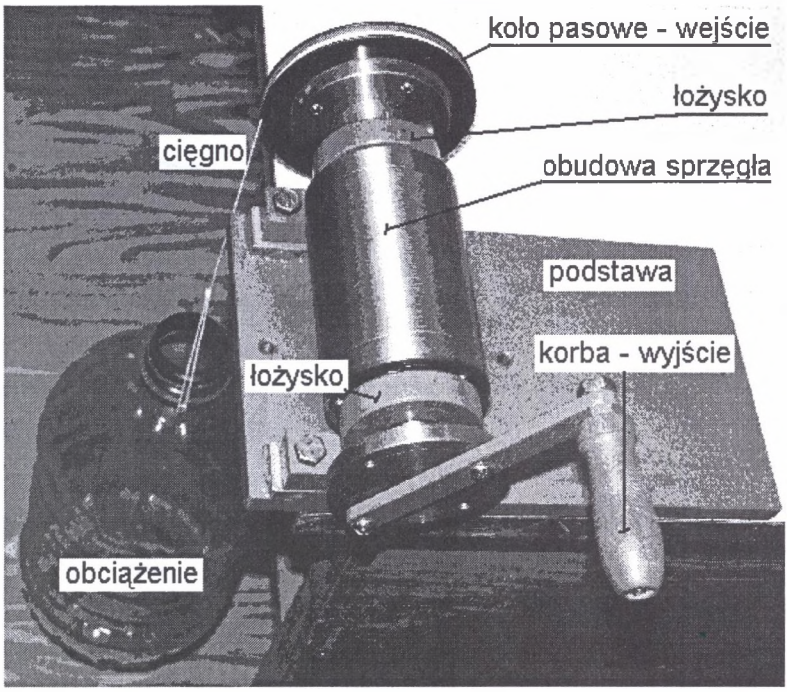
Fig. 5. Overloading clutch highly torsionally flexible 6, where: 1 – clutch entrance with a screw, 2 – clutch exit, 3 – housing, 4 – row in the housing, 5 – a cap with balls nets, 6 – balls, 7 – springing-damping element, 8 – oblique bearing, 9 – thrust bearing

Przy ruchu obrotowym wału wejściowego, nakrętka przesuwa się w kierunku wału wyjściowego i naciskając na element sprężysto-tłumiący odkształca go. Kule z otworów wykonanych w nakrętce wystają z niej i te wystające części kul posadowione są w rowkach wykonanych w tulei połączonej na stałe z obudową – wałem wyjściowym.

W przypadku przeciążenia, kule wysuwają się z rowków w tulei i swobodnie przemieszczają w kierunku obwodowym poza strefę rowków. Jeśli przeciążenie zmniejszy się, to kule w wirującej nakrętce po określonym kącie obrotu zostaną, przez zakumulowaną

energię w elemencie sprężysto-tłumiącym, wciśnięte do rowków i następuje przenoszenie momentu obrotowego przez sprzęgło.

Na rysunku 6 przedstawiono wykonany prototyp sprzęgła na stanowisku do wyznaczania charakterystyki statycznej, przedstawionej graficznie na rysunku 7. W tablicy 1 zebrano uzyskane wyniki pomiarów kąta skręcenia sprzęgła w zależności od przyłożonego momentu obrotowego.



Rys. 6. Widok prototypu sprzęgła przeciążeniowego o dużej podatności skrętnej przy wyznaczaniu jego charakterystyki przy obciążeniu statycznym
Fig. 6. View of the overloading clutch highly torsionally flexible prototype with indicating its characteristics with a static load

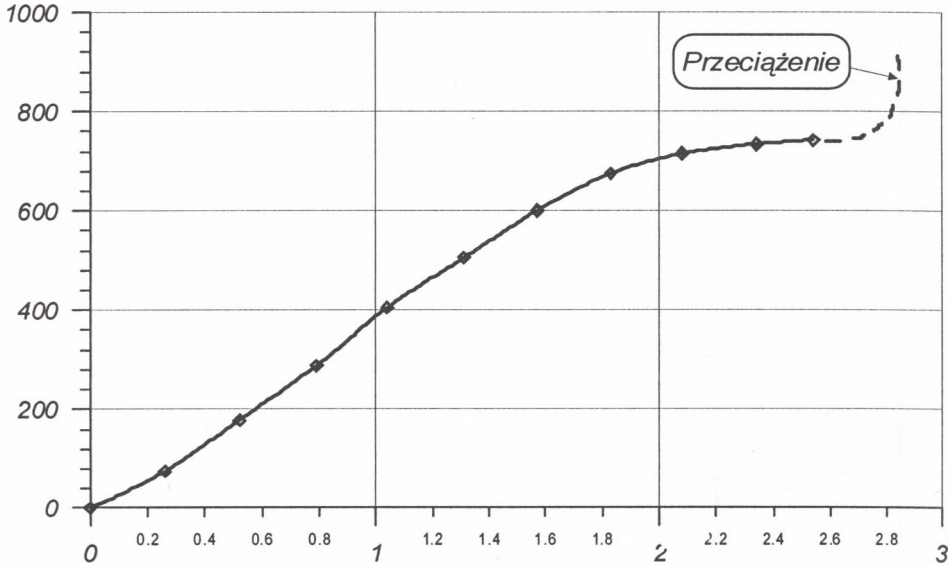
Tablica 1

Zmierzone wartości kąta skręcenia w zależności od obciążenia

Siła obwodowa *N*	0,0	5,25	10,50	15,75	21,00	26,25	31,50	36,75	42,00	47,25	50,75
Moment skręcający *N·m*	0,0	0,26	0,52	0,79	1,04	1,31	1,57	1.83	2,08	2,34	2,54
Kąt skręcenia	0°	50°	178°	268°	405°	505°	600°	675°	715°	734°	742°

Na rysunku 7 pokazana jest charakterystyka sprzęgła przeciążeniowego, które było obciążone statycznie (rys. 6). Jak wynika z pomiarów, sprzęgło obciążone momentem obrotowym granicznym o wartości ok. 2,8 Nm rozłączało się w tym sensie, że wartość momentu była stała (sprężyna ściśnięta), a wystąpił względny ruch obrotowy między wałem i wyjściem sprzęgła.

Wartość graniczna przenoszonego momentu obrotowego zależy w istotny sposób od sztywności umieszczonej w nim sprężyny.



Rys. 7. Graficzna ilustracja przebiegu względnego kąta skręcenia między wejściem i wyjściem sprzęgła w zależności od obciążenia

Fig. 7. Graphic illustration of relative torsion angle between entrance and exit of a clutch depending on a load

W prototypowym sprzęgle, zamiast złożonej konstrukcji elementu sprężysto-tłumiącego zastosowano sprężynę walcową naciskową o małej sztywności. Stąd też, sprzęgło to charakteryzuje się tym, że przenosi małe momenty skręcające. Większe momenty skręcające przenosić będzie sprzęgło po zastąpieniu sprężyny walcowej zestawem sprężyn talerzowych.

Istotny wpływ na charakterystykę metalowego sprzęgła podatnego skrętnie ma kąt wzniosu linii śrubowej gwintu wielozwojowego. Przy założonym największym momencie skręcającym (określona składowa siła obwodowa w połączeniu gwintowym), o wartości siły wzdłużnej odkształcającej element sprężysto-tłumiący zasadniczo decyduje kąt wzniosu linii śrubowej. Stąd też korzystne pod tym względem jest stosowanie w połączeniu gwintowym dużych kątów, tj. ok. $\gamma = 50^\circ \div 75^\circ$.

3. Podsumowanie

Zaproponowane sprzęgło przeciążeniowe może uzupełnić zestaw znanych rozwiązań konstrukcyjnych sprawdzonych i powszechnie stosowanych w przemyśle górniczym. Zaletą nowej konstrukcji sprzęgła jest to, że może być ono bardzo podatne skrętnie, a przy przeciążeniach wyłącza się.

Przenoszony moment obrotowy przez proponowane sprzęgło zależy od następujących czynników:

- średnicy rozmieszczenia elementów tocznych,
- średnic elementów tocznych,
- liczby elementów tocznych rozmieszczonych w jednej płaszczyźnie na obwodzie nakrętki,
- kąta wzniosu linii śrubowej gwintu wielozwojowego,
- rodzaju elementów tocznych, np. kulki lub wałeczki o osiach głównych w kierunku promieniowym,
- twardości powierzchni otworu w nakrętce oraz rowków w tulei,
- zastosowanego środka smarowego,
- częstotliwości zmian obciążenia,
- temperatury otoczenia,
- sposobu chłodzenia,
- innych czynników, które mogą mieć wpływ na zużycie otworów, rowków i elementów tocznych, takich jak ładunki elektrostatyczne lub korozja frettingowa.

Sprzęgła nowej konstrukcji wymagają stanowiskowych badań trwałościowych, a następnie badań eksploatacyjnych w warunkach ekstremalnych, tj. w maszynach pracujących w głębinowych kopalniach węgla kamiennego.

Zebrane doświadczenia pozwolą, w procesie projektowania przeciążeniowych sprzęgieł podatnych skrętnie, na uwzględnienie różnych czynników wpływających na ich trwałość.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Informatyzacji nr 4T12A03628.

LITERATURA

1. http://www.zeltech.pl/sprzegla/sprzegla.html.
2. Katalog Hansen Transmision – Hydro-Flow.
3. http://www.tschan.de/d/htmfiles/produkte.htm.
4. http://www.mayr.de/deutsch/p_alt/default.htm.
5. http://www.rw-kupplungen.de/sicherheitskupplungen/index.php.
6. Kowal A., Dolipski M., Sobota P.: Przeciążeniowe sprzęgło podatne skrętnie. Zgłoszenie patentowe w DBiTT Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jan Senatorski