

Sylwester MARKUSIK

CHARAKTERYSTYKI SPRZĘGIEŁ PODATNYCH

Streszczenie. Prawidłowo dobrane sprzęgło do napędu maszyny roboczej powinno tłumić drgania skrętne, generowane w maszynie. Aby jednak uzyskać ten efekt, należy znać charakterystykę statyczną oraz dynamiczną sprzęgła. W artykule omówiono podstawowe zasady wyznaczania tych charakterystyk oraz przedstawiono przykładowe charakterystyki statyczne dla sprzęgieł oponowych.

CHARACTERISTICS OF FLEXIBLE COUPLINGS

Summary. Right choosed coupling to drive of work machine should to dump torsion vibrations, created in the machine. If to got these effect we shall know static and dynamic characteristic of the coupling. In the article has discussed base rules for elaboration these characteristic and showed examples of the static and dynamic characteristic for tire couplings.

1. WSTĘP

Sprzęgła mechaniczne występujące w maszynach transportowych służą do połączenia dwóch obrotowo niezależnych elementów (najczęściej dwóch wałów): czynnego (napędzającego) i biernego (napędzanego) w celu przeniesienia momentu obrotowego. Połączenie takie powinno reagować na niewielkie błędy montażowe (np. obsunięcia fundamentów) i robocze ugięcia podstaw, dotyczące przesunięcia osi łączonych wałów w dowolnej płaszczyźnie.

Przenoszony moment obrotowy przez sprzęgło podczas normalnej eksploatacji jest stały lub zmienny, tzn. że sprzęgło może być również narażone na zmienne obciążenia, co wynika z nierównomiernej pracy maszyny, spowodowanej zmiennymi obciążeniami pochodzącymi najczęściej od strony maszyny roboczej. Zmienność tych obciążeń pochodzi od nierównomiernego momentu przenoszonego przez organ roboczy maszyny (np. uderzenie brył

węgla na przesypach o krążniki w przenośnikach taśmowych, podrywanie ładunków w dźwignicach) lub silnika elektrycznego (spadki napięć). Powoduje to niekorzystne efekty w postaci drgań organu roboczego maszyny. Można te niekorzystne zjawiska zminimalizować przez zastosowanie odpowiednich amortyzatorów, tłumików lub stosowanie sprzęgieł o odpowiedniej podatności.

Najczęstszymi elementami stosowanymi dla złagodzenia zmiennego momentu obrotowego w układach napędowych są sprzęgła podatne, które dzięki odpowiednim własnościom sprężystym i tłumiącym elementu podatnego przyczyniają się do obniżenia lub wyeliminowania nierównomierności przenoszonego przez nie momentu obrotowego.

Sprzęgła podatne, aby prawidłowo spełniały swoją funkcję, muszą być poprawnie dobrane, tzn. konieczna jest znajomość charakteru pracy maszyny roboczej oraz własności sprężystych i tłumiących elementów podatnych występujących w tych sprzęgłach.

Podstawowe własności i cechy sprężyste oraz tłumiące sprzęgieł podatnych są znane z literatury technicznej, natomiast nie są znane liczbowe parametry sprężyste i tłumiące konkretnych sprzęgieł podatnych oferowanych przez różnych producentów. Dlatego też dla tego typu sprzęgieł należy przeprowadzać badania stanowiskowe celem wyznaczenia ich charakterystyk sprężystych w warunkach statycznych i dynamicznych.

2. CHARAKTERYSTYKI STATYCZNE SPRZĘGIEŁ PODATNYCH

Charakterystyka statyczna sprzęgła podatnego jest funkcją zmiany kąta względnego skręcenia członów sprzęgła φ , w zależności od wielkości przenoszonego momentu obrotowego $M=f(\varphi)$. Sprzęgła podatne mają charakterystykę statyczną $M = f(\varphi)$ nieliniową (rys.1), którą można aproksymować do funkcji typu:

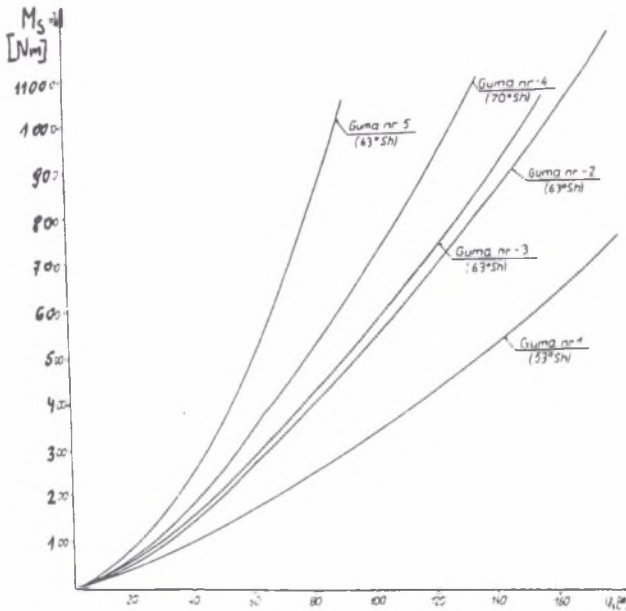
$$M_s = \alpha_0 \varphi_s + \beta_0 \varphi_s^3 \quad (1)$$

gdzie:

M_s - stała wartość momentu obrotowego,

φ_s - kąt skręcenia członów sprzęgła przy obciążeniu,

α_0, β_0 - współczynniki, zależne od liczby, postaci i rozmieszczenia wkładek w sprzęgle.



Rys.1. Charakterystyki statyczne sprzęgieł w zależności od twardości łącznika
 Fig.1. Static characteristics of couplings dependings of the connector hardness

Współczynniki α_0 , β_0 są różne dla obciążeń dynamicznych oraz statycznych. Uzyskuje się przez to dla sprzęgieł podatnych charakterystykę statyczną i dynamiczną (rys.2). Za charakterystykę statyczną uważa się pomiar, przy którym obciążenie sprzęgła narasta bardzo wolno [1]. Sposób odczytu kąta względnego skręcenia ma charakter umowny. Umowność ta dotyczy głównie czasów odczytu kąta φ . Dla elementów podatnych wykonanych z gumy (polimerów) właściwości sprężyste sprzęgieł zależą od amplitudy, prędkości odkształcenia i temperatury. Odczyt pomiaru odbywać się powinien z częstotliwością 30 s/20 Nm, a badania powinny się odbywać w temperaturze otoczenia $20 \pm 25^\circ\text{C}$. Do wyznaczenia charakterystyki statycznej sprzęgła podatnego skonstruowano specjalne stanowisko, które umożliwia zadanie momentu skręcającego M_s mogącego spowodować względne skręcenie członów sprzęgła o kąt φ oraz prosty sposób odczytu zadanego momentu [2].

3. CHARAKTERYSTYKI DYNAMICZNE SPRZĘGIEŁ PODATNYCH

Charakterystyka dynamiczna sprzęgła podatnego wyraża zależność między amplitudą momentu M_a obciążającego sprzęgło i amplitudą wzajemnego kąowego przemieszczenia (skręcania) członów φ_a przy danym średnim momencie obciążającym $M_z = \text{const}$, gdy moment i wzajemne przemieszczenia członów zmieniają się z dużą częstotliwością. Charakterystyki te wyznacza się dla częstotliwości zmian w zakresie $f = 10 \div 200$ Hz.

Charakterystyka dynamiczna jest funkcją zmian momentu obrotowego, którą można opisać za pomocą następujących wielkości (rys.2):

- składowej stałej momentu $M_z \neq 0$,
- składowej zmiennej momentu (amplitudy) $M_a > 0$,
- współczynnika zmienności momentu

$$r = \frac{M_{\min}}{M_{\max}} = \frac{M_z - M_a}{M_z + M_a} \quad (2)$$

- częstotliwości zmian momentu obrotowego

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad (3)$$

gdzie:

T - okres drgań momentu obciążającego M_z [s],

ω - częstość kołowa drgań [s^{-1}].

Ogólną postać charakterystyki dynamicznej sprzęgła przedstawia funkcja:

$$M = f(M_z, M_a, \varphi, f) \quad (4)$$

gdzie:

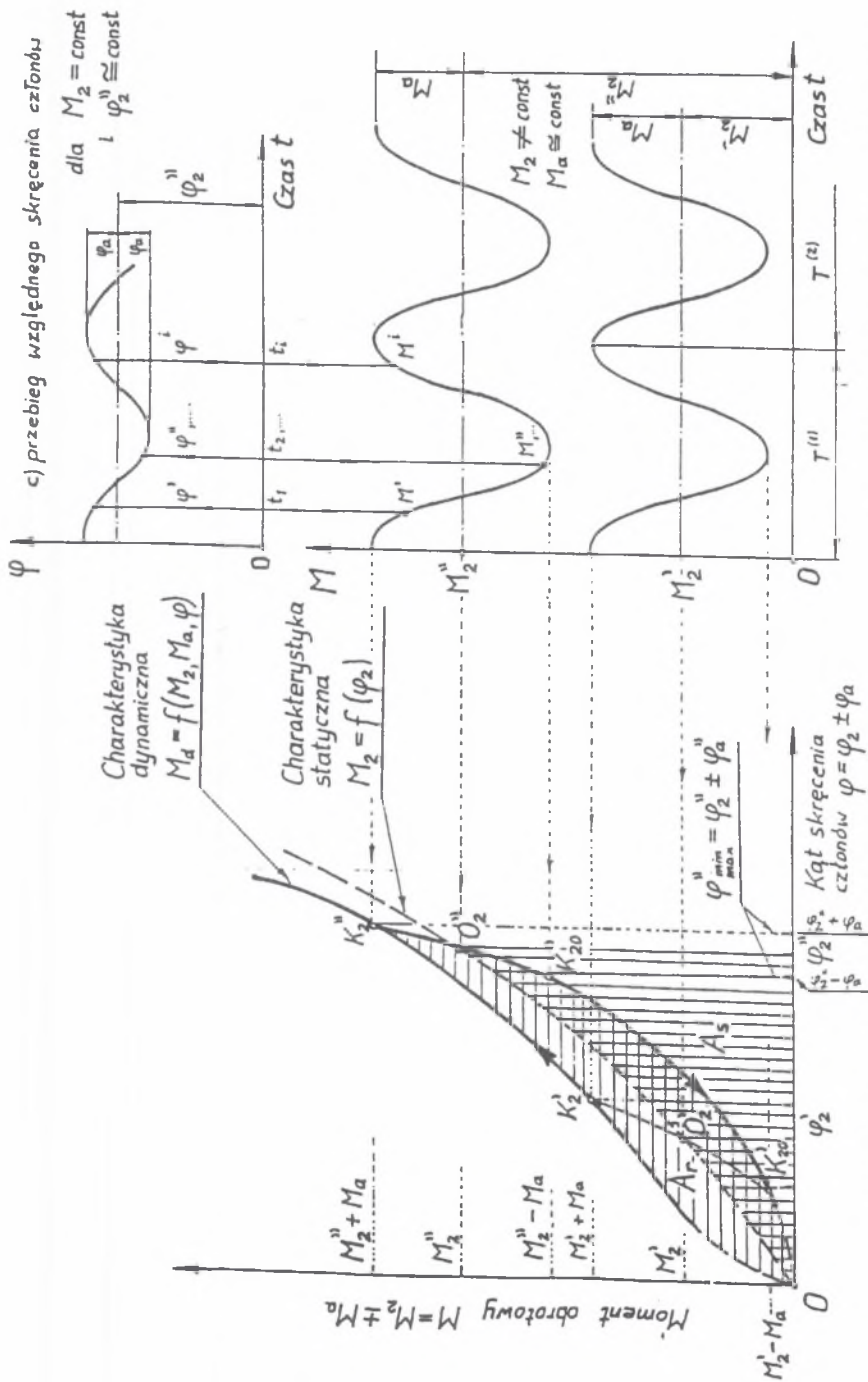
M_z - składowa stałego momentu [Nm],

M_a - składowa zmiennego momentu [Nm],

φ_a - amplituda kąta skręcenia [$^\circ$],

φ_z - kąt skręcenia statyczny [$^\circ$].

We wzorze (4) $\varphi = \varphi_z \pm \varphi_a$ - zmienny w każdym cyklu zmian momentu kąt skręcenia członów sprzęgła (rys.2).



b) przebiegi zmian momentu obrotowego

a) charakterystyki sprężyna podatnego

Rys. 2. Podstawowe wielkości charakterystyki dynamicznej sprzęgła podatnego
 Fig. 2. Base parameters of dynamic characteristic for flexible coupling

3.1. Sposób wyznaczania charakterystyki dynamicznej

Aby wyznaczyć charakterystykę dynamiczną sprzęgła podatnego, należy je badać na stanowisku umożliwiającym:

- zadanie składowej stałej momentu M_2 ,
- generowanie składowej zmiennej (amplitudy) $M_a > 0$,
- pomiar momentu obrotowego w funkcji czasu $M_a = f(t)$,
- pomiar względnego kąta skręcenia członów sprzęgła w funkcji czasu $\varphi = \varphi(t)$, przebiegający równocześnie z pomiarem momentu obrotowego.

W pierwszej kolejności wyznacza się charakterystykę statyczną przykładając do badanego sprzęgła kolejne bardzo wolno narastające wartości momentu M_2 , mierząc odpowiednie dla nich wartości kąta skręcenia φ_2 . Otrzymane wartości przy współrzędnych punktów O_2 tworzą charakterystykę statyczną (linia przerywana na rys.2).

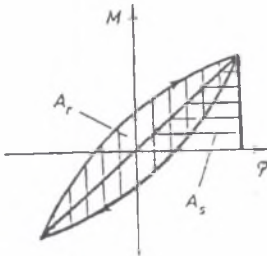
Każdą z poprzednio ustalonych wartości momentu M_2 można wykorzystać jako średnią wartość zmiennego momentu obrotowego i za pomocą generatora momentu dodać do niej amplitudę $M_a = \text{const}$. Otrzymując w wyniku superpozycji zmienny w czasie moment $M = f(t)$.

4. TLUMIENIE SPRZĘGIEŁ PODATNYCH

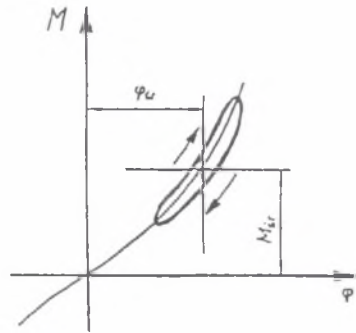
Poza sztywnością lub sprężystością sprzęgło podatne z łącznikiem wykonanym z gumy cechuje pochłanianie energii. Odkształceniu łącznika podatnego w sprzęgle towarzyszą straty energii, które są wynikiem tarcia wewnętrznego elementu podatnego.

Przy obciążeniu i odciążeniu sprzęgła w przeciwnych kierunkach, przy dużych częstotliwościach zmian obciążeń otrzymujemy charakterystykę dynamiczną w postaci krzywej zamkniętej tzw. pętłą histerezy (rys.3a).

a)



b)



Rys.3. Histereza w sprzęgle podatnym
Fig.3. Dumping in the flexible coupling

Pole zakreślone pętlą histerezy A_r przedstawia energię mechaniczną zamienioną na ciepło podczas jednego cyklu obciążenia. Wartość tłumienia energii mechanicznej w sprzęgle podatnym określa współczynnik tłumienia Ψ :

$$\Psi = \frac{A_r}{A_s} \quad (5)$$

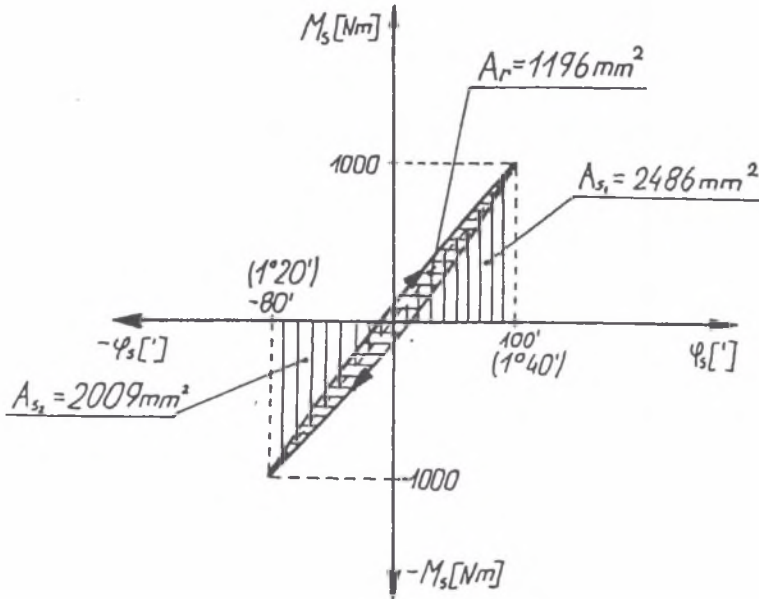
gdzie:

A_r - praca tłumienia podczas jednego cyklu pracy,

A_s - praca odkształcenia sprężystego na jeden cykl pracy.

Pętla powstaje także, jeżeli obciążenie rośnie i maleje okresowo wokoło pewnej wartości średniej M_{sr} (rys.3b).

Sposób wyznaczania współczynnika tłumienia dla sprzęgła 007 ASO, produkcji PPU „POL-BOYS” Katowice, przedstawiono na rys.4.



Rys.4. Sposób wyznaczania współczynnika tłumienia Ψ
 Fig.4. The way to elaboration dumping factor Ψ

$$\Psi = \frac{A_r}{A_{s1} + A_{s2}} = \frac{1196}{248 + 2009} = \frac{1196}{2257} = 0,53$$

5. WNIOSKI

W artykule przedstawiono jedynie wąski wycinek badań nad wyznaczaniem charakterystyk sprzęgieł, jakie prowadzą Instytut Transportu Politechniki Śląskiej wspólnie z PPU „POL-BOYS” Katowice.

Na podstawie analizy materiału zawartego w niniejszym artykule można wysunąć następujące wnioski:

- Przy wyznaczaniu charakterystyki statycznej sprzęgieł podatnych należy brać pod uwagę fakt, że sprzęgło przenosi moment skręcający w obu kierunkach. Charakterystyka statyczna sprzęgła oponowego ma inny kształt w układzie $M_s = f(\varphi_s)$ po stronie momentu dodatniego oraz momentu ujemnego.

- Zmienny kształt charakterystyki po stronie momentu dodatniego i ujemnego może być związany z konstrukcją opony. Zmiany te mogą być spowodowane dużymi przemieszczeniami cząstek i tarcie wewnętrzne w oponie. Tarcie i przemieszczenia wewnętrzne spowodowane są dużą podatnością skrętną sprzęgła oponowego typu 007 ASO, która przy $M_s = 3000 \text{ Nm}$ wynosi $\varphi_s = 5^\circ$.
- Wyniki badań statycznych pozwoliły ustalić kształt charakterystyki statycznej sprzęgła, która wyraźnie jest nieliniowa, dającą współczynnik tłumienia $\Psi = 0,53$, niezależny od wielkości momentu obrotowego przenoszonego przez sprzęgło oponowe.

LITERATURA

1. Praca zbiorowa. Podstawy konstrukcji maszyn, t.III: WNT, Warszawa 1995; (1998 - w druku).
2. Chmurawa M.: Stanowisko do badań charakterystyk statycznych sprzęgieł podatnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Transport, z.34, Gliwice 1998.

Recenzent: Dr hab.inż. Marek Sitarz
Prof. Politechniki Śląskiej

Abstract

Mechanical couplings that are using in the transportation machines connecting two rotation independing details (most often two shafts):active and passive for trancient torque.That kind of connection doesn't reaction for small assamble mistakes (e.g.:lowering of groundwork) and works (fundament bending), that are consider shifts of connection shafts in optional level. Trancient torque in the coupling during regular exploitation is constant or change; the coupling can be endanger for change loads, that is result from unconstant work of machine. That doing unprofit effects like vibration of working units of machine.Most often details that we using in drives of machines for reduce that unprofit effectcs are couplings with

machine. That doing unprofit effects like vibration of working units of machine. Most often details that we using in drives of machines for reduce that unprofit effectcs are couplings with connectors with dumping and flexibility. But at this moment we should to know static and dynamic characteristic of coupling that we used in the drive.