

Stanowisko pomiarowe do wyznaczania charakterystyk zespołu śruba–nakrętka toczna podczas jego obciążania

Test stand for determining characteristics of ball screw nut assembly during its loading.

MAREK STEMBAŁSKI
MATEUSZ MALICKI
WACŁAW SKOCZYŃSKI
ANDRZEJ ROSZKOWSKI
PAWEŁ TUREK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.490

W celu pomiaru wielkości charakteryzujących warunki pracy mechanizmu zespołu śruba nakrętka toczna wykonano stanowisko dydaktyczne. Umożliwia ono wprowadzenie i pomiar napięcia wstępnego nakrętek, zadawanie obciążenia zewnętrznego, a także pomiar przemieszczeń nakrętek względem śruby i oporów ruchu. Umożliwia ono również określenie wartości maksymalnego obciążenia zewnętrznego, powyżej którego nastąpi otwarcie obciążanej nakrętki.

SŁOWA KLUCZOWE: śruba toczna, napięcie wstępne, system pomiarowy

In order to measure quantities characterizing the operating conditions of the mechanism an educational test stand was developed. It allows the introducing and measuring the preload of ball nuts, application of the external load, and measuring displacements of the nuts with respect to the screw and the resistance to motion. It allows also specify the maximum external load above which will open the nut.

KEYWORDS: ball screw nut assembly, preload, measuring system

Przekładnia toczna, szczególnie w obrabiarkach sterowanych numerycznie, spełnia nie tylko rolę mechanizmu zamiany ruchu obrotowego na prostoliniowy, lecz uczestniczy najczęściej także w pomiarze położenia przemieszczanego zespołu (stołu, sań, suportu), gdzie występować nie luzu jest niedopuszczalne. Podstawowymi elementami wchodzącymi w skład każdej śrubowej przekładni tocznej są: śruba o specjalnym zarysie gwintu, w obrabiarkach najczęściej jest to zarys łuku koła, dwie nakrętki oraz elementy toczne, którymi są najczęściej kulki. Zwoje gwintu śruby i nakrętek stykają się ze sobą nie bezpośrednio, lecz poprzez elementy toczne, dzięki czemu w przekładni występuje niemal tylko tarcie toczne, co przyczynia się do zmniejszenia oporów jej ruchu w czasie pracy. W czasie względnego ruchu śruby i nakrętek kulki przetaczają się po bieżniach gwintu i po jednym lub po kilku obiegach wokół osi przekładni powracają kanałem powrotnym do położenia początkowego. Dzięki temu kulki pracują w zamkniętym obiegu.

Stanowisko pomiarowe

Do budowy stanowiska pomiarowego (rys. 1) wykorzystano śrubową przekładnię toczną z zarysem jednołukowym, produkcji Fabryki Obrabiarek Precyzyjnych „AVIA”, o średnicy nominalnej 32 mm i podziałce gwintu 6 mm. Przekładnia posiada dwie nakrętki z zewnętrznymi kanałami powrotnymi. Stanowisko przystosowano do pomiarów: przemieszczeń ΔN nakrętek względem śruby, napięcia wstępnego Q nakrętek, obciążenia F_1 i F_2 nakrętek oraz do pomiaru momentu tarcia M_t , jaki występuje pomiędzy nakrętkami a śrubą. Umożliwia ono także nastawianie żądanej siły Q napięcia nakrętek oraz obciążanie przekładni zewnętrzną siłą F_0 poprzez śrubę M24 i nakrętkę „9” (rys. 2).

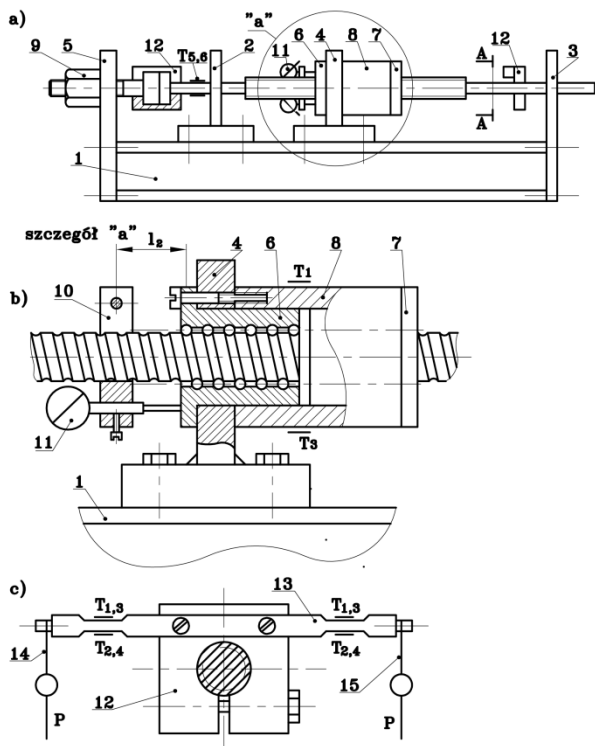


Rys. 1. Ogólny widok stanowiska pomiarowego

Podstawą stanowiska jest sztywne łóże „1” (rys. 2), do którego przytwierdzono cztery płyty „2–5”. Płyty „2 i 3” ustalają położenie śruby w kierunku poprzecznym, spełniają zatem rolę łożysk promieniowych. Płyta „4” spełnia rolę przemieszczanego zespołu maszyny, np. sań, stołu lub suportu. Do niej przytwierdzono, współosiowo ze śrubą toczną, nakrętki „6” i „7”, oddzielone od siebie tuleją „8” (rys. 2b). Tuleja ta spełnia rolę siłomierza. Płyta „5” stanowi obsadę dla łożysk wzdłużnych, umieszczonych na jednym końcu śruby (łożyskowanie jednostronne). W otworze tej płyty osadzono śrubę M24 z nakrętką „9”, która umożliwia zadawanie obciążenia zewnętrznego F_0 poprzez dwuczęściową obejmę „12”. Obciążenie to będzie mierzone za pomocą tensometrów $T_{5,6}$ (rys. 2a), naklejonych na walcowej części śruby tocznej; jego wartość będzie wyświetlana na ekranie monitora.

* Dr inż. Marek Stembalski (marek.stembalski@pwr.edu.pl), dr hab. inż. Wacław Skoczyński (waclaw.skoczyński@pwr.edu.pl), dr inż. Andrzej Roszkowski (andrzej.roszkowski@pwr.edu.pl), mgr inż. Paweł Turek (pawel.turek@pwr.edu.pl) – Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Katedra Obrabiarek i Technologii Mechanicznych; inż. Mateusz Malicki (205621@student.pwr.edu.pl)

Nastawianie siły Q napięcia wstępnego nakrętek odbywa się przez obrót nakrętki „7” względem tulei „8” i nakrętki „6”. Dla zmierzenia tej siły napięcia na tulei „8” naklejono cztery czynne i cztery kompensacyjne tensometry T_1 , T_3 (rys. 2b), których odkształcenie jest proporcjonalne do siły przenoszonej przez tuleję. Dzięki temu po wzorcowaniu tensometry podłączone do wzmacniacza tensometrycznego umożliwiają pomiar wartości siły. Po obciążeniu śruby zewnętrzną siłą F_0 ,adaną przez nakrętkę „9”, tuleja „8” przenosi siłę o wartości F_1 , taką samą jak dociążana nakrętka „7”. Zatem ten sam siłomierz umożliwia pomiar obciążenia jednej z nakrętek. Obciążenie drugiej nakrętki, odciążanej, wyznacza się z przekształconej zależności: $F_2 = F_1 - F_0$.



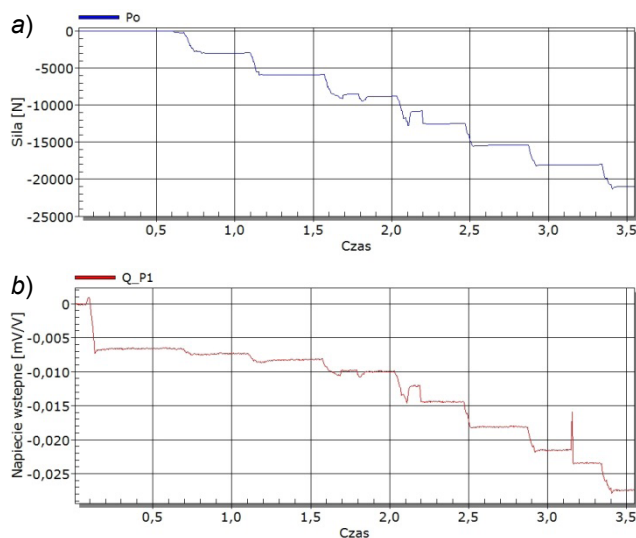
Rys. 2. Stanowisko do pomiaru obciążeń nakrętek, ich przemieszczenia względem śruby oraz momentu tarcia nakrętek: a) widok ogólny z tensometrami $T_{5,6}$ do pomiaru obciążenia zewnętrznego, b) umieszczenie tensometrów T_1 , T_3 na tulei „8” i czujników przemieszczeń, c) sposób pomiaru momentu tarcia

Równocześnie z pomiarem obciążenia nakrętek można wyznaczyć ich przemieszczenie ΔN względem śruby. W tym celu do śruby przytwierdzono kostkę „10” (rys. 2b), w niej zaś osadzono trzy czujniki przemieszczeń „11” o działce $1 \mu\text{m}$, rozstawione na średnicy około 100 mm co 120° . Dzięki zastosowaniu trzech czujników można wyznaczyć średnią wartość przemieszczenia nakrętek i wyeliminować wpływ zginania śruby, wynikający z błędów wykonania samej przekładni i z błędów stanowiska. Czujniki umieszczone są w pewnej odległości l_2 od nakrętki, dlatego oprócz przemieszczenia ΔN zmierzają one wydłużenie odcinka l_2 śruby. Aby wyznaczyć rzeczywistą wartość przemieszczenia ΔN , od średniej wartości wskazań ΔN_z czujników „11” należy odjąć obliczone wydłużenie Δl_2 odcinka l_2 śruby.

Jako system pomiarowy na stanowisku zastosowano modułowy system pomiarowy PMX firmy HBM [3]. Ze względu na konieczność jednoczesnego wykorzystania na stanowisku pomiarowym mostków tensometrycznych oraz czujników indukcyjnych wystarczyło uzbroić układ

PMX w dwie karty PX455. Dzięki nim możliwe jest rejestrowanie sygnałów z wykorzystaniem pełnych i półmostków tensometrycznych oraz indukcyjnych czujników piezorezystancyjnych, potencjometrycznych oraz sensorów LVDT. Karty te dają możliwość próbkowania z częstotliwością do $19,2 \text{ kS/s}$ przy rozdzielczości 24 bitów. Komunikacja systemu pomiarowego z użytkownikiem odbywa się poprzez dedykowane oprogramowanie Catman Easy. Umożliwia ono obserwację wyników pomiarów w trybie online, a szeroki wachlarz dostępnych funkcji matematycznych pozwala na natychmiastową analizę otrzymanych wyników pomiaru.

Na rys. 3 pokazano przykładowy przebieg pomiaru siły osiowej F_0 oraz wykres zależności siły napięcia wstępnego Q od wprowadzanej siły osiowej F_0 . Przebiegi te zarejestrowano podczas pracy stanowiska pomiarowego.



Rys. 3. Przykładowe przebiegi wartości mierzonych na stanowisku pomiarowym: a) wartość wywieranej siły osiowej F_0 , b) wartość napięcia wstępnego nakrętki

Podsumowanie

Prezentowane stanowisko funkcjonuje prawidłowo. Przy jego pomocy można zaobserwować i zarejestrować zmiany obciążeń nakrętek i ich przemieszczenia przy różnych wartościach napięcia Q i obciążenia zewnętrznego F_0 , a także wartość momentu tarcia pomiędzy śrubą a nakrętkami, w zależności od siły napięcia Q .

Na stanowisku wykonano wybrany plan badania dla napięcia wstępnego nakrętek $Q = 6,8 \text{ kN}$ i siły zewnętrznej F_0 zmienianej w zakresie $0\text{--}24 \text{ kN}$. Wyznaczono obciążenie F_1 i F_2 nakrętek i ustalono, że otwarcie nakrętki obciążanej następuje przy sile $F_0 = 15 \text{ kN}$.

Dla podanych parametrów obciążenia przekładni przemieszczenie nakrętek względem śruby zmieniało się w zakresie od 0 do $30 \mu\text{m}$.

Dlaadanego napięcia wstępnego opory ruchu wyrażone momentem tarcia pomiędzy nakrętką a śrubą wyniosły $0,27 \text{ Nm}$.

LITERATURA

1. Sobolewski J.Z., „Przekładnie śrubowe kulkowe”. Warszawa: WNT, 2009.
2. http://www.hiwin.de/de/Branchen.html&download=share/public/Downloads/Kataloge/Kugelgewindetriebe/BS_01_2_PL_1305_K.pdf.
3. <http://www.hbm.com/en/4527/pmx-system-for-data-acquisition-and-control/wraz-z-podstronami> (dostęp: 24.07.2015).
4. www.atlantis-press.com/php/download_paper.php?id=18516.