

Stanisław GUZOWSKI

OCENA ZUŻYCIA ELEMENTÓW ZESTAWÓW KOŁOWYCH W BADANIACH MODELOWYCH

Streszczenie. W artykule na przykładzie badań modelowych połączenia koło-oś wskazano na korzyści wynikające z tego typu badań dla szybkiej oceny rodzaju i intensywności procesów zużycia.

ESTIMATION OF WHEEL SET ELEMENTS WEAR BY MEANS OF MODEL TESTING

Summary. On the basis of wheel-axle set model testing the advantages of this type of testing have been proved in the aspect of fast estimation of type and rate of wear processes.

1. WPROWADZENIE

Zestaw kołowy, jak żaden inny układ czy zespół pojazdu szynowego, ze względu na rolę, jaką spełnia w bezpiecznym prowadzeniu pojazdu w torze, musi charakteryzować się szczególnie wysoką trwałością, a przede wszystkim niezawodnością. Stąd istnieje wiele przepisów UIC i Polskich Norm szczegółowo określających warunki związane z wykonaniem, montażem i badaniem zestawów kołowych. Elementem zestawu, który podlega szczególnym wymaganiom, jest oś, która z kolei determinuje trwałość całego zestawu. Pomimo bardzo rygorystycznej kontroli na etapie wytwarzania i montażu, w warunkach eksploatacji występuje szereg uszkodzeń i zużyć zestawów. Według Z. Świderskiego [4], do najczęstszych uszkodzeń osi zestawów kołowych podczas eksploatacji należy zaliczyć m.in.:

- poprzeczne pęknięcia powierzchniowe w czopie,
- pęknięcia podpięcia osi,
- pęknięcia w miejscu zmiany przekroju,
- pęknięcia od wad obróbki skrawaniem, wżerów korozyjnych itp.

Stwierdza on również, że najliczniejsze przypadki pęknięć osi występują na przedpięściu (około 90% wszystkich pęknięć). Pęknięcia te najczęściej pojawiają się w odległości kilku mm od płaszczyzny czołowej piasty po stronie części środkowej. Ponadto powierzchnia podpięcia w miejscach położonych w bezpośrednim sąsiedztwie płaszczyzn czołowych piasty jest zwykle skorodowana, tworząc na całym obwodzie tworząc się dwa pasy skorodowanych

obszarów o szerokości od kilku do kilkudziesięciu mm. Świadczy to o występowaniu w tym obszarze zużycia frettingowego.

Badania zestawów kołowych prowadzone były dotychczas na rzeczywistych obiektach w skali 1:1 i miały głównie na celu określenie charakterystyk wytrzymałości zmęczeniowej [3]. W tego typu badaniach trudno ocenić rodzaj i intensywność procesów zużycia w miejscach połączenia poszczególnych elementów zestawu (np. koło-oś). Ponadto badania na rzeczywistym zestawie kołowym wymagają m.in.:

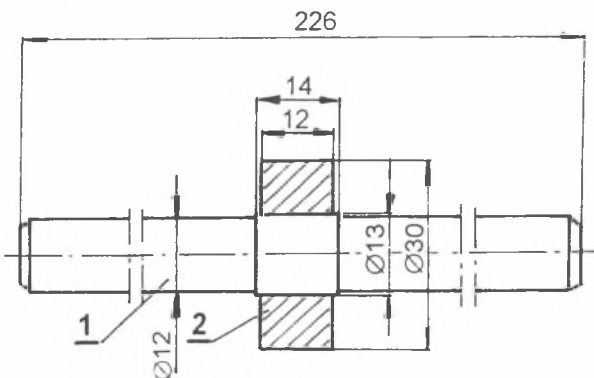
- długiego czasu badań (cykli obciążeń) odpowiadającego określonemu okresowi eksploatacji,
- specjalnie zaprojektowanego stanowiska badawczego pozwalającego symulować rzeczywiste warunki eksploatacji (obciążenia).

Pociąga to za sobą odpowiednio wysokie koszty badań związane zarówno ze stanowiskiem badawczym, jak i przygotowaniem zestawu badawczego.

Wszystkich tych problemów można uniknąć w badaniach modelowych, w warunkach laboratoryjnych, symulując rzeczywiste warunki eksploatacji. W artykule przedstawiony zostanie przykład wykorzystania badań modelowych do oceny procesów zużycia w połączeniu koło-oś zestawu kołowego.

2. DOBÓR PRÓBKI MODELUJĄCEJ POŁĄCZENIE KOŁO-OŚ

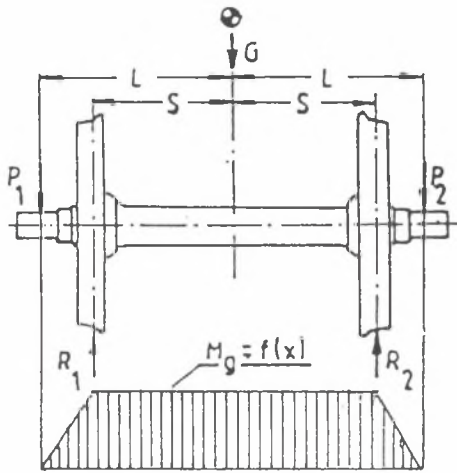
Przy doborze próbki kierowano się zachowaniem proporcjonalności do rzeczywistego połączenia koło-oś dotyczącej m.in. wymiarów połączenia oraz nacisków powierzchniowych w strefie połączenia [1]. Długość próbki uzależniona była przyjęciem stanowiska do badań zmęczeniowych. Próbka, której wymiary przedstawiono na rys.1, składa się z wałeczka (1) modelującego oś oraz tulejki (2) modelującej piastę koła. Oba elementy połączone są wciskowo. Połączenie to w zależności od celu badań może być wykonane jako wtlaczone lub skurczowe. Przyjęta wielkość wcisku 0,01 i 0,02 mm daje wartość nacisków powierzchniowych odpowiadających wciskowi 0,2 i 0,3 mm rzeczywistego połączenia.



Rys.1. Próbka modelująca połączenie koło-oś
Fig.1. Specimen for model axle tests

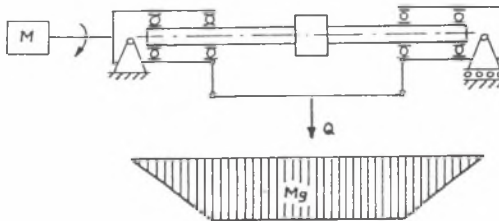
3. SYMULACJA WARUNKÓW EKSPLOATACJI

Warunki eksploatacji zestawu kołowego, a w szczególności połączenia koło-oś, to głównie charakter obciążenia i wynikający stąd rozkład naprężeń. Jeżeli przyjmiemy przypadek, że zestaw toczy się w osi toru bez nabiegania na główkę szyny, to wówczas oś obciążona jest jedynie siłami $P_1 = P_2$ (od ciężaru pojazdu) przyłożonymi na czopie osi. Efektem takiego obciążenia osi będzie moment gnący przedstawiony na rys.2. Tak przyjęty rozkład obciążenia zestawu można symulować na maszynie zmęczeniowej typu MUJ. Konstrukcja maszyny umożliwia uzyskanie obciążenia okresowo zmiennego przy częstym zginaniu obracającej się próbki. Na rys.3 przedstawiono schemat obciążenia próbki i wynikający stąd rozkład momentu gnącego. W prowadzonych badaniach przyjęto częstotliwość zmian obciążenia ~ 23 Hz, co odpowiada prędkości wagonu przy średnicy koła 920 mm, około 75 km/h.



Rys.2. Schemat obciążenie zestawu kołowego i rozkład momentu gnącego

Fig.2. Schematic representation of the load applied to wheel set and distribution of bending moment

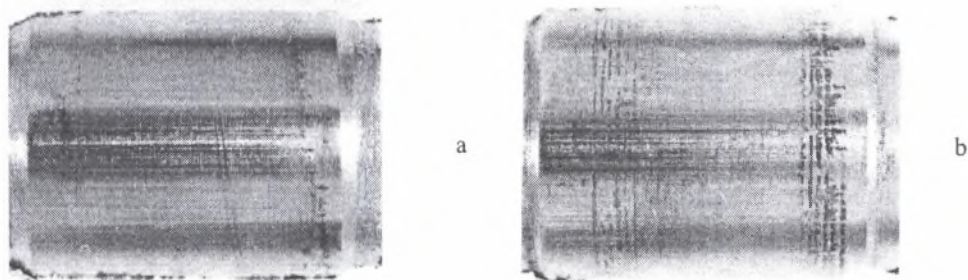


Rys.3. Schemat obciążenia próbki i rozkład momentu gnącego

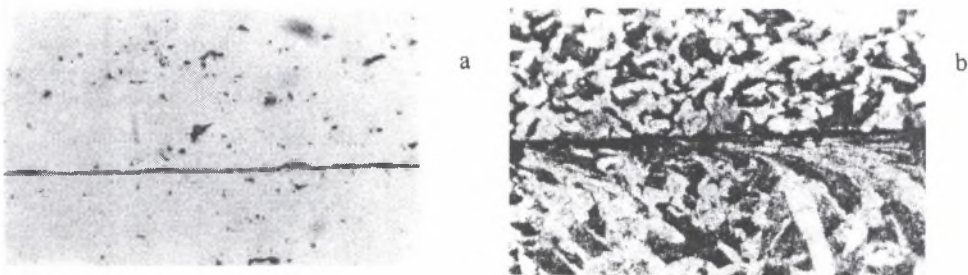
Fig.3. Schematic representation of the load applied to the specimen and distribution of bending moment

4. BADANIE ZUŻYCIA W POŁĄCZENIU WCISKOWYM KOŁO-OŚ

Na rys.4 przytoczono przykładowo obraz zużycia na powierzchni podpiaścia wałeczków po badaniach zmęczeniowych. Próbki wykonane były przez wtlaczanie tulejki na wałek przy wielkości wcisku 0,02 mm. Ilość cykli obciążeń próbek była w zakresie 8×10^6 , co odpowiadało ~ 97 godz. pracy maszyny zmęczeniowej. Próbki obciążane były dwoma wielkościami siły $Q = 150$ i 400 N. W obu przypadkach na powierzchni podpiaścia wałeczków można zaobserwować wyraźny obraz uszkodzeń charakterystyczny dla zużycia frettingowego. Przyjęta wielkość próbki pozwala również na wykonanie zglądów metalograficznych i bezpośrednią obserwację styku połączonych powierzchni (rys.5)



Rys.4. Zużycie fretting na powierzchni wałeczków (pow. 3x): a) $Q = 150$ N; b) 400N
Fig.4. Fretting wear on the shafts seats (magn. 3x): a) $Q = 150$ N; b) 400N



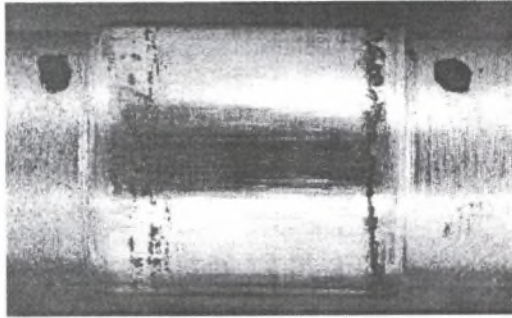
Rys.5. Powierzchnia styku wałeczka i tulejki (pow.250x): a) nietrawiona; b) trawiona
Fig.5. Surface of sleeve-shaft contact (magn.250x): a) no etching; b) etching

Tak przyjęta metodyka badań modelowych umożliwia badanie procesów zużycia w połączeniu koło-oś m.in. dla:

- różnych wariantów wykonania obróbki wykańczającej łączonych powierzchni,
- różnych metod wykonania połączenia wciskowego (wtlaczanie lub skurcz),
- określonego zakresu liczby cykli obciążeń, wielkości obciążeń i ich częstotliwości,
- różnych wariantów zmian konstrukcyjnych i technologicznych.

Jedną z proponowanych metod wyeliminowania zużycia frettingowego w połączeniu koło-oś jest wykonanie połączenia z tzw. zwisem piasty (długość piasty jest większa od długości podpiaścia). Przeprowadzone przez autora badania modelowe pokazały jednak, że ta zmiana konstrukcyjna nie eliminuje zjawiska frettingu w połączeniu wciskowym koło-oś (rys.6). Przyczyn tego należy szukać w warunku rozwoju zużycia frettingowego – występowanie mi-

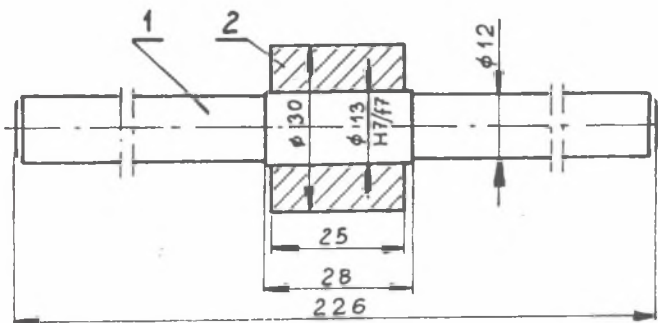
kropoślizgów pomiędzy połączonymi powierzchniami. Jak wynika z wykonanych badań, wykonanie piasty „ze zwisem” nie usuwa źródła wystąpienia mikroślizgów względnych.



Rys.6. Zużycie fretting na powierzchni wałeczka – połączenie „ze zwisem” tulejki
Fig.6. Fretting wear on the shaft seat – overhanged sleeve joint

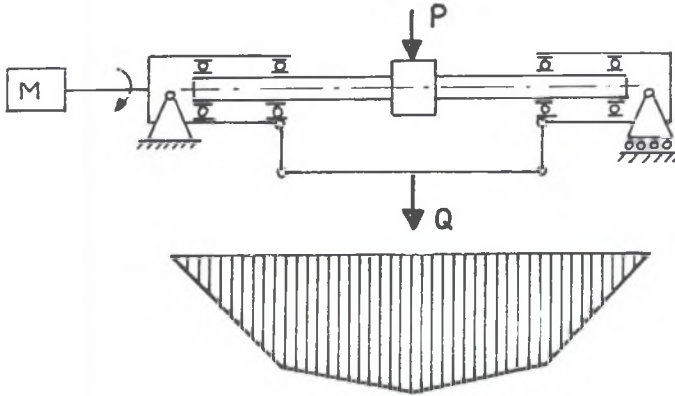
5. BADANIE POŁĄCZENIA KOŁO-OŚ ZESTAWU Z AUTOMATYCZNĄ ZMIANĄ ROZSTAWU KÓŁ

Wstępne badania eksploatacyjne opracowanego przez CBKPTK w Poznaniu prototypowego zestawu kołowego z automatyczną zmianą rozstawu kół pokazały, że już po niewielkim przebiegu istniały znaczne problemy w zmianie rozstawu kół. Znacznie wzrastała siła niezbędna do przemieszczenia poosiowego kół, prowadząc do uszkodzeń stanowiska przestawczego. Obserwacje powierzchni podpięcia osi pokazały występowanie uszkodzeń frettingowych w obszarze styku z piastą koła. Ze względu na konieczność przemieszczania poosiowego kół względem osi w trakcie zmiany rozstawu, pomiędzy obu elementami przyjęto pasowanie typu obrotowego. Dla szczegółowego zbadania zachodzących procesów zużyciowych w połączeniu koło-oś zaproponowano badania modelowe powyższego połączenia [2]. Schemat próbki modelującej połączenie przedstawiono na rys.7. Próbkę składała się z wałeczka (1) oraz tulejki (2). Oba elementy pasowane były obrotowo. Tulejkę ustalano względem osi za pomocą nita, który zabezpieczał przed względnymi przemieszczeniami poosiowymi i obwodowymi, a zapewniał w trakcie obrotów ruch tulejki względem wałeczka w kie-



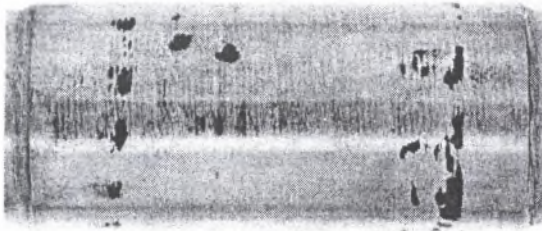
Rys.7. Próbkę do badań modelowych
Fig.7. Specimen for model tests

runku promieniowym. Warunki eksploatacji (obciążenie) również symulowano na maszynie zmęczeniowej MUJ wg schematu przedstawionego na rys.8. Na rys.9 przedstawiono obraz powierzchni podpięcia wałeczka wykonanego ze stali 45 współpracującego z tulejką ze stali 36HNM. Połączenie, które było typu obrotowego, pracowało na sucho. Uszkodzenia na powierzchni wałeczka są typowymi dla zużycia frettingowego, a ich rozkład jest podobny do występującego w przypadku rzeczywistego zestawu.



Rys.8. Schemat obciążenia próbki i rozkład momentu gnącego

Fig.8. Schematic representation of the load applied to the specimen and distribution of bending moment



Rys.9. Zużycie fretting na powierzchni wałeczka (pow. 3x)

Fig.9. Fretting wear on the shaft seat (magn. 3x)

6. ZAKOŃCZENIE

Przytoczone przykłady świadczą o przydatności badań modelowych do oceny rodzaju i intensywności procesów zużycia w połączeniu koło-oś. Badania modelowe, przy stosunkowo niewielkich kosztach badań, pozwalają m.in. na:

- możliwie szybką ocenę rodzaju i intensywności procesów zużyciowych w połączeniu,
- szczegółową analizę mechanizmu występujących procesów zużycia,
- szybką weryfikację przyjętych zmian konstrukcyjnych i technologicznych dla wyeliminowania lub zmniejszenia zużycia.

Literatura

1. Guzowski S.: Badania modelowe zużycia fretting osi zestawów kołowych. VIII Konferencja Naukowa „Pojazdy Szynowe”, Warszawa-Jachranka, 12.1990, s. 63-68.
2. Guzowski S.: Zużycie fretting w połączeniu obrotowym. Czasopismo Techniczne, wyd. PK, Z.4-M, 1996, s. 9-16.
3. Stasiak L.: Doświadczalna determinacja charakterystyk wytrzymałości zmęczeniowej osi zestawów kołowych pojazdów szynowych. Politechnika Poznańska, Rozprawy, nr173, Poznań 1986.
4. Świdzki Z.: Wady i uszkodzenia elementów taboru kolejowego. Praca niepublikowana w ramach projektu badawczego nr PB-730/T12/95/08 (IPSz PK).

Recenzent: Dr hab. inż. Piotr Adamiec
Profesor Politechniki Śląskiej

Abstract

The wheel set, due to its important function in safe track driving, must be of good safe life and have good reliability. The wheel-axle set, which determines the safe life of the whole set, demands special attention. Therefore it is necessary to test wheel sets when design and technology are changed before the sets are allowed to be used in actual operation. At present such tests are mainly run on real sets on bench stands, which is costly and time consuming. Besides, the aim of such tests is to determine the fatigue strength characteristics of wheel sets, while there are different types of wear, e.g. fretting in wheel-axles, which are difficult to test on real sets. This is why model testing has been proposed which simulates the actual operation conditions. In the paper model testing methodology has been presented, using clamped wheel-axle joint as an example.