

Kazimierz WITASZEK, Mirosław WITASZEK

## WPLYW CYKLICZNEGO ROZŁĄCZANIA NA SIŁĘ TARCIA W KONEKTOROWYCH ZŁĄCZACH SAMOCHODOWYCH

**Streszczenie.** Rozwój konstrukcji współczesnych samochodów związany jest z coraz szerszym zastosowaniem urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Pociąga to za sobą konieczność stosowania w instalacji elektrycznej pojazdów złącz konektorowych. W pracy przeprowadzono badania wpływu wielokrotnego złączania i rozłączania konektorów na siłę tarcia decydującą o ich niezawodności.

## THE INFLUENCE OF CYCLIC DISCONNECTING ON FRICTION FORCE IN AUTOMOTIVE CONNECTORS

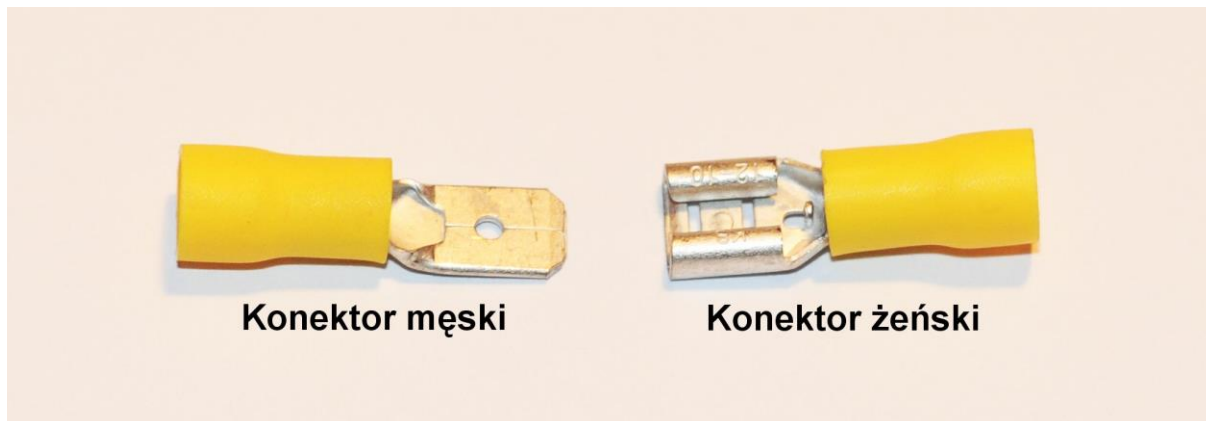
**Summary.** Development of modern car constructions is connected with widespread use of electrical and electronic devices. It results in a necessity of connectors use in automotive electrical installation. In the present work the influence of multiply connecting and disconnecting on the friction force has been studied. This force determines the reliability of connectors.

### 1. WPROWADZENIE

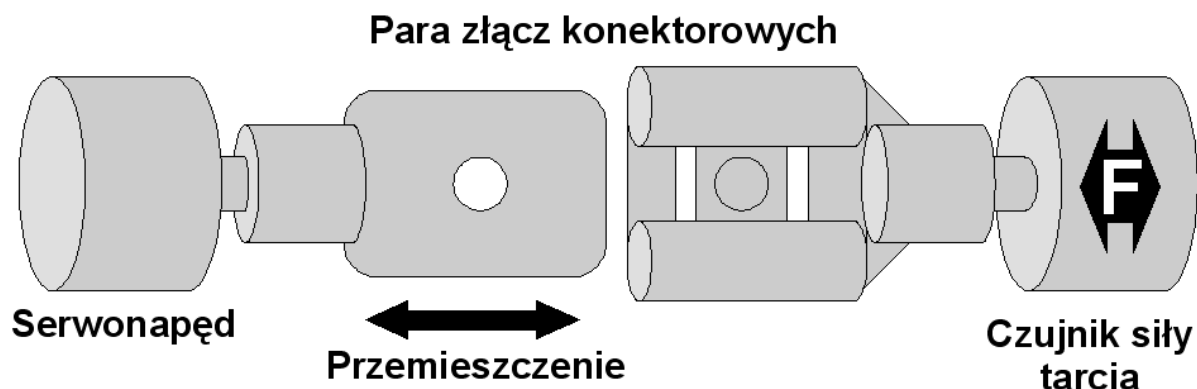
W konstrukcji współczesnych pojazdów samochodowych obserwuje się widoczne powiększenie liczby urządzeń elektrycznych oraz elektronicznych. Powoduje to konieczność stosowania coraz bardziej rozbudowanych instalacji elektrycznych, co wiąże się ze zwiększeniem ilości przewodów łączących. Wiele z nich musi cechować się możliwością rozłączania. Połączenia realizowane są często za pomocą wsuwkowych złącz konektorowych. Podczas eksploatacji ich właściwości użytkowe ulegają pogorszeniu. Przyczyn tych zjawisk można upatrywać w drganiach, wpływie atmosfery i obecności zanieczyszczeń [1 – 5]. W celu poprawy niezawodności złącz prowadzone są liczne badania mechaniczne, tribologiczne i materiałowe konektorów [6 – 8]. Dodatkowo w trakcie serwisowania pojazdu może następować wielokrotne rozłączanie i łączenie niektórych par konektorów, przyczyniające się do pogorszenia ich właściwości użytkowych.

## 2. BADANIA WŁASNE

W pracy przeprowadzono badania wpływu wielokrotnego złączania i rozłączania par samochodowych złącz konektorowych na siłę tarcia między tymi złączami. Przebadano cynowane złączki wsuwkowe o szerokości 6,3 mm, przeznaczone do zaciskania na przewodach o przekroju do 5 mm<sup>2</sup> (rys. 1). Schemat badań przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Badane złącza konektorowe  
Fig. 1. Researched connectors



Rys. 2. Schemat badań samochodowych złącz konektorowych  
Fig. 2. Scheme of automotive connectors research

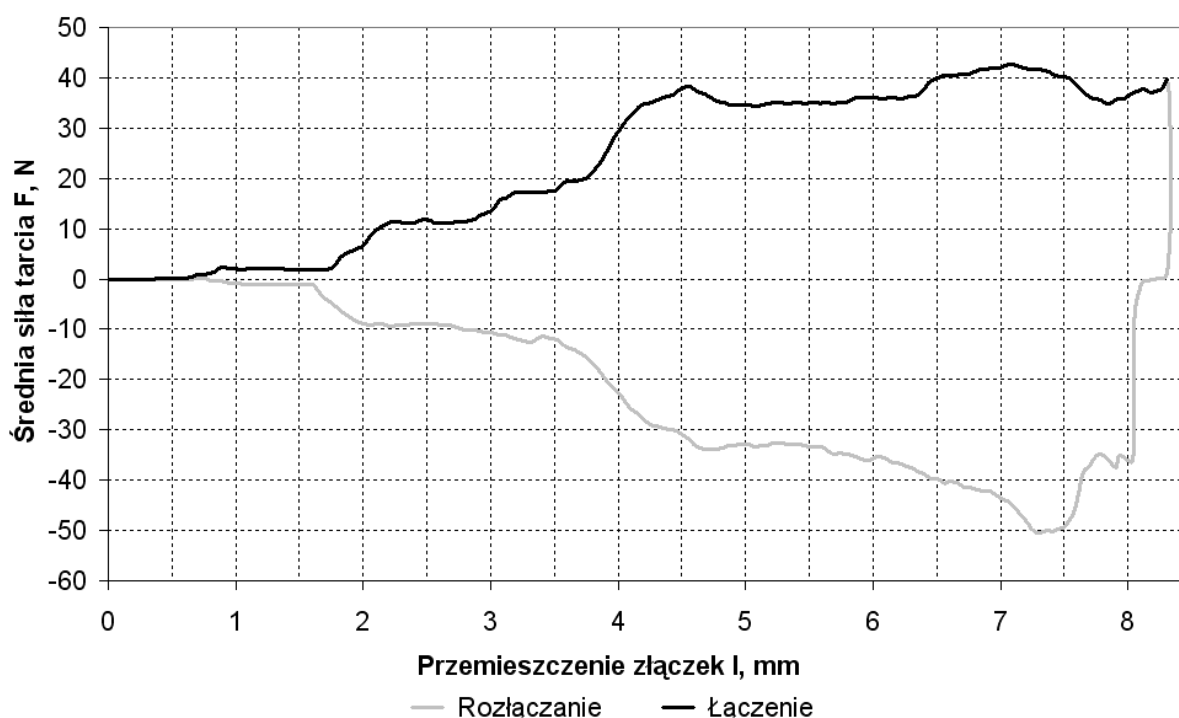
W trakcie badania złączka żeńska była zamocowana do czujnika siły UTILCELL M240 o zakresie pomiarowym  $\pm 100$  N. Złączka męska wykonywała ruch posuwisto - zwrotny ze średnią prędkością  $0,5 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ . Jej przemieszczenie było zadawane za pomocą serwonapędu sterowanego mikroprocesorowo. Zapewniało to cykliczne złączanie i rozłączanie pary złączek. Całkowite przemieszczenie wynosiło 8,5 mm, co wystarczało do pełnego połączenia i rozłączenia. Cyfrowy układ pomiarowy zbierał następujące dane badawcze:

- przemieszczenie z rozdzielczością 0,05 mm,
- siłę tarcia z dokładnością 0,01 N,
- numer cyklu pracy.

Każda para złącz poddana została 100 cyklom złączania i rozłączania, podczas których na komputerze PC zarejestrowano w pliku tekstowym 34000 wyników pomiarów, każdej z wyżej wymienionych wielkości.

### 3. ANALIZA WYNIKÓW

Na rysunku 3 przedstawiono wpływ przemieszczenia złączy na średnią siłę tarcia podczas 100 cykli pracy. Jak wynika z rysunku, zależność siły tarcia od przemieszczenia przyjmuje postać charakterystycznej pętli. Pierwsze 0,5 mm ruchu fazy złączania przebiega bez fizycznego kontaktu badanych konektorów. Przejawia się to zerową wartością siły tarcia. Przy przemieszczeniu od ok. 0,5 mm do ok. 1,75 mm następuje wstępne pozycjonowanie złączy. Siła tarcia przyjmuje wówczas niewielką, w przybliżeniu stałą wartość ok. 2 N. Przy większym przemieszczeniu (do ok. 4,5 mm) siła tarcia znacznie wzrasta. Następuje wówczas sprężyste odkształcenie wywiniętych brzegów złączki żeńskiej. W trakcie dalszego przemieszczania złączy siła tarcia ulega stabilizacji. Dla przemieszczenia powyżej 6 mm zaczyna się współpraca złączki męskiej ze sferycznym przetłoczeniem wykonanym w złączce żeńskiej. Powoduje to zauważalne podwyższenie rejestrowanych wartości siły tarcia. Pod koniec fazy złączania siła ta nieznacznie maleje. Wynika to z wejścia wspomnianego przetłoczenia w otwór konektora męskiego.



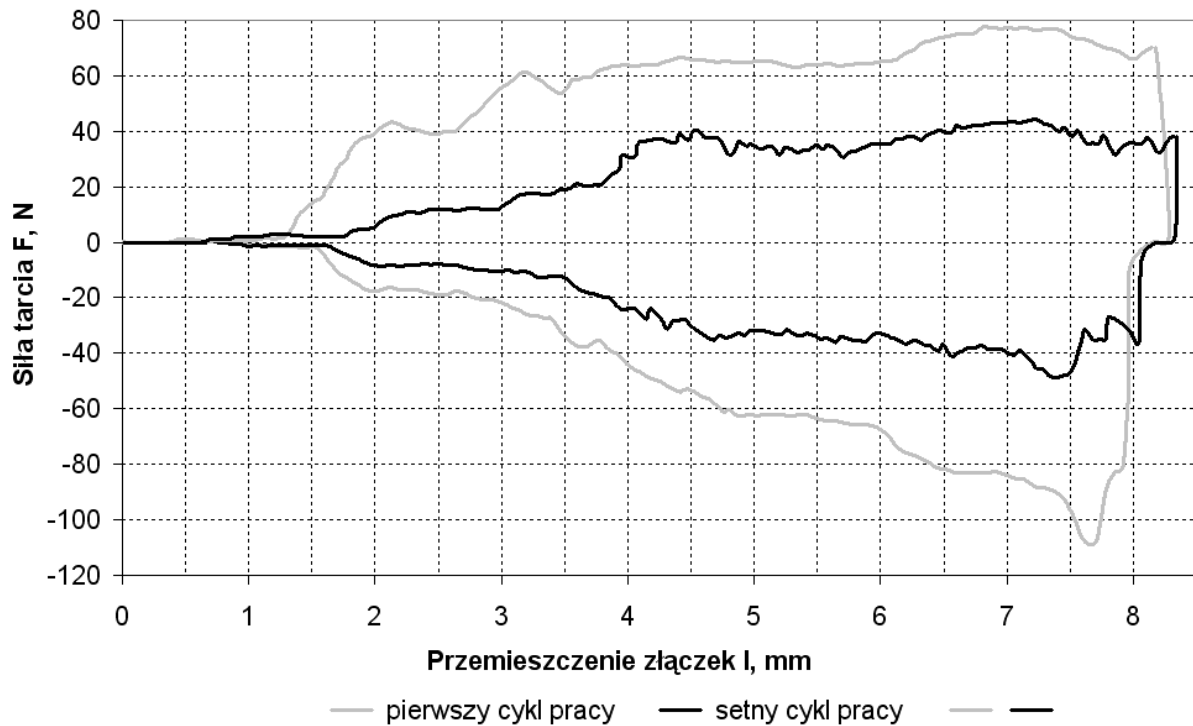
Rys. 3. Wpływ przemieszczenia złączy na średnią siłę tarcia podczas 100 cykli pracy  
 Fig. 3. The influence of connector displacement on average friction force during 100 working cycles

Cykl rozłączania rozpoczyna się od gwałtownej zmiany zwrotu siły tarcia, co na rysunku 3 zaznaczono przez wartości ujemne. Przebieg siły tarcia w fazie rozłączania ma podobny charakter jak w fazie złączania. Zauważalną różnicą są większe co do bezwzględnej wartości opory ruchu przy wychodzeniu sferycznego przetłoczenia z otworu, od tych zaobserwowanych w fazie łączenia, przy tych samych przemieszczeniach (ok. 7,5 mm). Przyczyną tego zjawiska jest brak sfazowania krawędzi otworu w złączce męskiej. Taka konstrukcja ma na celu zabezpieczenie złącza przed przypadkowym rozłączeniem.

Na rysunku 4 przedstawiono wpływ przemieszczenia złączy na siłę tarcia w pierwszym i setnym cyklu pracy. Z rysunku wynika, że wielokrotne złączanie i rozłączanie badanych konektorów wywołuje znaczne, sięgające nawet 50%, obniżenie wartości siły tarcia. Przyczyną tego może być zużycie oraz odkształcenie plastyczne złączy.

W celu określenia wpływu kolejnych cykli pracy na siłę tarcia wykonano wykresy przedstawione na rysunkach 5 – 7. Rysunek 5 przedstawia wartości średniej siły tarcia w kolejnych cyklach. Wynika z niego, że w trakcie pierwszych 10 cykli następuje gwałtowne obniżenie średnich oporów ruchu o 50 do 60%. Podczas kolejnych złączeń i rozłączeń występują nieznaczne wahania tych oporów.

Podobną prawidłowość można zauważyć w przypadku maksymalnej siły tarcia cyklu (rys. 6). Istotną różnicą jest to, że gwałtowne, początkowe obniżenie oporów ruchu obejmuje około 20 cykli pracy.



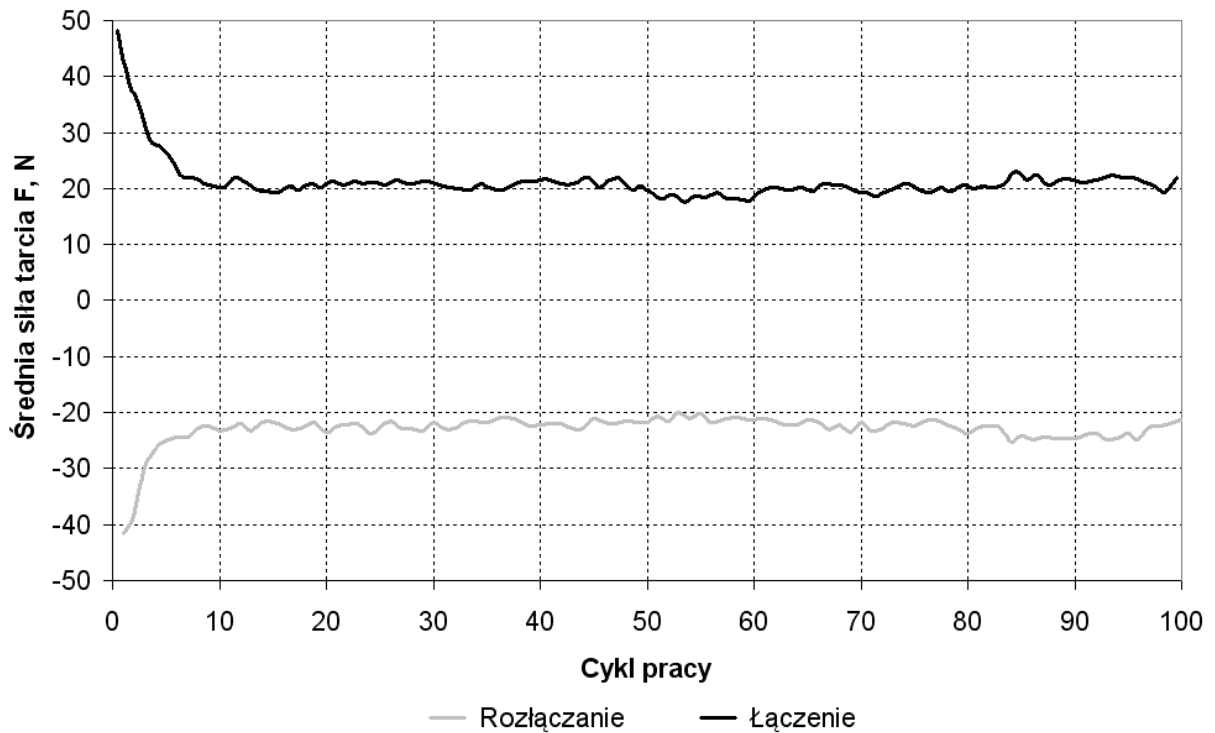
Rys. 4. Wpływ przemieszczenia złączek na siłę tarcia w pierwszym i setnym cyklu pracy

Fig. 4. The influence of connector displacement on friction force during first and hundredth working cycle

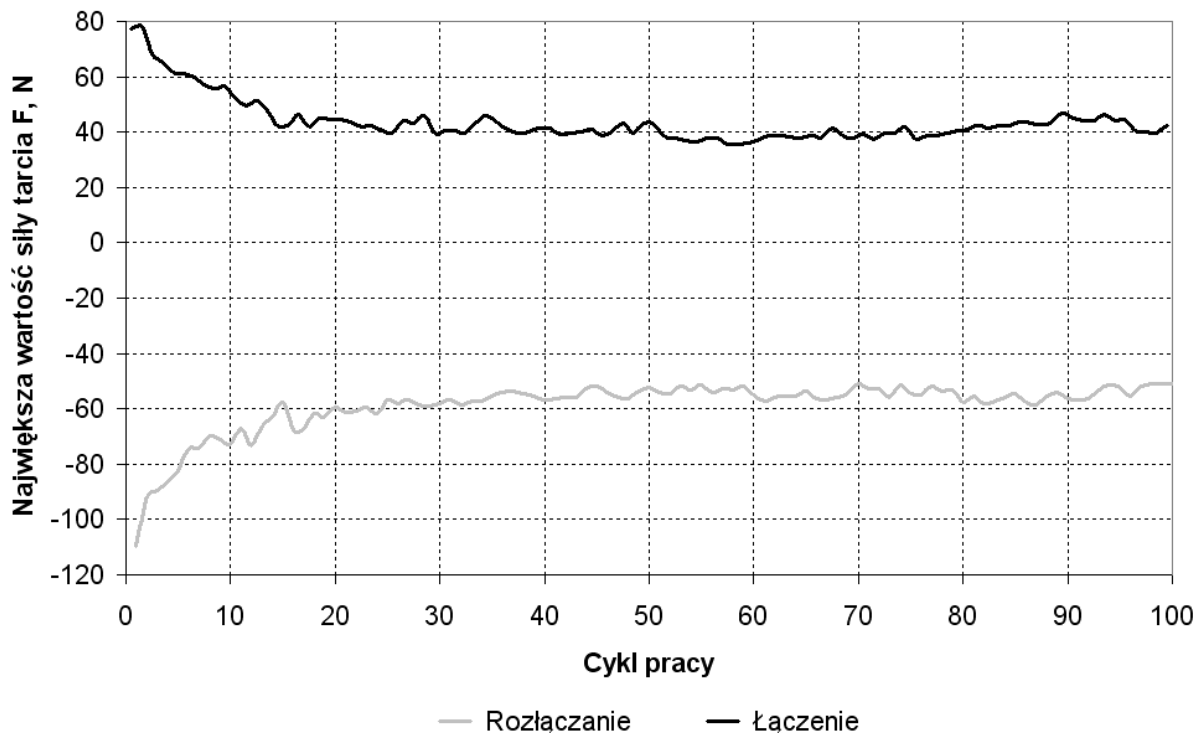
Na rysunku 7 pokazano wpływ liczby cykli na opory rozłączania przy trzech wybranych przemieszczeniach złącz konektorowych, równych 7,5; 5,5 i 2,5 mm. Pierwsze z nich odpowiada wysunięciu sferycznego przetłoczenia z otworu. Dla tego przemieszczenia obserwowane są najwyższe opory ruchu, wykazujące dodatkowo duży rozrzut. Największe obniżenie oporów ruchu występuje podczas pierwszych kilku cykli. Przyczyną tego może być zużycie, powodujące zmniejszenie wysokości przetłoczenia złączki żeńskiej oraz zaokrąglenie krawędzi otworu w złączce męskiej.

Podobny charakter wykazuje przebieg siły tarcia przy przemieszczeniu 5,5 mm, dla którego wspomniane przetłoczenie znajduje się poza obszarem styku. Opory ruchu są efektem współpracy konektora męskiego ze znaczną częścią wywiniętych krawędzi złączki żeńskiej.

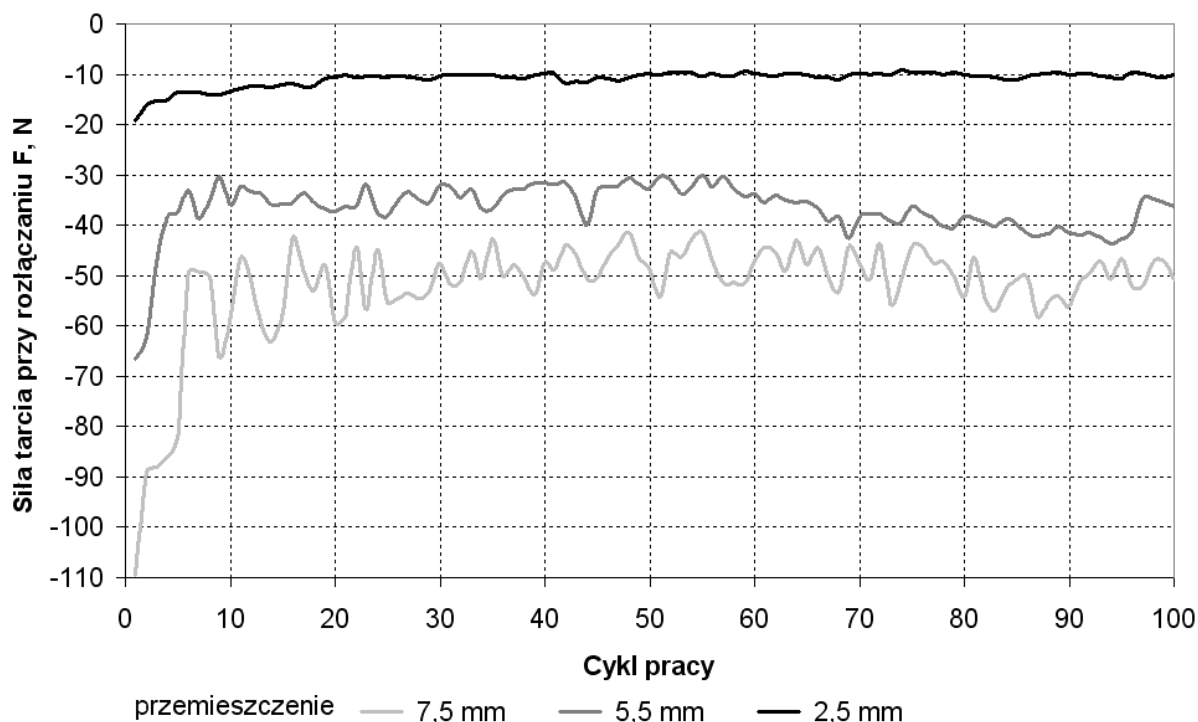
Obniżenie siły tarcia związane jest najprawdopodobniej z zużyciem i odkształceniem plastycznym obu złączek, co wpływa na zmniejszenie siły docisku współpracujących części konektorów.



Rys. 5. Wpływ liczby rozłączeń konektorów na średnią siłę tarcia w cyklu badawczym  
Fig. 5. The influence of number working cycles of connectors on average friction force



Rys. 6. Wpływ liczby rozłączeń konektorów na maksymalną wartość siły tarcia w cyklu badawczym  
Fig. 6. The influence of number working cycles of connectors on maximal friction force



Rys. 7. Wpływ liczby rozłączeń konektorów na siłę tarcia przy określonych wartościach przemieszczenia

Fig. 7. The influence of number working cycles of connectors on friction force by certain values of displacement

Przy przemieszczeniu 2,5 mm konektory stykają się tylko na niewielkim odcinku. Stąd opory ruchu są niezbyt duże. Pierwszych 20 cykli złączenia i rozłączenia powoduje dalsze ich obniżenie, tak że w kolejnych 80 cyklach rejestrowane wartości siły tarcia oscylują wokół 10 N.

#### 4. WNIOSKI

Wyniki badań przeprowadzonych w pracy pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Zależność siły tarcia od przemieszczenia złączek w trakcie cyklu złączenie – rozłączenie ma kształt charakterystycznej pętli.
2. Maksymalne wartości siły tarcia występują w początkowej fazie rozłączenia konektorów. Wynika to z ich kształtu i ma na celu zabezpieczenie złącza przed przypadkowym rozłączeniem.
3. Wielokrotne złączenie i rozłączenie badanych złączek powoduje znaczące obniżenie siły tarcia pomiędzy nimi. Osiąga ono nawet 50 – 60% wartości początkowej. Przyczyną tego może być zużycie i odkształcenie plastyczne współpracujących elementów.
4. Największe obniżenie siły tarcia ma miejsce podczas kilku pierwszych cykli złączenia – rozłączenia.
5. Wskazane są dalsze badania złącz konektorowych różnych typów, uzupełnione pomiarami parametrów elektrycznych.

**Bibliografia**

1. Swingler J., McBride J.W., Maul C.: Degradation of road tested automotive connectors. W: IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, Volume 23, Nr 1, 2000, s.157 – 164.
2. Bock E.M., Whitley J.H.: Fretting corrosion in electric contacts, Prepared for Presentation at the Twentieth Annual Holm Seminar on Electrical Contacts October 29-31, 1974.
3. Simeon J. Krumbein, Morton Antler: Corrosion Inhibition and Wear Protection of Gold Plated Connector Contacts, IEEE TRANSACTIONS ON PARTS, MATERIALS AND PACKAGING, VOL. PMP-4, NO. 1, MARCH 1968.
4. Ji Gao Zhang: Effect of Dust Contamination on Electrical Contact Failure, Lab of Electric Contacts, Beijing University of Posts & Telecommunications.
5. Ji-Gao Zhang, Xia-Min Wen: The Effect of Dust Contamination on Electric Contacts, IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS, HYBRIDS, AND MANUFACTURING TECHNOLOGY, VOL. CHMT-9, NO. 1, MARCH 1986.
6. Ogihara S., Takata K., Hattori Y., Yoshida K.: Mechanical Analysis of the Crimping Connection. W: Proceedings of the Fifty-Second IEEE Holm Conference on Electrical Contacts, 2006, s. 89-94.
7. Morton Antler: Tribological Properties of Gold for Electric Contacts, IEEE TRANSACTIONS ON PARTS, HYBRIDS, AND PACKAGING, VOL. PHP-9, NO. 1, MARCH 1973.
8. AMP Incorporated, The Tin Commandments: Guidelines For The Use Of Tin On Connector Contacts, Tyco Electronics Corporation.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Franciszek Binczyk

*Praca wykonana w ramach BW-510/RT1/2008*