

*Tomasz Rochatka, Arkadiusz Stachowiak, Wiesław Zwierzycki
Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych
Politechnika Poznańska*

BADANIA ZUŻYCIOWE WYBRANYCH SKOJARZEŃ MATERIAŁOWYCH W TŁUSZCZACH SPOŻYWCZYCH (W UKŁADZIE TRZY WAŁECZKI-STOŻEK)

Streszczenie

W referacie przedstawiono wyniki badań zużyciowych w układzie trzy wałeczki – stożek. Zastosowana metoda pozwala w sposób ciągły monitorować zużycie elementów poprzez pomiar ich pionowego zbliżenia. Ocenie tribotechnicznej poddano stale odporne na korozję H17 i 1H18N9 współpracujące tarciowo w przykładowych środowiskach technologicznych przemysłu spożywczego (w tłuszczach spożywczych). Uzyskano kompleksowe charakterystyki $I_n=f(p)$. Dla niektórych skojarzeń materiałowych stwierdzono występowanie wartości nacisków p_0 , poniżej których zużycie skojarzenia było pomijalnie małe.

Słowa kluczowe: zużycie, badania, skojarzenie 3 wałeczki-stożek

Wstęp

Autorzy referatu od kilku lat prowadzą prace zmierzające do opracowania systemu komputerowego umożliwiającego aprioryczną trwałościowo-niezawodnościową analizę węzłów maszyn podlegających zużyciu [Zwierzycki 1998; Zwierzycki 2001].

Aktualny stan rozwoju zagadnienia można scharakteryzować następująco:

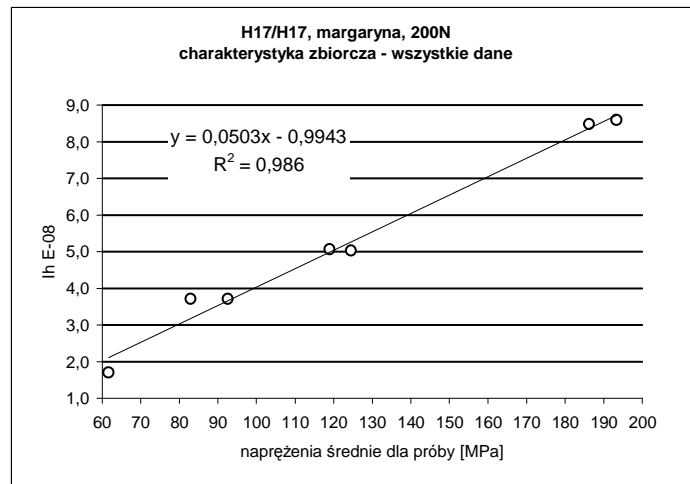
- opracowano podstawy modelowego opisu zużycia w różnych warunkach oraz metodę efektywnej symulacji komputerowej [Zwierzycki W. 1998, Zwierzycki W. 2001],
- szczegółowej analizie poddano proces zużycia korozyjno mechanicznego, charakterystyczny między innymi dla maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego: opracowano między innymi własny algorytm obliczania zużycia sumarycznego oraz obu składowych [Stachowiak 2002, Zwierzycki 2002].

- w obliczeniach (symulacjach komputerowych) istotną rolę odgrywa ogólny model zużywania wiążący liniową intensywność zużywania I_h z wartością nacisków jednostkowych $I_h=k*p^x$; do wyznaczenia wartości stałych materiałowych k , x niezbędne jest doświadczalne wyznaczenie zależności $I_h=f(p)$ w pewnym zakresie zmienności p .
- opracowano metodę analityczno-doświadczalną umożliwiającą w sposób ciągły wyznaczać zależności $I_h=f(p)$ w układzie ze stałym obciążeniem i malejącym naciskiem jednostkowym, zastosowano aparat czterokulowy ze skojarzeniem 3 wałeczki – stożek, które stosunkowo prosto i tanio pozwala odwzorować w badaniach triadę materiałową: „materiał elementu 1 – środowisko pracy – materiał elementu 2” [Rochatka 2003; Rochatka 2003].

Wyniki badań

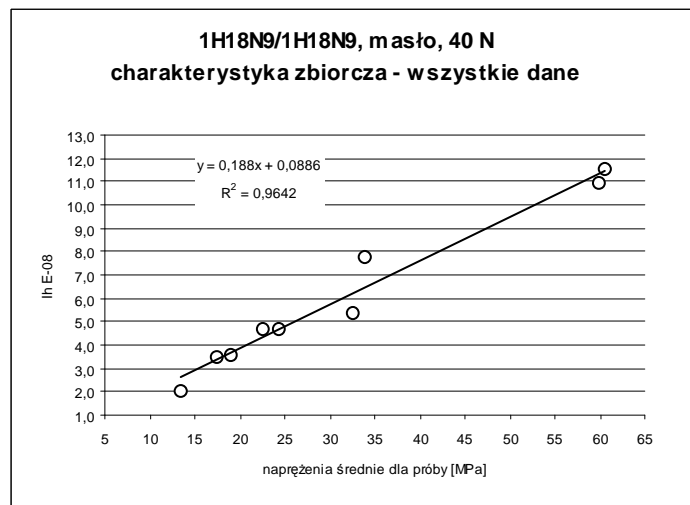
W referacie tym przedstawiono część wyników badań przeprowadzonych opracowaną metodą [Rochatka 2003; Rochatka 2003]. Ocenie zużyciowej poddano skojarzenia dwóch najbardziej rozpowszechnionych w budowie maszyn spożywczych stali odpornych na korozję: H17 (stal chromowa) i 1H18N9 (stal chromowo-niklowa) w przykładowych środowiskach technologicznych (masło, margaryna). Testom zużyciowym poddano również stal 45, często stosowaną w eksperymentach tribotechnicznych jako materiał porównawczy. Jako porównawczy środek smarowy zastosowano olej turbinowy (olej bazowy mineralny bez dodatków smarowościowych). Przykładową charakterystykę $I_h=f(p)$ dla skojarzeń H17/H17 (w margarynie) oraz 1H18N9/1H18N9 (w maśle) pokazano na rys. 1 i 2. Natomiast w tabeli 1 zestawiono zbiorczo wyniki przeprowadzonego eksperymentu. Można zauważyć, że:

- najmniej zużywają się elementy wykonane ze stali węglowej konstrukcyjnej 45 (intensywność zużywania I_h od $3,7$ do $7,4 * 10^{-9}$ w zakresie naprężeń stykowych 140-210 MPa),
- w tych samych warunkach smarowania (olejem mineralnym) stal H17 wykazuje I_h w przedziale $(0,8-1,1) * 10^{-8}$ przy zmienności naprężeń od 38 do 55 MPa, zaś stal 1H18N9 wartości I_h $(1,5-12,4) * 10^{-7}$ przy naprężeniach od 3-5 Mpa.



Rys. 1. Liniowa intensywność zużycia stali H17 w margarynie [Rochatka 2003]

Fig. 1. Linear intensity of steel H17 wear in margarine [Rochatka 2003]



Rys. 2. Liniowa intensywność zużycia stali 1H18N9 w maśle (charakterystyka zbiorcza – wszystkie dane) [Rochatka 2003]

Fig. 2. Linear intensity of steel 1H18N9 wear in butter (collective characteristics – all data) [Rochatka 2003]

Tabela 1. Wartości liniowej intensywności zużywania I_h różnych skojarzeń [Rochatka 2003]

Table 1. Values of linear intensity of wear I_h of various associations [Rochatka 2003]

Skojarzenie	Środowisko tarcia	Naprężenia [MPa]	Liniowa intensywność zużywania I_h [-]
45/45	olej turbinowy	140 - 210	$(3,7 - 7,4) 10^{-9}$
1H18N9/1H18N9		3 - 5	$(1,5 - 12,4) 10^{-7}$
H17/H17		38 - 55	$(0,8 - 1,1) 10^{-8}$
1H18N9/1H18N9	margaryna, masło	10 - 60	$(1,9 - 12,5) 10^{-8}$
H17/H17		62 - 200	$(1,7 - 8,6) 10^{-8}$
1H18N9/H17	masło	25-60	$(1,5-3,7) 10^{-8}$

Uzyskane rezultaty są zgodne z oczekiwaniami. Zgodnie bowiem z doniesieniami literaturowymi stale stopowe chromowe i chromowo-niklowe są zdecydowanie mniej odporne na zużycie niż stale węglowe. Uzyskane wyniki badań wskazują, że zużycie jest wyższe w odniesieniu do stali 45:

- o rząd wielkości w przypadku stali H17,
- o dwa rzędy w przypadku stali 1H18N9,

przy zachowaniu jednakowych warunków smarowania. W odwrotnej relacji pozostają naprężenia stykowe, które układ tarczy może „przenieść” zachowując ustabilizowany charakter zużywania.

Ponieważ stale te zawierają zbliżoną zawartość chromu (17 i 18%) mniejszą odporność na zużywanie stali 1H18N9 niż stali H17 należy przypisać obecności niklu (9%). Bardziej właściwe wydaje się jednak wytłumaczenie zaobserwowanych różnic strukturą. Stal H17 ma strukturę ferrytyczną zaś stal 1H18N9 – austenityczną. W przypadku stali austenitycznych w sposób wyraźny występuje mechanizm adhezyjny zużywania, co sprawia, że zacierają się one przy niższych obciążeniach oraz intensywnie zużywają niż stale ferrytyczne.

1. zarówno w przypadku stali 1H18N9 jak i stali H17 nie stwierdzono istotnych różnic między charakterystykami zużywania $I_h=f(p)$ dla testów wykonanych w maśle i margarynie;
2. w środowiskach technologicznych charakterystyka zużyciowa $I_h=f(p)$ ma korzystniejszy przebieg dla skojarzenia H17/H17 niż dla skojarzenia 1H18N9/1H18N9, przy zbliżonych wartościach intensywności zużywania I_h skojarzenie H17/H17 może „przenieść” wyższe obciążenie stykowe (tabela 1); pośredni przebieg zaobserwowano dla skojarzenia różnoimiennego 1H18N9/H17.

3. powyższe spostrzeżenia zgodne są z ideą M.M. Chruščova przypomnianą w roku 1990 przez N.A. Bujanowskiego [Bujanowski N.A. 1990], według której w testach zużyciowych realizowanych przy stałym obciążeniu oraz malejącym naprężeniu stykowym p wystąpić może wartość naprężeń p_0 poniżej której zużywanie nie będzie zachodziło.

W przypadku skojarzenia stali H17/H17 w środowiskach spożywczych (masło, margaryna) dla którego zaobserwowano takie zależności jakie sugerował M.M. Chruščov należy się domyślać, że dla $p < p_0$ zachodzić będzie zużywanie mechanochemiczne w obrębie warstw powierzchniowych, gdzie po akcie zużywania następuje odbudowa warstw powierzchniowych w warunkach dynamicznej równowagi. Wywołuje to efekt sumaryczny braku zużywania lub tak wolny jego przebieg, że zachodzi zużycie pomijalnie małe. Odbudowa warstw granicznych jest realizowana prawdopodobnie drogą chemisorpcji na powierzchni tarcia (oraz ewentualnie następującej po niej reakcji chemicznej) substancji polarnych utworzonych przez rozkład zawartych w masle lub margarynie trójglicerydów.

Wnioski

Przedstawione w referacie wyniki eksperymentów oraz wynikające z nich wnioski pozwalają na stwierdzenie, że powstała nowa metoda [Rochatka 2003; Rochatka 2003] umożliwiająca wyznaczenie bez demontażu próbek:

- liniowej intensywności zużywania I_h jako funkcji malejących naprężeń stykowych oraz
- określenie naprężeń stykowych p_0 , poniżej której zużycie w triadzie materiałowej „element 1 – środowisko pracy – element 2” jest pomijalnie małe.

Możliwość wyznaczenia parametru „ p_0 ” jest szczególnie ważna w przypadku elementów roboczych maszyn spożywczych, ponieważ produkty zużycia nie mogą zanieczyszczać przetwarzanej żywności.

Bibliografia

Bujanowski N.A. 1990. Развитие идеи М.М. Хрущова о триботехнических испытаниях материалов, *Trenie i Iznos*, nr 6, s. 1124-1132.

Fizyczne podstawy doboru materiałów na elementy maszyn współpracujące tarciovo, Pod red. W. Zwierzyckiego i M. Grądkowskiego, wyd. IteE, Radom-Poznań, 2001.

Modele prognostyczne korozyjno-mechanicznego zużywania się elementów maszyn, Pod red. W. Zwierzyckiego, Wyd. IteE, Poznań-Radom 2002.

Rochatka T. 2003. Ocena tribotechniczna stali odpornych na korozję, Rozprawa doktorska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej, Poznań.

Rochatka T., Stachowiak A., Zwierzycki W. Analityczno-doświadczalna metoda wyznaczania charakterystyki $I_h=f(p)$ w układzie 3 wałeczki-stożek XXVII Jesien-na Szkoła Tribologiczna 2004.

Stachowiak A. 2002. Kształtowanie niezawodności kinematycznych węzłów maszyn podlegających zużyciu korozyjno-mechanicznemu, Rozprawa doktorska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej, Poznań.

Zwierzycki W. 1998. Prognozowanie niezawodności zużywających się elementów maszyn. Wyd. IteE, Radom-Poznań.

WEAR OF CHOSEN MATERIAL COMBINATIONS IN FOOD FATS (IN THE COMBINATION: THREE ROLLS – CONE)

Summary

The study presents the results of wear analysis in the combination three rolls – cone. The applied method allows to permanently monitor wear of elements through measurement of their next approximation. Tribotechnical assessment was done for constantly corrosion-resistant H17 and 1H18N9 which co-operate in friction in example technological environments of food industry (in food fats). Complex characteristics $I_h=f(p)$ were obtained. For associations of some materials pressure values p_0 , below which the wear of the association was negligibly small were recorded.

Key words: wear, research, combination 3 rolls – cone