

THE CONCEPTS BEHIND THE TESTING FACILITY FOR FUEL SUPPLY SYSTEM PARTS

Leszek Gardyński

*Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Materiałowej
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 LUBLIN
tel. (081) 53 81 215, 53 81 209, fax (081) 525 09 09, e-mail l. gardynski@pollub.pl.*

Abstract

The analysis of the abrasive wear testing methods used in the fuel supply system parts testing facility is presented in this paper. The analysis includes methodological and formal assumptions as well as the testing procedure details. The abrasive wear resistance of fuel system elements is tested for several fuels and several temperature conditions. There is also a possibility to model static friction conditions.

Keywords: fuel supply system elements, abrasive wear, testing facility.

ZAŁOŻENIA STANOWISKA DO BADANIA ODPORNOŚCI MATERIAŁU ELEMENTÓW APARATURY PALIWOWEJ NA ZUŻYCIE W WARUNKACH SMAROWANIA

Streszczenie

W referacie przedstawiono analizę stosowanych metod badania odporności na zużycie ściernie materiałów metalowych w warunkach smarowania paliwami. Przedstawiono wstępne założenia metodyki badawczej i budowy stanowiska umożliwiającego badanie odporności na zużycie materiałów elementów aparatury paliwowej, w warunkach smarowania różnego rodzaju paliwami przy regulowanej temperaturze czynnika smarującego. Przedstawiony projekt umożliwia badania przy zastosowaniu różnego rodzaju kształtów skojarzeń węzłów w różnych warunkach, także w warunkach chwilowego występowania tarcia statycznego.

Słowa kluczowe: aparatura paliwowa, zużycie ściernie, urządzenie badawcze.

1. Wprowadzenie

Praca napisana jest w ramach projektu, którego celem jest budowa stanowiska badawczego umożliwiającego prowadzenie badań odporności na zużycie ściernie różnorodnych próbek i przeciwpróbek w warunkach tarcia suchego oraz smarowania różnymi środkami smarnymi i innymi cieczami (paliwa, płyny eksploatacyjne, woda i inne), przy regulowanej temperaturze czynnika smarnego, krążącego w obiegu zamkniętym lub otwartym, oraz regulowanej wartości nacisku jednostkowego. Na projektowanym stanowisku planuje się przeprowadzenie badań wpływu stosowania różnych paliw, konwencjonalnych i alternatywnych, ich mieszanin, oraz rozcieńczonego nimi oleju silnikowego na trwałość w warunkach tarcia, przy smarowaniu tymi paliwami, różnych materiałów elementów silników spalinowych, głównie stosowanych do budowy aparatury wtryskowej. Uzasadnieniem podjęcia tego tematu jest fakt, coraz szerszego stosowania paliw alternatywnych. Paliwa te, np. ester metylowy oleju rzepakowego, w przypadku silników wysokoprężnych, oraz alkohole, w przypadku silników iskrowych, mogą być rozpatrywane w czystej postaci lub jako dodatek do paliw konwencjonalnych. Coraz częstsze są próby zastąpienia oleju opałowego przez ekologiczne pali-

wo wyprodukowane z oleju rzepakowego, które jest jeszcze stosunkowo drogie, ale może przy odpowiedniej polityce podatkowej stać się nie tylko ekologicznym paliwem alternatywnym, ale też ratunkiem dla pogrążonego w recesji rolnictwa. Wpływ paliwa rzepakowego na obciążenia mechaniczne i cieplne silnika oraz jego trwałość, nie jest jeszcze dokładnie zbadany. Oprócz samej zmiany właściwości czynnika smarnego, istnieją przesłanki [8], że zastosowanie takiego paliwa, zwłaszcza w postaci niezestryfikowanej może spowodować wzrost obciążeń cieplnych ścianek elementów ograniczających przestrzeń roboczą a w efekcie wzrost ich temperatur na skutek wydłużenia się okresu dopalania i pogorszenie warunków współpracy elementów trących. Nie jest też dokładnie określony wpływ stosowania dużej ilości alkoholu w benzynie na trwałość współpracujących elementów. Doniesienia mediów informacyjnych o ich negatywnym wpływie na niektóre tworzywa wielkocząsteczkowe, pozwalają na formułowanie obaw o prawidłową współpracę części metalowych. Przeprowadzenie kompleksowych badań na silnikach jest bardzo kosztowne i długotrwałe. Właściwie dopiero po kilku latach od wprowadzenia nowych paliw, na podstawie obserwacji szerokiego kręgu eksploatowanych pojazdów i silników stacjonarnych, będzie można stwierdzić, jaki jest tego wpływ na ich trwałość. W projekcie proponuje się zbudowanie uniwersalnego stanowiska i przeprowadzenie przyspieszonych badań, określonych, typowych węzłów tarcia. Największych zmian w trwałości węzłów tarcia, smarowanych nowymi rodzajami paliw, należy się spodziewać w obrębie aparatury paliwowej, a zwłaszcza w jej części pracującej w podwyższonych temperaturach, tj. wtryskiwaczy. Dotyczy to wszystkich silników wysokoprężnych, a w przypadku silników z zapłonem iskrowym, głównie nowoczesnych silników z wtryskiem bezpośrednim. Określenie wpływu zastosowanego paliwa na ew. obniżenie trwałości konkretnych węzłów trących w silniku umożliwi dokonanie odpowiednich zmian konstrukcyjnych lub materiałowych, bądź przeprowadzenie odpowiednich modyfikacji właściwości paliwa w celu zapobieżenia temu zjawisku. Dodatkowo zostanie określony ewentualny wpływ zastosowania paliw alternatywnych do zasilania silników na prawidłowe ich działanie (wartość współczynnika tarcia niektórych elementów, np. pompy wtryskowej może o tym decydować) i możliwość wystąpienia uszkodzeń, co umożliwi udzielenie odpowiedzi na pytanie czy jest możliwa długotrwała eksploatacja na takich paliwach bez obniżenia trwałości silnika, lub co w jego konstrukcji należy zmienić, by umożliwić bezawaryjną eksploatację. Zbudowane stanowisko, będzie mogło służyć do bardzo szerokich badań tribologicznych, odporności na zużycie ściernie różnych materiałów, przy różnorodnych warunkach współpracy ciekiej i smarowania. Dotychczasowe badania odporności na zużycie ściernie w warunkach smarowania, wykonywane były różnymi metodami [2, 4÷6, 11÷15]. Do oceny właściwości smarnych paliw stosuje się głównie następujące metody [12]:

- ISO DIS 12156/1 (metoda CEC F-06 na stanowisku badawczym HFRR – High Frequency Reciprocating Rig – w temperaturze 25 i 65 °C). Test polega na wzbudzeniu z dużą częstotliwością poziomych drgań stalowej, obciążonej od góry kulki o średnicy 6 mm po nieruchomej stalowej płytce zanurzonej w badanym paliwie. Po zakończeniu badania dokonuje się pomiaru średnicy skazy powstałej na kulce.
- Test BOCLE (Ball-on-Cylinder Lubricity Evaluator, zmodyfikowany przez Lubrizol, Haldley) – Test wg ASTM D 5001, stosuje się z reguły do badań paliw lotniczych. Metoda opracowana w latach 60-tych, polega na pomiarze średnicy powstałej podczas współpracy obciążonej kulki z obracającym się pierścieniem, częściowo zanurzonym w badanym paliwie.
- Test U.S. ARMY's SCAFFING LOAD BOCLE (zmodyfikowany przez Instytut Badawczy SWRI San Antonio – SL BOCLE), w którym miarą smarności paliwa jest najwyższe obciążenie niezacierające.

- Test BOTD (Ball-on-Three-Discs) – Badanie jest zaproponowaną przez firmę FALEX modyfikacją testu w aparacie czterokulowym, w którym zamiast trzech nieruchomych kulek stosuje się specjalne sferyczne wkładki. Obciążenie i prędkość obrotowa są znacznie niższe niż podczas badania klasycznych środków smarnych.

W metodach tych stosowane są różne rodzaje kształtów skojarzeń ciernych, współpracują ze sobą płaszczyzny, kule, walce i stożki. Żadna z metod nie jest zwłaszcza w odniesieniu do paliw idealna. Za najlepszą uznaje się metodę HFRR [12]. W niektórych metodach istnieje możliwość regulacji temperatury środka smarnego. W żadnej jednak nie stosuje się bieżącej wymiany tego środka, podczas gdy w układzie paliwowym, trące elementy smarowane są na bieżąco dostarczającym, świeżym paliwem. Prowadzone dotychczas przez autora badania na zmodyfikowanej maszynie trącej typu Amsler [4, 5], wykazały istotny wpływ „starzenia się” środka smarnego na wartość współczynnika tarcia w skojarzeniu. Ponadto starty materiał próbki i przeciwpróbki tworzy ze środkiem smarnym zawiesinę o właściwościach ściernych, zmieniając intensywność zużycia w stosunku do warunków smarowania czystym medium. W proponowanym rozwiązaniu czynnik smarny będzie krążył w zależności od potrzeb w obiegu otwartym lub zamkniętym z filtracją. Regulacja temperatury czynnika będzie w związku z tym łatwiejsza (zwłaszcza jego chłodzenie), niż w urządzeniach z porcją środka smarnego zamkniętą w naczyniu badawczym.

2. Opis stanowiska

Podstawowym narzędziem badawczym będzie zbudowane w ramach projektu badawczego stanowisko. Parametry stanowiska będą umożliwiały badania przy prędkościach obrotowych przeciwpróbki regulowanych w zakresie 0÷300 obr/min oraz maksymalnej sile docisku regulowanej od zera do minimum 2000N. Na stanowisku będą mierzone i rejestrowane przez komputer następujące parametry:

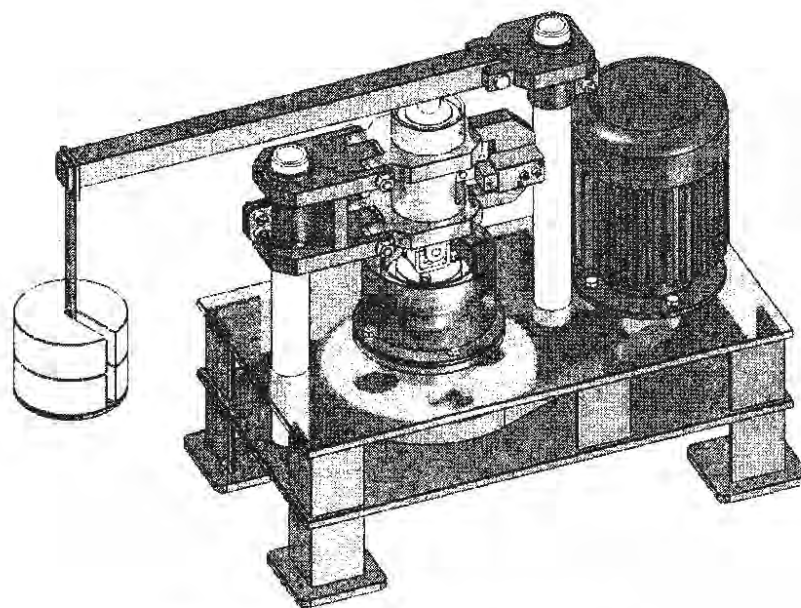
- prędkość obrotowa i ilość obrotów przeciwpróbki,
- temperatura czynnika smarującego w „masie”,
- temperatura styku próbka-przeciwpróbka, z użyciem zmodyfikowanej termopary powierzchniowej, opracowanej przez autora,
- moment tarcia, z którego przy znanym nacisku i średnim promieniu, będzie określana wartość współczynnika tarcia,

Ponadto będzie określane zużycie masowe i liniowe próbek. W czasie badań będzie utrzymywana zadana temperatura czynnika smarnego, krążącego w zewnętrznym obiegu, umożliwiającym regulację temperatury (nagrzewanie, chłodzenie), filtrację oraz jego „odświeżanie” na drodze dodawania części lub całości czynnika nowego (nieużywanego).

Do napędu maszyny w pierwszej wersji przyjęto zastosowanie kołnierzonego silnika elektrycznego, trójfazowego asynchronicznego o mocy 1,5 kW. Nadmiar mocy umożliwi bardziej precyzyjne sterowanie prędkością oraz zapewni dużą trwałość układu napędowego. Napęd dalej przekazywany poprzez przekładnię z paskiem zębatym na wał czynny.

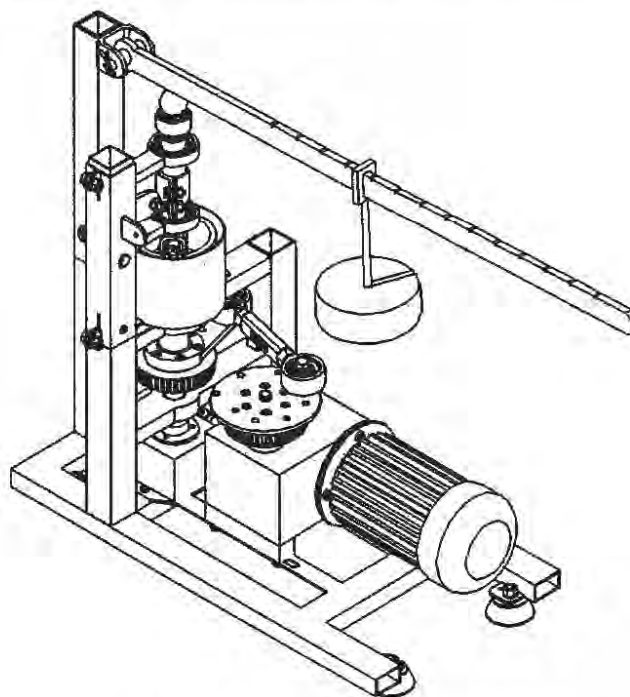
Płynną regulację prędkości obrotowej umożliwi zastosowanie falownika wektorowego. Zaletami falownika wektorowego są:

- utrzymywanie stałej prędkości obrotowej przy różnych szybko zmieniających się obciążeniach – posiada on więc dobre właściwości dynamiczne,
- uzyskiwanie pełnego momentu znamionowego silnika oraz jego zwiększenie nawet o 150% w przypadku rozruchu od prędkości zerowej do nominalnej,
- możliwość pośredniego odczytu momentu tarcia próbek z wyświetlacza falownika,
- ochrona silnika przed przeciążeniami w trakcie pracy.



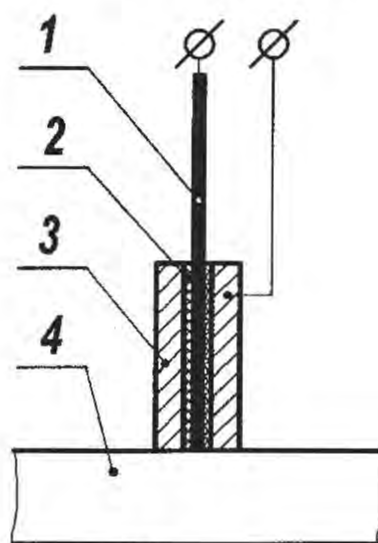
Rys. 1. Wygląd stanowiska wg koncepcji nr 1
Fig. 1. The testing facility (version 1)

W stanowisku według drugiej wersji przewidziano zarówno ruch obrotowy przeciwpróbkki lub jej ruch wahadłowy, przy którym spodziewane jest znacznie większe zużycie próbek z racji zmiany rodzaju tarcia (okresowo występujące tarcie spoczynkowe – w skrajnych położeniach). Ruch obrotowy realizowany jest poprzez motoreduktor i pasek zębaty a ruch wahadłowy, za pomocą mechanizmu korbowo – wahaczowego. Ta wersja ruchu przeciwpróbkki ostatecznie została przyjęta do wykonania. Aktualnie trwa budowa stanowiska.



Rys. 2. Wygląd stanowiska wg koncepcji nr 2
Fig. 2. The testing facility (version 2)

Do pomiaru temperatury powierzchni styku próbki z przeciwpróbką przewiduje się zastosowanie uproszczonej wersji termopary powierzchniowej, stosowanej przez autora do pomiaru chwilowej temperatury powierzchni denka tłoka [3]. W rozwiązaniu tym jedną z elektrod termopary stanowi sama stalowa próbka, drugą elektrodą jest umieszczony w wykonanym w próbce otworze drut konstantanowy. W efekcie uzyskuje się znormalizowaną termoparę żelazo-konstantan. Zastosowanie próbek z innych niż żelazo materiałów wymagać będzie najczęściej wyznaczenia charakterystyki tak powstałej termopary i ewentualnie doboru innego niż konstantan materiału na drugą elektrodę. Spoinę termopary będzie stanowił przeciwpróbka. Spoina będzie przewodzić prąd z przerwami, w momencie wystąpienia tarcia granicznego lub suchego. Powinno to umożliwić pomiar temperatury powierzchni styku. Możliwe jest również zastosowanie termopar lub innego rodzaju czujników temperatury umieszczonych w pewnej odległości od powierzchni. Zastosowanie co najmniej dwóch czujników na różnych głębokościach umożliwi określenie temperatury powierzchni metodą ekstrapolacji.



Rys. 3. Schemat pomiaru temperatury styku próbka –przeciwpróbka: 1- izolowany (2) drut konstantanowy, 3 - próbka, 4 – przeciwpróbka.

Fig. 3. Scheme of surface temperature measurement 1- isolated (2) constantan wire, 3 – sample, 4- counter-sample.

3. Podsumowanie

Spodziewanym z praktycznego punktu widzenia efektem badań na budowanym stanowisku będzie szereg zaleceń konstrukcyjno-technologiczno-eksploatacyjnych mających na celu podwyższenie trwałości elementów silników smarowanych paliwami alternatywnymi oraz olejem, przez te paliwa rozcieńczonym. Efektem dodatkowym będzie wytworzenie uniwersalnego stanowiska badawczego umożliwiającego prowadzenie różnorodnych badań odporności na zużycie ściernie i współczynnika tarcia dowolnych próbek i przeciwpróbek, typu trzpień-tarcza, pierścień-tarcza i innych, w warunkach tarcia suchego oraz smarowania różnymi środkami smarnymi i innymi cieczami, z którymi badane materiały stykają się w eksploatacji, przy regulowanej temperaturze czynnika smarnego i wartości nacisku jednostkowego. Inne zastosowanie stanowiska to możliwość określania właściwości smarnych próbek paliw różnego pochodzenia.

Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2004÷2005 jako projekt badawczy.

Literatura

- [1] Bowden F. P., Tabor D.: „Wprowadzenie do trybologii”.
- [2] Czerniec M.: „Wytrzymałość stykowo-tarciowa oraz trw ślizgowych”. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej Lub
- [3] Gardyński L., Weroński A.: „Stanowisko do pomiarów tłoka”. Materiały konferencyjne KONES'97, Bielsko-Bi
- [4] Gardyński L., Kiernicki Z., Jakóbiec J.: „Wpływ stosow go i rzepakowego oraz lekkich olejów opałowych na zuż skowej”. Materiały konferencyjne KONES'2002, Gdańs
- [5] Gardyński L., Kiernicki Z.: „Wybrane właściwości smar i rzepakowego”. Proceeding of KONSSPAL'2002, Tac demy - Wrocław 2002, str. 65÷72.
- [6] Hebda M., Janecki J.: „Tarcie, smarowanie i zużycie c 1972.
- [7] Jakóbiec J., Janik R., Gardyński L.: „Wpływ pakietu właściwości fizykochemiczne i użytkowe „Auto-Gazu” ferencji Silniki Gazowe, Szczyrk 2003. Zeszyty Naukov 155. Częstochowa 2003, str. 362÷372.
- [8] Kiernicki Z., Longwic R.: Wpływ kąta dynamicznego rowe parametry pracy silnika o zapłonie samoczynnym w nieustalonych warunkach pracy. Journal of K sko-Biała 1997. Str.239-246.
- [9] Lawrowski Z.: „Tribologia tarcie, zużywanie i smarowa
- [10] Niewczas A.: „Trwałość zespołu tłok - pierścienie tłoko go”. WNT Warszawa 1998.
- [11] Niewczas A., Czerniec M., Ignaciuk P.: „Badania trwa pracujących tarciowo”. Lublin 2000.
- [12] Oleksiak S.: Właściwości smarne olejów napędowych – cje. IV Sympozjum “EKODIESEL `98”, Warszawa 199
- [13] <http://republika.pl/gorad/ttester.htm>
- [14] http://www.itee.radom.pl/produkty/kat_spis.htm
- [15] <http://lew.tu.koszalin.pl/~ip/html/laboratoria/ts.html>