

WITOLD JORDAN, ANDRZEJ MRUK*

WPLYW OBECNOŚCI SADZY W OLEJU NA ZUŻYCIE
SKOJARZENIA: DŹWIGIENKA ZAWOROWA–
–POPYCHACZ W UKŁADZIE ROZRZĄDU SILNIKA

EFFECT OF SOOT IN OIL OCCURRENCE ON THE WEAR
OF THE MATCHING: VALVE ROCKER–PUSHER IN
TIMING GEAR SYSTEM

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań wpływu obecności sadzy w oleju silnikowym na zużycie pary trącej: dźwigienka zaworowa–popychacz. Badania przeprowadzono na stanowisku badawczym w cyklu 100 h dla udziału masowo-objętościowego sadzy 1% i 5%. Częstotliwość zmiany obciążenia miejsca styku, od minimalnego do maksymalnego, wynosiła 23 Hz. Badania wykazały istotny wpływ sadzy i jej ilości na zużycie współpracujących elementów. Ślady występujące na powierzchniach współpracujących wskazują na mechaniczny charakter zużycia.

Słowa kluczowe: sadza, olej, silnik spalinowy, zużycie

Abstract

The work presents the results of examining the effect of soot presence in engine oil on the wear of the friction pair: valve rocker–pusher. Tests were performed on a stand in a cycle of 100 h for mass and volume fraction 1% and 5%. The frequency of the contact point load change, from minimum to maximum, was 23 Hz. The tests showed a significant influence of the soot and its amount on the wear of matching elements. The marks on matching surfaces indicate a mechanical character of wear.

Keywords: soot, oil, engine, wear

* Dr inż. Witold Jordan, dr hab. inż. Andrzej Mruk, prof. PK, Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

W czasie eksploatacji silników, szczególnie tych z recyrkulacją spalin, w oleju smarującym pojawiają się cząstki sadzy. Cząstki te mogą pochodzić ze spalin, które kierowane są do cylindra i nie zostają w pełni spalone, ale osadzają się na ściankach cylindra i wraz z filmem olejowym zgarniane są przez pierścienie, dostając się do oleju. Cząstki sadzy mogą powstać również w wyniku destrukcji oleju oraz pochodzić z przedmuchów do skrzyni korbowej.

Badania silników wykazały, że wysoki stopień recyrkulacji spalin może zwiększyć zużycie elementów silnika. Badania [1–13] udowodniły również, że wraz ze wzrostem stopnia recyrkulacji spalin następuje wzrost siły tarcia pomiędzy współpracującymi tłokiem i cylindrem. Wyjaśniane jest to osadzaniem się sadzy pochodzącej ze spalin na powierzchniach par trących. Towarzyszy temu zwiększenie zużycia pierścieni oraz tulei. Po długotrwałych badaniach silników stwierdzono, że wysoki stopień recyrkulacji spalin może zwiększyć zużycie jego elementów o ok. 10%.

Zagadnienie negatywnego oddziaływania cząstek sadzy, które znajdują się w oleju silnikowym, na trwałość elementów silnika jest problemem stale aktualnym. Prowadzone są prace zarówno nad poznaniem mechanizmu oddziaływania chemicznego sadzy na dodatki trybologiczne dodawane do olei silnikowych, jak i dotyczące zagadnień związanych z tarciami i zużyciem współpracujących powierzchni.

W niniejszym artykule podjęto badania nad zagadnieniem wpływu sadzy w oleju silnikowym (do 5% udziału masowego) na zużycie pary trącej: dźwigienka zaworowa–popychacz.

2. Badania zużycia skojarzenia: dźwigienka zaworowa–popychacz

Do badań spośród elementów rozrządu wytypowano skojarzenie element dźwigienki zaworowej współpracujący z popychaczem. Ten element dźwigienki – powierzchnia czaszy kulistej śruby (fot. 3) – podobnie jak czoło trzonka zaworu poddawany jest zmiennym obciążeniom z dużą częstotliwością. Przy prędkości obrotowej silnika 2800 obr./min obciążenia w miejscu styku współpracujących powierzchni zmieniają się od 0 do wartości maksymalnej z częstotliwością 23 Hz. W takich warunkach współpracy własności oleju smarującego w sposób decydujący wpływają na procesy tarcia i zużycia.

Do badań zużycia elementów skojarzenia popychacz–dźwigienka zaworowa zaprojektowano stanowisko badawcze, wykorzystując elementy silnika AA.1500. Składa się ono z kadłuba silnika wraz z głowicą, kompletnego układu rozrządu, którego wałek krzywkowy jest napędzany silnikiem elektrycznym przez pasek zębaty oraz zewnętrznego układu smarowania (fot. 1 i 2).

Prędkość obrotowa silnika elektrycznego wynosi $n = 1420$ obr./min, co przy przełożeniu 1:1 daje taką samą prędkość obrotową wałka rozrządu. Odpowiada to prędkości obrotowej silnika $n = 2840$ obr./min.

Badania wpływu sadzy znajdującej się w oleju na proces zużycia przeprowadzono dla powierzchni czaszy kulistej elementu dźwigienki zaworowej współpracującej z łaską popychacza. Współpracujące powierzchnie smarowano kolejno: olejem syntetycznym niezawierającym sadzy i takim samym olejem z dodatkiem sadzy o symbolu N-220 o udziale wagowo-objętościowym, odpowiednio: 1 i 5%, tj. 1 g i 5 g sadzy zmieszano z 100 ml oleju.



Fot. 1. Widok ogólny stanowiska do badania zużycia skojarzenia popychacz–dźwigienka zaworowa

Photo 1. General view of the stand to examine wear of the matching pusher–valve rocker



Fot. 2. Widok układu dźwigienek zaworowych i popychaczy oraz elementów układu smarowania

Photo 2. View of valve rocker and pusher systems and of lubrication system elements



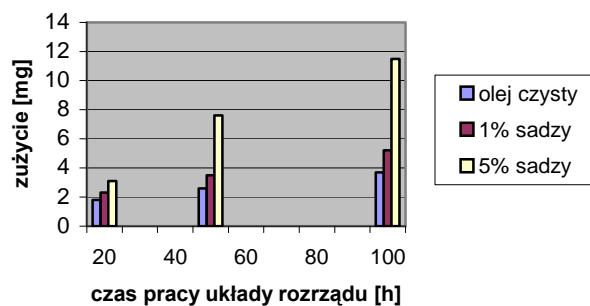
Fot. 3. Widok dźwigenki zaworowej z czaszą kulistą śruby

Photo 3. View of a valve rocker with screw spherical cap

Badania prowadzono w cyklu 100 h. Pomiary zużycia powierzchni czaszy kulistej przeprowadzono po 20 h, 50 h i 100 h. Jako wskaźniki zużycia przyjęto ubytek masy elementu i zmianę wskaźników chropowatości powierzchni.

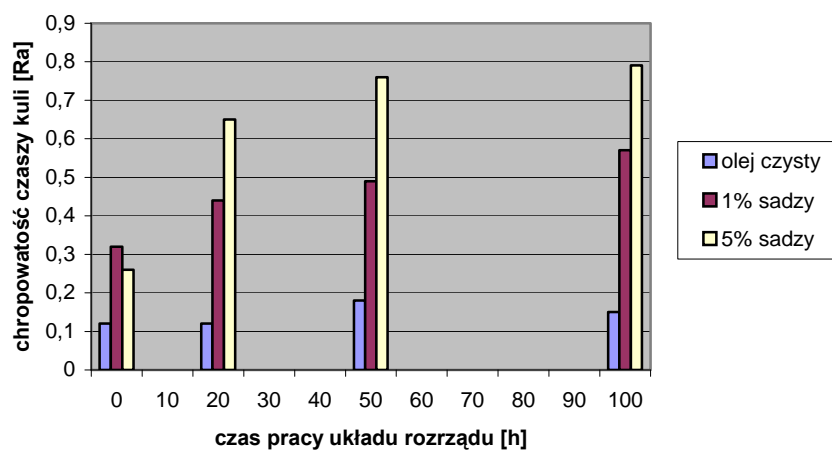
3. Wyniki badań

Wyniki badań zużycia czaszy kulistej śruby w funkcji czasu pracy tego elementu dźwienki zaworowej z popychaczem przedstawiono na rys. 1. Na rys. 2 pokazano zmianę chropowatości czaszy kulistej. Wygląd powierzchni czasz kulistych śrub dźwienek zaworowych po 100 h współpracy z popychaczami, smarowanych czystym olejem, pokazano na fot. 3, olejem z 1% udziałem sadzy na fot. 4 i olejem z 5% udziałem sadzy na fot. 5.



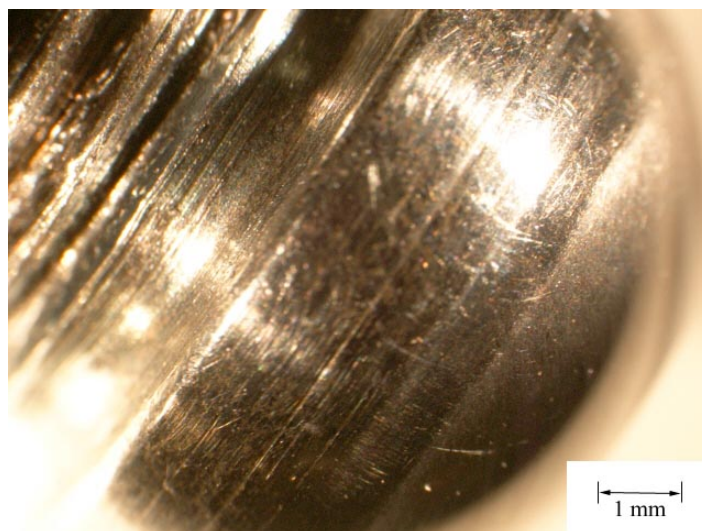
Rys. 1. Zależność zużycia śruby dźwigenki zaworowej od czasu pracy układu rozrządu

Fig. 1. Relationship between a valve rocker screw wear and the work time of the timing gear system



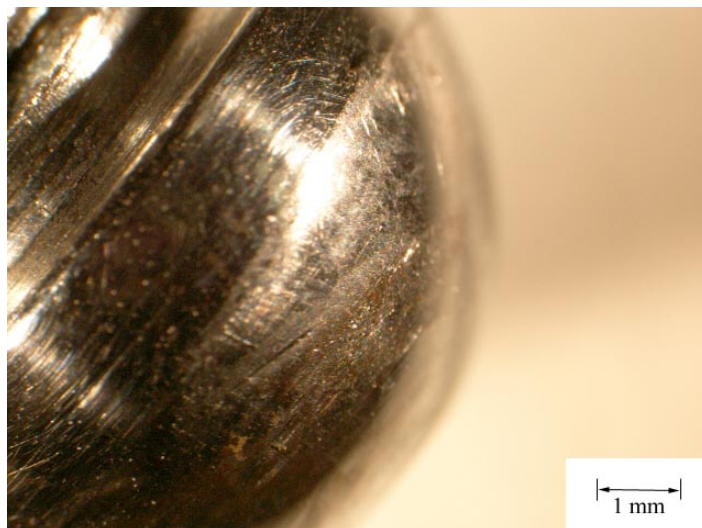
Rys. 2. Zależność chropowatości czaszy śruby dźwigenki zaworowej od czasu pracy układu rozrządu

Fig. 2. Relationship between the roughness of the valve rocker screw cap and the work time of the timing gear system



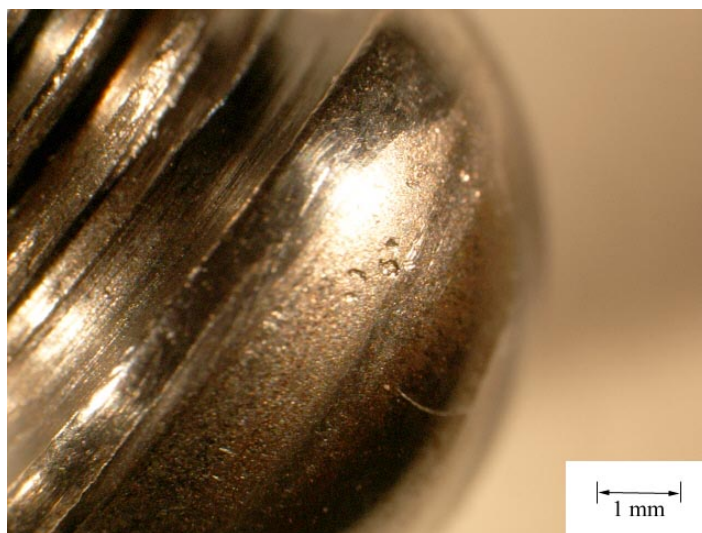
Fot. 4. Powierzchnia czaszy kulistej dźwigenki zaworowej po 100 h pracy z czystym olejem

Photo 4. Surface of the valve rocker spherical cap, lubricated with pure oil, after 100 h working



Fot. 5. Powierzchnia czaszy kulistej dźwigienki zaworowej po 100 h pracy smarowanej olejem z 1% udziałem sadzy

Photo 5. Surface of the valve rocker spherical cap, lubricated with the oil containing 1% of soot, after 100 h working



Fot. 6. Powierzchnia czaszy kulistej dźwigienki zaworowej po 100 h pracy smarowanej olejem z 5% udziałem sadzy

Photo 6. Surface of the valve rocker spherical cap, lubricated with the oil containing 5% of soot, after 100 h working

Analiza wyników zużycia czasz śrub dźwigienek układu rozrządu w funkcji czasu pracy (rys. 1) pokazuje bardzo istotny wpływ sadzy w oleju na zużycie. Zużycie to w całym badanym okresie, jest znacznie większe od zużycia czaszy smarowanej czystym olejem. Największe zużycie próbki występowało dla 5% wt zawiesiny sadzy w oleju.

Chropowatość czasz śrub dźwigienek zaworowych smarowanych olejem z dodatkiem sadzy w funkcji czasu pracy układu rozrządu wzrastała znacznie szybciej niż smarowanych olejem czystym. Największe wartości występowały dla 5% wt zawiesiny sadzy w oleju. Powyższe stwierdzenia potwierdzają obserwacje wyglądu powierzchni czasz kulistych (fot. 5). W przypadku smarowania olejem z udziałem sadzy stwierdzono na powierzchni czaszy charakterystyczne ślady zużycia ściernego i zmęczeniowego – drobne wżery. Zużycie to należy wiązać z obecnością znacznej ilości cząstek sadzy pomiędzy współpracującymi powierzchniami, które są poddawane zmiennym cyklicznym obciążeniom.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania dla skojarzenia wycinek powierzchni kuli (śruba dźwigienki zaworowej) – czasza kulista (końcówka popychacza), smarowanych czystym olejem oraz olejem zawierającym cząstki sadzy, wykazały istotny wpływ sadzy i jej ilości na zużycie powierzchni współpracujących.

Ślady występujące na powierzchniach współpracujących wskazują na mechaniczny charakter zużycia. Jest to zużycie ściernie i zmęczeniowe (dynamiczne) – drobne wżery. Zużycie ściernie należy wiązać z obecnością znacznej ilości cząstek sadzy pomiędzy współpracującymi powierzchniami. Zużycie zmęczeniowe jest generowane cyklicznymi obciążeniami współpracujących powierzchni z udziałem oleju. Występowanie zużycia zmęczeniowego, wyraźne dla oleju z 5% dodatkiem sadzy, wskazuje na synergizm sadzy w odniesieniu do zużycia zmęczeniowego.

Literatura

- [1] Dennis A.J., Garner C.P., Taylor D.H., *The effect of EGR on diesel Engine Wear*, SAE Technical Paper Series 1999, 1999-01-0839.
- [2] Fujita H., Katafuchi T., *The influences of surface characteristics of diesel soot on lubricating performance*, Proceedings of the Tribology Conference Nagasaki 2000, 1999-2004.
- [3] Gautman M., Chitoor K., Balla S., *Contribution of soot contaminated oils to wear*, SAE Technical Paper, Series 1999, 1999-01-1591.
- [4] Gautman M., Durbha M., Chitoor K., Jaraiedl M., Mariwalla N., Ripple D., *Contribution of soot contaminated oils to wear*, SAE Technical Paper Series 1998, 981406.
- [5] Green D.A., Lewis R., Dwyer-Joyce R.S., *Wear of valve train components due to soot contaminated lubricant*, SAE Technical Paper Series, 2001-01-1098.
- [6] Iwabuchi A., Seto T., Shimizu T., *Evidence of abrasion of soot for diesel engine*, Proceedings of the Tribology Conference Nagasaki 2000, 1993-1998.

- [7] Jordan W., Mruk A., *Effect of soot in diesel oil on the life of friction pairs*, International Tribology Conference Kobe 2005, Japanese Society of Tribologists, 283.
- [8] Kuo C.C., Passut C.A., Jao T., *Wear mechanism in Cummins M-11 high soot diesel test engines*, SAE Technical Paper, Series 1998, 98 1372.
- [9] Mainwaring R., *Soot and wear in heavy duty diesel engines*, SAE Technical Paper Series 1997, 971631.
- [10] Mc Geehan J.A., Alexander W., Ziemer J., Roby S., Ryason P., *The pivotal role of crankcase oil in preventing soot wear and extending filter life in low emission diesel Engines*, Proceedings of the Tribology Conference Nagasaki 2000, 1987-1992.
- [11] Sasaki M., Kishi Y., Hyuga T., Okazaki K., Tanaka M., Kurihara I., *The effect of EGR on diesel engine oil, and its countermeasures*, SAE Technical Paper Series 1997, 971695.
- [12] Sato H., Tokuoka N., *Study on wear mechanism by soot contaminated in engine oil (Relation between characteristics of used oil and wear)*, SAE Technical Paper, Series 1999, 1999-01-3573.
- [13] Urabe M., Tomomatsu T., Sato K., Takiguchi M., *Piston friction force with EGR activated*, JSAE Review, Vol. 19, 1998, 52-53.