

OCENA WPLYWU PALIWA W POCZĄTKOWEJ FAZIE ROZRUCHU SILNIKA NA INTENSYWNOŚĆ PRZEDMUCHÓW GAZÓW DO SKRZYNI KORBOWEJ

Karol Franciszek ABRAMEK*

* Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie
e-mail: karol.abramek@zut.edu.pl

Artykuł wpłynął do redakcji 30.12.2012 r., Zweryfikowaną i poprawioną wersję po recenzjach i korekcie
otrzymano w sierpniu 2014 r.

© Zeszyty Naukowe WSOWL

W referacie przedstawiono wstępne wyniki badań przedmuchów gazów do skrzyni korbowej tłokowego silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym dla prędkości obrotowej wału korbowego $n = 30 \text{ min}^{-1}$ i $n = 48 \text{ min}^{-1}$. Prędkość obrotowa wału ustalana była za pomocą zewnętrznego napędu. W pomiarach analizowano wpływ wtryskiwanego paliwa w początkowej fazie rozruchu silnika na wartość natężenia przedmuchów gazów.

Słowa kluczowe: rozruch silnika, przedmuchy gazów, skrzynia korbową

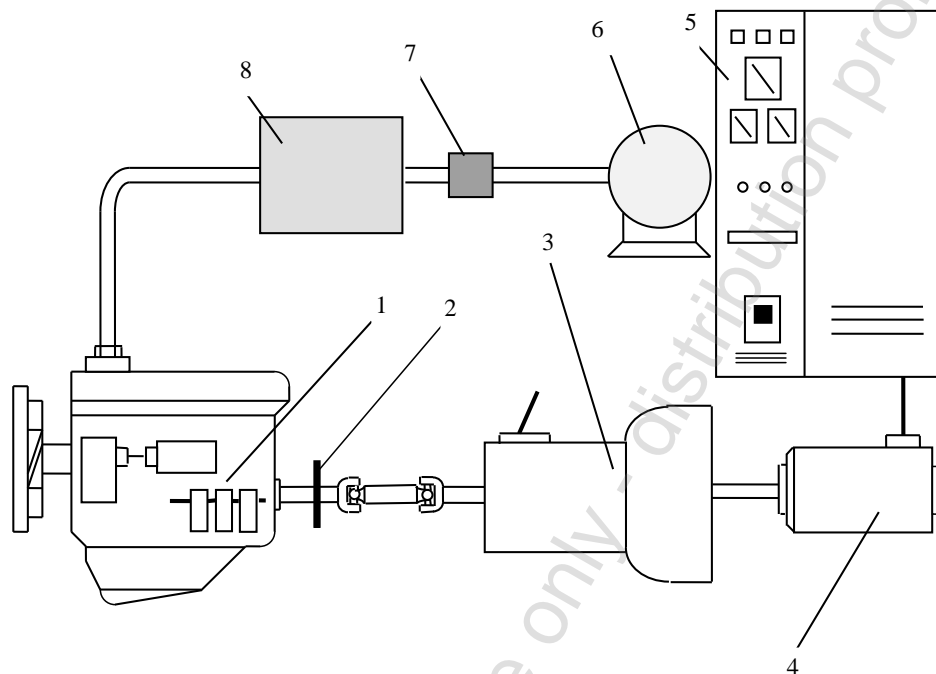
WSTĘP

Zjawisko przedmuchów gazów do skrzyni korbowej tłokowego silnika spalinowego zależy od konstrukcji i geometrii (zużycia) wszystkich elementów wchodzących w skład układu tłok-pierścienie-cylinder (TPC), a także od prędkości obrotowej wału korbowego i obciążenia silnika [1]. Szczególnego znaczenia nabiera zjawisko przedmuchów w fazie rozruchu silnika o zapłonie samoczynnym. Na czas rozruchu w głównej mierze ma wpływ temperatura w komorze spalania, która zależy od wartości dawki rozruchowej, prędkości obrotowej wału korbowego silnika, rozpylenia paliwa, czasu potrzebnego na odparowanie, zmieszania, reakcji przed zapłonem, ukształtowania komory spalania, ciśnienia oraz wielkości strat ładunku spowodowanych przedmuchami gazów przez pierścienie do skrzyni korbowej silnika [3, 5]. Na stratę ładunku w głównej mierze ma wpływ stan układu TPC [2, 4, 6]. Zużycie tego układu powoduje przedmuchy gazów do skrzyni korbowej, które w krańcowym przypadku mogą być przyczyną nieuzyskania rozruchu [9, 10, 12]. Powstanie pierwszego zapłonu w silniku z zapłonem samoczynnym zależy od temperatury w komorze spalania. Temperatura uzyskana w końcu suwu sprężania podczas rozruchu musi być znacznie wyższa od temperatury samozapłonu. Spowodowane jest to koniecznością szybkiego ogrzania wtrysniętego paliwa do temperatury samozapłonu dla jego chemicznego przekształcenia i przygotowa-

nia do spalania. Wartość koniecznej nadwyżki temperatury, warunkującej prawidłowe spalanie wynosi około $250 \div 350$ K [7].

1. OPIS STANOWISKA BADAWCZEGO

Badania strat ładunku w postaci przedmuchiów gazów do skrzyni korbowej przeprowadzono dla silnika 359. Silnik ten nadal znajduje zastosowanie do napędu niektórych pojazdów wykorzystywanych przez Wojsko Polskie, Straż i Policję.

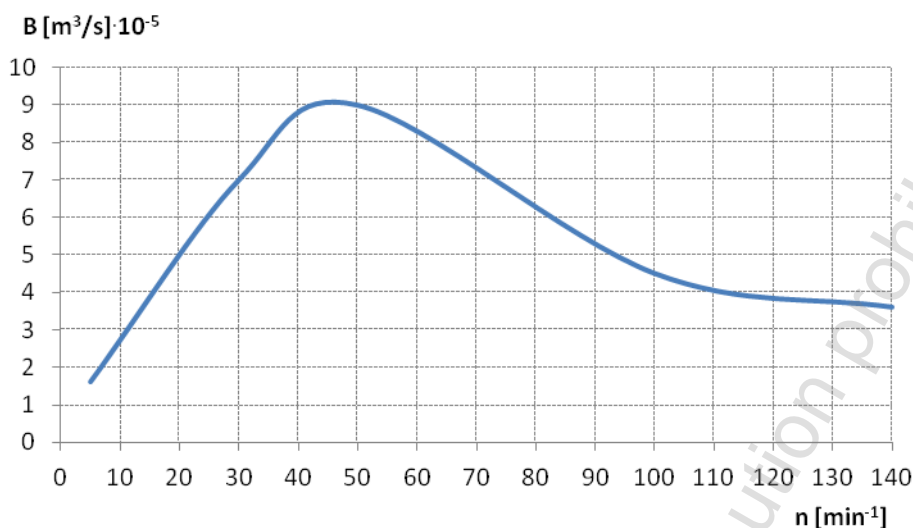


Rys. 1. Stanowisko badawcze:

- 1 - badany silnik; 2 - sprzęgło jednokierunkowe; 3 - skrzynia biegów i sprzęgło cierne;
4 - silnik trójfazowy; 5 - pulpit sterowniczy; 6 - gazomierz laboratoryjny;
7 - filtr; 8 - zbiornik wyrównawczy

Źródło: Opracowanie własne

Przedstawione na rysunku 1 stanowisko pomiarowe służyło do napędu silnika. Badany silnik (1) napędzany był przez trójfazowy silnik elektryczny (4) poprzez skrzynię biegów (3) i sprzęgło jednokierunkowe (2), które zabezpieczało badany silnik w przypadku jego uruchomienia (rozłączenie z napędem). Poprzez regulację na pulpicie sterowniczym (5) i odpowiednie dobranie przełożenia w skrzyni biegów (3) można było ustawić dowolną prędkość obrotową wału korbowego silnika (1). Dzięki takiemu rozwiązaniu eliminowana była także niestabilność prędkości obrotowej. Dodatkową zaletę tego typu rozwiązania było to, że istniała możliwość obracania wałem korbowym silnika mimo odcięcia dawki paliwa i obserwowania zjawiska przedmuchiów gazów (mimo braku zasilania). To umożliwiło dokonanie pomiarów przedmuchiów dla wybranych prędkości obrotowych wału $n = 30 \text{ min}^{-1}$ i $n = 48 \text{ min}^{-1}$. Wybór tych prędkości nie był przypadkowy. Analizując krzywą przedmuchiów wykonaną dla prędkości poniżej biegu jałowego silnika (także niższych od uzyskiwanych przez rozrusznik) stwierdzono, że dla prędkości obrotowej wału $n = 48 \text{ min}^{-1}$ występuje lokalne ekstremum maksimum przedmuchiów, co przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Zależność przedmuchiów gazów do skrzyni korbowej dla silnika 359 w funkcji prędkości obrotowej mniejszej od prędkości biegu jałowego

Źródło: Opracowanie własne

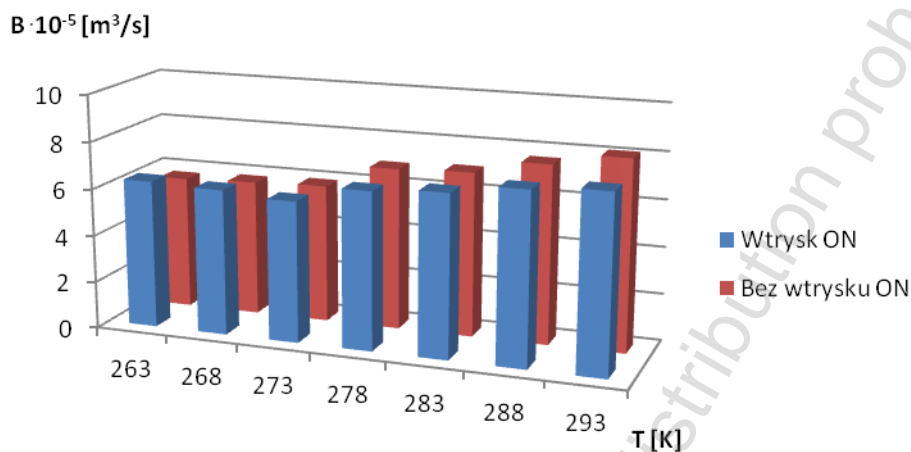
Analizując wartości przedmuchiów gazów do skrzyni korbowej przedstawione na rysunku 2 można stwierdzić, że w pierwszym okresie, kiedy następuje wzrost prędkości obrotowej wału do prędkości $n = 48 \text{ min}^{-1}$ następuje gwałtowny wzrost natężenia przedmuchiów. Spowodowane jest to gwałtownym narastaniem ciśnienia w przestrzeni roboczej i zbyt małej jeszcze prędkości liniowej tłoka, umożliwiającej uzyskanie dobrego uszczelnienia pierścieniowego. Wzrost prędkości obrotowej powoduje wzrost prędkości liniowej tłoka, a tym samym zmniejsza się długość czasu panowania różnicy ciśnień nad i pod pierścieniami. Wpływa to na zmniejszenie procentowego ubytku ładunku z cylindra na skutek nieszczelności pierścieni. Powyżej prędkości obrotowej $n=48 \text{ min}^{-1}$ następuje skrócenie czasu, w którym sprężone powietrze ma możliwość przedostania się przez pierścieniowy zespół uszczelniający i stąd wartość traconego ładunku maleje.

W celu stabilizacji temperatury pomiarów silnik umieszczony był w komorze niskich temperatur, która znajduje się w Katedrze Eksploatacji Pojazdów Samochodowych Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Wyniki badań wykonane były dla temperatur otoczenia: 263, 268, 273, 278, 283, 288, 293 K.

2. WYNIKI BADAŃ

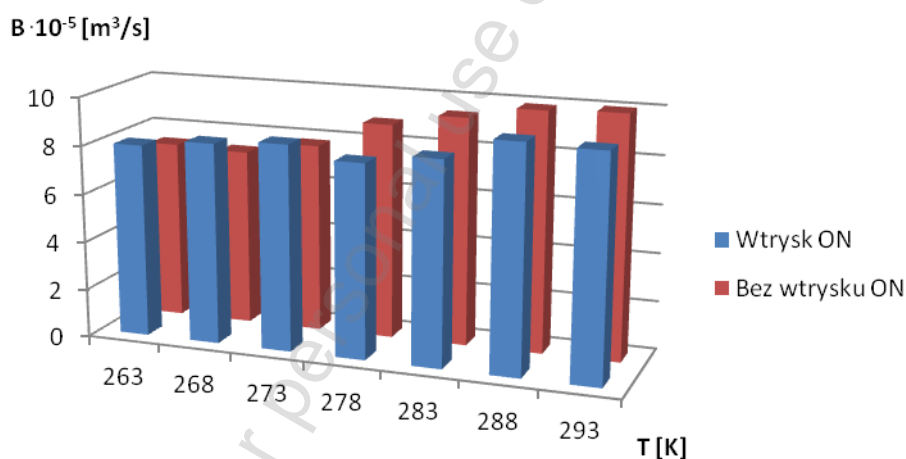
Badanym obiektem był sześciocylindrowy silnik 359 o zapłonie samoczynnym. Badania przeprowadzono dla dwóch prędkości obrotowych silnika przy ustalonych warunkach otoczenia. Czas pomiaru natężenia przedmuchiów wynosił 180 s. Pierwsza seria badań wykonana była przy zasilaniu silnika olejem napędowym, druga bez zasilania. Umożliwiło to określenie wpływu pojawiającego się paliwa w pierwszych zakresach prędkości obrotowej wału na zjawisko „zmywania” filmu olejowego. Na rysunku 3 przedstawiono wyniki badań przedmuchiów dla prędkości wału korbowego $n = 30 \text{ min}^{-1}$. Z przedstawionych wyników zauważyć można, że dla temperatury otoczenia 263 K, 268 K i 273 K w początkowej fazie rozruchu wtrysk oleju napędowego do przestrzeni roboczej spowodował pogorszenie uszczelniającego działania pierścieni tłokowych.

Wartość przedmuchiowanych gazów wzrosła. I tak dla 263 K z $5,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ do $6,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. Natomiast dla temperatur dodatnich olej napędowy spowodował nieznaczny spadek wartości przedmuchiowanych gazów, ale jedynie w zakresie błędu pomiarowego. W zasadzie trudno jest tu mówić o jakimkolwiek wpływie wtryskiwanego paliwa na stratę ładunku.



Rys. 3. Wyniki pomiarów przedmuchów dla prędkości wału korbowego $n = 30 \text{ min}^{-1}$

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 4. Wyniki pomiarów przedmuchów dla prędkości wału korbowego $n = 48 \text{ min}^{-1}$

Źródło: Opracowanie własne

Natomiast na rysunku 4 przedstawiono wyniki pomiarów przedmuchów dla prędkości wału korbowego $n = 48 \text{ min}^{-1}$. Także i dla tej prędkości zauważyć można, że wartość przedmuchów dla ujemnych temperatur otoczenia wzrosła w wyniku wtrysku oleju napędowego do przestrzeni nad tłokiem. Zjawisko to można tłumaczyć tym, że

znajdujący się na gładzi cylindrowej olej napędowy, który jeszcze nie zdążył się zapalić, powodował zmywanie warstwy oleju smarującego (z gładzi cylindrowej), co bezpośrednio wpływało na pogorszenie właściwości uszczelniających tłoka z pierścieniami uszczelniającymi. Dlatego dla ujemnych temperatur otoczenia można zaobserwować wzrost traconego ładunku. Dla prędkości wału $n = 48 \text{ min}^{-1}$ i temperatury otoczenia $T = 268 \text{ K}$ w wyniku wtrysku oleju napędowego wartość natężenia przedmuchiwań wzrosła z $7,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ do $8,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.

PODSUMOWANIE

Wykonane wstępne badania potwierdzają wpływ wtryskiwanego paliwa w początkowej fazie rozruchu na wartość przedmuchiwań gazów do skrzyni korbowej. Można jednoznacznie stwierdzić, że w początkowym okresie rozruchu niespalone paliwo powoduje zmywanie filmu olejowego z gładzi cylindrowej, co wpływa na pogorszenie właściwości uszczelniających labiryntowego złożenia pierścieni uszczelniających na tłoku. To z kolei objawia się wzrostem wartości przedmuchiwań gazów do skrzyni korbowej. Niemniej jednoznaczne stwierdzenie wpływu paliwa na grubość filmu olejowego pomiędzy pierścieniem i tuleją cylindrową można stwierdzić jedynie w oparciu o pomiary np. rezystancji filmu olejowego przy użyciu mierników indukcyjnych.

W czasie wykonywania pomiarów zauważono, że w początkowym okresie, jeżeli silnik nie pracował przez okres około 3 tygodni (dla mineralnego oleju Lotos 15W/40) bezpośrednio po uruchomieniu silnika natężenie przedmuchiwań gazów osiąga kilkukrotnie większą wartość niż po krótkotrwałym okresie pracy. Po wykonaniu kilku lub kilkunastu cykli pracy silnika (w zależności od temperatury otoczenia), natężenie przedmuchiwań spadało do wartości średniej, osiągananej przeciętnie. Oznacza to, że w początkowym okresie rozruchu, układ tłok-pierścienie-cylinder pracował bez warstwy oleju. Brak jest wtedy filmu olejowego. Niektórzy badacze [4, 11] uważają, że w początkowym okresie pracy silnika tworzy się na gładzi cylindra nieruchomy film olejowy. Dopiero po pewnym czasie film olejowy uzyskuje ruchliwość i wtedy występuje smarowanie hydrodynamiczne. W dalszym okresie pracy silnika można zauważyć wpływ drgań pierścieni tłokowych na film olejowy, który traci swoją stabilność i pojawiają się duże wahania jego grubości. Niemniej proces smarowania układu TPC stabilizuje się i mimo dalszej pracy silnika nie zmienia swojego charakteru.

LITERATURA

1. Abramek K.F., Uzdowski M., *Pojazdy samochodowe. Podstawy obsługi i napraw*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009, ISBN 978-83-206-1734-4.
2. Abramek K.F., *Effect of phenomenon of piston sealing rings vibrations on tightness of PRC unit*, [in:] "Journal of Polish CIMAC", Vol. 2, No 1., p. 9-13, 2007.
3. Drożdziel P., *Widmo rozruchu silnika o zapłonie samoczynnym jako kryterium oceny warunków użytkowania samochodu*, Polskie Naukowo – Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne, Warszawa 2009, ISBN 978-83-911726-6-7.
4. Kaźmierczak A., *Tarcie i zużycie zespołu tłok-pierścienie-cylinder*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005.
5. Kozaczewski W., *Konstrukcja grupy tłokowo-cylindrowej silników spalinowych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2004, ISBN 83-206-1533-X

6. Merkiś J., Tomaszewski F., Ignatow O., *Trwałość i diagnostyka węzła tłokowego silnika spalinowego*, Wybrane zagadnienia, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1995.
7. Mysłowski J., *Rozruch silników samochodowych z zapłonem samoczynnym*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996, ISBN 83-204-2050-4.
8. Mysłowski J., *Tendencje rozwojowe silników spalinowych o zapłonie samoczynnym*, Wydawnictwo Autobusy, Radom 2006, ISBN 83-920826-8-0.
9. Niewczas A., *Trwałość zespołu tłok-pierścienie-cylinder silnika spalinowego*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998. ISBN 83-204-2267-1.
10. Pszczołkowski J., *Charakterystyki rozruchowe silników o zapłonie samoczynnym*, Wydawca Stowarzyszenie Edukacyjne Pedagogów Praktyków Cogito, Warszawa 2004. ISBN 83-910909-6-5.
11. Serdecki W., *Wpływ pierścieni uszczelniających na kształtowanie filmu olejowego na gładzi tulei cylindrowej silnika spalinowego*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1990.
12. Serdecki W., *Badania współpracy elementów układu tłokowo-cylindrowego silnika spalinowego*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2002.

ASSESSING IMPACT OF FUEL IN INITIAL PHASE OF ENGINE START-UP ON INTENSITY OF BLOW-BY TO CRANKCASE

Summary

The paper presents the results of blow-by to crankcase in the combustion engine for the crankshaft speed $n = 30 \text{ min}^{-1}$ and $n = 48 \text{ min}^{-1}$. Shaft speed was determined by means of an external drive, eliminating instability. In the measurements the influence of fuel injected in the initial engine start-up phase on the blow-by intensity value was analysed.

Keywords: engine start-up, blow-by, crankcase

NOTA BIOGRAFICZNA

dr hab. inż. Karol Franciszek ABRAMEK – dorobek naukowy dr hab. inż. Karola F. Abramka stanowi 112 publikacji naukowych, w tym 5 w czasopismach wyróżnionych przez Journal Citation Reports, 38 artykułów w czasopismach z listy MNiSW oraz 69 publikacji na konferencjach naukowych krajowych i międzynarodowych. Jest współautorem dwóch książek w wydawnictwie centralnym Pojazdy Samochodowe: „Eksplatacja techniczna i naprawa” oraz „Podstawy obsługi i napraw” wydanych przez Wydawnictwa Komunikacji i Łączności w Warszawie 2003 i 2009 roku. Jest członkiem zwyczajnym Polskiego Towarzystwa Naukowego Silników Spalinowych.