

PORÓWNANIE WYBRANYCH METOD OCENY STANU TECHNICZNEGO WĘZŁA TŁOK-PIERŚCIEŃ-CYLINDER

Karol Franciszek Abramek

Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych, Politechnika Szczecińska

Streszczenie. Celem pracy było porównanie wybranych metod oceny stanu technicznego układu tłok-pierścienie-cylinder.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, rozruch, stan techniczny, tłok, pierścienie, cylinder

WSTĘP

Szczelność układu tłok-pierścienie tłokowe-cylinder (TPC) wpływa na przebieg procesu spalania w przestrzeni roboczej. Z przebiegiem spalania związane są: parametry silnika (moc i moment), emisja substancji toksycznych do atmosfery, łatwość rozruchu, temperatura w przestrzeni roboczej, jak i skrzyni korbowej silnika. W referacie przedstawiono porównanie wybranych metod oceny stanu technicznego, przede wszystkim pod względem konieczności użycia wymaganej aparatury, łatwości i szybkości wykonania pomiaru, jak i oceny skuteczności danej metody.

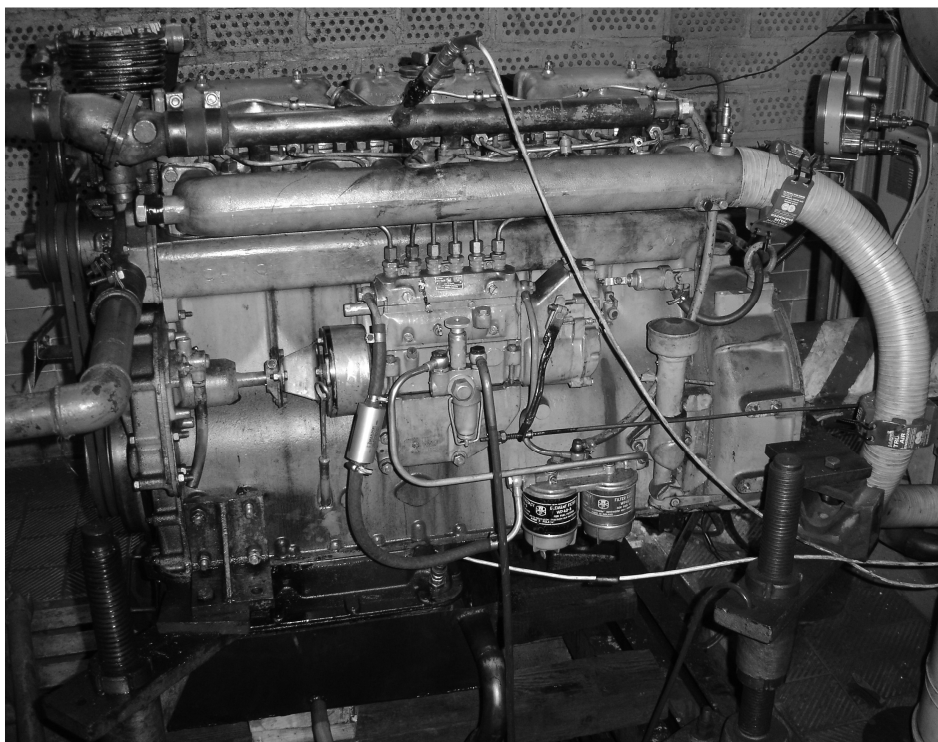
Eksploatacja tłokowego silnika spalinowego sprawia, że zachodzą w nim procesy zużycia. To one wpływają na pogorszenie parametrów pracy silnika i dzięki temu silnik stanowi najsłabsze ogniwo w użytkowaniu pojazdu. Wyjątkowo ciężkie warunki pracy (duże prędkości i siły tarcia, wysokie temperatury, działanie agresywnych chemicznie związków) elementów tworzących przestrzeń roboczą (tłok, pierścienie, cylinder) sprawiają, że na powierzchni gładzi cylindra, tłoka i pierścieni (uszczelniających, zgarniającego) występuje maksymalne zużycie, intensyfikowane przedostawaniem się do wnętrza cylindrów wraz z powietrzem dość znacznych ilości pyłu. Zmiana szczelności przestrzeni roboczej wpływa na zmianę parametrów, których pomiar może stanowić podstawę oceny stanu technicznego układu (TPC).

CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy było porównanie trzech wybranych metod oceny stanu technicznego układu TPC, tj. pomiarów: intensywności przedmuchów gazów do skrzyni korbowej, końca ciśnienia suwu sprężania oraz szczelności. Przedstawiono trudności w wykonywaniu określonych pomiarów, jak również wskazano na dokładność metody pomiarowej.

STANOWISKO BADAWCZE

Badania pomiarów przedmuchów gazów do skrzyni korbowej, ciśnienia końca suwu sprężania oraz szczelności cylindrów wykonano na silniku 359. Ogólny widok silnika przedstawiono na rys. 1. Silnik eksploatowany był na hamowni silnikowej w Katedrze Eksploatacji Pojazdów Samochodowych Politechniki Szczecińskiej. W celu weryfikacji metod pomiarowych badania wykonywano także na silnikach 359 eksploatowanych w normalnych warunkach drogowych. Pomiary przedmuchów wykonywano także na badawczym silniku SB-3.1, który jest konstrukcją prototypową, stanowiącą wycinek jednego cylindra silnika SW-680.



Rys. 1. Widok silnika 359

Fig. 1. The view of the 359 engine

METODYKA POMIARÓW

Analizowane metody pomiarów szczelności układu TPC są szeroko rozpowszechnione w technice warsztatowej. Niemniej należy zaznaczyć, że pomiar ciśnienia sprężania jest najbardziej rozpowszechnioną metodą [Uzdowski i in. 2003]. W zasadzie pomiar jest bardzo prosty i nie wymaga użycia skomplikowanej aparatury. Wystarczy próbnik ciśnienia sprężania, wyposażony w urządzenie samopiszące. Podobnie jest, jeśli chodzi o pomiar szczelności cylindrów. Wystarczy próbnik szczelności (manometr) z naniesioną procentową podziałką, która określa szczelność cylindra, połączony z siecią sprężonego powietrza. Sprężone powietrze zwykle doprowadza się do cylindra przy ciśnieniu około 0,4 MPa. Pomiar ciśnienia końca suwu sprężania i szczelności cylindrów wykonuje się po wymontowaniu wtryskiwaczy (silniki ZS) lub świec zapłonowych (silniki ZI) z ciepłego silnika, w celu zachowania odpowiednich wartości luzów, jak w silniku pracującym. Niektórzy producenci podają wartości także dla silnika zimnego, w celu określenia zużycia TPC. Pod wpływem zmian temperatury następuje zmiana wymiarów elementów silnika i zmiana wartości luzów, co wiąże się z zachowaniem szczelności. Dlatego bardzo ważna jest temperatura pomiaru, która również wpływa na zmianę gęstości oleju. Ma to decydujące znaczenie, szczególnie w pomiarach ciśnienia końca suwu sprężania, gdyż zmienia się prędkość obrotowa wału korbowego silnika (dla gęstego oleju rosną opory mechaniczne i spada prędkość rozruchu). Zauważono, że różnice w pomiarze ciśnienia sprężania w silniku ciepłym i zimnym mogą sięgać nawet 0,1 MPa, w zakresie temperatury cieczy chłodzącej od 10°C (283 K) do 80°C (353 K). Wykonując pomiary w temperaturach ujemnych, można uzyskać znacznie większe różnice. Dla zimnego silnika błąd pomiaru ciśnienia sprężania może być większy, ponieważ wał korbowy napędzany jest od rozrusznika, który wymaga odpowiednio naładowanych akumulatorów. W miarę obniżania się temperatury maleje pojemność akumulatorów i spada prędkość obrotowa wału korbowego (nie uwzględniając oporów) [Mysłowski 1996]. Należy pamiętać, aby wyregulować luz zaworowy odpowiednio do zaleceń producenta. Z badań wynika, że zwiększenie luzu zaworu dolotowego w stosunku do wartości nominalnej powoduje wzrost ciśnienia sprężania [Abramek 2005].

Badanie stanu technicznego silnika za pomocą metody szczelności cylindrów polega na doprowadzeniu do poszczególnych cylindrów sprężonego powietrza i obserwacji spadków ciśnienia. Sprężone powietrze może wydostawać się przez nieszczelności pomiędzy przylgami zaworów a ich gniazdami, szczeliną pomiędzy gładzią cylindra, pierścieniami i tłokiem, czasami także przez nieszczelność pomiędzy kadłubem i głowicą (np. uszkodzona podkładka podgłowicowa). Największy wpływ na błąd pomiaru w tej metodzie, oprócz temperatury ma niewłaściwe ustawienie tłoka. Tłok powinien być tak ustawiony, by znajdował się w górnym martwym punkcie (GMP). W tym położeniu występują największe zużycia, szczególnie tulei cylindrowej i to w zasadniczy sposób wpływa na błąd pomiaru. Jeżeli chodzi o pomiary przedmuchów gazów do skrzyni korbowej silnika, to ogólną zaletą tej metody jest to, że wykonywana jest na silniku pracującym, choć możliwe są modyfikacje tej metody pomiaru jedynie dla prędkości rozruchu [Abramek 2002]. Oczywiście, dla prędkości rozruchu nie możemy mówić o tak dobrym skorelowaniu wartości natężenia przedmuchów ze zużyciem w grupie TPC. W tego typu badaniach konieczna jest dość droga aparatura badawcza. Powinniśmy użyć gazomierza laboratoryjnego lub przepływomierzy o bardzo małym oporze wewnętrznym (poniżej 200 Pa) lub specjalnie zaprojektowanej do tego aparatury firmy AVL Blow-by Meter. Pewną odmianą metody jest zaprojektowana w Politechnice Lubelskiej metoda pomiaru

przedmuchów gazów przy zerowej wartości nadciśnienia w skrzyni korbowej (odsysanie gazów). Niemniej metoda ta może być obarczona dużym błędem [Abramek 1998 i 2002]. Przy wykonywaniu pomiarów przedmuchów gazów do skrzyni korbowej należy przestrzegać ściśle procedur badań, ponieważ na wyniki pomiarów ma wpływ wiele czynników eksploatacyjnych (temperatura, prędkość obrotowa, obciążenie, stan oleju smarującego, jak i zużycie silnika, luzy w układzie TPC, uszkodzona podkładka podgłowicowa, nieszczelności prowadnic i trzonków zaworów, pęknięcia głowicy czy kadłuba). Można też osiągnąć dość znaczne wartości współczynnika korelacji przy zachowaniu odpowiednich warunków pomiaru (jednakowa temperatura i prędkość obrotowa wału korbowego). Na ilość traconego ładunku w postaci przedmuchów ma wpływ wiele czynników konstrukcyjnych (np. liczba pierścieni, stopień sprężania) [Abramek 2005]. Także zbieranie się nagaru ma wpływ na wyniki badań przedmuchów [Abramek 2002].

WYNIKI BADAŃ

Rezultaty badań potwierdzają przydatność wszystkich opisanych metod pomiarowych do oceny stanu technicznego układu TPC. Najlepszą informację o zużyciu tej grupy daje pełna charakterystyka przedmuchów, zmierzona dla całego zakresu prędkości obrotowej. W celu uproszczenia badań, pomiary możemy wykonać jedynie dla prędkości biegu jałowego. Podczas eksploatacji silnika 359 otrzymano przy badaniach natężenia przedmuchów gazów do skrzyni korbowej silnika dla prędkości biegu jałowego współczynnik korelacji równy $r = 0,645$ [Abramek 1998]. Dynamika wzrostu przedmuchów, jako sygnału diagnostycznego ma znaczną wartość i wynosi $d_p = 2,13$. Oceniając szczelność jako metodę diagnostyczną, osiągnięto gorsze rezultaty w stosunku do badań przedmuchów, wartość współczynnika korelacji bliska była $r = 0,3$. Współczynnik korelacji dla pomiarów ciśnienia końca suwu sprężania wynosił $r = 0,598$.

PODSUMOWANIE

Wykonując określone badania, mające na celu określenie stanu technicznego układu TPC, należy wiedzieć, co wpływa na niego i w jaki sposób unikać błędów pomiarów. Trzy podstawowe pomiary (pomiar szczelności, pomiar ciśnienia końca suwu sprężania oraz pomiary przedmuchów gazów do skrzyni korbowej), które najbardziej rozpowszechnione są w technice warsztatowej, cechują się tym, że jeżeli są nieprawidłowo wykonane, mogą dawać błędne wyniki pomiarów, a co za tym idzie błędną ocenę stanu układu TPC. W zasadzie można ogólnie określić, że badania przedstawionymi metodami są proste i w miarę szybkie. Niemniej wykonując pomiar ciśnienia końca suwu sprężania, należy zdawać sobie z tego sprawę, że na wyniki badań ma wpływ (oczywiście oprócz czynników konstrukcyjnych, regulacyjnych i wynikających ze zużycia układu TPC) temperatura zarówno silnika, jak i otoczenia, ciśnienie otoczenia, prędkość obrotowa wału korbowego silnika, na którą ma wpływ stan naładowania akumulatorów (nie mówiąc nic o stanie układu rozruchowego). Zakłada się jednocześnie poprawną szczelność manometru z gniazdem wtryskiwacza (dla silników ZI gniazdo świecy zapłonowej). W praktyce zauważono, że ciśnienie końca suwu sprężania mierzone dla różnych silników typu 359, ale o podobnym stanie technicznym (zbliżone przebiegi eksploata-

cyjne) wykazywało znaczne różnice pomiarów, mimo jednakowych warunków badań. Jeżeli nie są zachowane jednakowe warunki pomiarów, w zasadzie nie można mówić o powtarzalności wyników badań. Zmiana temperatury silnika (określoną temperaturą cieczy chłodzącej) wpływa na zmiany wymiarów geometrycznych elementów silnika, a tym samym na zmianę wartości luzów, co zdecydowanie wpływa na wynik pomiaru. Jeżeli temperatura jest zbyt niska, występują zwiększone opory obrotu wału korbowego, co pociąga za sobą spadek prędkości obrotowej silnika i pomiar jest sfałszowany (obarczony dużym błędem).

W badaniach przedmuchów gazów do skrzyni korbowej pomocne jest pewne doświadczenie w wykonywaniu pomiarów. Metoda wymaga, oprócz zastosowania odpowiedniego zestawu pomiarowego, ścisłego przestrzegania procedury pomiarowej. Oznacza to, że badania powinny być wykonywane na silniku ciepłym, przy odpowiedniej prędkości obrotowej i obciążeniu silnika. Zauważono, że silnik po dłuższym okresie eksploatacji wykazuje różne wartości przedmuchów gazów, mimo jednakowego stanu zużycia w grupie TPC. Powstający nagar, ślady korozji na tulei cylindrowej powodują inną współpracę pierścieni i cylindra, a co za tym idzie inną wartość natężenia przedmuchów gazów. Dlatego po takim okresie silnik powinien przepracować kilkanaście minut z różną prędkością obrotową, także z szybkim rozpędzaniem do prędkości bliskich maksymalnych silnika, w celu zlikwidowania wszelkich nagarów i śladów korozji.

PIŚMIENNICTWO

- Abramek K. F. 1998: Wnioskowanie o dynamice zużycia tłokowego silnika spalinowego na podstawie pomiaru przedmuchów spalin do skrzyni korbowej. Materiały Sympozjum: „Rozruch silników spalinowych”. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin.
- Abramek K. F. 2005: Effect of scavenging of gases to crankcase on actual compression ratio during start-up. Problems of Applied Mechanics International Scientific Journal, Georgian Committee of the International Federation for the Promotion of Mechanism and Machine Science, Tbilisi Nr 2(19).
- Abramek K. F. 2005: Effect of modification of sealing rings on starting properties of compression-ignition engines. Международный Сборник Научных Трудов, Издательство Калининградский Государственный Технический Университет.
- Abramek K. F. 2002: Stochastyczny opis strat czynnika roboczego w postaci przedmuchów gazów do skrzyni korbowej, Zeszyt Naukowy nr 5: Eksploatacja silników spalinowych. Wydawnictwo Katedry Eksploatacji Pojazdów Samochodowych Politechniki Szczecińskiej, Szczecin.
- Abramek K. F., Mysłowski J. 2002: Ocena stanu zużycia układu TPC na podstawie pomiarów przedmuchów do skrzyni korbowej, Materiały Polsko-Niemieckiej Konferencji: „Ekologia pogranicza”. Wydawnictwo Instytutu Badań i Ekspertyz Naukowych w Gorzowie Wielkopolskim, Gorzów Wielkopolski – Łągow.
- Mysłowski J. 1996: Rozruch silników samochodowych z zapłonem samoczynnym. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Uzdowski M., Abramek K. F., Garczyński K. 2003: Pojazdy samochodowe. Eksploatacja techniczna i naprawa. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.

A COMPARISON OF THE SELECTED METHODS OF EVALUATION OF THE TECHNICAL
STATUS OF THE PISTON-PISTON RINGS-CYLINDER LINER JUNCTION

Summary. The paper presents a comparison of the selected methods of evaluation of the technical status of the piston-piston rings-cylinder liner junction.

Key words: internal-combustion engine, starting, technical status, piston, piston rings, cylinder

Recenzent: prof. dr hab. Eugeniusz Krasowski