

Wiesław Piekarski*, Grzegorz Dzieniszewski**

*Wydział Inżynierii Produkcji

Akademia Rolnicza w Lublinie

**Instytut Techniki

Uniwersytet Rzeszowski

WPLYW ZUŻYCIA TULEI CYLINDROWEJ NA PARAMETRY PRACY SILNIKA I TEMPERATURĘ SPALIN

Streszczenie

Przedstawiono zależności pomiędzy temperaturą spalin a stanem układu TPC określanym metodą pomiaru mocy silnika. Wskazano na kryterialną wystarczalność temperatury spalin jako sygnału diagnostycznego oraz na praktyczne obszary aplikacji przeprowadzonych badań w diagnostyce bezinwazyjnej i autodiagnostyce. W ujęciu systemowym rozważono związki przyczynowo – skutkowe łączące problemy motoryzacyjnego skażenia środowiska i diagnostyki technicznej w kontekście efektywnej minimalizacji podstawowych zagrożeń oraz podnoszenia jakości systemów antropotechnicznych i socjotechnicznych.

Słowa kluczowe: diagnostyka, autodiagnostyka, silniki spalinowe, charakterystyka zewnętrzna, sygnały diagnostyczne, eksploatacja.

Wprowadzenie

Dominującą tendencją współczesnych badań w zakresie diagnostyki jest systemowe ujęcie procesów mających miejsce w środowisku naturalnym z wyraźnym akcentowaniem szeroko rozumianego bezpieczeństwa i efektywności. Bezpieczeństwo stanowi zdolność systemu do minimalizacji zagrożeń zdrowia i życia ludzkiego, stanu środowiska oraz wartości ekonomicznych [Piekarski 1994; Piekarski 2003]. Podstawą diagnostyki technicznej jest założenie o istnieniu ścisłych związków pomiędzy fizycznymi wartościami sygnałów diagnostycznych towarzyszących pracy obiektu a jego wewnętrzną strukturą, determinującą określony stan techniczny. Temperatura spalin silnika jest nośnikiem informacji diagnostycznych możliwych do wykorzystania głównie w ocenie przebiegu procesu spalania, na co istotny wpływ ma jego zużycie [Dzieniszewski 2003].

Cel i zakres

Celem pracy jest analiza możliwości wykorzystania temperatury spalin silnika tłokowego jako sygnału diagnostycznego w ocenie stanu technicznego układu tłok – pierścienie – cylinder (TPC) oraz zweryfikowanie uzyskanych zależności w aspekcie ich adaptacji do diagnostyki bezinwazyjnej i autodiagnostyki.

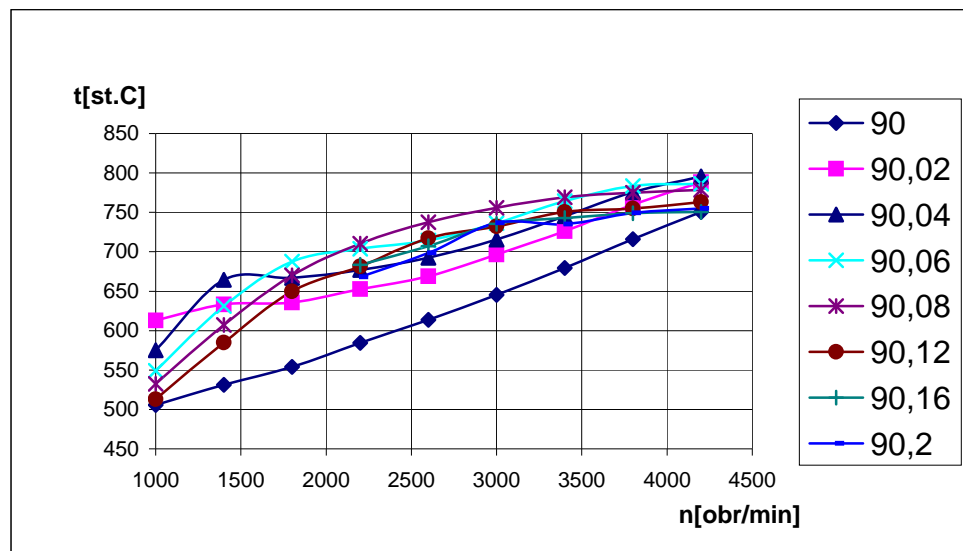
Zakres pracy obejmuje określenie metodyki szacowania stanu technicznego układu TPC w oparciu o pomiar mocy silnika oraz badanie parametru temperatury spalin pod kątem wykorzystania go w opisie stanu technicznego układu TPC.

Metodyka badań

Badaniami objęto silnik ZS typu 4C90. Jest to silnik z zapłonem samoczynnym stosowany do napędu samochodów Lublin, agregatów prądotwórczych oraz jako silnik stacjonarny z różnorodnym osprzętem. Stany graniczne przestrzeni cylindrowej, tzn. przejście ze stanu zdadności w stan niezdatności uzyskano metodą symulacji zużycia przez obróbkę cylindrów, polegającą na stopniowym zwiększeniu ich średnicy od nominalnej 90,00 mm do granicznej 90,20 mm. Każdorazowo po obróbce cylindrów montowano tłoki 89,960 mm, docierano silnik około 60 min i wykonywano charakterystykę zewnętrzną, mierząc jednocześnie temperaturę spalin we wszystkich warunkach pracy. Celem wykluczenia zakłóceń związanych ze spadkiem szczelności w złożeniu gniazdo zaworowe – zawór, każdorazowo stosowano wzorcową głowicę. Ponadto silniki badano z wzorcową aparaturą wtryskową, tzn. stosowano wzorcową pompę wtryskową i wtryskiwacze.

Hipoteza wzrostu temperatury spalin w wyniku zużycia silnika

Zużycie układu tłok – pierścienie – cylinder powoduje zaburzenia w procesie spalania ładunku w cylindrze. Mechanizm tego zjawiska opiera się na braku optymalnych warunków niezbędnych dla całkowitego i zupełnego spalania paliwa. Skutkuje to z jednej strony wzrostem zadymienia spalin a z drugiej zmniejszeniem szybkości spalania. Spowolnienie spalania prowadzi do tzw. spalania przewlekłego polegającego na tym, że proces spalania kończy się pod koniec suwu wylotu lub niekiedy na początku suwu dolotu. Powoduje to znaczne podniesienie temperatury spalin, który to wzrost jest dodatkowo potęgowany zjawiskiem dopalania węglowodorów, którymi nasączone są cząstki sadzy. Jednocześnie nakłada się na to dodatkowo zwiększone zużycie oleju smarowego, którego spalanie także podnosi temperaturę [Merkisz 1989]. W efekcie końcowym wszystkie wymienione czynniki powodują bardzo istotny wzrost temperatury spalin (rys. 1).

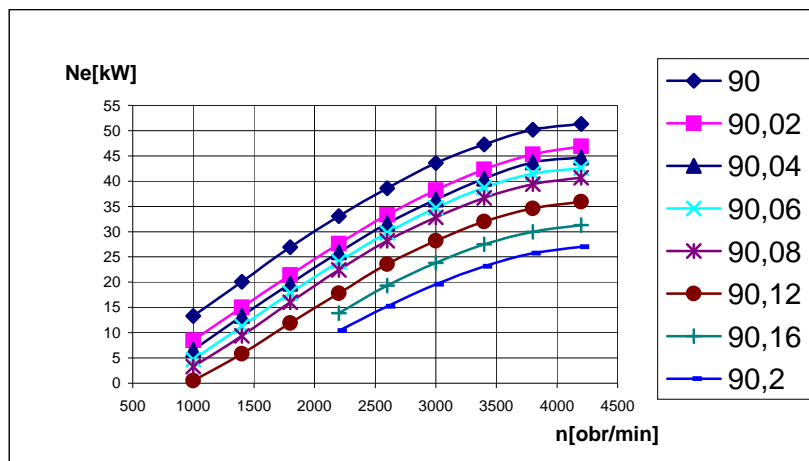


Rys. 1. Przebieg zmian temperatury spalin dla różnych wartości zużycia tulei cylindrowej

Fig. 1. The course of fumes temperature changes for different values of cylinder liner wear

Wpływ wartości luzu w układzie TPC na moc silnika

Zwiększenie wartości luzu w układzie TPC nie tylko zaburza przebieg procesu spalania lecz także pogarsza sprawność napełniania silnika wolnossącego. W przypadku silnika o ZS wymienione czynniki wzajemnie się potęgują, gdyż dawka wtryskiwanego paliwa okazuje się zbyt duża w odniesieniu do niepełnej ilości zassanego powietrza, nakłada się na to dodatkowo niskie ciśnienie sprężania, co w efekcie końcowym daje wyraźne obniżenie mocy wywołane spadkiem szczelności układu TPC (rys. 2).

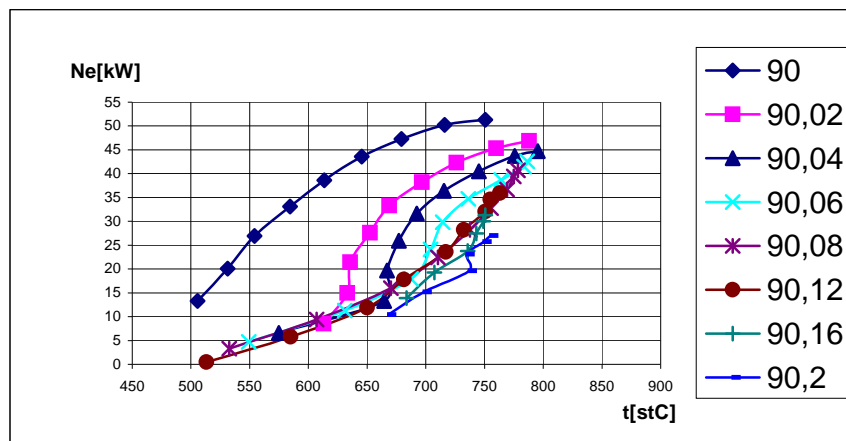


Rys. 2. Przebieg zmian mocy w zależności od różnych wartości zużycia tulei cylindrowej

Fig. 2. Power changes in relation to different cylinder liner wear values

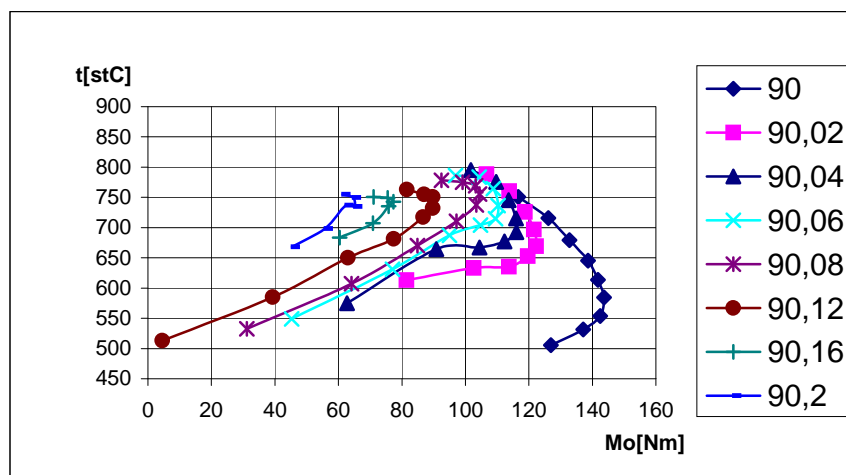
Wyniki analizy i dyskusja

Wzrost wartości luzu w układzie TPC powoduje spadek szczelności przestrzeni nadłokowej. Następstwem tego jest spadek mocy silnika połączony ze wzrostem temperatury spalin. Moc spada stosunkowo równomiernie wraz ze wzrastającym luzem w układzie TPC, stąd kolejne linie przebiegu charakterystyk mocy w funkcji prędkości obrotowej są do siebie równoległe (rys. 2). Inaczej jest w przypadku temperatury spalin. Jakkolwiek temperatura spalin silnika o większych wartościach luzu w układzie TPC jest wyższa dla każdej prędkości obrotowej, to jednak wzrost ten jest najbardziej wyraźny dla średniego zakresu obrotów, który dla silnika 4C90 wynosi 2000-3000 obr/min (rys. 1). Ponadto najwyższa temperatura spalin występuje nie dla największej wartości luzów w układzie TPC lecz dla wymiaru tulei cylindrowej 90,08 [mm]. Wymiar ten określa ekstremum temperatury spalin wywołane wzrostem luzu. Dalszy wzrost luzu wynikający z wymiarów tulei cylindrowej 90,12 [mm], 90,16 [mm] oraz 90,20 [mm] powoduje obniżenie temperatury spalin w stosunku do temperatury odpowiadającej skojarzeniu tulei cylindrowej 90,08 [mm]. Należy nadmienić, że temperatura ta jest zawsze dużo wyższa, niż dla silnika o prawidłowych wartościach luzów. Można to wytłumaczyć faktem, że dla wymiaru tulei 90,08 [mm] proces spalania przebiega w sposób zaburzony lecz ciągle prawidłowy, natomiast dalsza utrata szczelności cylindra powoduje nieprawidłowy przebieg spalania związany z niepełnym i niecałkowitym spalaniem ładunku. Z przedstawionych rozważań wynika, że można podjąć próbę przewidywania mocy silnika w oparciu o pomiar temperatury spalin (rys. 3).



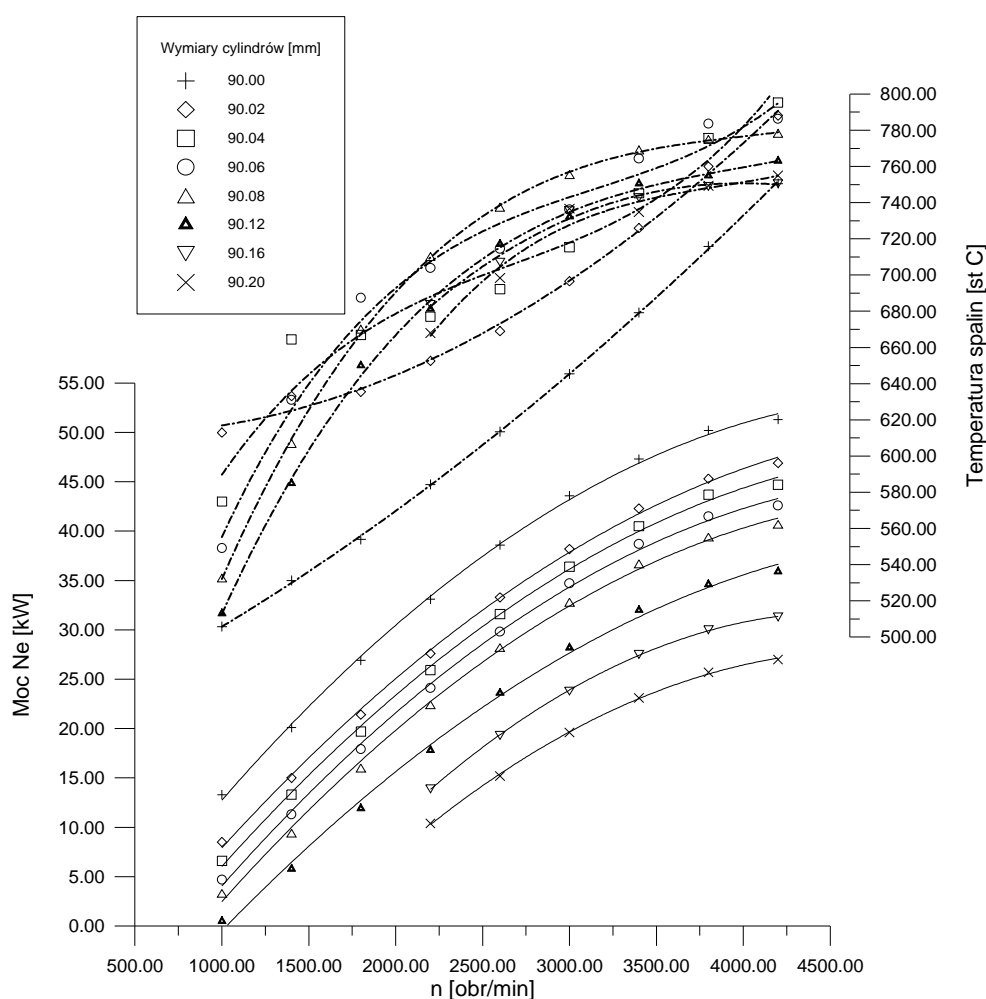
Rys. 3. Przebieg zmian mocy silnika w funkcji temperatury spalin
 Fig. 3. The course of engine power changes in relation to fumes temperature

Można ponadto analizować wartości temperatur spalin odpowiadające wartościom momentu obrotowego silnika w poszczególnych stanach technicznych (rys. 4). Również w tym przypadku potwierdzona jest ścisła zależność wzrostu temperatury spalin wywołanego spadkiem szczelności układu TPC.



Rys. 4. Zależność między temperaturą spalin a momentem obrotowym
 Fig. 4. Relation between fumes temperature and torque

Stąd jeżeli można na podstawie temperatury szacować moc silnika to można także (przy zachowaniu warunku sprawności układu zasilania oraz układu zaworowego) szacować szczelność przestrzeni cylindrowej, co stanowi fundament diagnostyki bezinwazyjnej. Oczywiście nie można podać wymiarów właściwych dla mikrometrażu układu TPC, można jednak ocenić stopień jego zużycia. Pełne zestawienie uzyskanych wyników stanowiące potwierdzenie założeń badawczych prezentuje zestawienie charakterystyk mocy i temperatury spalin dla wszystkich badanych rodzajów pasowań układu TPC sporządzone dla całego badanego zakresu prędkości obrotowych (rys. 5).



Rys. 5. Zestawienie charakterystyk mocy i temperatury spalin

Fig. 5. Comparison of power characteristics and fumes temperature

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania dowiodły, że istnieje ścisła zależność pomiędzy stanem technicznym układu TPC określanym metodą pomiaru mocy silnika a temperaturą spalin. Rozważając aspekt temperatury spalin w kontekście sygnału diagnostycznego należy stwierdzić, że parametr ten spełnia wymagania kryterialne, może być zatem stosowany do jednoznacznego opisu stanu technicznego, gdyż zarówno warunki jednoznaczności jak i dostatecznej szerokości pola zmian są spełnione. Temperatura spalin z racji bardzo dobrej dostępności pomiarowej, może być stosowana w diagnostyce bezinwazyjnej, potrzebnej zwłaszcza w procesie ciągłego monitorowania stanu silnika, co ma znaczenie w przypadku różnego rodzaju maszynowych agregatów rolniczych, oraz jest szczególnie predestynowana do zastosowania w układach diagnostyki pokładowej [Merkisz 2002].

Bibliografia

Dzieniszewski G. 2003. Badanie emisji spalin w kontekście oceny stanu technicznego silnika, rozprawa doktorska, AR Lublin.

Merkisz J., Mazurek S. 2002. Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych, WKiŁ, Warszawa.

Merkisz J. 1989. Studium problemu zużycia oleju w czterosurowych silnikach spalinowych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. Seria rozprawy nr 212, Poznań.

Piekarski W., Merkisz J. 2003. Motoryzacyjne zanieczyszczenie środowiska, publikacja w przygotowaniu do druku, Lublin.

Piekarski W. 1994. Wybrane Problemy diagnostyki ciągników rolniczych w aspekcie doskonalenia ich eksploatacji. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Lublin.

IMPACT OF CYLINDER LINER WEAR ON ENGINE WORK PARAMETERS AND FUMES TEMPERATURE

Summary

The relations between fumes temperature and TPC system condition defined by using the engine power measurement method were presented. The criterial fumes temperature sufficiency as a diagnostic signal as well as practical areas of application of the conducted studies in non-invasive diagnostics and autodiagnosics were emphasized. The cause and effect relationships, linking the automotive-related environmental pollution and technical diagnostics in the context of effective minimization of the basic threats were analysed in a systematic approach.

Key words: diagnostics, autodiagnosics, combustion engines, external characteristics, diagnostic signals, operation