

ANALIZA USZKODZEŃ POMP WYSOKIEGO CIŚNIENIA UKŁADÓW ZASILANIA COMMON RAIL

Streszczenie

Tłokowe silniki spalinowe o zapłonie samoczynnym w ostatnich latach uległy intensywnemu rozwojowi. Rozwój ten był możliwy dzięki wprowadzeniu do stosowania zasobnikowych układów zasilania Common Rail. Układy te pozwalają spełnić rygorystyczne wymagania stawiane silnikom ZS. Ich prawidłowa praca w dużej mierze zależy od jakości paliwa. W artykule przedstawiono analizę uszkodzeń pomp wysokiego ciśnienia z układów zasilania Common Rail różnych producentów i różnych konstrukcji. Przeprowadzona analiza wskazuje, że najczęściej występującą przyczyną uszkodzeń pomp wysokiego ciśnienia jest zużycie ściernie współpracujących elementów pojawiające się na skutek zanieczyszczeń mechanicznych zawartych w paliwie lub niewystarczających właściwości smarnych paliwa.

WSTĘP

Tłokowy silnik spalinowy zasilany paliwami konwencjonalnymi jest podstawowym źródłem negatywnego oddziaływania transportu samochodowego na środowisko naturalne. Powoduje to, że musi on spełniać coraz bardziej rygorystyczne prawne wymagania w zakresie emisji szkodliwych składników spalin. Metodami ograniczania tego wpływu jest rozwój konstrukcji silników, stosowanie paliw alternatywnych, napędów hybrydowych łączących silnik spalinowy z innym rodzajem napędu, stosowanie urządzeń oczyszczających spalinę oraz sterowanie i kontrolowanie przebiegu procesów mających wpływ na toksyczność spalin. Spełnienie wymagań stawianych współczesnym tłokowym silnikom spalinowym stosowanym w transporcie jest możliwe poprzez szybkie dostosowanie pracy silnika do zmieniających się warunków jego eksploatacji [1, 2]. W zakresie konstrukcji silnika największe zmiany dotyczą układu zasilania paliwem oraz układu doprowadzania powietrza. Te dwa układy mają wpływ na przebieg procesów zachodzących w cylindrach silnika, a tym samym na jego parametry eksploatacyjne, zużycie paliwa i ilość oraz rodzaj emitowanych składników spalin. Stosowana obecnie nowoczesna aparatura paliwowa nie pozwala na spełnienie norm emisji spalin bez stosowania układów oczyszczania spalin. Pomimo tego cały czas trwają prace nad rozwojem układów zasilania tłokowych silników spalinowych. W przypadku silników o zapłonie samoczynnym rozwój ich był możliwy dzięki zastosowaniu układu zasilania Common Rail. Koncepcja układu została opracowana w włoskiej firmie Magneti Marelli już w 1987 roku. Układ był doskonalony przez firmę Fiat, a następnie przez firmę Bosch, która wprowadziła go do produkcji seryjnej [6]. Obecnie firma Bosch jest liderem na rynku układów zasilania typu Common Rail.

1. UKŁAD ZASILANIA COMMON RAIL

Common Rail to układ zasilania tłokowych silników spalinowych o zapłonie samoczynnym, który obecnie jest powszechnie stosowany. Jest on nazywany zasobnikowym układem zasilania. Nazwa ta pochodzi od jednego elementu tego układu, czyli zasobnika paliwa. Najczęściej spotykany kształt tego elementu to grubościenna rura. Stosowane są również zasobniki o kształcie kulistym. W zasobniku utrzymywane jest wysokie ciśnienie paliwa, takie przy którym realizowany jest wtrysk paliwa. Zasobnikowy układ zasilania znalazł powszechne zastosowanie w silnikach o zapłonie samoczynnym przeznaczonych do napędu samochodów osobowych, dostawczych, ciężarowych jak również maszyn roboczych i innych.

Zastosowanie tego typu układu zasilania pozwoliło na zwiększenie prędkości obrotowych wału korbowego silnika, wzrost wartości mocy i momentu obrotowego, zmniejszenie zużycia paliwa, zmniejszenie hałaśliwości pracy silnika, poprawę właściwości trakcyjnych oraz zmniejszenie ilości toksycznych składników spalin. Podstawową zaletą oraz cechą odróżniającą układ zasilania Common Rail od wszystkich pozostałych układów dotychczas stosowanych do zasilania silników o zapłonie samoczynnym jest rozdzielenie procesu wytwarzania wysokiego ciśnienia i procesu wtrysku paliwa. Pozwoliło to na swobodną regulację ciśnienia wtrysku paliwa oraz dużą elastyczność w kształtowaniu przebiegu wtrysku paliwa. Dzięki tym układom dosyć łatwo można przystosować silniki o zapłonie samoczynnym do stawianych im wymagań w zakresie właściwości eksploatacyjnych, toksyczności spalin i hałasu.

W układzie zasilania Common Rail wyróżnia się obwód niskiego ciśnienia i obwód wysokiego ciśnienia. Obwód niskiego ciśnienia ma za zadanie przechowywanie paliwa, ochronę elementów układu zasilania i silnika przed zanieczyszczeniami oraz doprowadzenie paliwa pod odpowiednim ciśnieniem do obwodu wysokiego ciśnienia. Obwód wysokiego ciśnienia ma za zadanie przygotować paliwo, to znaczy sprężyć do odpowiednio dużego, wymaganego w danych warunkach pracy silnika ciśnienia, a następnie wtrysnąć paliwo do jego cylindrów. Pracą układu zasilania steruje układ elektronicznego sterowania. W zależności od warunków pracy silnika reguluje on parametry wtryskiwanego paliwa i określa jego dawkę. Wielkość dawki paliwa jest określana czasem otwarcia wtryskiwacza i ciśnieniem paliwa w zasobniku i wtryskiwaczu. Układ sterowania określa początek wtrysku i koniec wtrysku oraz dzieli dawkę paliwa wtryskiwanego na jeden cykl pracy silnika na części. Możliwość oddziaływania na ciśnienie i przebieg wtrysku paliwa pozwala na kształtowanie przebiegu procesu spalania.

Spotykane układy zasilania Common Rail różnią się między sobą stosowanymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi ich elementów oraz maksymalnymi ciśnieniami paliwa możliwymi do uzyskania. Najważniejszymi elementami układu zasilania Common Rail są pompa wysokiego ciśnienia i wtryskiwacze. Najnowsze układy wyposażane są w wtryskiwacze piezoelektryczne zastępujące stopniowo wtryskiwacze elektromagnetyczne.

2. POMPY WYSOKIEGO CIŚNIENIA UKŁADU ZASILANIA COMMON RAIL

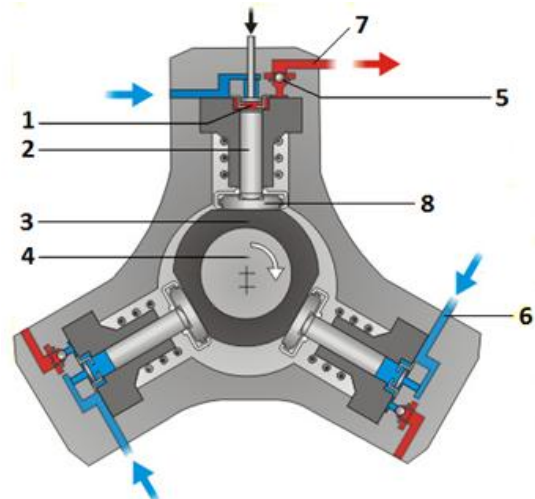
Pompa wysokiego ciśnienia w zasobnikowym układzie zasilania rozdziela obwód niskiego ciśnienia od obwodu wysokiego ci-

śnienia. Jest pierwszym elementem obwodu wysokiego ciśnienia, którego zadaniem jest wytwarzanie wysokiego ciśnienia w sposób ciągły, niezależnie od warunków pracy silnika, jego prędkości obrotowej i przebiegu wtrysku paliwa. Pompa tłoczy paliwo w sposób ciągły do zasobnika paliwa. Jej praca w całym okresie eksploatacji silnika powinna charakteryzować się bezawaryjnością. Od sprawności pompy i jej wydatku zależy prawidłowe funkcjonowanie układu zasilania i silnika. Wytwarzane wysokie ciśnienie przez pompę wpływa korzystnie na przebieg spalania w cylindrach silnika i prowadzi do zmniejszenia zużycia paliwa oraz emisji szkodliwych składników spalin, hałaśliwości silnika i poprawy jego osiągów. Pompa wysokiego ciśnienia napędzana jest bezpośrednio od silnika, poprzez przekładnię przez wał korbowy lub w nowszych rozwiązaniach przez wałek rozrządu. Stosowane rozwiązania pomp różnią się konstrukcją, sposobem napędu, sposobem sterowania wydatkiem pompy, obecnością pompy zasilającej niskiego ciśnienia. Stosowane pompy wysokiego ciśnienia w układach zasilania Common Rail można sklasyfikować w dwóch grupach w zależności od sposobu napędu tłoczków w pompie. Pierwsza grupa to pompy w których tłoczki są napędzane przez zewnętrzny pierścień krzywkowy osadzony na wałku pompy. Druga grupa, rzadziej spotykanych pomp to pompy z wewnętrznym pierścieniem wymuszającym napęd tłoczków. W zależności od ilości tłoczków pompy można podzielić na jedno-, dwu- i trójtłoczkowe. W zależności od rozmieszczenia tłoczków można mówić o pompach promieniowych i rzędowych.

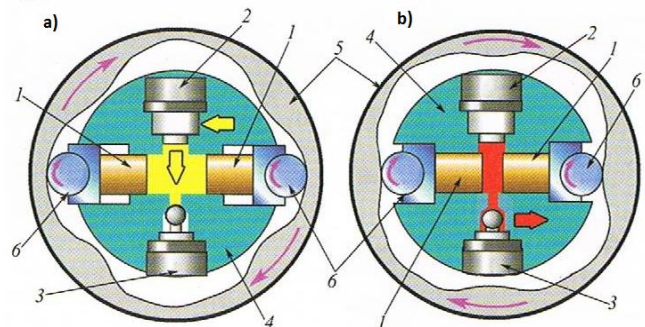
Najczęściej spotykaną i stosowaną pompą wysokiego ciśnienia w układach zasilania Common Rail jest pompa promieniowa trójtłoczkowa, której schemat przedstawiono na rysunku 1. Tego typu pompy znajdują się w układach zasilania Common Rail wszystkich znaczących producentów tych układów, takich jak: Bosch, Delphi, Denso i Siemens. Trójtłoczkowa pompa wysokiego ciśnienia składa się z trzech sekcji umieszczonych wewnątrz korpusu pompy, umieszczonych względem siebie promieniowo. Napęd sekcji jest realizowany poprzez krzywkę umieszczoną na wałku pompy. Rozwój konstrukcji układów zasilania doprowadził do opracowania nowych jedno lub dwutłoczkowych pomp promieniowych. Odpowiednio dobrane przełożenie przekładni poprzez którą przekazywany jest napęd do wałka pompy, daje możliwość synchronizacji tłoczenia paliwa przez sekcje pompy z suwem ssania w kolejnych cylindrach silnika. Pozwoliło to zmniejszyć wpływ pracy pompy wysokiego ciśnienia na pulsacje ciśnienia w zasobniku paliwa, a tym samym poprawić warunki przebiegu wtrysku paliwa. Pompy te są w stanie wytwarzać ciśnienia rzędu 180÷200 MPa [9]. W silnikach stosowanych do napędu samochodów użytkowych stosowane są pompy rzędowe w których sekcje umieszczone są obok siebie. Firma Bosch ma w swojej ofercie pompy rzędowe dwutłoczkowe lub czterotłoczkowe. Pompy wysokiego ciśnienia ze względu na zadanie jakie realizują pracują w bardzo ciężkich warunkach. Dla prawidłowej pracy wymagają efektywnego smarowania i chłodzenia. W silnikach stosowanych do napędu samochodów osobowych są one smarowane paliwem. W silnikach przeznaczonych do napędu samochodów użytkowych są stosowane konstrukcje pomp smarowane paliwem jak również konstrukcje smarowane olejem smarowym.

Firmy Delphi i Denso w rozwiązaniach swoich układów zasilania Common Rail mają pompy promieniowe z wewnętrznym pierścieniem krzywkowym [4, 7]. Schemat budowy układu napędowego sekcji takiej pompy przedstawiono na rysunku 2. W pompach tych sekcje tłoczące umieszczone są wewnątrz pierścienia, który obracając się wymusza ruch posuwisto zwrotny tłoczków. Nabieganie rolek na krzywki powoduje sprężanie paliwa, natomiast w czasie zejście

rolek z krzywek ma miejsce proces napełniania sekcji tłoczącej paliwem.



Rys. 1. Schemat promieniowej trójtłoczkowej pompy wysokiego ciśnienia stosowanej w układach Common Rail, z napędem sekcji tłoczących od zewnętrznego pierścienia krzywkowego umieszczonego na wałku pompy: 1 - zawór na wlocie paliwa, 2 - sekcja tłocząca paliwo (tłoczek), 3 - krzywka mimośrodowa wałka napędowego, 4 - wałek napędowy pompy, 5 - zawór na wylocie paliwa, 6 - dopływy paliwa do sekcji, 7 - wypływy paliwa, 8 - płytka napędzająca tłoczek [8]



Rys. 2. Schemat budowy układu napędowego sekcji tłoczących z wewnętrznym pierścieniem krzywkowym stosowanym w pompach Delphi i Denso: a) faza napełniania, b) faza sprężania i tłoczenia paliwa, 1 - tłoki, 2 - zawór wlotowy, 3 - zawór wylotowy, 4 - oprawa tłoków i zaworów, 5 - pierścień krzywkowy, 6 - rolka z popychaczem tłoczka [6]

3. PROCESY ZUŻYCIA APARATURY PALIWOWEJ

Elementy układu zasilania Common Rail pracują w bardzo trudnych warunkach. Warunki te są wynikiem konieczności uzyskania wysokich ciśnień w układzie. Współpracujące elementy wykonane są z bardzo dużymi dokładnościami przy zastosowaniu coraz mniejszych tolerancji i pasowań. Na przykład luz prowadzenia iglicy rozpylacza wynosi tylko 0,002 mm [9]. Warunki pracy układu zasilania, a zwłaszcza elementów obwodu wysokiego ciśnienia, sprzyjają procesom zużycia: ściernego, erozyjnego, kawitacyjnego, korozyjnego i zmęczeniowego. Zużycie ściernie to procesy wynikające z tarcia będącego efektem mikroskrawania, przesuwania się oddzielonych sprężyste lub plastycznie nierówności, wyrwanie małych fragmentów ciała stałego z jego warstwy wierzchniej [5]. Ma ono miejsce na współpracujących powierzchniach, obciążonych siłami. Przedostanie się cząstek stałych pomiędzy współpracującą powierzchnią przyczynia się do intensyfikacji procesów zużycia

ściernego. Może mieć również miejsce na skutek długotrwałej eksploatacji oraz niewystarczających właściwości czynnika smarnego. Zużycie erozyjne w aparaturze paliwowej jest powodowane przez cząstki stałe znajdujące się w paliwie poruszającym się z dużą prędkością. Cząstki te uderzają z dużą energią w powierzchnię materiału powodując jego niszczenie. Kawitacja to zjawisko fizyczne polegające na gwałtownej przemianie fazowej, polegającej na przejściu z fazy ciekłej w fazę gazową. Jest ono wywoływane zmiennym polem ciśnienia w cieczy. W miejscu powstawania pęcherzyków ma miejsce gwałtowny przyrost ciśnienia. Powstają wówczas siły zmieniające się z dużą częstotliwością, działające na powierzchnię materiału i powodujące mechaniczne jej niszczenie. Z powierzchni materiału wyrwane są drobne cząstki, co prowadzi do powstania wżerów [3]. Korozja jest zjawiskiem niszczenia powierzchni materiału na skutek niekorzystnego oddziaływania czynników otaczającego go środowiska. Ma ona miejsce na skutek reakcji chemicznych metalu z czynnikiem powodującym korozję lub procesów elektrochemicznych. W przypadku elementów aparatury paliwowej zachodzenie procesu korozji zależy od składu chemicznego paliwa, czyli obecności w paliwie związków reagujących z metalem. Najczęściej czynnikami powodującymi korozję aparatury paliwowej jest obecność w paliwie siarki i wody. Zużycie zmęczeniowe materiału jest wynikiem długotrwałej pracy elementów. Pod wpływem powtarzających się zmiennych obciążeń mechanicznych w warstwie wierzchniej materiału kumulują się odkształcenia prowadzące do pojawienia się mikropęknięć, które następnie przechodzą w makropęknięcia powodujące odrywanie się fragmentów metalu od powierzchni [5].

4. ANALIZA USZKODZEŃ POMP WYSOKIEGO CIŚNIENIA COMMON RAIL

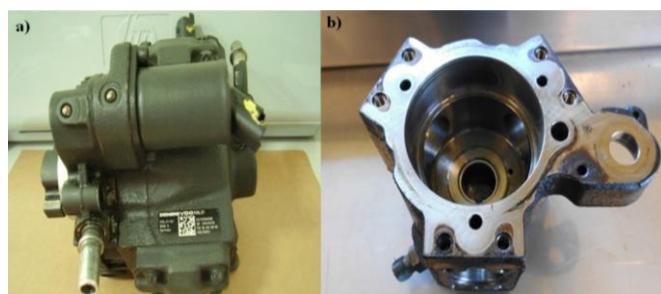
Pompa wysokiego ciśnienia układu zasilania Common Rail jest elementem wytwarzającym wysokie ciśnienie niezbędne do prawidłowej pracy silnika. W artykule dokonano analizy uszkodzeń pomp wysokiego ciśnienia stosowanych w układach zasilania Common Rail. Dokumentację fotograficzną przedstawiającą uszkodzenia pomp wysokiego ciśnienia układów zasilania Common Rail przygotowano dzięki uprzejmości firmy Bosch Service Pawlik. Analizę przeprowadzono dla trzech pomp różnego typu i różnych producentów. Pierwszą z nich była trójtłoczkowa, promieniowa pompa firmy Bosch typu CP3 smarowana olejem, stosowana w silnikach samochodów ciężarowych (rys. 3). Kolejną pompą poddaną analizie była pompa firmy Delphi z wewnętrznym pierścieniem krzywkowym, stosowana w układach zasilania silników o zapłonie samoczynnym przeznaczonych do napędu samochodów osobowych (rys. 4). Następną pompą poddaną ocenie była trójtłoczkowa promieniowa pompa firmy Siemens VDO stosowana w silnikach samochodów osobowych (rys. 5).



Rys. 3. Widok po demontażu trójtłoczkowej, promieniowej pompy wysokiego ciśnienia firmy Bosch typu CP3 stosowanej w samochodach ciężarowych firmy MAN



Rys. 4. Widok po demontażu pompy wysokiego ciśnienia firmy Delphi



Rys. 5. Widok pompy wysokiego ciśnienia firmy Siemens VDO: a - przed demontażem, b - widok samego korpusu pompy po demontażu wszystkich podzespołów

Problemem eksploatacyjnym pompy wysokiego ciśnienia firmy Bosch typu CP3 przedstawionej na rysunku 3 jest zużycie ściernie pokrywy pompy wstępnej oraz jej opiłkowanie (rys. 6). Opiłkowanie powoduje zanieczyszczenie paliwa twardymi elementami, a w konsekwencji prowadzi do uszkodzenia innych elementów pompy: tłoczków, zaworków (rys. 7) itd.. Procesy takie zostały zdiagnozowane w przypadku pompy poddanej analizie. Zanieczyszczone paliwo drobnymi opiłkami powoduje zużycie nie tylko pompy, ale również dalszych drogich elementów układu zasilania, czyli wtryskiwaczy. Tego typu zużycie ma zazwyczaj miejsce na skutek mechanicznych zanieczyszczeń zawartych w paliwie. Dostają się one pomiędzy współpracujące koła zębate lub pomiędzy powierzchnię kół zębatach a ich obudowę. Prowadzi to do zużycia powierzchni i dalszego zanieczyszczenia paliwa.

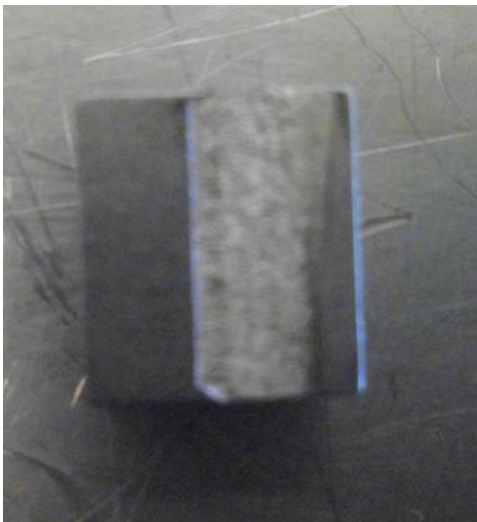


Rys. 6. Zużycie ściernie pokrywy pompy wstępnej z pompy wysokiego ciśnienia Bosch typu CP3

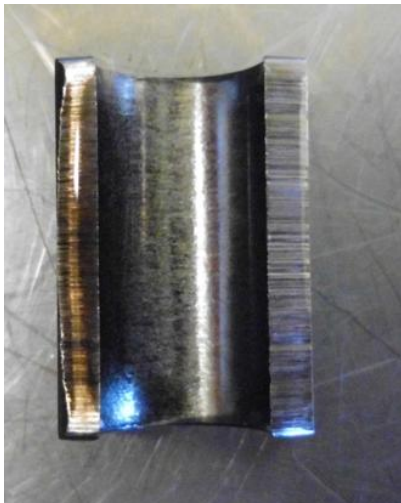


Rys. 7. Zużycie ścierne zaworków sekcji pompy wysokiego ciśnienia Bosch typu CP3

Po demontażu pompy wysokiego ciśnienia firmy Delphi zauważono w jej wnętrzu znaczną ilość metalicznych opiłków oraz ślady korozji. Metaliczne opiłki najprawdopodobniej pochodziły z przytarczanych łopatek wstępnej pompy niskiego ciśnienia (rys. 8). Poza tym stwierdzono zatarcie gniazda prowadnicy rolek jak i samych rolek sekcji tłoczącej (rys. 9). Przytarcia uległ również zaworek ciśnienia wewnętrznego pompy (rys. 10). Niewielkie ślady zużycia stwierdzono również na powierzchni wewnętrznego pierścienia krzywkowego (rys. 11). Wyraźne zużycie ścierne bieżni wewnętrznego pierścienia krzywkowego w innej tego typu pompie Delphi przedstawiono na rysunku 12.



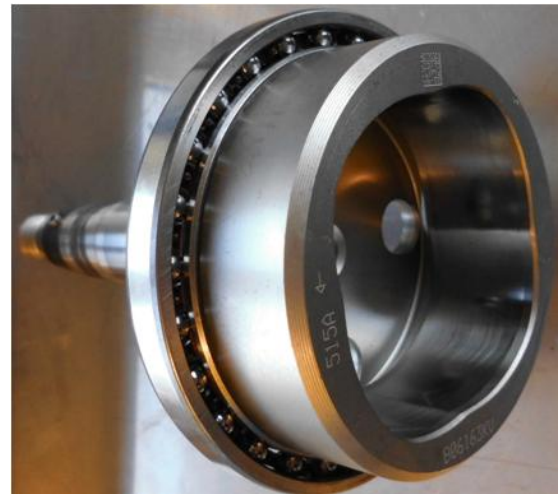
Rys. 8. Zużycie ścierne łopatki pompy wstępnej w pompie wysokiego ciśnienia Delphi



Rys. 9. Zatarcie prowadnic rolek sekcji tłoczącej pompy wysokiego ciśnienia Delphi



Rys. 10. Zużycie ścierne zaworka ciśnienia wewnętrznego w pompie wysokiego ciśnienia Delphi

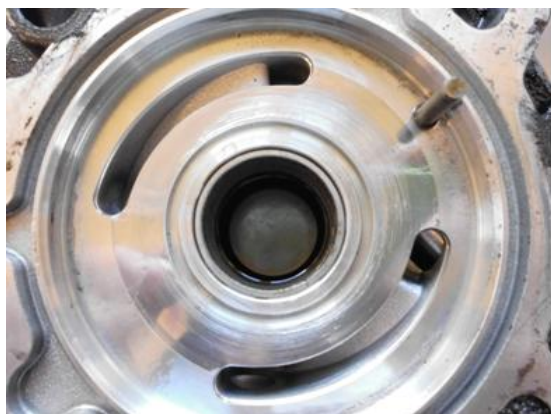


Rys. 11. Ślady zużycia ściernego wewnętrznego pierścienia krzywkowego pompy wysokiego ciśnienia firmy Delphi



Rys. 12. Wyraźne ślady zużycia ściernego bieżni rolek w koszu pompy wysokiego ciśnienia Delphi

Po demontażu trójtłoczkowej, promieniowej pompy wysokiego ciśnienia firmy Simens zauważono wyraźne zużycie ścierne obudowy pompy wstępnej (rys. 13). W wyniku tego zużycia do paliwa dostawały się opiłki metalu. To spowodowało proces zacierania się wałka napędowego w panewce (rys. 14). Opiłki dostające się pomiędzy współpracujące powierzchnie doprowadziły do zwiększania się sił tarcia, a w konsekwencji do uszkodzenia pletwy wałka napędowego (rys. 15). Wyraźne zużycie panewki wałka napędowego pompy, łącznie z wykruszeniem jej fragmentu przedstawiono na rysunku 16.



Rys. 13. Zużycie ściernie obudowy pompy wstępnej w pompie wysokiego ciśnienia firmy Siemens



Rys. 14. Zużycie ściernie wałka napędowego pompy wysokiego ciśnienia firmy Siemens



Rys. 15. Uszkodzenie płetwy wałka napędowego pompy wysokiego ciśnienia firmy Siemens



Rys. 16. Zużycie ściernie powierzchni ślizgowej i wykruszenie fragmentu panewki wałka napędowego pompy wysokiego ciśnienia firmy Siemens

PODSUMOWANIE

Pompa wysokiego ciśnienia jest podstawowym elementem układu zasilania Common Rail. Jej zadaniem jest wytworzenie wysokiego ciśnienia paliwa. Paliwo w pompie jest sprężane i przetłaczane do zasobnika paliwa. Niezawodna praca pompy wysokiego ciśnienia warunkuje prawidłową pracę silnika. Większość pomp wysokiego ciśnienia jest smarowanych i chłodzonych paliwem. Niektóre z nich są smarowane olejem smarowym. Najczęstszą przyczyną uszkodzeń pomp wysokiego ciśnienia jest zły jakości paliwo. Zanieczyszczenia stałe zawarte w paliwie oraz niewystarczające jego właściwości smarne są przyczyną zużycia precyzyjnie wykonanych, współpracujących elementów pompy. Jak wykazano w przeprowadzonych analizach, często początek niszczenia pompy wysokiego ciśnienia ma miejsce w pompie wstępnej. Powstające tam produkty zużycia zanieczyszczają paliwo i przyczyniają się do uszkodzenia dalszych elementów pompy, takich jak: sekcje tłoczące, kanały przepływu paliwa, zawory sterujące dopływem i odpływem paliwa do sekcji, a także wałek napędowy pompy i jego łożyskowanie. Na tym zazwyczaj nie kończą się procesy zużycia układu zasilania Common Rail. Produkty zużycia pompy wysokiego ciśnienia dostają się do paliwa, a następnie z paliwem do wtryskiwaczy. Zanieczyszczone drobnymi opiłkami metalu paliwo powoduje niszczenie bardzo precyzyjnie i dokładnie wykonywanych elementów wewnętrznych wtryskiwaczy. Trwałość i długotrwałą niezawodną pracę układów zasilania Common Rail można zapewnić stosując paliwa najwyższej jakości oraz dokonując wymaganych okresowych przeglądów technicznych powiązanych z wymianą filtrów paliwa. Wówczas pompa wysokiego ciśnienia powinna przez cały okres eksploatacji silnika zapewnić prawidłową jego pracę.

BIBLIOGRAFIA

1. Ambrozik A., Analiza cykli pracy czterosuwowych silników spalinowych. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach, Kielce 2010.
2. Ambrozik A., Ambrozik T., Kurczyński D., Łagowski P., Trzensik E., Cylinder Pressure Patterns in the SI Engine Fuelled by Methane and by Methane and Hydrogen Blends. Solid State Phenomena Vol. 210 (2014), Trans Tech Publications, pp 40-49.
3. Bagieński J., Kawitacja w urządzeniach wodociagowych i ciepłowniczych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1998.
4. Günther H., Układy wtryskowe Common Rail w praktyce warsztatowej. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010.
5. Hebda M., Procesy tarcia, smarowania i zużywania maszyn. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Warszawa 2007.
6. Kaparuk J., Układy common rail w silnikach z zapłonem samoczynnym samochodów osobowych. Poradnik serwisowy, nr. 6/2011.
7. Kaparuk J., Układy common rail w silnikach z zapłonem samoczynnym samochodów osobowych. Poradnik serwisowy, nr. 1/2012.
8. Lotko W., Rozwój układów zasilania silników wysokoprężnych. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2007.
9. Zasobnikowe układy wtryskowe Common Rail, Robert Bosch GmbH. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009.

ANALYSIS OF DAMAGES TO HIGH-PRESSURE PUMPS IN THE COMMON RAIL FUEL SYSTEM

Abstract

Internal combustion, compression ignition, piston engines have been largely modified in recent years. The development of those engines was possible due to the introduction of the later generation fuel systems, especially the Common Rail. The system allows meeting strict emissions legislation. The quality of fuel is critical to the correct operation of the system. The paper presents the analysis of damages to high-pressure pumps in the Common Rail systems with different design and produced by different manufacturers. The analysis indicates that the most frequently, damages to common rail high-pressure pumps originate from abrasive wear of mating components, which results from mechanical impurities in the fuel or poor lubricating properties of the fuel.

Autorzy:

dr inż. Dariusz Kurczyński – Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Katedra Pojazdów Samochodowych i Transportu; 25-314 Kielce, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7. Tel +48 342-43-32; kdarek@tu.kielce.pl.

mgr inż. Augustyn Adrian – Absolwent Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach, augustyn.adriann@gmail.com.