

Analiza uszkodzeń i stopnia zużycia wtryskiwaczy Common Rail Bosch

Tomasz Stoeck, Tomasz Osipowicz

Streszczenie

W artykule przedstawiono standardowe uszkodzenia wtryskiwaczy, które wykorzystywane są w układach typu Common Rail firmy Bosch. Wyszczególniono przyczyny ich występowania, dokonując oceny usterek i stopnia zużycia poszczególnych elementów w aspekcie możliwości ich naprawy oraz przeprowadzenia testów na próbnikach. Wyniki badań zostały ujęte w postaci tabelaryzowanej, a przykłady charakterystyczne dodatkowo zilustrowano.

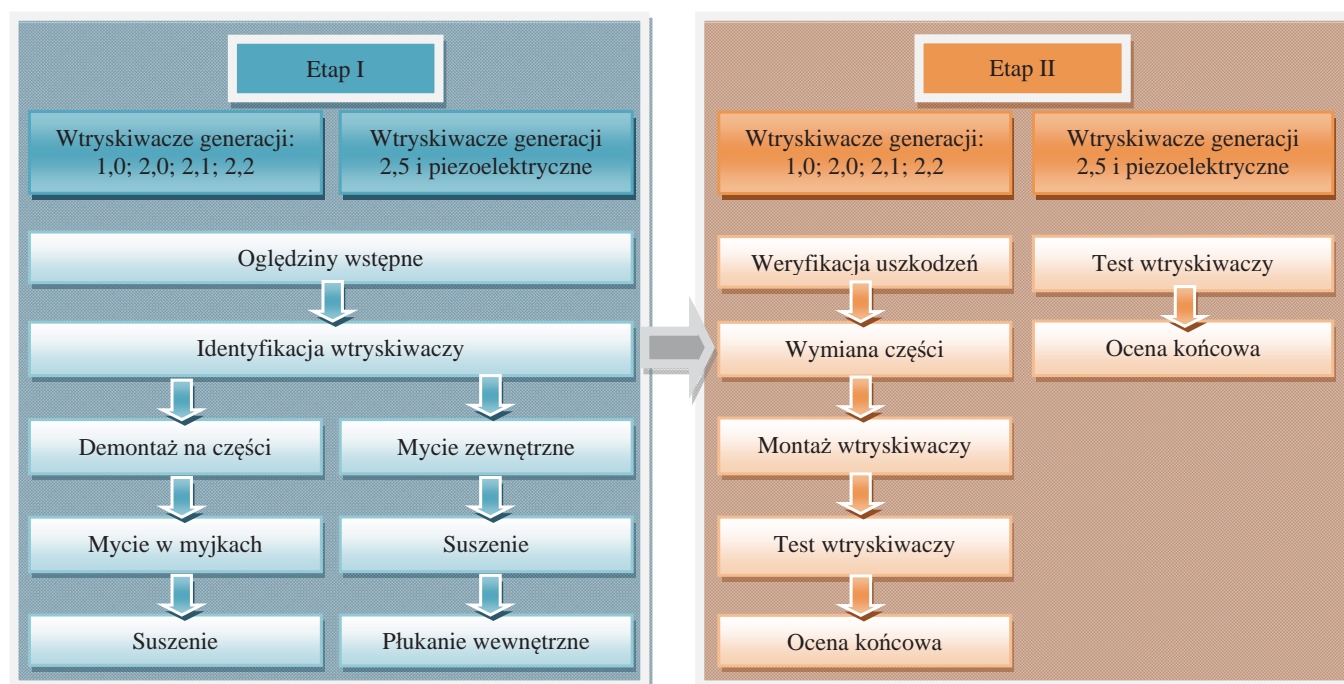
Słowa kluczowe: wtryskiwacz, zużycie, analiza, uszkodzenia, Common Rail Bosch.

Wstęp

Obecnie w układach Common Rail, stosowanych w silnikach o zapłonie samoczynnym (ZS) i bezpośrednim wtrysku paliwa, wykorzystywane są następujące rodzaje wtryskiwaczy: elektromagnetyczne oraz piezoelektryczne. Pierwsze z nich wprowadzono do użytku już w 1997 r., ale w dalszym ciągu są z powodzeniem stosowane [3, 4, 5]. Co więcej, ze względu na znacznie mniejszą awaryjność, obserwuje się powrót do tych konstrukcji. W przypadku firmy Bosch, której wtryskiwacze w zasadzie zdominowały

omawiany segment rynku, spotkać można następujące generacje: 1,0; 2,0; 2,1; 2,2; 2,5 oraz rozwiązania ze stosem kryształów, produkowane seryjnie od roku 2003. Pomimo różnic w budowie, pozostają one najbardziej wrażliwymi na uszkodzenia elementami układu podawania paliwa, co wynika z wyjątkowo trudnych warunków pracy: wysokie ciśnienia, zjawiska balistyczne, znaczne temperatury, turbulenty przepływu cieczy, itp. Jednak ze względu na brak części zamiennych i procedur naprawczych, na dzień dzisiejszy nie można regene-

rować wtryskiwaczy piezoelektrycznych oraz elektromagnetycznych ostatniej generacji (technologie zostaną udostępnione kolejno w 2014 i 2015 r.). Ich obsługa sprowadza się jedynie do czyszczenia zewnętrznego, płukania wewnętrznego metodą termochemiczną oraz przetestowania na próbnikach. Stąd w artykule zdecydowanie większą uwagę poświęcono wcześniejszym rozwiązaniom, analizując usterki poszczególnych części pod kątem ewentualnej naprawy, co stanowiło główny cel badań.



Rys. 1. Poszczególne etapy obsługi wtryskiwaczy firmy Bosch

1. Zakres i metodyka

Obiekt badawczy stanowiły wtryskiwacze Bosch różnych generacji, zdemontowanych z silników pojazdów samochodowych o odmiennych przebiegach eksploatacyjnych. Dobór uzależniony był od możliwości prezentacji uszkodzeń oraz stopnia zużycia poszczególnych elementów. Ich ocenę, naprawę i testowanie przeprowadzono w okresie kilku miesięcy na przełomie 2012/13 roku na stanowiskach laboratoryjnych VASCO Sp. z o.o. z siedzibą w Mierzynie, która współpracuje z Katedrą Eksploatacji Pojazdów Samochodowych Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. W badaniach wykorzystano m.in.: urządzenia probiercze (EPS 200 Bosch, Diesel Bench CRU 2 Zapp, Diesel Tech DS2 Zapp), aparatu-

re i oprzyrządowanie 3-fazy Bosch (CRR 120, CRR 220, CRR 320, CRR 420, LAB/SM135), mierniki (MIC-40700, CHY 24CS), mikroskop laboratoryjny FL150/70, myjki ultradźwiękowe (Elma Elmasonic S 10 H, Carbon Tech Ultrasonic Bath S15/C2), mikrometr cyfrowy IP54, imadła i zestawy do montażu oraz demontażu wtryskiwaczy, komplet kluczy dynamometrycznych. Na rysunku 1 pokazano metodykę i zakres prac, których poszczególne fazy różnią się w zależności od generacji oraz rodzaju danej konstrukcji.

2. Wyniki badań

2.1. Etap 1

Każdy z analizowanych wtryskiwaczy przeszedł oględziny wstępne, które polegały na ocenie wzrokowej (organoleptycznej) pod kątem ewentualnych uszkodzeń

zewnętrznych oraz kompletności elementów składowych. Przeprowadzono też podstawowe pomiary elektryczne, w tym kontrolę: oporności cewek elektromagnetycznych, zwarcie do masy, a dla konstrukcji z elementami piezoelektrycznymi ich pojemność. Usterki w tym zakresie stanowiły podstawę do dyskwalifikacji wtryskiwacza z procesu naprawy lub przeprowadzenia testów końcowych. Podczas identyfikacji odczytywano numery producenta z obudowy cewki oraz odnajdywano je w systemach urządzeń probierczych (odmienne parametry początkowe).

Mycie wtryskiwaczy piezoelektrycznych prowadzono w taki sposób, by stopy kryształów nie zostały zanurzone w płynie myjek ultradźwiękowych. Pozostałe konstrukcje były wcześniej znaczone (położenie

Tab. 1. Uszkodzenia ogólne elementów badanych wtryskiwaczy

Rodzaj części	Rodzaj usterki	Możliwe przyczyny	Naprawa / wymiana	Test wtryskiwacza
Korpus główny	Pęknięcie	Niewłaściwy montaż lub demontaż z silnika (za silne dokręcanie jarzma mocującego, brak substancji smarnej, zły dobór narzędzi)	Niemożliwa	Niemożliwy
	Deformacja kształtu	Niewłaściwy montaż lub demontaż z silnika; celowe zeszlifowanie w celu łatwiejszego osadzenia wtryskiwacza		
	Zanieczyszczenie, zakokosowanie	Długotrwała eksploatacja silnika; zasilanie paliwami złej jakości lub z wysoką zawartością komponentu roślinnego	Możliwa w zależności od stanu (lekkie i średnie) poprzez mycie	Możliwy po myciu i przepłukaniu wewnętrznym
	Uszkodzenia gwintów	Niewłaściwy montaż lub demontaż (dokręcanie zbyt dużym momentem)	Niemożliwa	Niemożliwy
	Zużycie pierścienia ustalającego	Niewłaściwy montaż lub demontaż z silnika	Możliwa w zależności od stanu (lekkie i średnie zużycie)	Możliwy w zależności od stanu
Króciec	Deformacja kształtu, uszkodzenia gwintu	Niewłaściwy montaż lub demontaż z silnika (dokręcanie nakrętki przewodu wtryskowego zbyt dużym momentem)	Możliwa wymiana	Możliwy po wymianie
Elektrozawór sterujący	Uszkodzenia osłon z tworzyw sztucznych	Niewłaściwy montaż lub demontaż z silnika	Niemożliwa	Niemożliwy
	Uszkodzenie nakrętki	Niewłaściwy montaż lub demontaż (dokręcanie zbyt dużym momentem, zły dobór narzędzi)		
	Uszkodzenie przyłącza elektrycznego	Niewłaściwy montaż lub demontaż wtyczki przewodu zasilania (wylamanie zatrzasków)		
	Uszkodzenie przewodu i złącza przezewowego	Niewłaściwy montaż lub demontaż		
	Uszkodzenia cewki elektromagnetycznej	Przepalenie zwojów; niewłaściwy demontaż (uszkodzenie rdzenia cewki)		
Korozja cewki elektromagnetycznej	Nieszczelność korpusu elektrozaworu i przecieki paliwa (zawartość wody, siarki)			
Elementy piezoelektryczne	Uszkodzenie stosu kryształów	Niewłaściwy montaż lub demontaż z silnika; pęknięcie korpusu; przecieki paliwa (zawartość wody, siarki)		
Rozpylacz	Uszkodzenie końcówki	Przeegrzanie; niedozwolone czyszczenie	Możliwa wymiana	Możliwy po wymianie
	Zakokosowanie	Długotrwała eksploatacja silnika; zasilanie paliwami złej jakości lub z wysoką zawartością komponentu roślinnego; spalanie oleju silnikowego		
	Wypalenie końcówki rozpylacza	Długotrwała eksploatacja silnika, zasilanie paliwami złej jakości		
	Ścięcie kółków ustalających	Niewłaściwy demontaż rozpylacza (rzadziej montaż)	Niemożliwy	Niemożliwy
	Uszkodzenie powierzchni uszczelniających	Niewłaściwy montaż i demontaż rozpylacza		
Deformacja wymiarów geometrycznych otworów	Długotrwała eksploatacja silnika; zasilanie paliwami złej jakości; wysokie temperatury spalania; procesy erozji i kawitacji	Możliwa wymiana	Możliwy po wymianie	

elektrozaworu względem korpusu głównego) i następnie demontowane na części. Należy podkreślić, iż przy odkręcaniu nakrętki rozpylacza nie należy przekraczać momentu 150 Nm, gdyż może dojść do niepożądanego ścięcia kołków ustalających oraz uszkodzenia powierzchni uszczelniających. Okres mycia poszczególnych elementów nie przekraczał 30 min. Kolejnym krokiem było ich osuszenie i bardzo dokładne przedmuchiwanie sprężonym powietrzem. W ten sposób unika się płukania termochemicznego na próbniku, które wymaga-

ne jest dla wtryskiwaczy wcześniej niedemontowanych.

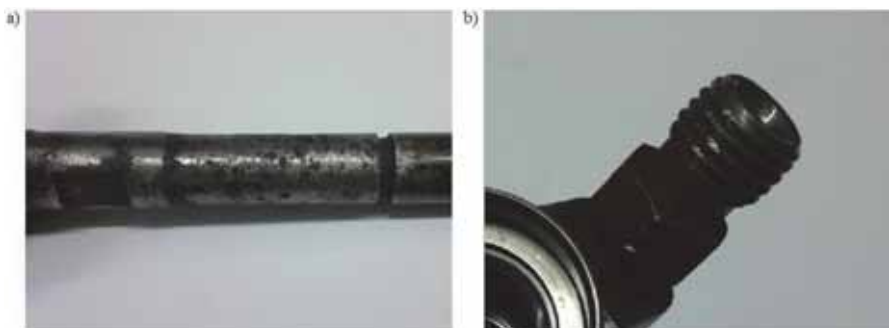
2.2. Etap 2

Weryfikację uszkodzeń i ocenę stopnia zużycia poszczególnych elementów prowadzono metodą organoleptyczną, jak również przy wykorzystaniu mikroskopu laboratoryjnego typu FL150/70. Dokonano podziału stwierdzonych usterek na: ogólne (przeważnie zewnętrzne) i takie, które dotyczą wyłącznie elementów wykonawczych oraz par precyzyjnych. Wskazano na możli-

wość ewentualnej naprawy i przeprowadzenia testów (tabela 1 i 2).

W przedstawionych zestawieniach uwzględnione zostały przyczyny usterek, których nie stwierdzono w procesie badawczym, ale spotykano się z nimi często w praktyce warsztatowej oraz laboratoryjnej. Dotyczy to w głównej mierze niewłaściwego demontażu lub montażu wtryskiwaczy, przeprowadzonych wbrew obowiązującym zasadom oraz bez zastosowania specjalistycznych narzędzi, np. podbijaków suwakowych, przyrządów hydraulicznych, imadeł i zestawów naprawczych, kluczy dynamometrycznych, itp. Ponadto w celu oceny uszkodzeń brano pod uwagę konstrukcje wcześniej naprawiane, które z założenia nie są dopuszczalne do procesu regeneracji i dalszej eksploatacji na silniku. Przykłady wybranych usterek ogólnych oraz par precyzyjnych i elementów wykonawczych przedstawiono kolejno na rysunkach 2, 3, 4, 5.

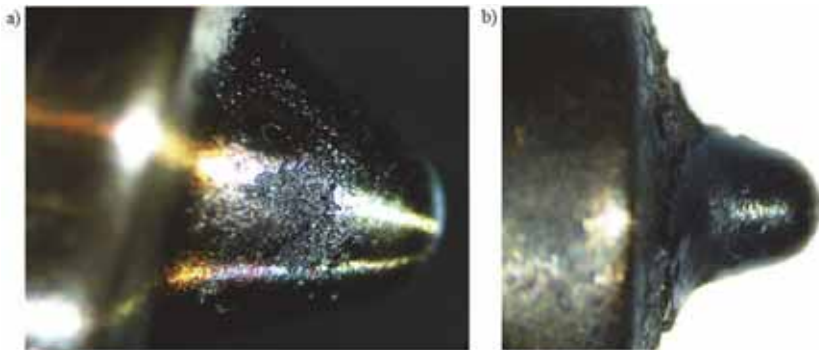
Po naprawie wtryskiwacze zostały poprawnie zmontowane, a następnie przetestowane na próbniku EPS 200 Bosch. Kluczowym wa-



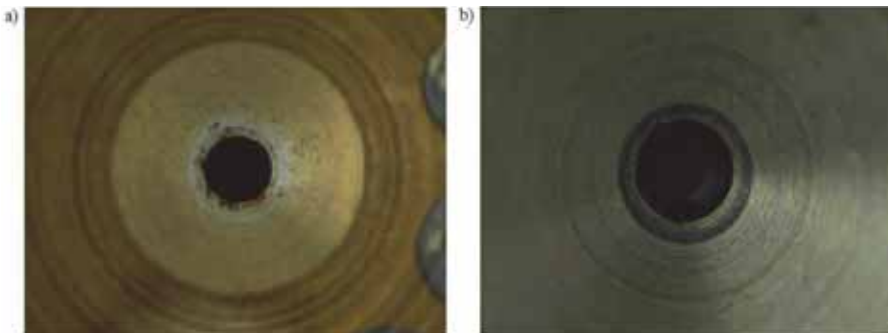
Rys. 2. Uszkodzenia ogólne wtryskiwaczy: a) przeszlifowanie korpusu w celu łatwiejszego montażu na silniku (Bosch 2.1), b) ubytki w gwincie króćca paliwa (Bosch 1.0)

Tab. 2. Uszkodzenia elementów wykonawczych i par precyzyjnych

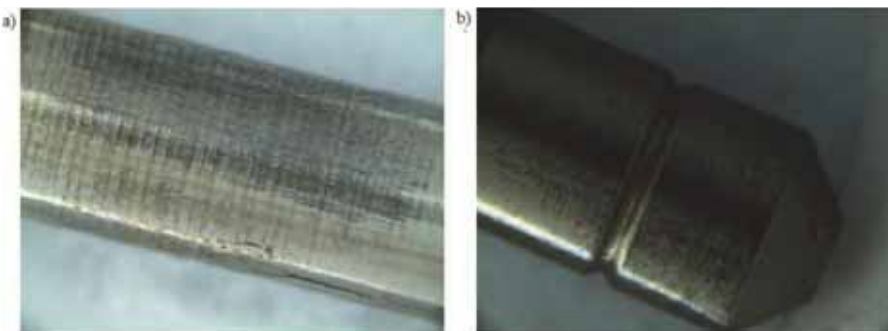
Rodzaj części	Rodzaj usterek	Możliwe przyczyny	Naprawa / wymiana	Test wtryskiwacza
Zawór sterujący	Uszkodzenia gniazda	Zawyżona dawka przelewu; źle dobrany skok kulki; zła jakość i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa); procesy erozji i kawitacji	Możliwa wymiana	
	Zarysowanie powierzchni trzpienia	Zła jakość (smarność) i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa)		
	Pęknięcie pierścienia wysokociśnieniowego	Długotrwała eksploatacja silnika		
Rozpylacz	Deformacja studzienki lub gniazda	Zła jakość i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa)	Możliwa wymiana pary precyzyjnej	Możliwy po wymianie
	Zarysowanie powierzchni	Zła jakość (smarność) i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa)		
	Zatarcie powierzchni prowadzącej			
	Skorodowanie powierzchni prowadzącej	Zła jakość paliwa (zawartość siarki, wody)		
	Przegrzanie stref kontaktu	Długotrwała i intensywne eksploatacja silnika; zbyt wysoka temperatura pracy		
Igllica	Uszkodzenie stożka	Zła jakość i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa)		
	Zarysowanie powierzchni			
	Zatarcie	Zła jakość (smarność) i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa)		
	Skorodowanie powierzchni prowadzącej	Zła jakość paliwa (zawartość siarki, wody)		
	Przegrzanie stref kontaktu	Długotrwała, intensywne eksploatacja silnika; zbyt wysoka temperatura pracy		



Rys. 3. Uszkodzenia końcówek rozpylaczy Bosch 1,0: a) wżery w materiale, b) zakoksowanie i niedrożność części otworów



Rys. 4. Uszkodzenia gniazda zaworu sterującego (Bosch 1,0): a) ślady korozji, b) deformacja strefy kontaktu



Rys. 5. Uszkodzenia parprecyzyjnych elementów wykonawczych (Bosch 1.0): a) zatarcie iglicy, b) ślady korozji oraz zarysowania na tłoku

runkiem dopuszczenia konstrukcji do eksploatacji była szczelność. W przypadkach przekroczenia poszczególnych dawek: pełnego obciążenia, biegu jałowego i pilotażowej, prowadzono proces regulacji. Wyjątek stanowiły wtryskiwacze generacji 2,5 i piezoelektryczne, których regeneracja nie dotyczyła, a ich sprawdzenie odbyło się na urządzeniach Zapp: Diesel Bench CRU 2 oraz Diesel Tech DS2. Przy negatywnym wyniku były one

demontowane, celem weryfikacji i oceny usterek.

Podsumowanie

Uszkodzenia wtryskiwaczy Bosch mogą powstawać wskutek naturalnego zużycia się poszczególnych elementów, co uwiadcza się zwykle po okresie długotrwałej i intensywnej eksploatacji na silniku, ale również w efekcie zachodzenia procesów przyśpieszonych (tzw. patologicznych). W tym

drugim przypadku decydującym czynnikiem jest paliwo, od którego jakości, czystości oraz właściwości fizykochemicznych zależy trwałość części, przede wszystkim elementów wykonawczych oraz par precyzyjnych. Świadczą o tym wyniki analiz prowadzonych w różnych placówkach badawczych, a które odnaleźć można w przykładowej literaturze tematu [1, 2, 3, 5, 6].

Stosunkowo liczną grupę stanowią również usterki wynikające z niewłaściwego montażu lub demontażu wtryskiwaczy, które niepotrzebnie narażają właścicieli pojazdów na koszty ponownej regeneracji lub wymiany. W takiej sytuacji decydującą rolę odgrywa przestrzeganie procedur obsługowych oraz stosowanie specjalistycznych narzędzi.

Bibliografia

1. Cisek J., Mruk A., Szczypiński-Sala W., *Wpływ biopaliw (FAME) na właściwości eksploatacyjne rozpylaczy paliwa silnika z zapłonem samoczynnym*. Mechanika. Czasopismo Techniczne. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Zeszyt 8, Kraków 3-M/2012.
2. Gładyszek J., Gładyszek M., *Oceńna stanu wtryskiwaczy common rail*. Auto Moto Service, Kraków 09/2009.
3. Idzior M., Borowczyk T., Karpiuk W., Stobnicki P., *Możliwości badania stanu technicznego nowoczesnych wtryskiwaczy silników o zapłonie samoczynnym*. Logistyka, Poznań 03/2011.
4. Jankowski A., Sęczyk J., Zbierski K., *Badania strugi paliwa rozpylanej przez układ wtryskowy Common Rail*. Journal of Kones. Internal Combustion Engines, Vol. 7, No 1-2, 2000.
5. Kniefel T., *Oceńna techniczna wtryskiwaczy Common Rail na podstawie doświadczalnych badań przelewów*. Eksploatacja i Niezawodność, Vol. 14, No 1, Lublin 2012.
6. Olszowski S., *Badanie przyczyn przybywania oleju w silnikach nowej generacji o zapłonie samoczynnym*. Materiały Transcomp – XIV International Conference, Zakopane 2010.

The analysis of damages and running down of bosch Common Rail injectors

Abstract

The article describes typical damages of Bosch Common Rail injectors. It has been detailed the reasons of theirs getting up. It has been accomplished the assessment of defects and extent of uses the injectors elements in aspect of possibilities to repairing and testing theirs on special testers. The results of researches have been presented on charts and the examples have been illustrated additionally.

Key words: injectors, damages, running down, Common Rail Bosch.

Autorzy:

dr inż. **Tomasz Stoeck** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr inż. **Tomasz Osipowicz** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie