

dr inż. Tomasz Stoeck

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych
Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin, Polska
E-mail: tstoeck@wp.pl

dr inż. Tomasz Osipowicz

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych
Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin, Polska
E-mail: tosipowicz@zut.edu.pl

dr inż. Karol Franciszek Abramek

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych
Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin, Polska
E-mail: kabramek@zut.edu.pl

Metodyka naprawy wtryskiwaczy elektromagnetycznych układów zasilania Common Rail Denso

Słowa kluczowe: silnik o zapłonie samoczynnym, wtryskiwacze, naprawa, regulacja

Streszczenie: W artykule przedstawiono problematykę weryfikacji i naprawy wtryskiwaczy elektromagnetycznych Common Rail firmy Denso. Ze względu na świadomą politykę producenta, który nie oferuje części zamiennych i specjalistycznego oprzyrządowania, ich obsługa sprowadza się najczęściej do czyszczenia zewnętrznego, płukania wewnętrznego metodą termochemiczną oraz testowania na stołach probierczych. W oparciu o analizę najczęściej spotykanych uszkodzeń i niesprawności, zaprezentowano własną metodykę procesu naprawy, z wyszczególnieniem kolejnych etapów demontażu oraz montażu końcowego. Wskazano na możliwość efektywnej korekty dawkowania, którą pokazano na przykładzie wtryskiwaczy silnika 2,2 HDI pojazdu Citroën Jumper II.

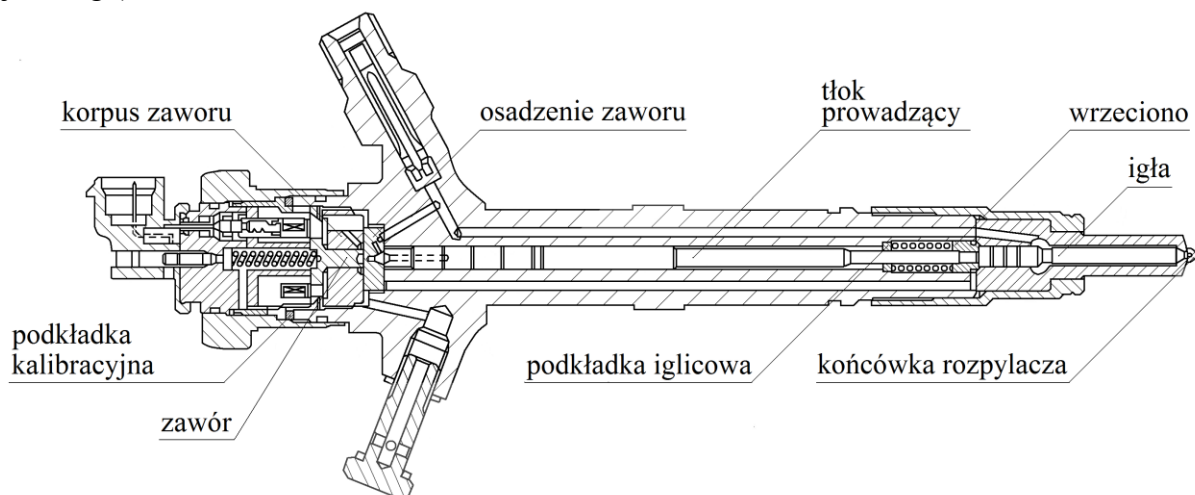
1. Wprowadzenie

Wtryskiwacze Common Rail stanowią najbardziej wrażliwe, czyli podatne na uszkodzenia elementy układu podawania paliwa współczesnych silników samochodowych [7, 8, 10]. Wynika to w głównej mierze z wyjątkowo trudnych warunków pracy, do których zaliczyć można m.in.: wysokie ciśnienia i temperatury, zjawiska balistyczne, turbulentny przepływ cieczy, itp. Usterki pojawiają się w efekcie normalnego zużycia par precyzyjnych i elementów wykonawczych, występując zazwyczaj po okresie dłuższej eksploatacji oraz znacznej intensywności użytkowania. Występują również defekty wywołane przez erozję i kawitację, szczególnie w okolicy otworów rozpylacza i gniazda zaworu sterującego [1, 5, 6, 9, 12, 13]. W niektórych przypadkach zachodzą jednak procesy znacznie przyspieszone, prowadzące do uszkodzeń przedwczesnych. Zużycie awaryjne, określane również mianem patologicznego, może następować w skutek stosowania paliw o nieodpowiednich właściwościach fizykochemicznych (lepkość, gęstość, smarność, zawartość wody i siarki)

oraz zanieczyszczonych, w tym opiłkami pochodzącymi z niesprawnej pompy wysokiego ciśnienia [2, 5, 6, 7, 9, 12]. Osobną grupę stanowią uszkodzenia zewnętrzne, wynikające z niewłaściwego montażu i demontażu wtryskiwaczy, prowadzonego niezgodnie z zaleceniami producenta lub bez zastosowania specjalistycznych narzędzi, np. podbijaków suwakowych, przyrządów hydraulicznych, imadeł stanowiskowych, zestawów naprawczych, kluczy dynamometrycznych, itp.

2. Cel badań

Wtryskiwacze elektromagnetyczne Denso charakteryzują się budową i zasadą działania zbliżoną do konstrukcji firmy Bosch pierwszych generacji, które kompleksowo zostały omówione w literaturze tematu [2, 3, 8, 10]. W związku z tym weryfikacja poszczególnych części przebiega w sposób analogiczny, ze szczególnym uwzględnieniem oceny stanu zużycia: igły, końcówki rozpylacza, tłoka prowadzącego, zestawu sterującego (zawór, korpus, osadzenie). Na rys. 1 przedstawiono również elementy, które bierze się pod uwagę przy potrzebie regulacji wtryskiwacza, tzn. wrzeciono ciśnieniowe (dawka pełnego obciążenia) oraz podkładki: kalibracyjna (dawka pilotażowa) i iglicowa (dawka biegu jałowego).



Rys. 1. Schemat wtryskiwacza elektromagnetycznego firmy Denso

Zasadniczym celem badań była poznawcza, faktyczna ocena możliwości naprawy wtryskiwaczy Denso, przy uwzględnieniu ogólnych założeń: braku dostępu do części zamiennych oraz konieczności określenia wytycznych dotyczących poszczególnych etapów demontażu i montażu. Procesy te wymagały przygotowania adaptera do odkręcania i przykręcania nakrętki rozpylacza, który ze względu na wymiary kluczy nie wchodzi w skład oprzyrządowania stosowanego przy obsłudze wtryskiwaczy innych firm. Drugim celem, o charakterze użytkowym, była próba określenia i sposobu korekty dawki, której wartość nie mieściła się w dopuszczalnych granicach w trakcie prowadzonych testów.

3. Obiekt i stanowiska badawcze

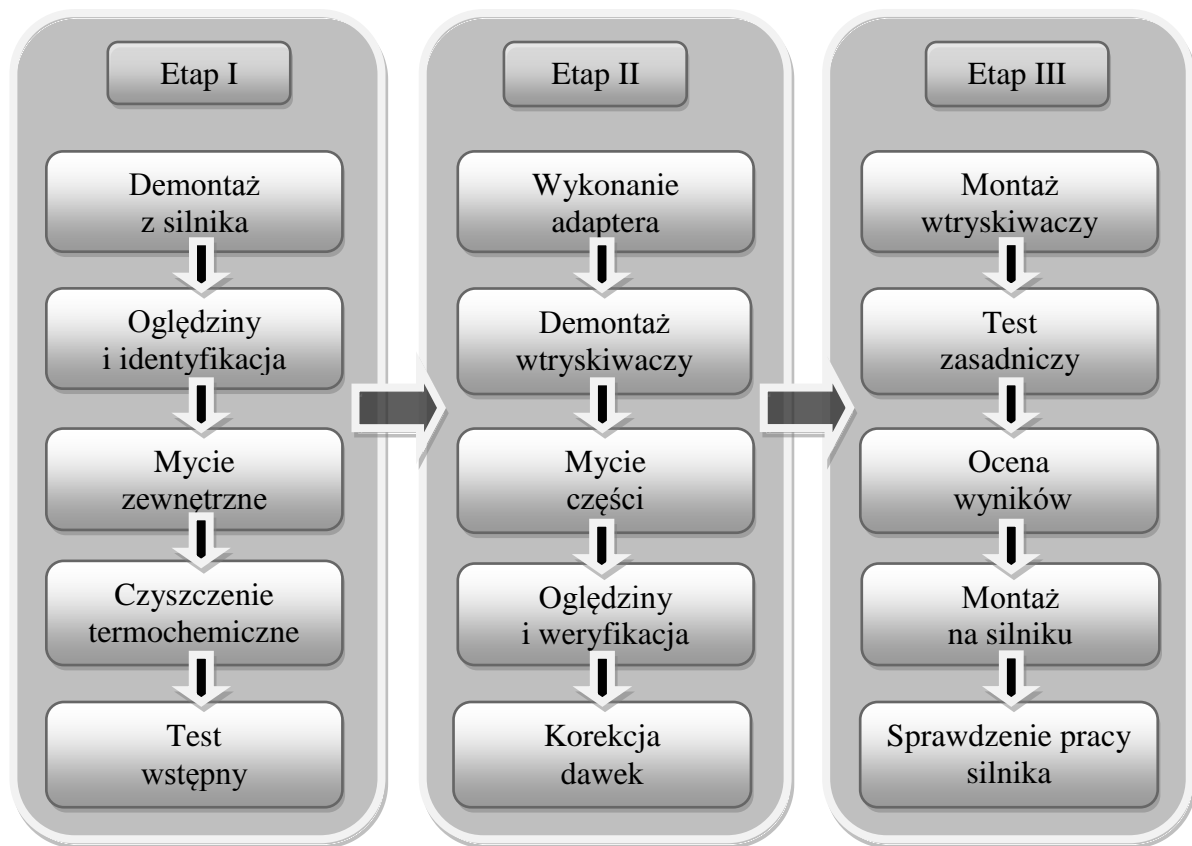
Obiekt badań stanowiły wtryskiwacze elektromagnetyczne firmy Denso, które wymontowano z jednostki napędowej 2,2 HDI (z ang. *High Pressure Direct Injection*) pojazdu dostawczego Citroën Jumper II o przebiegu 148 tys. km. Jest to czterocyldrowy, szesnastozaworowy silnik wysokoprężny o mocy maksymalnej 88 kW, z bezpośrednim wtryskiem paliwa w układzie Common Rail. Naprawę wtryskiwaczy prowadzono na

stanowiskach laboratoryjnych VASCO Sp. z o.o. z siedzibą w Mierzynie, która współpracuje z Katedrą Eksploatacji Pojazdów Samochodowych Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego (ZUT) w Szczecinie. W procesie tym wykorzystano m.in.:

- stoły probiercze (Diesel Bench CRU 2 Zapp, Diesel Tech DS2 Zapp),
- mikroskop FL150/70 z kamerą do cyfrowego zapisu obrazów na komputerze klasy PC,
- miernik indukcyjności MIC-40700,
- mikrometr cyfrowy IP54,
- myjki ultradźwiękowe (Elma Elmasonic S 10 H, Carbon Tech Ultrasonic Bath S15/C2),
- szlifierka diamentową GRS Tools POWER HONE,
- imadła i zestawy do demontażu oraz montażu wtryskiwaczy,
- klucze dynamoteryczne.

4. Zakres i metodyka

Badania prowadzono według przyjętej metodyki własnej, która obejmowała trzy, kolejne etapy realizacji (rys. 2).



Rys. 2. Metodyka naprawy badanych wtryskiwaczy

Zakres czynności ujętych w poszczególnych etapach częściowo pokrywa się ze standardowymi procedurami firmy Bosch. Zasadniczą różnicę stanowi wprowadzenie przez producenta trzeciego stopnia naprawy, bazującego na aparaturze i oprzyrządowaniu dedykowanemu wyłącznie dla własnych konstrukcji. Cechą charakterystyczną aktualnie obowiązującej technologii jest wcześniejsza regulacja wtryskiwacza w celu uzyskania prawidłowych wyników na stole probierczym. Prezentowana metodyka stanowi podejście klasyczne, oparte na długoletniej praktyce warsztatowej i laboratoryjnej, ale możliwej do

wykorzystywania w znacznie szerszym zakresie. Zakłada ona korekcję dawek dopiero po uzyskaniu wyników w fazie testu wstępnego. Ponadto w zależności od potrzeb kolejne etapy mogą podlegać modyfikacji, umożliwiając naprawę wtryskiwaczy elektromagnetycznych różnych typów i producentów. W przypadku konstrukcji Denso koniecznym stało się wykonanie adaptera pod nakrętkę rozpylacza.

4.1. Etap I

W pierwszym rzędzie wtryskiwacze przygotowano do testu wstępnego. Po demontażu z silnika przeprowadzono ich oględziny, które polegały na ocenie wzrokowej oraz sprawdzeniu kompletności części składowych. Przykłady uszkodzeń zewnętrznych, możliwych do wykrycia w tym etapie, zestawiono w tabeli 1. Następnie dokonano identyfikacji, odczytując numery z korpusów głównych i wprowadzając je do pamięci stołów probierczych celem przeprowadzenia fazy pomiarowej.

Tab. 1. Przykłady najczęstszych uszkodzeń zewnętrznych wtryskiwaczy Denso

Rodzaj części	Rodzaj usterki	Możliwe przyczyny
Korpus główny	Pęknięcie	Niewłaściwy montaż lub demontaż z silnika (zbyt silne dokręcanie jarzma mocującego, brak substancji smarnej, niewłaściwy dobór narzędzi)
	Deformacja kształtu	Niewłaściwy montaż lub demontaż z silnika; celowe zeszlifowanie powierzchni w celu łatwiejszego osadzenia wtryskiwacza
	Zanieczyszczenie, zakoksowanie	Długotrwała eksploatacja silnika; zasilanie paliwami złej jakości lub z wysoką zawartością komponentu roślinnego; spalanie oleju smarującego w skutek zjawiska przedmuchi
Króciec	Deformacja kształtu	Niewłaściwy montaż lub demontaż z silnika (dokręcanie nakrętki przewodu wtryskowego zbyt dużym momentem, silne uderzenie)
	Uszkodzenie gwintu	
Elektrozawór sterujący	Uszkodzenia osłon z tworzywa sztucznego	Niewłaściwy montaż lub demontaż z silnika
	Uszkodzenie nakrętki	Niewłaściwy montaż lub demontaż (dokręcanie zbyt dużym momentem, zły dobór narzędzi)
	Uszkodzenie przyłącza elektrycznego	Niewłaściwy montaż lub demontaż wtyczki przewodu zasilania
	Uszkodzenie przewodu i złącza przelewowego	Niewłaściwy montaż lub demontaż
Rozpylacz	Uszkodzenie końcówki	Przegrzanie; niedozwolone czyszczenie
	Zanieczyszczenie, zakoksowanie	Długotrwała eksploatacja silnika; zasilanie paliwami złej jakości lub z wysoką zawartością komponentu roślinnego; spalanie oleju smarującego w skutek zjawiska przedmuchi
	Wypalenie końcówki rozpylacza	Długotrwała i intensywna eksploatacja silnika, zasilanie paliwami złej jakości
	Deformacja otworków	Długotrwała eksploatacja silnika; zasilanie paliwami złej jakości; wysokie temperatury spalania; procesy erozji i kawitacji

Mycie wtryskiwaczy w myjkach ultradźwiękowych prowadzono w taki sposób, aby elektrozawory sterujące nie były zanurzone w płynie czyszczącym. Istnieje bowiem możliwość zmiękczenia osłon z tworzywa sztucznego oraz uszkodzenia izolacji. Czas tego

procesu nie przekroczył 30 min. Następnie wtryskiwacze osuszono i przedmuchano sprężonym powietrzem.

Procedurę testu wstępnego rozpoczęto od sprawdzenia: oporności i indukcyjności cewki elektromagnesu oraz jej zwarcie z masą. Badanie to należy traktować jako uzupełniające (dodatkowe), gdyż kontrola wtryskiwaczy na stołach probierczych obejmuje swym zakresem podstawowe pomiary elektryczne. Warto również podkreślić, iż w kilkuletniej praktyce sporadycznie spotykano się z usterkami omawianego elementu w konstrukcjach Denso, co nie znajduje potwierdzenia w ocenie prezentowanej w publikacji Kuszewskiego i Ustrzyckiego [11].

W pomiarach wtryskiwaczy na próbnikach przeprowadzono następujące rodzaje testów wstępnych:

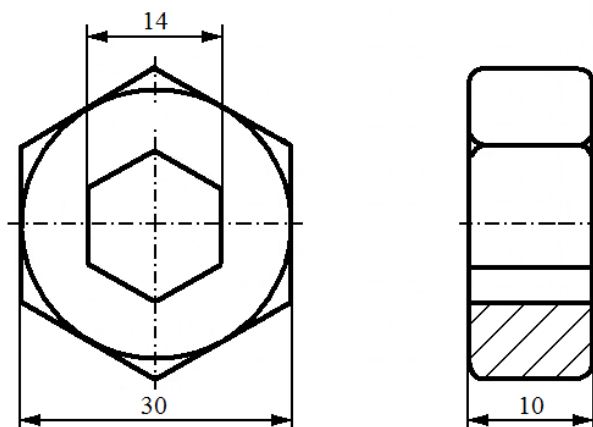
- elektryczny „eRLC” (z ang. *Resistance, Inductance, Capacitance*), z wyłączeniem pojemności sprawdzanej dla konstrukcji z elementami piezoelektrycznymi,
- szczelności „LKT” (z ang. *Static Leak Test*),
- ciśnienia otwarcia rozpylacza „NOP” (z ang. *Nozzle Opening Pressure*),
- objętości “iVM” (z ang. *Injector Volume Metering*) dla poszczególnych dawek, których parametry zestawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Parametry testowe zadane przy pomiarach wydatku wtryskiwaczy

Rodzaj dawki	Ciśnienie wtrysku [MPa]	Czas wtrysku [μ s]	Wartość zadana dawki wtrysku [mg/skok]	Wartość zadana dawki powrotnej [mg/skok]
Pełnego obciążenia	160	910	$47,74 \pm 6,93$	$32,90 \pm 32,90$
Emisyjna (połowy obciążenia)	80	720	$18,28 \pm 4,20$	$25,00 \pm 25,00$
Biegu jałowego	25	710	$3,90 \pm 1,84$	$15,00 \pm 15,00$
Pilotażowa	80	320	$1,84 \pm 1,22$	$15,00 \pm 15,00$

4.2. Etap II

W celu odkręcenia nakrętek rozpylaczy wykonano specjalny adapter, wykorzystując pręt stalowy sześciokątny 30 mm (rys. 3). Był to warunek konieczny przeprowadzenia procesu demontażu, gdyż nasadki do wtryskiwaczy innych producentów różnią się wymiarami.



Rys. 3. Adapter umożliwiający odkręcenie nakrętki rozpylacza

Przy odkręcaniu nakrętki nie należy przekraczać momentu 150 Nm, gdyż może dojść do trwałego zniszczenia powierzchni uszczelniających i ścięcia kołków, które ustalają

pozycję rozpylacza względem otworka zasilającego w paliwo. Po wykonaniu tej czynności uzyskano dostęp do następujących elementów: igły, sprężyny dolnej, podkładki iglicowej, wrzeczona oraz tłoka prowadzącego. Należy podkreślić, iż jakiegokolwiek opory występujące przy jego wyjmowaniu z korpusu głównego, świadczą o trwałym zatarciu i braku możliwości naprawy wtryskiwacza.

Przed demontażem górnej części wykonano znaczenia traserskie, ustalające położenie pierwotne elektrozaworu sterującego względem króćca wysokiego ciśnienia. Odkręcenie nakrętki umożliwiło wyjęcie: podkładki regulacyjnej i podsprężynowej, sprężyny górnej oraz zaworu z półkulką. Dostęp do współpracującego z nim korpusu i osadzenia wymagał zastosowania specjalnego klucza trójtrzępieniowego.

Tab. 3. Przykłady najczęstszych uszkodzeń wewnętrznych wtryskiwaczy Denso

Rodzaj części	Rodzaj usterki	Możliwe przyczyny
Zespół zaworu sterującego	Zarysowanie lub deformacja gniazda zaworu	Zbyt duży skok półkulki; zła jakość i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa); procesy erozji i kawitacji
	Zarysowanie powierzchni trzpienia zaworu	Zła jakość (smarność) i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa);
	Uszkodzenia powierzchni korpusu i osadzenia zaworu	Zła jakość i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa); procesy erozji i kawitacji
	Korozja powierzchni korpusu i osadzenia zaworu	Zła jakość paliwa (zawartość siarki, wody)
Tłok prowadzący	Zarysowanie lub zatarcie powierzchni	Zła jakość (smarność) i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa)
	Korozja powierzchni	Zła jakość paliwa (zawartość siarki, wody)
Rozpylacz	Deformacja gniazda	Zła jakość i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa)
	Pogorszenie współpracy pary precyzyjnej	Zużycie ściernie w wyniku procesów naturalnych
	Zarysowanie lub zatarcie powierzchni	Zła jakość (smarność) i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa)
	Skorodowanie powierzchni prowadzącej	Zła jakość paliwa (zawartość siarki, wody)
	Przeegrzanie stref kontaktu	Długotrwała i intensywna eksploatacja silnika; zbyt wysokie temperatury pracy
Igła	Pogorszenie współpracy pary precyzyjnej	Zużycie ściernie w wyniku procesów naturalnych
	Uszkodzenie stożka	Zła jakość (smarność) i zanieczyszczenie paliwa; niewłaściwa filtracja; obecność ciał stałych (wadliwa pompa)
	Zarysowanie lub zatarcie powierzchni	
	Skorodowanie powierzchni	Zła jakość paliwa (zawartość siarki, wody)
	Przeegrzanie stref kontaktu	Długotrwała i intensywna eksploatacja silnika; zbyt wysokie temperatury pracy

Wszystkie części z wyjątkiem elektrozaworu umyto w myjkach ultradźwiękowych, a następnie osuszono i przedmuchano sprężonym powietrzem. Ich oględziny i weryfikację prowadzono metodą wzrokową (organoleptyczną), jak również przy dużym powiększeniu mikroskopu laboratoryjnego. Zestawienie najczęściej spotykanych usterek wewnętrznych,

możliwych do wykrycia w tym etapie, przedstawiono w tabeli 3. Ewentualna korekta dawek powinna nastąpić w ostatniej fazie, przed montażem wtryskiwaczy i przeprowadzeniem testów zasadniczych.

4.3. Etap III

W pierwszej kolejności złożone zostały górne części wtryskiwaczy, przy zachowaniu kolejności odwrotnej jak w procesie demontażu. Moment dokręcania korpusu zaworu nie powinien przekraczać 75 Nm. Istotne jest osadzenie półkulki, aby jej płaska powierzchnia znajdowała się poza gniazdem. Należy również pamiętać o zachowaniu pierwotnego położenia cewki elektromagnesu względem króćca wysokiego ciśnienia. Gwinty pod nakrętki elektrozaworu i rozpylacza należy przesmarować olejem wazelinowym, a ich dokręcanie powinno się odbywać momentami o wartościach: 10-15 Nm oraz 45 Nm.

Kontrolę wtryskiwaczy na stołach probierczych przeprowadzono w sposób analogiczny jak w przypadku testu wstępnego. Dzięki temu możliwe było porównanie wyników badań przed i po procesie naprawy. Następnie zamontowano je na silniku, którego pracę oceniano w trakcie jazdy próbnej.

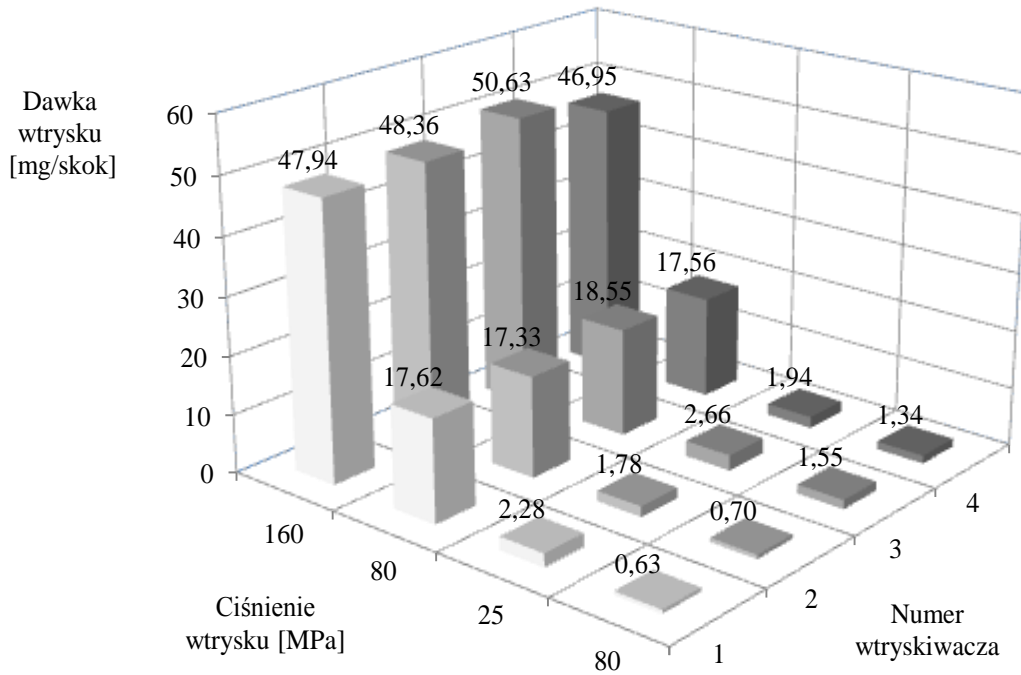
5. Wyniki badań i dyskusja

Ogłędziny wtryskiwaczy nie wykazały żadnych uszkodzeń zewnętrznych i braku elementów składowych. Po fazie przygotowawczej przeprowadzono testy wstępne, których wyniki zestawiono w tabeli 4 oraz na rys. 4 i 5. Pomiarów elektrycznych wykluczyły awarie cewek elektromagnesów, a w badaniu uzupełniającym (poza stołem probierczym) nie stwierdzono ich zwarcia z masą. Rezultaty były zgodne z wytycznymi prezentowanymi przez innych autorów [8, 9]. W próbach szczelności nie stwierdzono wycieków paliwa na końcówkach wtryskiwaczy, a wydatki przelewów były minimalne. Pozytywnie oceniono również ciśnienia otwarcia rozpylaczy. Jakikolwiek uchybienia w tym zakresie spowodowałyby natychmiastowe zakończenie fazy testowej, dyskwalifikując dany wtryskiwacz z dalszych badań.

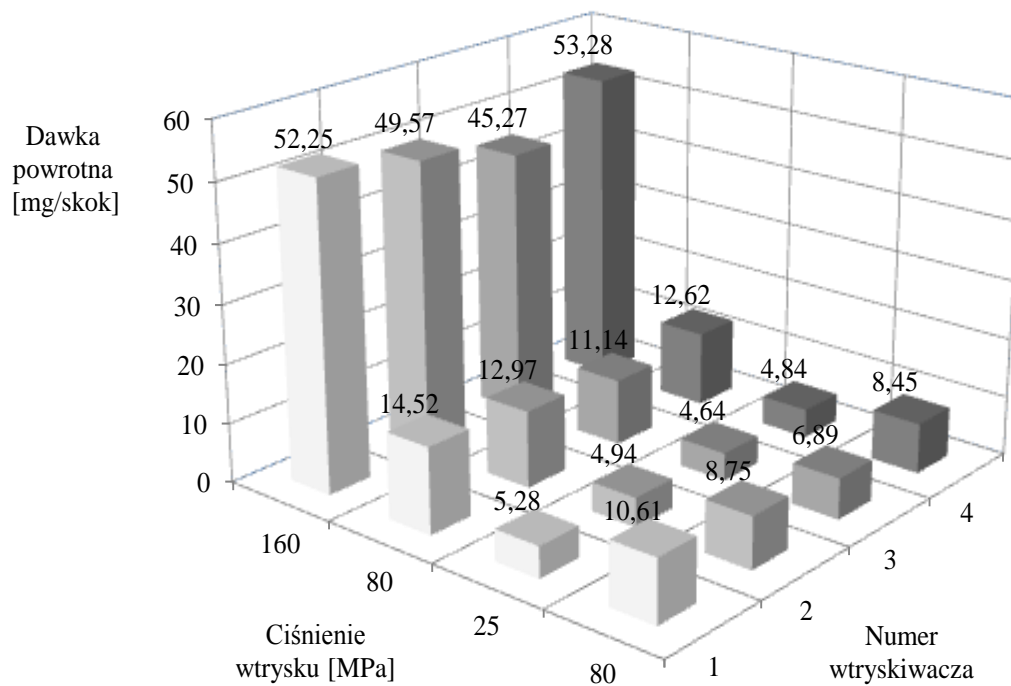
Tab. 4. Wyniki testów wstępnych badanych wtryskiwaczy Denso

Numer wtryskiwacza	Test elektryczny „eRLC”		Test szczelności „LKT” [MPa]	Test ciśnienia otwarcia rozpylacza „NOP” [MPa]
	Rezystancja cewki [Ω]	Indukcyjność cewki [μH]		
1	0,54	181	81,80	16,00
2	0,72	184	82,70	18,50
3	0,55	179	90,30	15,50
4	0,72	179	86,80	16,00

Analiza wydatków uzyskanych w teście “iVM” wykazała, iż dawki biegu jałowego dla wtryskiwaczy nr 2 i 4 były zbyt niskie, wynosząc odpowiednio: 1,78 mg/skok oraz 1,94 mg/skok. Wyniki wskazały na pogorszenie współpracy pary precyzyjnej igła-rozpylacz, która uwidoczniła się dopiero przy zadaniu niskiego ciśnienia na próbniku. Niesprawność tego rodzaju jest jedną z najczęściej wykrywanych usterek, spotykanych również u innych producentów, przy czym obserwuje się ją we wtryskiwaczach silników o stosunkowo niewielkim przebiegu eksploatacyjnym. W takich przypadkach wymagana jest zmiana naprężenia wstępnego sprężyny dolnej, która przy niewielkim ciśnieniu ogranicza wznios igły, a w efekcie dawkę wtryskiwanego paliwa. Korekcję prowadzi się poprzez zmniejszenie grubości podkładki iglicowej.



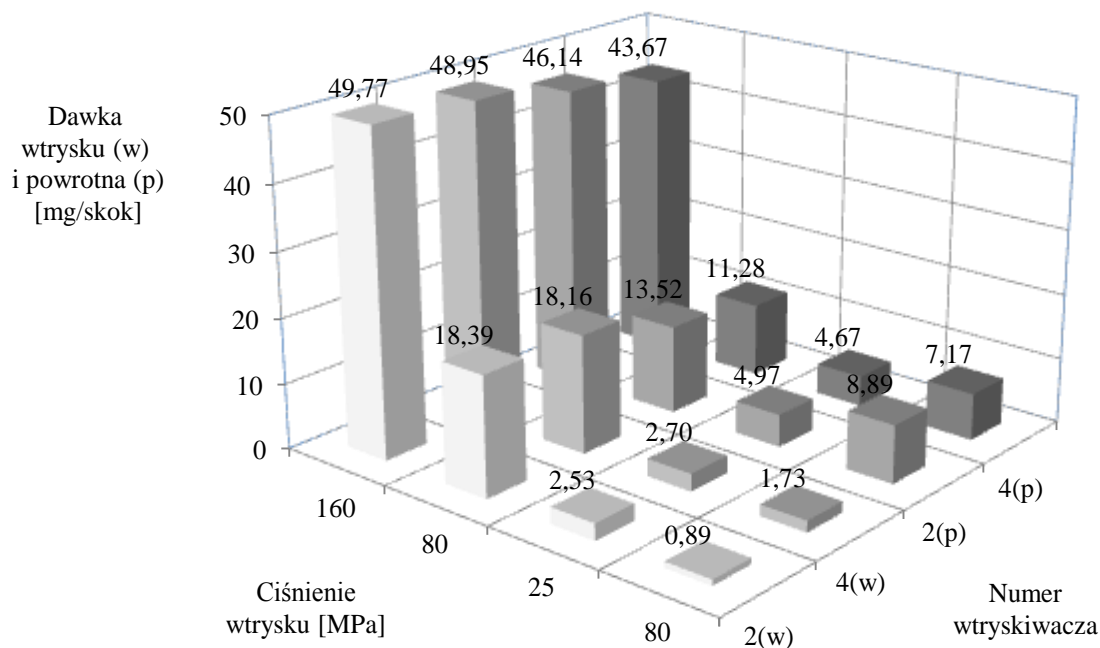
Rys. 4. Wyniki wydatku wtryskiwanego paliwa w zależności od ciśnienia wtrysku uzyskane z testu wstępnego dla badanych wtryskiwaczy



Rys. 5. Wyniki dawki powrotnej paliwa w zależności do ciśnienia wtrysku uzyskane z testu wstępnego dla badanych wtryskiwaczy

Proces demontażu przeprowadzono dla wszystkich badanych konstrukcji, głównie w celu umycia i dokładnej weryfikacji elementów składowych. Można go jednak uprościć w

sytuacji, gdy zakładana jest wyłącznie regulacja dawki biegu jałowego, wymagająca odkręcenia i rozłożenia samego rozpylacza. Z uwagi na niemożliwość wymiany podkładki iglicowej, przeprowadzono zeszlifowanie jej powierzchni czołowej na urządzeniu GRS Tools POWER HONE. Przyjęto założenie, analogiczne jak w przypadku naprawy wtryskiwaczy firmy Bosch, iż zmniejszenie grubości o 0,1 mm pozwoli uzyskać wzrost wydatku o ok. 1,5 mg/skok. Brano również pod uwagę wielkość dawek w konstrukcjach ocenionych pozytywnie, celem uzyskania względnie zbliżonych parametrów wtrysku. W związku z powyższym we wtryskiwaczach o nr 2 i 4 zmniejszono grubość podkładek iglicowych z wartości 1,33 mm na 1,27 mm. Przed montażem dokonano oględzin wszystkich części, ze szczególnym uwzględnieniem pary precyzyjnej i elementów wykonawczych w badaniu mikroskopowym. Nie wykryto jakichkolwiek uszkodzeń wewnętrznych.

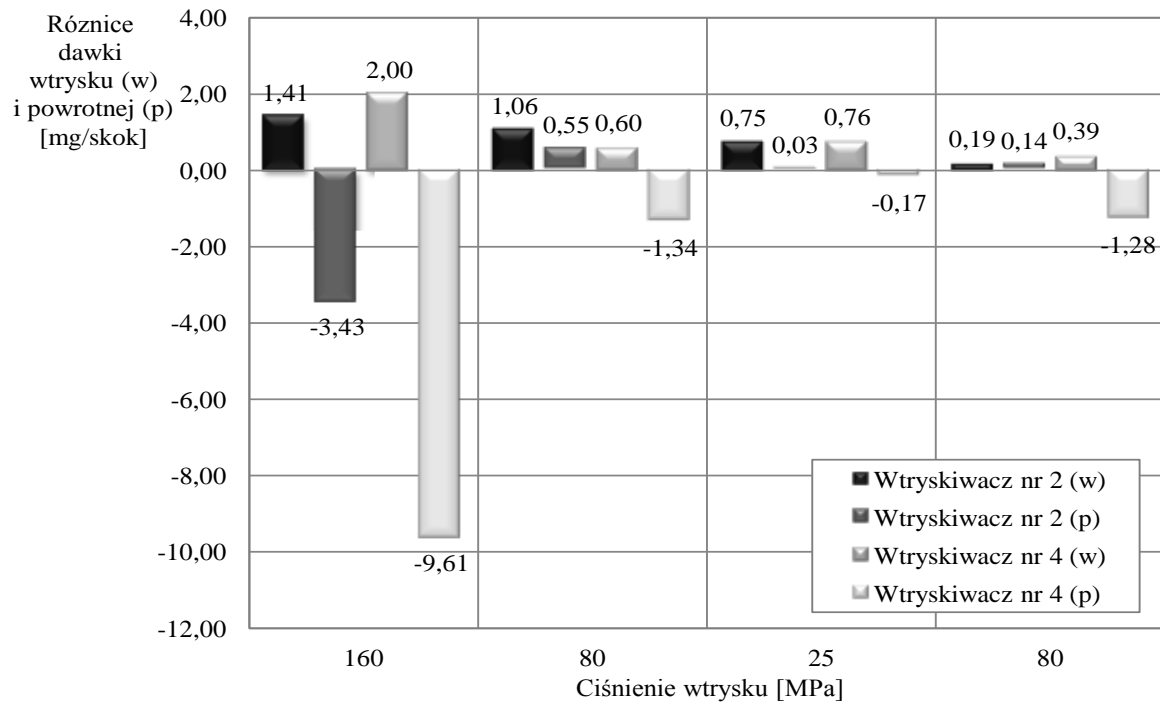


Rys. 6. Wyniki dawki wtrysku i powrotnej paliwa w zależności od ciśnienia wtrysku uzyskane dla badanych wtryskiwaczy po naprawie

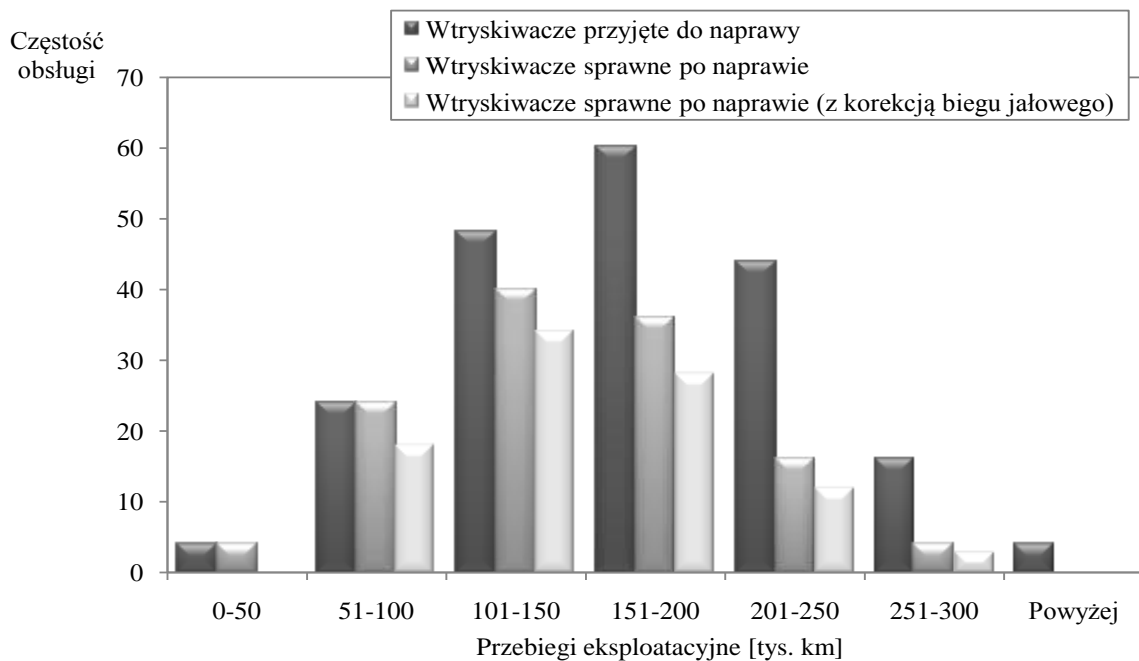
Wyniki testów zasadniczych wskazują, iż regulacja naprawianych wtryskiwaczy przyniosła korzystne rezultaty (rys. 6 i 7). Uzyskano wzrost dawek na biegu jałowym o wartość przewidzianą: 0,75 i 0,76 mg/skok. Oznacza to poprawę współpracy par precyzyjnych, gdyż igły w obu konstrukcjach przestały być blokowane przy zadawaniu niskiego ciśnienia. W efekcie do danych cylindrów jednostki napędowej trafiać będzie więcej paliwa, a prędkość obrotowa nie będzie zaniżana.

Zaobserwowano pośredni wpływ na pozostałe wydatki, a w szczególności ograniczenie ilości paliwa na większości przelewów. We wtryskiwaczu nr 2 efekt ten wystąpił jedynie przy pełnym obciążeniu, ale dla pozostałych dawek (emisyjnej, biegu jałowego i pilotażowej) wzrost był pomijalnie mały. W tym względzie proces naprawy również należy ocenić pozytywnie, gdyż nadmierna ilość paliwa na powrocie mogłaby objawiać się trudnościami z uruchomieniem silnika, jego samoczynnym zatrzymaniem oraz zauważalnym spadkiem mocy w różnych zakresach obciążenia. W analizowanych konstrukcjach problemy takie nie powinny występować. Świadczą o tym wyniki testów

uzyskane na stołach probierczych i przeprowadzona weryfikacja części, w której wykluczono inne przyczyny, np. uszkodzenia zespołu zaworowego, utratę szczelności wewnętrznej, zaczopowanie otworów rozpylaczy.



Rys. 7. Różnice dawki wtrysku i powrotnej w zależności od ciśnienia wtrysku w naprawianych wtryskiwaczach



Rys. 8. Histogram napraw wtryskiwaczy elektromagnetycznych Denso

Na rysunku 8 przedstawiono histogram napraw wtryskiwaczy elektromagnetycznych Denso w firmie VASCO, które prowadzono w okresie: 10.2012-02.2013r. Dane dotyczące

konstrukcji uznanych za sprawne stanowią rozkłady jednomodalne, charakteryzujące się umiarkowaną prawostronną asymetrycznością. Uzyskane wyniki wskazują na dużą efektywność tego procesu przy przebiegach do 200 tys. km., przy czym w większości przypadków konieczna była korekcja dawki biegu jałowego. Znacznie mniej obserwacji grupuje się w przedziałach znajdujących się na końcu szeregu. Prowadzenie napraw stało się bowiem bezzasadne przy braku części zamiennych, a samo czyszczenie i regulacja przynosiła zaledwie wybiórcze korzyści. W konsekwencji zdecydowano się na ograniczenie przyjęć wtryskiwaczy z silników pojazdów o dużych przebiegach eksploatacyjnych.

6. Wnioski

Wyniki badań własnych wskazują, iż naprawa wtryskiwaczy Common Rail firmy Denso może być prowadzona, ale jej skuteczność zależy od różnych czynników. Zasadniczą kwestię stanowi stan wyjściowy, a dokładniej rodzaj stwierdzonej niesprawności, która z braku części zamiennych może eliminować daną konstrukcję. W szczególności dotyczy to pary precyzyjnej igła-rozpylacz oraz elementów wykonawczych, w tym zespołu zaworu sterującego i tłoka prowadzącego. Z praktyki warsztatowej wynika, iż stosowanie pojawiających się na rynku zamienników nie jest wskazane, gdyż jakościowo zdecydowanie odstają one od elementów oryginalnych, prowadząc do zużycia przyspieszonego (patologicznego). Stosunkowo liczną grupę stanowią również usterki zewnętrzne, powstające często przy demontażu lub montażu wtryskiwaczy, przeprowadzanych bez wymaganego oprzyrządowania oraz przestrzegania procedur obsługowych.

Zaproponowana metodyka postępowania wyszczególnia zakres czynności, na które należy zwrócić uwagę w trakcie procesu naprawy. Przedstawiono również własny adapter, którego wykonanie pozwoliło na demontaż zespołu rozpylacza. Uzyskane rezultaty rozszerzyły zakres obsługi wtryskiwaczy elektromagnetycznych Denso, który sprowadzany był zazwyczaj do fazy mycia zewnętrznego, czyszczenia wewnętrznego oraz testowania na stołach probierczych. Warto jednak podkreślić, iż przez wzgląd na wspomniane ograniczenia korekta poszczególnych dawek możliwa jest dla konstrukcji silników o stosunkowo niewielkim przebiegu, a więc przy braku poważnych uszkodzeń wewnętrznych.

Literatura

1. Asi O. Failure of a diesel engine injector nozzle by cavitation damage. *Engineering Failure Analysis* 2006; 13: 1126-1133.
2. Bosch Robert GmbH. Diesel-Engine Management. Plochingen: Automotive Aftermarket Division; 2004.
3. Bosch Robert GmbH. Zasobnikowe układy wtryskowe Common Rail. Warszawa: WKiŁ; 2009.
4. Cisek J., Mruk A., Szczypiński-Sala W. Wpływ biopaliw (FAME) na właściwości eksploatacyjne rozpylaczy paliwa silnika z zapłonem samoczynnym. *Mechanika. Czasopismo Techniczne - Technical Transactions* 2012; 8: 233-244.
5. Dernotte J., Hespel C., Foucher F., Houille S., Mounad`m-Rousselle C. Influence of physical fuel properties on the injection rate in a Diesel injector. *Fuel* 2012; 96: 153-160
6. Galle J., Verhelst S., Sierens R., Goyos L., Castaneda R., Verhaege M., Vervaeke L., Bastiaen M. Failure of fuel injectors in a medium speed diesel engine operating on bio-oil. *Biomass and Bio-energy* 2012; 40: 27-35.
7. Gładyszek J., Gładyszek M. Ocena stanu wtryskiwaczy common rail. *Auto Moto Service* 2009; 9: 22-24.

8. Günther H. Układy wtryskowe Common Rail w praktyce warsztatowej: budowa, sprawdzanie, diagnostyka. Warszawa: WKiŁ; 2010.
9. Idzior M., Borowczyk T., Karpiuk W., Stobnicki P. Możliwości badania stanu technicznego nowoczesnych wtryskiwaczy silników o zapłonie samoczynnym. Logistyka 2011; 3: 933-942.
10. Knefel T. Ocena techniczna wtryskiwaczy Common Rail na podstawie doświadczalnych badań przelewów. Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability 2012; 1: 42-53.
11. Kuszewski H., Ustrzycki A. Metodyka diagnozowania wtryskiwaczy układu Common Rail z wykorzystaniem stołu probierczego EPS 815. X Słupskie Forum Motoryzacji. Innowacje w motoryzacji a ochrona środowiska. Starostwo Powiatowe w Słupsku; 2007: 243-252.
12. Olszowski S. Badanie przyczyn przybywania oleju w silnikach nowej generacji o zapłonie samoczynnym. Transcomp - XIV international conference. Computer systems aide science, industry and transport 2010; 6: 2581- 2588.
13. Salvador F. J., Romero J. V., Rosello M. D., Martinez-Lopez J. Validation of a code for modeling cavitation phenomena in Diesel injector nozzles. Mathematical and Computer Modelling 2010; 52: 1123-1132.