Scientific Journals
Maritime University of Szczecin

Zeszyty Naukowe
Akademia Morska w Szczecinie

2008, 14(86) pp. 38-42

2008, 14(86) s. 38-42

Weryfikacja przed naprawą rozpylaczy paliwowych zaworów wtryskowych silników wysokoprężnych

Verification of diesel engine injection valves prior to fuel injector repair

Zygmunt Raunmiagi

Akademia Morska w Szczecinie, Katedra Diagnostyki i Remontów Maszyn
70-205 Szczecin, ul. Podgórna 51/53, tel. 091 431 85 38, e-mail: Z.Raunmiagi@am.szczecin.pl

Słowa kluczowe: naprawa, weryfikacja, rozpylacz, paliwowy zawór wtryskowy

Abstrakt
Artykuł zawiera ocenę jakości zużytych rozpylaczy na podstawie znanych metod pomiarowych z wykorzystaniem nowoczesnych urządzeń metrologii warsztatowej. W pracy zostały przedstawione rodzaje uszkodzeń rozpylaczy oraz aspekty techniczno-ekonomiczne celowości ich naprawy.

Key words: repair, verification, nozzle, fuel injector valve

Abstract
The article presents the quality assessment of used injectors based on known measurement methods with the use of the up-to-date metrological devices. Different types of injector damage and technical and economical aspects of the usefulness of their repairs have been presented.

Wstęp

Zawór wtryskowy jest ostatnim ogniwem w paliwowej instalacji spalinowego silnika wysokoprężnego, który dostarcza do komory spalania stosowną i właściwie rozpyloną dawkę paliwa w funkcji obrotu wału korbowego. Od stanu technicznego rozpylacza paliwowego zaworu wtryskowego zależy głównie jakość i dokładność rozpylonej dawki paliwa. Rozpylacz, podając paliwo do danego cylindra silnika wysokoprężnego, narażony jest na działanie wysokich ciśnień i temperatur pochodzących od spalanego paliwa.

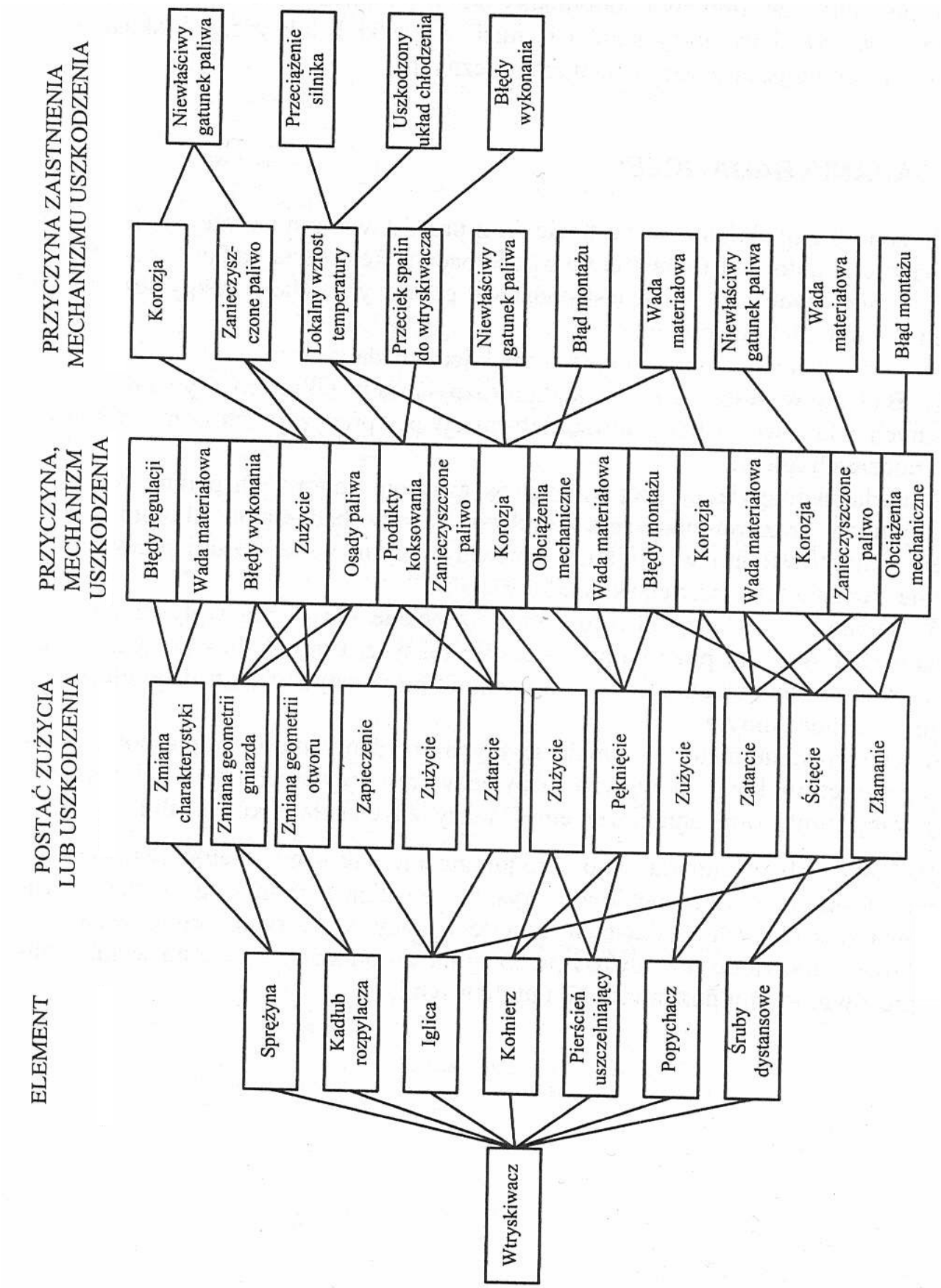
Rodzaje i przyczyny uszkodzeń rozpylaczy silników wysokoprężnych

Ze statystyk uszkodzeń wynika, że prawie 50% niesprawności silnika jest udziałem źle pracującego systemu paliwowego, z czego 41% to uszkodzenia wtryskiwaczy, a 38% to uszkodzenia pomp. 73% uszkodzeń wtryskiwaczy to uszkodzenia polegające na zużyciu gniazda i stożka iglicy wtryskiwacza [1].

Różne rodzaje uszkodzeń rozpylaczy przedstawiono na rysunku 1 oraz w tabeli 1.

Określenie stanu technicznego wtryskiwaczy silników z zapłonem samoczynnym jest związane z weryfikacją, czyli kwalifikacją danego elementu do naprawy, regeneracji, do ponownego montażu, do kasacji.

W niniejszej pracy weryfikację rozpylaczy dokonano pod kątem możliwości naprawy, wykluczając ich regenerację (dodatkowe koszty). Założono, że kryterium oceny jakości naprawionych rozpylaczy jest takie samo jak dla nowych rozpylaczy. Przez naprawę należy rozumieć przywrócenie własności użytkowych danego elementu, tzn. przywraca się jego uszkodzone wymiary geometryczne za pomocą technik obróbki ubytkowej (szlifowanie, docieranie itp.), bez ingerencji w strukturę materiału (spawanie, napawanie, obróbka cieplna itp.). Ponadto, uwzględniając aspekt ekonomiczny, naprawa jest opłacalna, jeżeli jej koszty nie przekroczą 35% wartości nowego rozpylacza.



Rys. 1. Schemat postaci i przyczyn uszkodzeń rozpylaczy [2]
Fig. 1. Diagram of the form of and reasons for atomizers' damages [2]

Tabela 1. Rodzaje uszkodzenia rozpylacza [2]
Table 1. Kinds of atomizer damage [2]

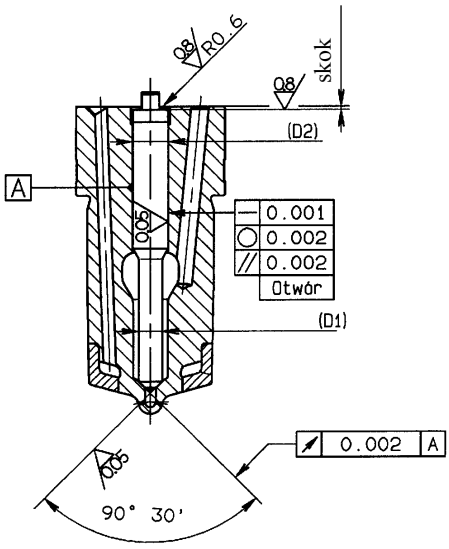
Czynniki hydrodynamiczne	**1***	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Pulsacyjne działanie paliwa			x	x	x	x	x	x			x	x
Duża prędkość przepływu paliwa	x		x	x	x		x					
Zmiany kierunku przepływu paliwa			x		x		x			x		
Tworzenie się pęcherzyków parogazowych – kawitacja	x		x	x					x			
Erozja	x		x					x	x	x		
Wysokie ciśnienie	x		x	x	x	x	x				x	x
Czynniki eksploatacyjne	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Przegrzanie wtryskiwacza	x	x	x						x	x	x	x
Praca w przeciążeniu	x	x	x	x	x	x				x	x	x
Tarcie suche							x		x	x		
Długotrwała eksploatacja	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Zła regulacja silnika		x								x	x	x
Uderzeniowe działanie sprężyny					x	x					x	x
Wibracja elementów							x	x		x	x	x
Czynniki konstrukcyjne	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Niewłaściwy dobór materiału	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Wada materiału	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x
Zła technologia wykonania elementu	x				x			x	x	x		x
Brak cylindrycznej formy powierzchni prowadzących							x	x	x	x		
Nieosiowe umieszczenie iglicy w otworze rozpylacza							x	x	x	x		
Nieprawidłowy montaż							x	x	x	x		
Zanieczyszczone paliwo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Zanieczyszczenia mechaniczne	x	x	x	x	x		x	x	x	x		
Zasiarczenie paliwa	x	x						x	x	x		
Zanieczyszczenie wodą	x	x							x	x		x
Zanieczyszczenie spalinami	x	x		x					x	x		

*) Rodzaje uszkodzenia rozpylacza: 1 – naruszenie tolerancji geometrycznych otworków, 2 – zakleszczenie pary precyzyjnej rozpylacza, 3 – erozyjne usuwanie cząstek materiału z powierzchni stożka rozpylającego iglicy, 4 – miejscowe wgłębienia i ubytki materiału w trzpieniu iglicy, 5 – naruszenie tolerancji kąta nachylenia stożkowych powierzchni iglicy i rozpylacza, 6 – zużycie tribologiczne powierzchni stożkowych iglicy i rozpylacza, 7 – porysowanie i bruzdowanie powierzchni prowadzących iglicy i korpusu, 8 – zużycie tribologiczne powierzchni prowadzącej iglicy, 9 – nadmierna chropowatość, wyrwy materiału powierzchni prowadzących iglicy, 10 – zawieszenie się iglicy rozpylacza, 11 – utrata charakterystyki przez sprężynę wtryskiwacza, 12 – pęknięcie sprężyny wtryskiwacza

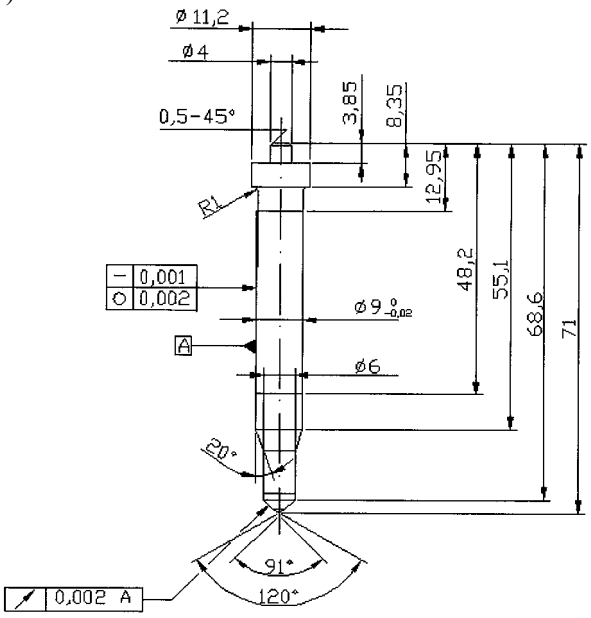
Należy przyjąć założenia, że:

1) korpus rozpylacza i iglica są wolne od pęknięć,
2) powierzchnie cylindryczne iglicy i prowadnicy są w dobrym stanie technicznym i nie podlegają naprawie,
3) otworki rozpylacza nie podlegają naprawie,
4) głębokość uszkodzenia stożkowej powierzchni korpusu nie przekracza warstwy nawęglonej.

a)



b)



Rys. 2. Przekrój z wymogami technicznymi nowego rozpylacza: a) przekrój nowego rozpylacza; b) iglica nowego rozpylacza
Fig. 2. Section presenting technical requirements of a new atomizer; a) section of a new atomizer; b) needle of a new atomizer

Weryfikacje rozpylaczy przeprowadzono na wybranej losowo partii zużytych rozpylaczy – 30 sztuk. Typ L'O V V O-U953g/E pochodzących od silników Stork-Wartsila SW38 po przepracowaniu ok. 4000 godzin na paliwie IFO 380 [3]. Ocena wizualna została przeprowadzona po oczyszczeniu rozpylaczy w myjce ultradźwiękowej. Po umyciu ww. partii rozpylaczy okazało się, że 15 rozpylaczy zostało odrzuconych ze względu na znaczne uszkodzenia:

- przepalone noski,
- głębokie rysy i przebarwienia na powierzchniach cylindrycznych iglicy i prowadnicy w korpusie,
- powiększone otworki.

Pozostałe 15 sztuk rozpylaczy poddano szczegółowej weryfikacji opartej o metrologię warsztatową. Punktem odniesienia zużytych rozpylaczy są wyniki pomiarów fabrycznie nowego rozpylacza.

Na maszynie typu Talyrond 290 firmy Taylor Hobson [4] przeprowadzono następujące pomiary nowego rozpylacza:

1) korpus rozpylacza:
   - stożek zamykający korpus (gniazdo iglicy rozpylacza) 90°30' tol. ± 5',
   - luz części prowadzącej iglicy w korpusie wynosi 6μm (dop. do 8 μm),
   - średnia wartość chropowatości Ra na średnicy ϕ9 mm otworu korpusu Ra = 0,09 μm,
   - średnia wartość chropowatości Ra na średnicy iglicy Ra = 0,06 μm.
2) uskok (skok iglicy) 0,7 mm ± 0,02',
3) stożek iglicy 91° ± 5'.

Na podstawie wyników pomiarów zawartych w tabeli 2 można zadecydować, że do naprawy kwalifikują się rozpylacze, które po naprawie będą spełnić wymogi nowego rozpylacza oraz kryterium opłacalności:

1) korpus rozpylacza nr 001 z iglicą nr 001,
2) korpus rozpylacza nr 002 z iglicą nr 004,
3) korpus rozpylacza nr 003 z iglica nr 007,
4) korpus rozpylacza nr 006 z iglicą nr 003,
5) korpus rozpylacza nr 007 z iglicą nr 002,
6) korpus rozpylacza nr 008 z iglicą nr 010,
7) korpus rozpylacza nr 013 z iglicą nr 013.

Tabela 2. Wyniki pomiarów rozpylaczy przed naprawą
Table 2. Results of the measurements of the injectors before repair

Nr korpusu	**001**	**002**	**003**	**004**	**005**	**006**	**007**	**008**	**009**	**010**	**011**	**012**	**013**	**014**	**015**
ϕ9	9,010	9,017	9,009	9,022	9,011	9,005	9,012	9,009	9,022	9,010	9,019	9,007	9,011	9,002	9,060
Ra (ϕ9)	0,04	0,11	0,04	0,05	0,04	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04
walcowość ϕ9 [μm]	2,31	0,64	0,88	0,84	0,79	0,56	1,04	0,56	0,99	1,60	5,43	1,80	0,74	0,90	0,90
bicie stożka do ϕ9 [μm]	0,92	3,27	7,39	1,04	4,33	6,95	7,01	1,41	3,92	4,04	8,59	13,59	3,37	1,70	5,52
NW stożka do ϕ9 [μm]	0,19	1,49	1,56	0,30	0,55	3,33	1,68	0,67	0,63	1,56	2,97	4,24	1,57	0,60	0,98
IGLICA	**001**	**002**	**003**	**004**	**005**	**006**	**007**	**008**	**009**	**010**	**011**	**012**	**013**	**014**	**015**
ϕ9	9,003	9,007	9,000	9,013	9,001	8,995	9,002	8,998	9,013	9,002	9,006	8,996	9,004	8,994	9,060
Ra (ϕ9)	0,10	0,06	0,05	0,08	0,08	0,07	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07
walcowość ϕ9 [μm]	1,04	1,71	0,86	0,93	0,35	0,39	0,62	0,82	0,33	0,98	1,41	0,61	1,14	0,82	0,78
bicie stożka do ϕ9 [μm]	5,93	4,29	1,13	3,66	1,11	4,15	0,74	1,80	2,29	2,14	3,71	1,33	1,21	1,23	1,03
NW stożka do ϕ9 [μm]	0,31	0,31	0,53	0,83	0,43	0,25	0,08	0,08	0,56	0,19	1,04	0,36	0,18	0,50	0,45
bicie ϕ6 do ϕ9 [μm]	0,98	1,57	0,30	1,00	0,62	1,79	0,42	0,77	0,51	0,46	4,11	0,38	0,50	0,78	0,49
NW ϕ6 do ϕ9 [μm]	0,46	0,67	0,07	0,42	0,30	0,20	0,13	0,34	0,16	0,08	0,13	0,15	0,24	0,35	0,20
kąt stożka	91º2'	90º55'	90º50'	90º56'	90º55'	91º	90º57'	90º52'	90º58'	91º	90º58'	91º2'	90º58'	90º51'	91º4'
LUZ	0,007	0,010	0,009	0,009	0,010	0,010	0,010	0,011	0,009	0,008	0,013	0,011	0,007	0,008	0,010
SKOK	0,70	0,72	0,725	0,72	0,71	0,70	0,73	0,69	0,71	0,72	0,72	0,71	0,72	0,70	0,71

Zakończenie

W pracy przedstawiono przykład wyników pomiarów rozpylaczy przed naprawą pod kątem jej opłacalności.

Przyjęte kryterium opłacalności naprawy na poziomie ok. 35% wartości nowego rozpylacza wynika z przeprowadzonych przez autora rozmów z działem technicznym polskich i zagranicznych armatorów. Analiza wyników pomiarów grupy 15 szt. rozpylaczy spowodowała, że do naprawy kwalifikuje się tylko 7 szt. (kolor szary tabela pomiarów), które spełnia ww. kryterium oceny oraz opłacalności ich naprawy.

Bibliografia

1. WITKOWSKI K.: Wykorzystanie badań eksperymentalnych do pozyskiwania wiedzy diagnostycznej na przykładzie okrętowych silników tłokowych. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, 2005, 4, 143–163.
2. IDZIOR M.: Studium optymalizacji parametrów rozpylaczy silników o zapłonie samoczynnym w aspekcie kształtowania ich własności użytkowych. Rozprawa nr 384, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2004.
3. Instrukcja techniczno-ruchowa silnika Stork-Wartsila SW38.
4. Instrukcja techniczno-ruchowa urządzenia pomiarowego Talyrond 290.

Recenzent:
prof. dr hab. inż. Oleg Klyus
Akademia Morska w Szczecinie