

# ZAGADNIENIA ZUŻYCIA WYBRANYCH ELEMENTÓW SILNIKÓW ZS I PRÓBA PODWYŻSZENIA ICH TRWAŁOŚCI

## SELECTED DIESEL ENGINE WEAR PROBLEMS AND WEAR RESISTANCE IMPROVEMENT TEST

*W pracy przedstawiono problem zużycia niektórych elementów układów rozrządu w aspekcie podwyższenia ich trwałości. Przedstawiono również wyniki badań wstępnych przeprowadzonych na kilku rodzajach powłok nakładanych metodami spawalniczymi na elementy układów rozrządu. Przedmiotem badań były dźwigienki zaworowe silników ZS.*

**Słowa kluczowe:** powłoki nakładane cieplnie, zużycie, silniki ZS

*This article presents problems of wear resistance of diesel engine elements. It presents the results of preliminary tests. The valve rockers were the object of test. This article presents technology of rebuilding and hard surfacing of diesel engine elements. This article also presents results of measurements of quantity of wear of valve rockers where it mating with valve and the change of valve clearance of tested valve rockers in function of mileage.*

**Keywords:** thermal spray coatings, wear, diesel engine

### 1. Wprowadzenie

Eksploatacja pojazdów samochodowych wiąże się zawsze z pewnymi kosztami. Dużą ich część stanowią koszty napraw i koszty przeglądów technicznych. Coraz częściej w przypadku zużytych części samochodowych stosuje się zabiegi regeneracji. Koszty regeneracji, liczone jako suma kosztów robocizny, materiałów, energii i kosztów ogólnych, stanowią w przypadku regeneracji przez napawanie kilka do kilkudziesięciu procent wartości nowego elementu [6]. Osiągnięte w ten sposób efekty mogą być dość znaczne gdy weźmiemy pod uwagę zastosowanie bardziej odpornej na zużycie struktury. Konstrukcje samochodów często pozwalają na więcej niż jednokrotną regenerację zużytych elementów, co dodatkowo obniża koszty napraw [6, 7].

### 2. Charakterystyka zużycia wybranych elementów

Coraz częściej w budowie silników spalinowych pojawiają się nowe materiały bardziej wytrzymałe, lżejsze i posiadające korzystniejsze właściwości eksploatacyjne od dotychczas stosowanych. Intensywny rozwój technologii kształtowania warstwy wierzchniej daje nowe możliwości. Wykorzystując tani materiał możemy ukształtować jego warstwę wierzchnią tak, że będzie ona miała lepsze właściwości niż rdzeń. W przypadku zużycia ściernego, ubytki rzędu dziesiątych części milimetra dyskwalifikują element z dalszej eksploatacji. Z pomocą przychodzą techniki spawalnicze, dzięki którym możemy zregenerować i często w dużym stopniu polepszyć właściwości eksploatacyjne warstw wierzchnich pracujących elementów.

Do badań wykorzystano dźwigienki zaworowe silników sześciocylindrowych o zapłonie samoczynnym. Dźwigienki zaworowe wykonane są jako odkuwki.

Celem badań było poznanie mechanizmu zużycia niektórych elementów silników o ZS, głównie zaworów i dźwigienek zaworowych. Równocześnie podjęto próbę opracowania procesów podwyższających ich odporność na zużycie.

Dźwigienki zaworowe pracują w bardzo złożonych warunkach, zarówno pod kątem obciążeń mechanicznych, jak i cieplnych.[2] Silnik w którym montowane są omawiane dźwigienki posiada przebieg ok. 10-12 tys. km miesięcznie. W tym czasie dźwigienka wykonuje ok. 12 mln. cykli otwarcia zaworu. Nadmierne luzy w ukła-

dzie rozrządu powodują powstanie dodatkowych sił bezwładności o charakterze udarowym, powodujących szybkie zużywanie się współpracujących powierzchni.

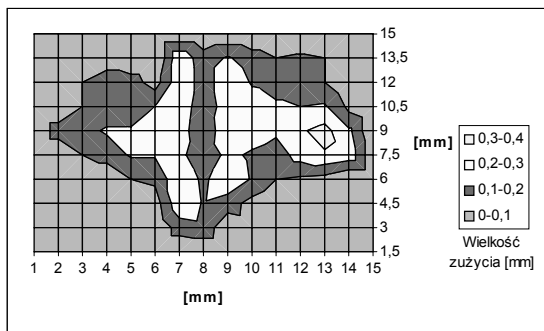
Najszybciej zużywającą się częścią dźwigienki jest miejsce współpracy z czołem trzonka zaworu (rys.1). Zużycie po przejechaniu przez pojazd 50-150 tys. dochodzi nawet do 2-3 mm. Ze względu na duże zużycie tej części, cały element nie nadaje się już do eksploatacji.

Podjęto próbę podwyższenia trwałości dźwigienek poprzez zastosowanie natryskiwania na gorąco z późniejszym przetopieniem i napawania elektrodami nieotulonymi i otulonymi. Przykładowe wielkości zużycia na powierzchni dźwigienki w miejscu współpracy z czołem trzonka zaworu zaprezentowano na rys. 2. Przy zużyciu dźwigienki powyżej 1mm. możemy zaobserwować, że w niektórych przypadkach w środkowej części tworzy się krawędź dzieląca obszar zużyty na dwie oddzielne powierzchnie, w innych przypadkach możemy zaobserwować nieco inny charakter zużycia (rys.1).

Przyczyn powstania takiego kształtu powierzchni zużytej może być kilka, np. zbyt duże zużycie powierzchni współpracującej z czołem trzonka zaworu, niewłaściwe położenie dźwigienki w momencie otwierania zaworu (przekroczenie zakresu regulacji luzu zaworowego), a także odskakanie zaworu podczas pracy silnika, i inne.[2]



Rys. 1. Widok fragmentów zużytych dźwigienek zaworowych (2:1)



Rys. 2. Wielkość zużycia dźwignienki w miejscu współpracy z czołem trzonka zaworu

### 3. Nakładanie powłok odpornych na zużycie

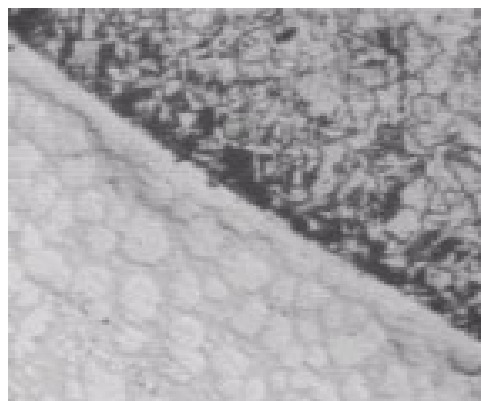
Część dźwignienek współpracująca bezpośrednio z czołem trzonka zaworu została pokryta powłoką na osnowie niklu (rys.3) pistoletem do natryskiwania SPT 100. Równoległe w Katedrze Inżynierii Materiałowej Politechniki Lubelskiej prowadzone są badania nad zastosowaniem powłok na osnowie kobaltu i innych. Próby nakładania powłok metodą MIG-MAG nie przyniosły pożądanego efektu. Stwierdzono że powierzchnia po przeszlifowaniu posiada duże ilości porów.



Rys. 3. Dźwignienki zaworowe z powłoką na osnowie niklu (1:2) nieszlifowane

Duży wpływ na właściwości eksploatacyjne powłok ma proces przygotowania materiału podłoża. Dlatego przed przystąpieniem do nakładania powłok dźwignienki bardzo starannie oczyszczono i odtuszczone. Miejsce nałożenia powłoki, czyli miejsce współpracy dźwignienki z zaworem zostało zgrubnie przeszlifowane na wymiar ok. 2,5-3,0 mm mniejszy od wymiaru nominalnego.

Powierzchnia przed nałożeniem powłoki była podgrzana do temp. ok. 600°C. Dopiero po osiągnięciu tej temperatury powłoka była natrykiwana proszkiem na grubość ok. 3 mm. W przypadku natryskiwania powłoki na osnowie niklu pistoletem SPT 100, po nałożeniu powłoki była ona przetapiana w całej swej objętości, bez przetapiania materiału podłoża (rys.4). Procesy natryskiwania z przetopieniem i napawania metodą TIG wykonywano w pozycji podolnej. Otwór wykonany w dźwignience, dzięki któremu jest ona osadzana na wałku posiada wciśniętą tuleję mosiężną. Z tego powodu ta część dźwignienki musiała być intensywnie chłodzona ze względu na nagrzewanie się całego elementu. Po nałożeniu powłok dźwignienki były powoli studzone w celu uniknięcia powstania zbyt dużych naprężeń i pęknięcia nałożonych powłok.

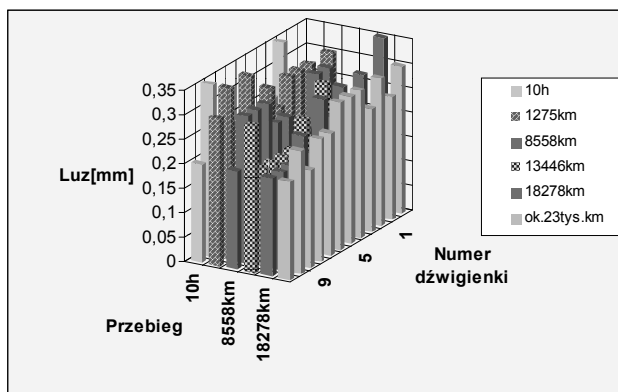


Rys. 4. Mikrostruktura powłoki na osnowie niklu nałożona natryskowo i przetopiona, na warstwie wykonanej metodą MIG-MAG. Pow. 100x. Trawiono wodą królewską

Kolejnym etapem, przed zamontowaniem dźwignienki w silniku, był proces szlifowania na wymiar części dźwignienki współpracującej z zaworem, z zachowaniem jej wymaganego zarysu.

### 4. Badania trwałości w warunkach eksploatacyjnych

Badania laboratoryjne odporności na zużycie dźwignienek zaworowych wymagałyby budowy specjalistycznego stanowiska. Jest to rozwiązanie kosztowne i długotrwałe. Dla skrócenia cyklu badawczego po badaniach wstępnych i wnikliwej analizie, podjęto decyzję o umieszczeniu dźwignienek w silniku i poddaniu intensywnej eksploatacji w rzeczywistych warunkach drogowych. Wstępne badania upoważniły do takiej decyzji. Samochody z silnikami w których zamontowane są badane dźwignienki pokonują miesięcznie 10-12 tys. kilometrów Podczas każdego przeglądu technicznego i wymiany oleju w silniku rejestrowany jest luz zaworowy, a co 20 tys. km. zdejmowane są klawiatury i mierzona jest wielkość zużycia poszczególnych dźwignienek zaworowych. Wykres ilustrujący przebiegi zmian luzów zaworowych w funkcji przebiegu przedstawia rys.5.



Rys. 5. Zmiany luzów zaworowych dla 12 dźwignienek w funkcji przebiegu

Nie stwierdzono podczas pierwszych przeglądów jakichkolwiek ubytków powłok, złuszczeń i odprysków. Brak również śladów odkształceń plastycznych powłoki. Wielkości ubytków na końcówkach dźwignienek, w miejscu współpracy z zaworem we wszystkich przypadkach nie przekraczają 0,1 mm po przebiegu 20 tys. kilometrów.

Pomiar wielkości zużycia samych dźwigienek nie jest w pełni jednoznaczny dlatego regularnie rejestrowany jest luz zaworowy. Pozwoli to w pewnym stopniu oszacować wielkości ubytków na trzonkach zaworów i innych elementach układu rozrządu.

### 5. Synteza wyników i wnioski

Wstępne badania metalograficzne dowodzą, że powłoki na osnowie niklu i kobaltu nałożone na dźwigienki nie posiadają tak dużej ilości porów jak powłoki wykonane metodą MIG-MAG. Procesowi nakładania powłok poddano dźwigienki nowe, zużyte jak

i już raz regenerowane. Powłoki wykonane w Katedrze Inżynierii Materiałowej posiadają wyższą twardość niż materiał podłoża, a odporność na zużycie nie mniejszą, co potwierdziły badania. Nałożone powłoki dobrze przylegają, nie posiadają złuszczeń ani porów o znaczących wymiarach. Badania wstępne dowodzą słuszności stosowania zabiegów podwyższających odporność na zużycie. Koszty regeneracji są kilkukrotnie niższe od ceny dźwigienek nowych.

Kolejnym etapem badań będą próby nakładania powłok na trzonki zaworów, pozwoli to w większym stopniu kształtować odporność na zużycie współpracujących ze sobą elementów.

### 6. Literatura

- [1] Katalog materiałów spawalniczych. Zakład Doświadczalny Instytutu Spawalnictwa 1994.
- [2] Matzke W.: *Projektowanie rozrządu czterosurowych silników trakcyjnych*. WKŁ 1989.
- [3] Pilarczyk J.: *Spawanie i napawanie elektryczne metali*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 2000.
- [4] Czech J., Ziemiński J.: *Napawanie plazmowe i gazowe proszkami metalicznymi*. Przegląd Spawalnictwa nr 9-10, 1977.
- [5] Dziubiński J., Klimpel A.: *Napawanie i natryskiwanie cieplne*. WNT, Warszawa 1985.
- [6] Hejwowski T., Weroński A.: *Wytwarzanie powłok odpornych na zużycie*. PL Wydawnictwa Uczelniane 2000.
- [7] Nowak B.: *Regeneracja typowych elementów pojazdów samochodowych*, WKŁ, Warszawa, 1985.
- [8] Włosiński W.: *Spajanie materiałów*. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej 1989.
- [9] Weroński A., Hejwowski T.: *Problematyka trwałości elementów pracujących przy podwyższonych temperaturach*. PL 1993.
- [10] Weroński A., Gardyński L.: *Nakładanie powłok metodą plazmową na części samochodowe*. Przegląd Spawalnictwa 1996 nr 1-2, str. 14-15.
- [11] Saywell W.A.: *Thermal spray industry continues to develop*. Metal Powder Report 4/96 str. 28.
- [12] Schorr S.B., Stein K.J., Marder A.R.: *Characterization of thermal spray coatings*. Materials Characterization 42/1999 str. 93-100 NY.
- [13] Zagorski A.V., Stadelmaier F.: *Full-scale modeling of thermal spray process*. Surface & coating technology 146-147/2001 str. 162-167.
- [14] Leger A.C., Wigren.: *Development of process window for NiCoCrAlY plasma-sprayed coating*. Surface & coating technology 108-109/1998 str. 86-92.
- [15] Bartuli C., Smith R., Shtessel E.: *SHS Powder for thermal spray applications*. Ceramics International 23/1997 str. 61-68.
- [16] Niewczas A., Czerniec M., Ignaciuk P.: *Badania trwałości elementów maszyn współpracujących tarciowo*. Instytut Zastosowań Techniki Lublin 2000.
- [17] <http://www.gordonengland.co.uk/wear.htm> :Wear resistance. 04.07.2002.
- [18] Burakowski T., Wierzchoń T.: *Inżynieria powierzchni metali*. Warszawa, WNT 1995r.
- [19] <http://republika.pl/pojazdysb/a8/2.html> 26.02.2003.
- [20] Włosiński Wł.: *The joining of advanced materials*. OWPW Warszawa 1999r.

---

**Mgr inż. Maciej Zwierzchowski**

Katedra Inżynierii Materiałowej  
Politechnika Lubelska  
ul. Nadbystrzycka 36  
20-618 Lublin

---