

УДК 621.43.058

UDC 621.43.058

SKŁAD CHEMICZNY WARSTW NALOTOWYCH ORAZ ODDZIAŁYWANIE SKŁADNIKÓW
SPALIN Z MATERIAŁEM GNIAZD ZAWOROWYCH I ZAWORAMI SILNIKA ZASILANEGO
BENZYNĄ BEZOŁOWIOWĄ U-95 SAMOCHODU FIAT 126P

MICHALSKI Jacek, Prof. Dr hab. inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska

ХІМІЧНИЙ СКЛАД НАЛґОТУ ТА ВПЛИВ СКЛАДУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ
НА МАТЕРІАЛ КЛАПАНИХ СІДЕЛ І КЛАПАНІВ ДВИГУНА, ЯКИЙ ПРОЦЮЄ
НА НЕЕТИЛЬОВАНОМУ БЕНЗИНІ А-95 АВТОМОБІЛЯ FIAT 126P

МІХАЛЬСЬКІ Яцек, професор, доктор хабілітований, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща

CHEMICAL COMPOSITION OF DAMAGE AND IMPACT OF INJECTION COMPONENTS
WITH THE VALVE SEATS MATERIAL AND VALVES POWER ENGINE UNLEADED
PETROL U-95 CAR FIAT 126P

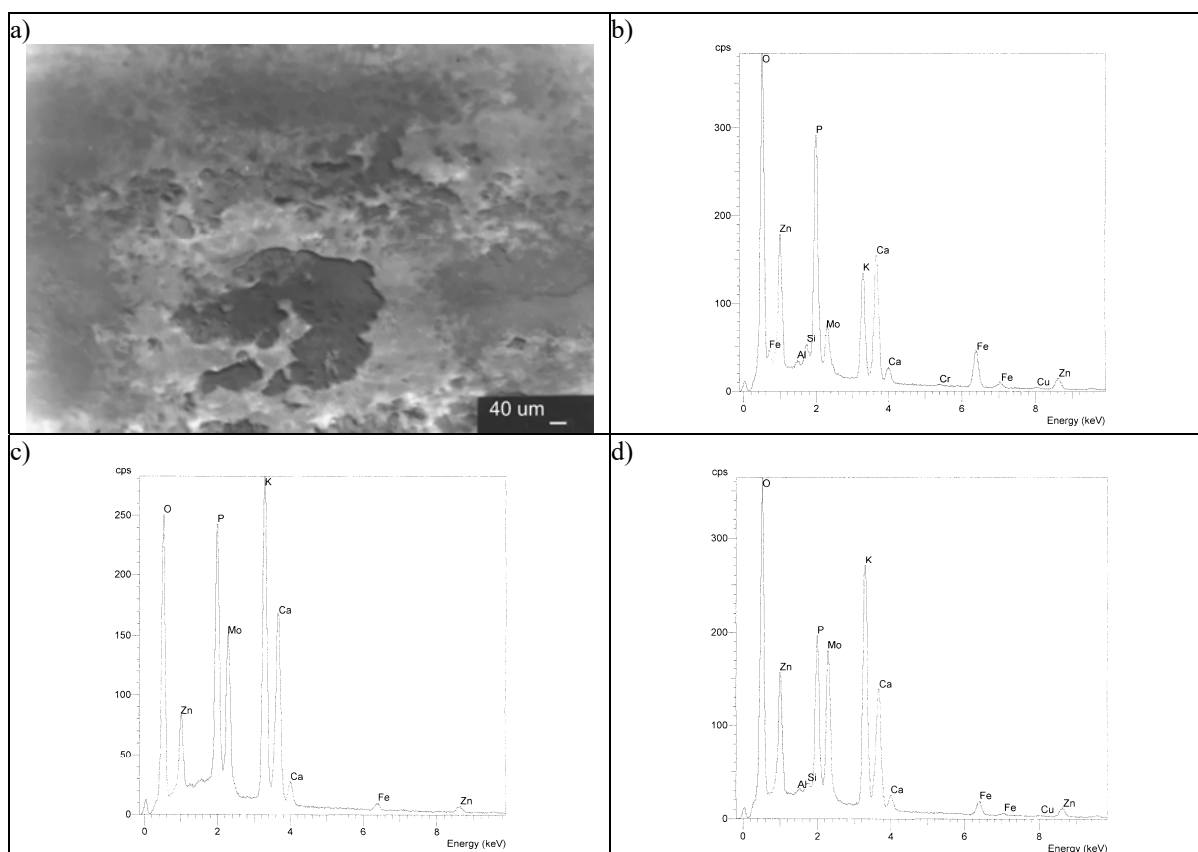
MICHALSKI Jacek, Prof. DSc, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

WSTĘP

Benzyna to jeden z głównych rodzajów paliwa stosowanego do napędu samochodów, samolotów i niektórych innych urządzeń posiadających silnik spalinowy. Stosowana jest także, jako rozpuszczalnik. Z chemicznego punktu widzenia, głównymi składnikami benzyn są węglowodory alifatyczne o liczbie atomów węgla od 5 do 12. Występują również śladowe ilości węglowodorów nienasyconych oraz aromatycznych. Głównymi parametrami określającymi właściwości benzyny, jako paliwa, są liczba oktanowa, wartość opałowa, ciepło parowania, gęstość i stała stechiometryczna [1]. Mieszając dwa węglowodory - izooktan (2,2,4-trimetylopentan) i n-heptan (C_7H_{16}), można symulować zachowanie prawie wszystkich rodzajów benzyn (paliwa wzorcowego). Najlepiej spala się węglowodór, izooktan, powodujący małą ilość osadu węglowego (depozytu). Niepełnym spalaniem z kolei charakteryzuje się n-heptan, pozostawiając dużą ilość warstw nalotowych. W mieszaninie izooktan/n-heptan (0,89 mola frakcji izooktanu) przy większych porach osadów 20-40 Å, izooktan ma selektywność adsorpcji średnio 1,2, w całym zakresie ciśnień badanych (0,01-200 kPa) [2]. Jednak dla małych porów osadów 10 Å, jego selektywność adsorpcji może wynosić ponad trzy, w wyniku efektu upakowania.

Szczelność złozenia gniazdo - zawór decyduje o ekologicznym oddziaływaniu silnika na środowisko [3, 4]. Jego zużycie jest zależne od poślizgu na powierzchni i w obszarze styku złozenia, które zależy od kilku czynników [5]. Najważniejszymi z nich są: ciśnienie spalania, długość styku, kąt zwilżania paliwa, grubość głowicy silnika z zamontowanymi elementami, współczynnik tarcia, zużycie elementów w okresie docierania i zmiana modułu sprężystości elementów wskutek zmian temperatury. Forsberg i współautorzy [6] stwierdzili, iż utworzone osady na gniazdach zaworowych i zaworach mogą oddziaływać ochronnie przed zużyciem. Autorzy rozpatrywali zużycie cierne, adhezyjne, zmęczeniowe i korozyjne.

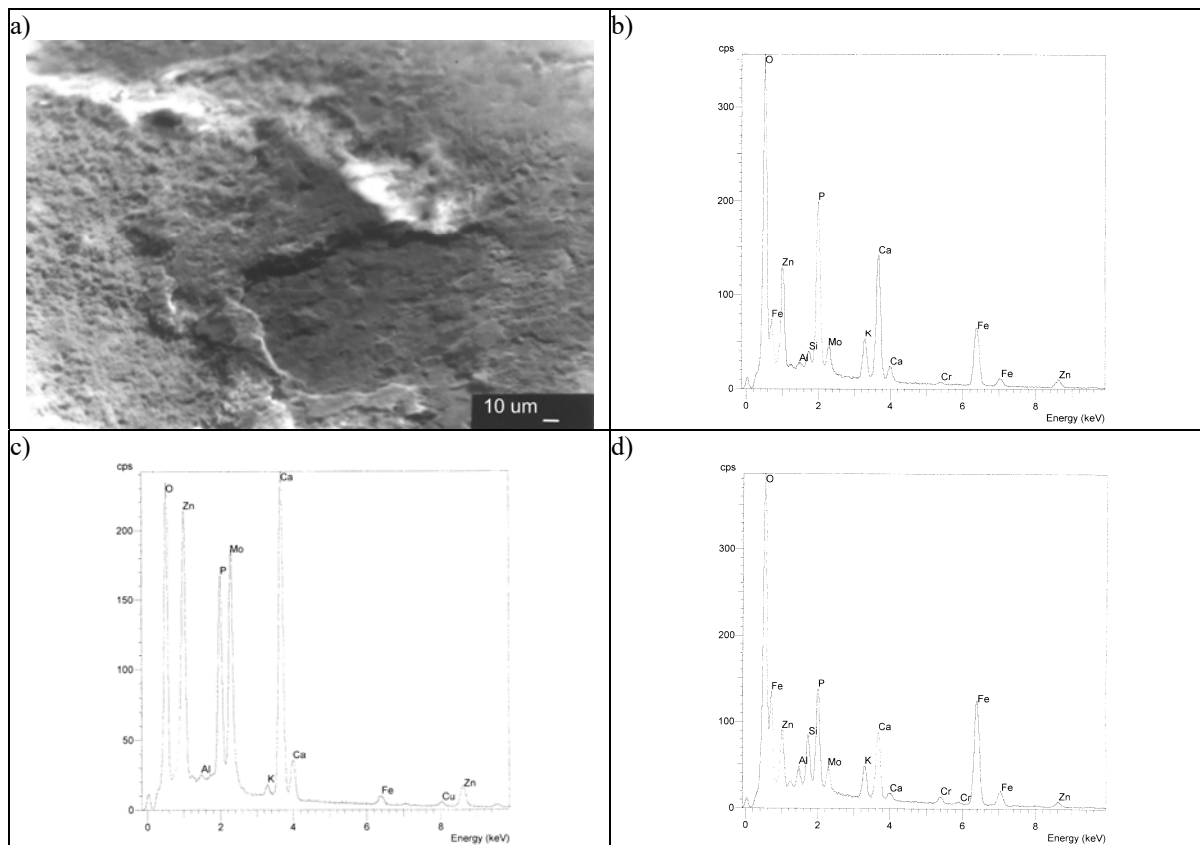
Osady zawierają pozostałości dodatków do oleju napędowego, oleju silnikowego, związki węgla oraz tlenki metali [7]. Dla zasilania silnika benzyną osady na gnieździe zaworowym i zaworze zawierają O, P i Ca [8]. Wyniki analizy składu powierzchni gniazda zaworowego wskazywały ponadto Cu i Mo, niezależnie od rodzaju stosowanego paliwa. Ponadto na powierzchni gniazda zaworowego wylotowego wykryto Si i Mn.



Rysunek 1 – Charakterystyka gniazda zaworu wylotowego, dla cylindra 1, wzdłuż obwodu: a), mikrofotografia powierzchni gniazda zaworu, b) spektrogram i skład chemiczny (K=14,47%, P=21,37%, Zn=14,59%, Ca=16,84%, Fe=14,84%, Al=0,33%, Si=1,11%), c) spektrogram i skład chemiczny z obszaru ciemnego powyżej czarnego (rys. 1a) (K=31,46%, P=14,92%, Zn=5,70%, Ca=18,70%, Fe=2,03%, Al=0,06%), d) spektrogram i skład chemiczny z lewej strony (rys. 1a) (K=28,88%, P=11,32%, Zn=10,06%, Ca=13,85%, Fe=4,75%, Al=0,12%, Si=0,26%), (zawartość wagowa)

Zbadano strukturę i skład chemiczny sadzy i tribofilmu na korpusie skrzyni korbowej, cylindrach, pierścieniach silnika wysokoprężnego Mack T-12, po badaniach dynamicznych stanowiskowych [9]. Stwierdzono korelację pomiędzy składem chemicznym sadzy na badanych elementach silnika oraz występowanie także tribochemicznych warstw oddziałujących na zużycie ściernie (twardość trzeciego ciała, 5-6 w skali Mosha). Próbki sadzy wskazują na obecność termo-oksydacyjnych i tribochemicznych produktów rozkładu oleju silnikowego. Stwierdzono także obecność nanocząstek związków fosforanu cynku i wapnia, siarczku cynku i żelaza, siarczanu cynku, wapnia i żelaza obecnego na powierzchni sadzy. Ponadto wyjaśniono znaczne różnice w składzie chemicznym sadzy w układzie korbowym w porównaniu z sadzą i tribofilmem pierścieni tłokowych. Zawartość sadzy na badanych elementach silnika jest wysoka i wynosiła po 100 h testu, 4,0 - 4,6 % (wagowo) i wzrosła do 6,0% po 300 h.

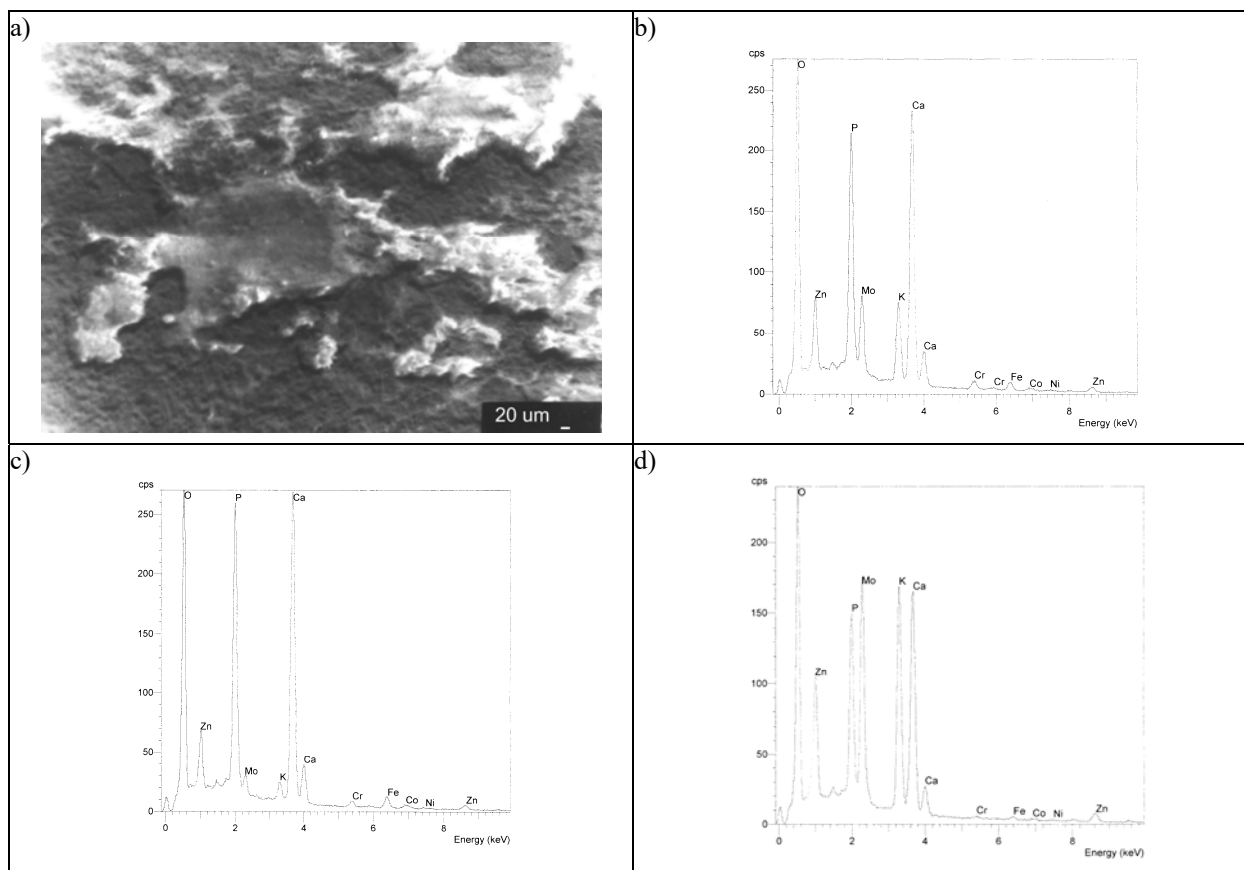
Dostępne w Polsce benzyny z Ukrainy, Białorusi i Federacji Rosyjskiej (o oznaczeniu cyfrowym liczby oktanowej badawczej RON) to: benzyna bezołowiowa A-72 z zawartości ołowiu nie większej niż 0,013 g/l oraz benzyny (żółta): A-76, A-80, A-92 które są ołowiowe o zawartości ołowiu nie więcej niż 0,15 (0,17) g/l lub jako benzyny bezołowiowe (bezbarwna) A-76, A-80, A-92 z zawartości ołowiu nie większą niż 0,013 g/l. Z kolei benzyna z dodatkiem alkilobenzenu, izopentanu i frakcji butan-butylen (pomarańczowo-czerwona) АИ-93, produkcji ołowiowej ma zawartość ołowiu nie więcej niż 0,37 g/l oraz benzyna bezołowiowa (bezbarwna) АИ-93, o zawartości ołowiu nie więcej niż 0,013 g/l. Są także benzyny bezołowiowe (bezbarwna) АИ-91, АИ-92 i АИ-95 oraz benzyny bezołowiowe 95 Ekto, 95 Euro oraz АИ-98 i 98 Euro.



Rysunek 2 – Charakterystyka gniazda zaworu wylotowego, dla cylindra 2, wzdłuż obwodu: a), mikrografia powierzchni gniazda zaworu, b) spektrogram i skład chemiczny z obszaru bez narostu, ciemnego (rys. 2a) (K=6,65%, P=19,18%, Zn=12,57%, Ca=20,02%, Fe=28,76%, Al=0,51%, Si=1,15%), c) spektrogram i skład chemiczny z obszaru jasny brzeg narostu (rys. 2a) (K=1,39%, P=11,26%, Zn=17,90%, Ca=29,59%, Fe=2,29%, Al=0,29%), d) spektrogram i skład chemiczny z lewej strony (rys. 2a) (K=28,88%, P=11,32%, Zn=10,06%, Ca=13,85%, Fe=4,75%, Al=0,12%, Si=0,26%), (zawartość wagowa)

Tabela 1 – Skład chemiczny nalotów na powierzchni gniazda zaworowego wylotowego, nad cylindrem 1 i 2 o wyznaczonej zawartości masowej i atomowej

Składnik	Udział masowy, %						Udział atomowy, %					
	Nad cylindrem 1			Nad cylindrem 2			Nad cylindrem 1			Nad cylindrem 2		
	Rys. 1b	Rys. 1c	Rys. 1d	Rys. 2b	Rys. 2c	Rys. 2d	Rys. 1b	Rys. 1c	Rys. 1d	Rys. 2b	Rys. 2c	Rys. 2d
Al	0,33	0,06	0,12	0,51	0,29	1,69	0,55	0,10	0,22	0,87	0,58	2,92
Si	1,11	-	0,26	1,15	-	5,46	1,80	-	0,45	1,87	-	9,19
P	21,37	14,92	11,32	19,18	11,26	11,82	31,26	22,24	18,01	28,40	19,49	18,05
K	14,47	31,46	28,88	6,65	1,39	4,91	16,77	37,17	36,14	7,80	1,90	5,93
Ca	16,84	18,70	13,85	20,02	29,59	9,66	19,04	21,55	17,03	22,90	39,60	11,40
Cr	0,42	0,01	0,04	0,81	0,03	1,92	0,37	0,01	0,03	0,71	0,03	1,75
Fe	14,84	2,03	4,75	28,76	2,29	47,87	12,04	1,68	4,19	23,62	2,20	40,52
Co	0,21	-	0,05	-	-	-	0,16	-	0,04	-	-	-
Ni	0,26	0,22	0,18	-	-	0,42	0,20	0,17	0,15	-	-	0,34
Cu	1,45	0,45	0,80	0,23	2,40	1,20	1,04	0,33	0,62	0,17	2,03	0,89
Zn	14,59	5,70	10,06	12,57	17,90	6,89	10,11	4,03	7,58	8,82	14,69	4,98
Mo	14,10	26,46	29,70	10,13	34,85	8,18	6,66	12,74	15,26	4,84	19,48	4,03
Σ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Rysunek 3 – Charakterystyka zaworu wylotowego, przyłgni, dla cylindra 1, wzdłuż obwodu: a), mikrofotografia powierzchni zaworu, b) spektrogram i skład chemiczny z lewej od góry (rys. 3a) (K=10,84%, P=18,91%, Zn=6,44%, Ca=37,15%, Fe=3,28%, c) spektrogram i skład chemiczny z powierzchni płaskiej bez narostu obszar ciemny (rys. 3a) (K=3,11%, P=26,88%, Zn=6,57%, Ca=46,42%, Fe=5,09%, d) spektrogram i skład chemiczny z powierzchni narostu jasne pole (rys. 3a) (K=22,33%, P=10,40%, Zn=8,07%, Ca=22,91%, Fe=0,88%), (zawartość wagowa)

Współczesne benzyny bezołowiowe wymagania przeciwstukowe spełniają poprzez wprowadzenie węglowodoru: alkilat, izomeryzat, reformat wysokooktanowy, frakcje z krakowania katalitycznego i frakcje aromatyczne oraz dodatek MMT ((CH₃C₅H₄)Mn(CO)₃, trikarbonylek (metylocyklopentadieno)manganowy i związki tlenowe takie jak alkohole jednowodorowe jak również: eter tert-butyloowo-metylowy (MTBE), eter tert-butyloowo-etylowy (ETBE) oraz etanol. Minimalna zawartość tlenu w benzynie reformułowanej wynosi 2,0% (m/m) w obszarach zagrożonych ozonowo (PN-EN 228:2013-04/Api - normuje maksymalną zawartość tlenu 3,7 % (m/m) i 2,7 % (m/m) w zależności od klasy lotności w okresie letnim, zimowym a oraz okresie przejściowym).

Podwyższenie liczb oktanowych tymi metodami ma też skutki negatywne: emisja benzenu, zanieczyszczenie wód gruntowych przez eter tert-butyloowo-metylowy (MTBE). Często dodatkami antyrecesyjnymi są związki potasowe K, znacząco redukują możliwość uszkodzenia przyłgni gniazd zaworowych i przyłgni zaworów.

Z informacji publikowanych przez PKN Orlen, z roku 2004, wynika iż benzyna uniwersalna bezołowiowa U-95 nie zawierała dodatku przeciwstukowego czteroetyłek ołowiu (tetraetylołów Pb(C₂H₅)₄) i była uszlachetniona potasem K. Została wzbogacona o pakiet dodatków detergencyjnych, antykorozyjnych i antyutleniających gwarantujących między innymi utrzymanie czystości układów silnika oraz zabezpieczających przed korozją. Można ją było stosować w silnikach z nieutwardzonymi gniazdami zaworów, w silnikach przystosowanych do spalania wycofanej także ze sprzedaży etyliny E94.

WARUNKI BADAŃ

Celem badań było określenie składu chemicznego narostów tworzących się na przyłgniach gniazd zaworowych i zaworach oraz określenie oddziaływania składników spalin i benzyny z metalem gniazd zaworowych i zaworów.

Badaniom poddano dwa gniazda zaworowe wylotowe, jedno gniazdo zaworowe dolotowe i odpowiadające tym gniazdom zawory. Silnik napełniono olejem silnikowy mineralny 15W-40 SL/CF. Skład chemiczny osadów (warstw) przyłgni określano metodą mikroanalizy rentgenowskiej. Stosowano przystawkę do mikroanalizy rentgenowskiej Link Oxford współpracującą z mikroskopem elektronowym skaningowym Novascan 30. Analizowano wszystkie, występujące w badanym obszarze pierwiastki metaliczne oraz P i Si. Przy analizie ilościowej nie uwzględniano tlenu i węgla. Analizę przeprowadzono dla wszystkich gniazd wylotowych i przyłgni zaworów wylotowych oraz na jednym gnieździe dolotowym.

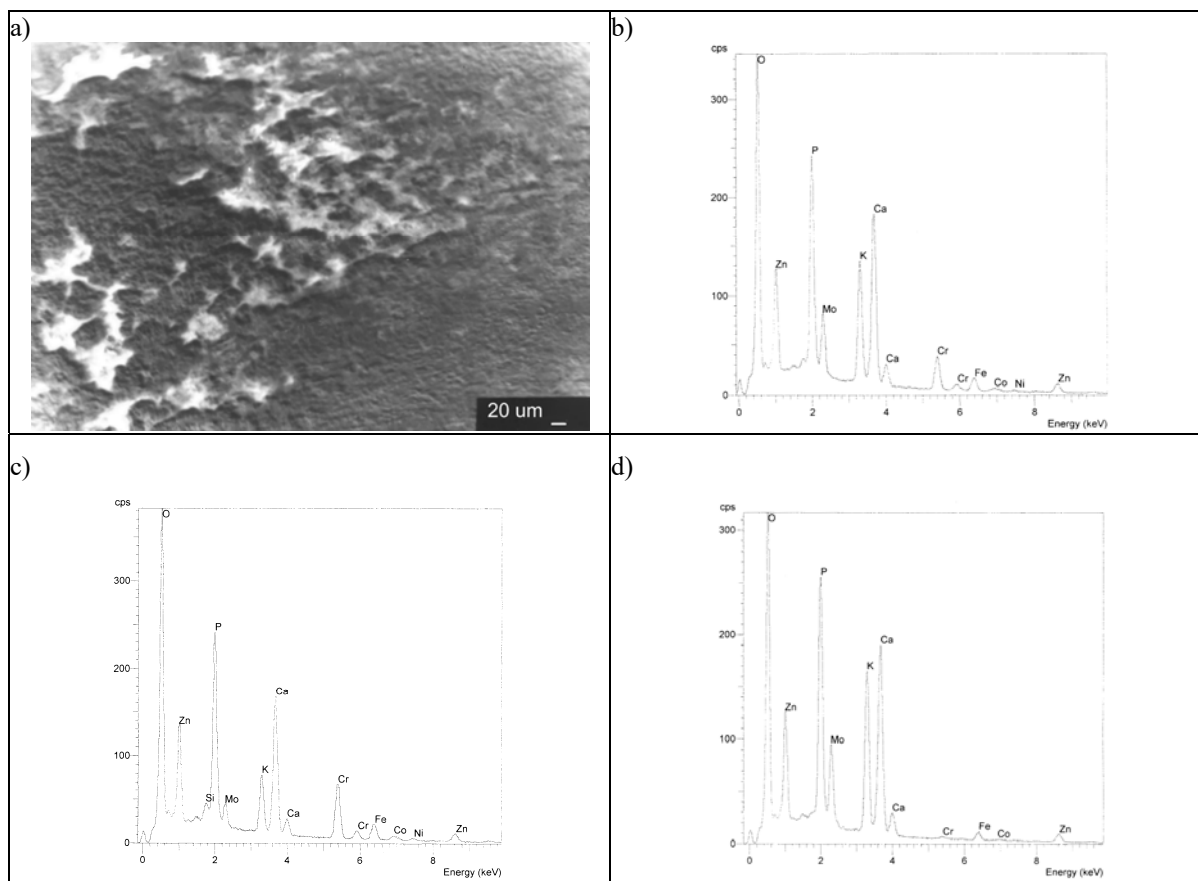
Spektrogramy, składy chemiczne i mikrografie obszarów analizowanych obszarów przedstawiono na kolejnych rysunkach. Jeżeli nie podano inaczej, analizę prowadzono na obszarze odpowiadającym zawartemu na wskazanym zdjęciu. W celu określenia sposobu oddziaływania składników spalin z metalem gniazd zaworów wylotowego przeprowadzono analizę mikrostruktury bezpośrednio pod przyłgnią. Analizę prowadzono na zgładach nietrawionych oraz trawionych. Badania metalograficzne przeprowadzono na jednym gnieździe zaworu wylotowego.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Na rysunkach 1 i 2 zamieszczono mikrografie powierzchni gniazda zaworowego z mikroskopu skaningowego, dla cylindra 1 i 2. Analizowano skład chemiczny warstw nalotowych z trzech charakterystycznych obszarów, zamieszczonych na zdjęciach.

Przedstawiono kolejne spektrogramy i skład chemiczny składników chemicznych warstw nalotowych, jako udział masowy. Stwierdzono dużą różnicę udziału masowego potasu na gniazdach wylotowych nad cylindrami 1 i 2 silnika, mających wartość średnią 24,94% i 12,31%. Wartości średnie zawartości fosforu, cynku i wapnia były zbliżone na gniazdach zaworowych wylotowych. Wynosiły one kolejnie: P 15,87% i 13,92%, Zn 10,12% i 16,51% oraz Ca 16,46% i 21,53%. Tabela 1 przedstawia wartości składu chemicznego (masowego i atomowego) warstw nalotowych gniazd zaworowych z rysunków 1 i 2. Zamieszczono kolejne wartości dla: Al, Si, P, K, Ca, Cr, Fe, Co, Ni, Zn i Mo. Cechą charakterystyczną jest brak lub niewielka zawartość na gniazdach zaworowych wylotowych z żeliwa szarego kobaltu i nikielu. Stwierdzono z kolei w tych warstwach nalotowych chrom, miedź, molibden i oczywiście żelazo. Występuje także, w zróżnicowanej zawartości, aluminium i krzem, prawdopodobnie z materiału głowicy silnika (AK51 / AlSi5Cu1).

Analogiczne wyniki zamieszczono dla badanych warstw nalotowych na przyłgniach zaworów wylotowych. Rysunki 3 i 4 zawierają mikrografie przyłgni zaworów wylotowych oraz spektrogramy z trzech charakterystycznych obszarów. Cechą charakterystyczną osadów na zaworach wylotowych, w porównaniu z osadami na gniazdach zaworowych, jest większa zawartość wapnia (wynosząca 22,90-35,49%) oraz mniejsza zawartość potasu (wynosząca 12,09-15,28%). Osady na zaworach wylotowych nie zawierają także aluminium i miedzi. Zawartości krzemu jest minimalna lub go prawie nie ma. Ogólnie należy stwierdzić, iż pracujące w spalinach z benzyny bezołowiowej U-95 i oleju mineralnego 15W40 SL/CF, gniazda zaworów wylotowych głowicy silnika Fiat 126P silnie są pokryte narostami. Narosty te zawierają, K, P, Ca i Zn o postaci tlenków, o czym świadczy silny spektr tlenu. Hipotezę tę należałoby jednak zweryfikować badaniami fazowymi. Warstwa ta jest dość gruba i twarda. Zabezpiecza ona gniazdo nie tylko chemicznie, ale i mechanicznie. Grubość tej warstwy jest znaczna, o czym świadczy bardzo słaby spektr żelaza leżącego poniżej a utworzonych na gniazdach zaworowych silnika zasilanego benzyna ołowiową. Z kolei przyłgni zaworów wylotowych głowicy silnika Fiat 126P mają narosty z bardzo dużym udziałem Ca, P, K i Zn, w postaci tlenków. Udział poszczególnych pierwiastków jest nieco inny niż w narostach na przyłgniach gniazd zaworowych, ze względu na inną temperaturę pracy grzybków zaworów (wyższą). Zawartość wapnia na przyłgniach zaworów jest większa niż na gniazdach zaworach. Z kolei zawartość K, P i Zn dość zbliżona.



Rysunek 4 – Charakterystyka zaworu wylotowego, dla cylindra 2, wzdłuż obwodu: a) mikrofotografia powierzchni gniazda zaworu, b) spektrogram i skład chemiczny z obszaru lewego od góry (rys. 4a) (K=15,65%, P=18,10%, Zn=10,82%, Ca=22,84%, Fe=5,04%, Si=0,24%), c) spektrogram i skład chemiczny z obszaru bez narostu ciemne pole (rys. 4a) (K=9,01%, P=19,77%, Zn=11,90%, Ca=20,50%, Fe=7,50%, Si=1,00%), d) spektrogram i skład chemiczny z powierzchni narostu białego w środku zdjęcia (rys. 4a) (K=21,19%, P=19,57%, Zn=9,81%, Ca=25,36%, Fe=2,98%, (zawartość wagowa)

Tabela 2 – Skład chemiczny nalotów na powierzchni zaworu wylotowego, przylgni, nad cylindrem 1 i 2 o wyznaczonej zawartości masowej i atomowej

Składnik	Udział masowy, %						Udział atomowy, %					
	Nad cylindrem 1			Nad cylindrem 2			Nad cylindrem 1			Nad cylindrem 2		
	Rys. 3b	Rys. 3c	Rys. 3d	Rys. 4b	Rys. 4c	Rys. 4d	Rys. 3b	Rys. 3c	Rys. 3d	Rys. 4b	Rys. 4c	Rys. 4d
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Si	-	-	-	0,24	1,00	-	-	-	-	0,38	1,60	-
P	18,91	26,88	10,40	18,10	19,77	19,57	27,18	35,35	16,82	26,60	28,58	28,24
K	10,84	3,11	22,33	15,65	9,01	21,19	12,34	3,24	28,61	18,21	10,32	24,21
Ca	37,15	46,42	22,91	22,84	20,50	25,36	41,27	47,17	28,63	25,94	22,90	28,27
Cr	2,30	1,84	0,35	9,02	17,84	0,42	1,97	1,44	0,34	7,89	15,37	0,37
Fe	3,28	5,09	0,88	5,04	7,50	2,98	2,62	3,72	0,79	4,11	6,02	2,38
Co	0,97	2,06	0,56	1,21	2,44	0,56	0,73	1,43	0,48	0,94	1,86	0,42
Ni	0,56	0,58	0,46	0,95	1,77	0,12	0,43	0,40	0,39	0,74	1,35	0,09
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	6,44	6,57	8,07	10,82	11,90	9,81	4,38	4,10	6,18	7,54	8,15	6,71
Mo	19,56	7,43	34,04	16,14	8,26	19,99	9,08	3,15	17,77	7,66	3,85	9,31
Σ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

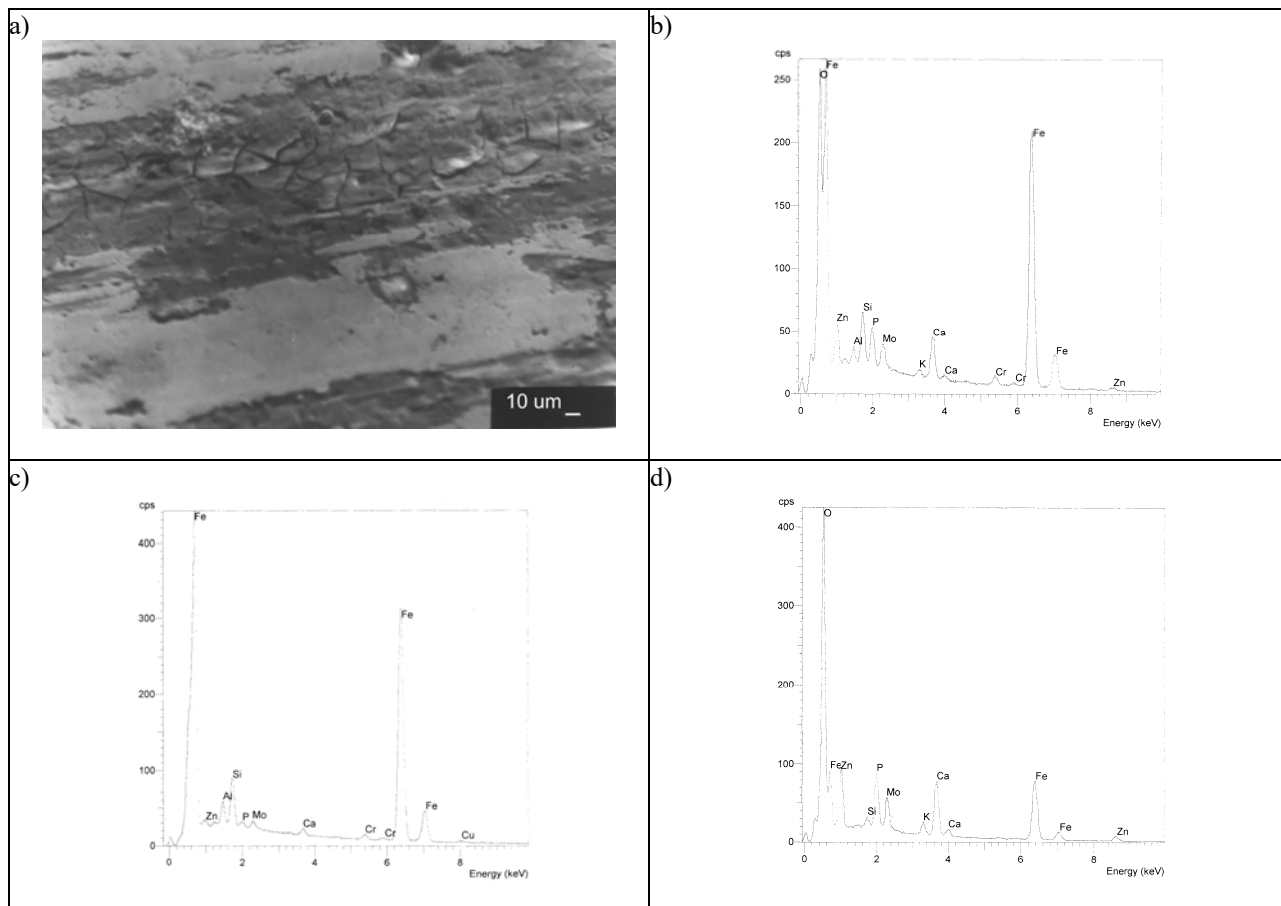


Рисунок 5 – Характеристика гniaзда zaworu dolotowego, dla cylindra 2, wzdluz obwodu: a) mikrografia powierzchni gniazda zaworu, b) spektrogram i sklad chemiczny z obszaru w srodku (rys. 5a) (K=0,76%, P=3,29%, Zn=3,02%, Ca=3,94%, Fe=76,47%, Al=0,89%, Si=4,13%), c) spektrogram i sklad chemiczny z obszaru bez nalotu jasne pasma (rys. 5a) (K=0,15%, P=0,72%, Zn=0,58%, Ca=0,75%, Fe=86,92%, Al=1,77%, Si=5,15%), d) spektrogram i sklad chemiczny z powierzchni zanieczyszczen ciemne pasmo (rys. 5a) (K=3,25%, P=9,75%, Zn=11,33%, Ca=13,03%, Fe=43,93%, Al=0,19%, Si=1,27%), (zawartosc wagowa)

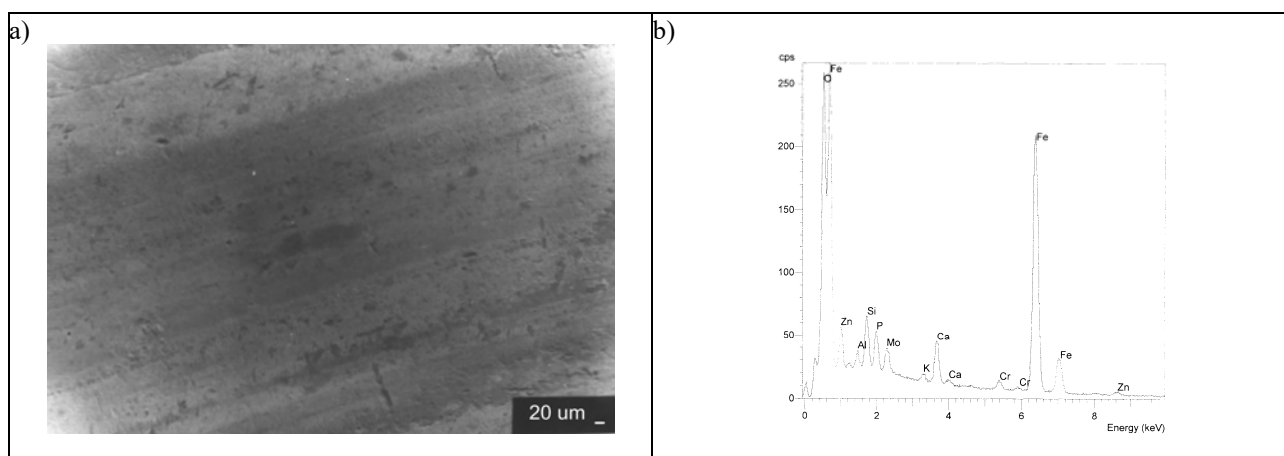
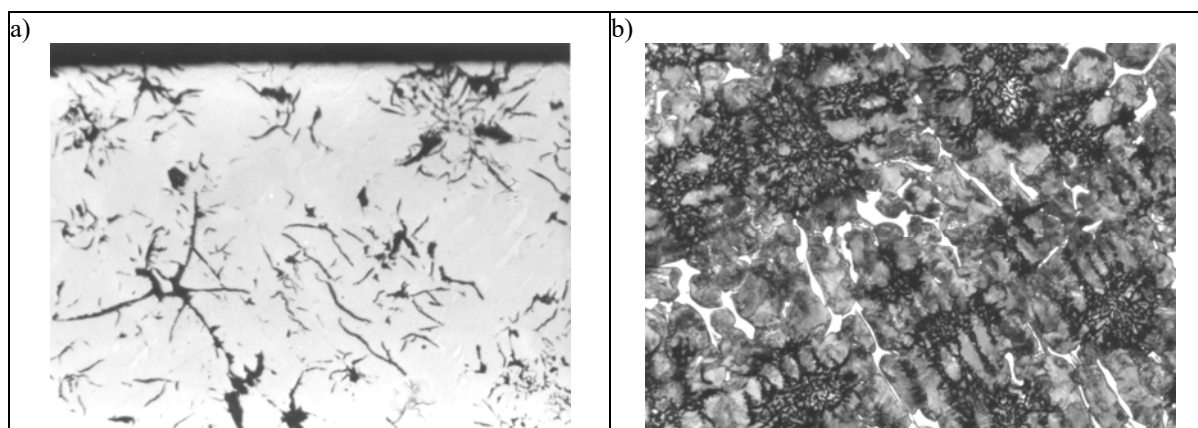


Рисунок 6 – Характеристика zaworu dolotowego, dla cylindra 2, wzdluz obwodu: a), mikrografia powierzchni zaworu, b) spektrogram i sklad chemiczny z obszaru z lewej od gory (rys. 6a) (K=1,65%, P=1,91%, Zn=1,96%, Ca=5,10%, Fe=73,77%, Si=3,51%), (zawartosc wagowa)

Tabela 3 – Sklad chemiczny nalotow na powierzchni gniazda zaworowego dolotowego oraz przyglgni

zaworu dolotowego, nad cylindrem 2, o wyznaczonej zawartości masowej i atomowej

Składnik	Udział masowy, %				Udział atomowy, %			
	Gniazdo zaworowe		Zawór		Gniazdo zaworowe		Zawór	
	Nad cylindrem 2				Nad cylindrem 2			
	Rys. 5b	Rys. 5c)	Rys. 5d)	Rys. 6b)	Rys. 5b)	Rys. 5c)	Rys. 5d)	Rys. 6b)
Al	0,89	1,77	0,19	-	1,71	3,42	0,36	-
Si	4,13	5,15	1,27	3,51	7,67	9,56	2,34	6,75
P	3,29	0,72	9,75	1,91	5,55	1,21	16,37	3,32
K	0,76	0,15	3,25	1,65	1,01	0,20	4,32	2,28
Ca	3,94	0,75	13,03	5,10	5,14	0,98	16,90	6,87
Cr	1,53	1,10	0,61	1,06	1,53	1,10	0,61	1,10
Fe	76,47	86,92	43,93	73,77	71,50	81,19	40,90	71,30
Co	-	-	-	0,60	-	-	-	0,55
Ni	-	-	-	0,95	-	-	-	0,87
Cu	0,78	1,16	0,85	-	0,64	0,96	0,49	-
Zn	3,02	0,58	11,33	0,76	2,41	0,46	9,01	1,62
Mo	5,20	1,71	16,05	1,44	2,83	0,93	8,70	5,34
Σ	100	100	100	100	100	100	100	100



Rysunek 7 – Gniazdo zaworu wylotowych, nad cylindrem 1: a) zgład nietrawiony – ciemny grafit, pow. 250x, b) mikrostruktura – płytkowy perlit, grafit płatkowy (rozietkowe), eutektyka fosforowa pseudopodwójna, nieliczne, drobne ziarna wolnego ferrytu, zgład trawiony nitalem, pow. 500x

Charakterystykę warstw nalotowych gniazda zaworowego dolotowego przedstawia rysunek 5 i tabela 3. Na rysunku 5 zamieszczono mikrofotografię powierzchni oraz spektrogramy i składy chemiczne z trzech jego charakterystycznych obszarów. Występują tutaj obszary bez nalotu, jako jasne pasma, oraz obszary z popękanyimi nalotami. W pasmach jasnych gniazda zaworowego dolotowego zawartość K, P, Zn i Ca jest bardzo mała i wynosi odpowiednio: 0,46%, 2,01%, 1,80% i 2,34%. Ciemna popękana warstwa nalotów zawiera małą zawartość potasu i fosforu, odpowiednio 3,25% i 9,75%. Z kolei zawartość cynku i wapnia, w tej ciemnej warstwie nalotów, jest mniejsza niż w gnieździe zaworu wylotowego gdyż wynosi masowo: Zn=11,33% oraz Ca=13,03%. Z tabeli 3 wynika iż gniazdo zaworu dolotowego nie zawiera kobaltu i niklu. Osadza się na gnieździe dolotowym aluminium i krzem, z materiału głowicy. Zawartość żelaza jest bardzo wysoka, wynika to ze spektru podłoża z żeliwa. Świadczy także o niewielkiej grubości warstwy nalotów na gnieździe dolotowym silnika Fiat 126P.

Na rysunku 6 zamieszczono mikrofotografię powierzchni nalotów na zaworze dolotowym. Zawierają one bardzo małe ilości K, P, Zn i Ca. Naloty te nie zawierają z kolei: aluminium i miedzi. Z porównania tabel 1, 2 i 3 wynika także, iż żeliwo gniazd zaworów dolotowych ma odmienny skład chemiczny niż gniazdo wylotowych, nie zawiera, bowiem kobaltu i niklu.

Ogólnie należy stwierdzić że gniazdo zaworu dolotowego w głowicy nie ma żadnego narostu, a w zagłębieniach odkładają się zanieczyszczenia, tlenki: K, P, Zn i Ca. Warstwa narostów nie występuje natomiast na przyłgni zaworu dolotowego głowicy silnika Fiat 126P. Spektrogram zawiera tylko linie od pierwiastków

materiału zaworu (Fe, Mo, Cr, Ni) oraz od zanieczyszczeń zgromadzonych w nierównościach przylgni.

Wyniki badania mikroskopowego gniazda zaworu wylotowego zamieszczono na rysunku 7. Badania mikroskopowe wykluczają jakąkolwiek penetrację składników narosłych na przylgniach warstw z metalem przylgni. Ich ochronna rola polega na ochronie chemicznej przed utlenianiem metalu pod przylgnią i ochronie mechanicznej. Jeżeli oddziaływanie mechaniczne zaworu na gniazdo zaworu jest zbyt duże, warstwy te zostają zniszczone, a ich ochronna rola zanika.

PODSUMOWANIE

Przylgnię gniazd zaworowych wylotowych i zaworów wylotowych głowicy silnika Fiat 126P po przebiegu 40000 km, zasilanego benzyną bezołowiową uniwersalną U-95 i mającego olej silnikowy mineralny 15W-40 SL/CF, mają narosty utworzone przez K, P, Ca i Zn. Z kolei przylgnię gniazd zaworów dolotowych i zaworów dolotowych nie mają jakichkolwiek narostów z paliwa i oleju silnikowego. W narostach gniazd zaworowych wylotowych i dolotowych występują także Al i Si pochodzące od metalu głowicy, o zróżnicowanej ilości (tabela 1 i 3). Na przylgniach zaworów wylotowych i dolotowych nie stwierdzono aluminium (tabela 2 i 3), natomiast zawartość krzemu jest sporadyczna na zaworach wylotowych (tabela 2) natomiast znaczna na zaworach dolotowych (tabela 3). Składniki warstw nalotowych (narostów) gniazd zaworowych nie penetrują metalu pod przylgnią. Nie wyklucza to penetracji metalu pod przylgnią przez tlen.

LITERATURA

1. Orzechowski Z., Prywer J.: Wytwarzanie i zastosowanie rozpylonej cieczy. Warszawa, WNT – Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2008.
2. Harrison A., Cracknell R. F., Krueger-Venus J., Sarkisov L.: Branched versus linear alkane adsorption in carbonaceous slit pores. *Adsorption-journal of the International Adsorption Society*, 20 (2-3), 427-437, 2014.
3. Hornik A.: Modelowanie obciążeń cieplnych złożenia gniazdo - zawór silnika z zapłonem samoczynnym. Praca doktorska, promotor K. Wilk, Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katowice 2010.
4. Patejuk A.: Kształtowanie właściwości zaworów tłokowych silników spalinowych. Białystok. *Rozprawy Naukowe Nr 185, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej*, 2010.
5. Forsberg P., Debord D., Jacobson S.: Quantification of combustion valve sealing interface sliding - A novel experimental technique and simulations. *Tribology International*, 69, 150-155, 2014.
6. Forsberg P., Gustavsson F., Hollman P., Jacobson S.: Comparison and analysis of protective tribofilms found on heavy duty exhaust valves from field service and made in a test rig. *Wear*, 302 (1-2), 1351-1359, 2013.
7. Forsberg P., Hollman P., Jacobson S.: Wear mechanism study of exhaust valve system in modern heavy duty combustion engines. *Wear*, 271 (9-10), 2477-2484, 2011.
8. Hong J. S., Kim Y. S., Chun K. J.: Study on exhaust valve and seat insert wear depending on fuel type. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 13 (2), 253-260, 2012.
9. Patel M., Aswath P. B.: Structure and chemistry of crankcase and cylinder soot and tribofilms on piston rings from a Mack T-12 dynamometer engine test. *Tribology International*, 77, 111-121, 2014.

STRESZCZENIE

MICHALSKI Jacek. Skład chemiczny warstw nalotowych oraz oddziaływanie składników spalin z materiałem gniazd zaworowych i zaworami silnika zasilanego benzyną bezołowiową U-95 samochodu Fiat 126P / MICHALSKI Jacek // *Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu*. – K. : NTU, 2017. – № 39.

Przedstawiono składy chemiczne warstw nalotowych (trzecie ciało, tribofilm, tribopowłoka, ochronna warstwa procesu użytkowania) na powierzchni przylgni zaworów wylotowych i zaworu dolotowego oraz odpowiednich powierzchniach gniazd zaworowych silnika czterosuwowego o zapłonie iskrowym z samochodu Fiat 126P. Do jego określenia stosowano metodę mikroanalizy rentgenowskiej. Analizę przeprowadzono dla wszystkich gniazd wylotowych i przylgni zaworów wylotowych oraz na jednym gnieździe dolotowym. Zawory i gniazda zaworowe wymontowano z głowicy silnika zasilanego benzyną bezołowiową uniwersalną U-95, po przebiegu samochodu 40000 km. Oddziaływanie gazów spalinowych oceniono na podstawie badania metalograficznego strefy podpowierzchniowej materiału gniazda wylotowego.

РЕФЕРАТ

МІХАЛЬСКИ Яцек. Хімічний склад нальоту та вплив складу відпрацьованих газів на матеріал клапанів сідел і клапанів двигуна, який працює на неетильованому бензині А-95 автомобіля Fiat 126P / МІХАЛЬСКИ Яцек // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2017. – Вип. 3 (39).

У статті розглянуто хімічний склад відкладень (третє тіло, трибо шар, трибо покриття, захисний, експлуатаційний шарв), що утворюються на поверхні випускних клапанів і їх сідел у чотиритактному двигуні з іскровим запалюванням автомобіль Fiat 126P. Для дослідження використовувався метод рентгенівського мікроаналізу. Аналіз був проведений для всіх випускних клапанів та їх сідлах, а також для одного впускного. Клапани та їх сідла було видалено з головки блоку циліндрів двигуна, який пропрацював на неетильованому, універсальному бензині А-95, після пробігу в 40000 км. Вплив продуктів згорання оцінювався за допомогою металографічного дослідження щілин підповерхневого шару металу сідел випускних клапанів.

ABSTRACT

MICHALSKI Jacek. Chemical composition of damage and impact of injection components with the valve seats material and valves power engine unleaded petrol U-95 car Fiat 126P. Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2017. – Issue 3 (39).

Chemical compositions are presented fuel deposits (third body, tribofilm, tribolayers, protective film wear) on the surface of the outlet valves and the inlet of the intake valve and suitable surfaces of valve seats of car Fiat 126P four-stroke spark ignition engine. The X-ray microanalysis method was used. The analysis was performed for all outlets and slots of outlet valves and one intake port. Valves and valve seats were removed from the engine head fed with unleaded petrol U-95, after running 40,000 km. Influence exhaust gases it was assessed on the basis of the metallographic study of the subsurface outlet material.

AUTOR:

MICHALSKI Jacek, Prof. dr hab. inż, Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1531, 35-959, Rzeszów, Polska

АВТОР:

МІХАЛЬСКИ Яцек, Професор, доктор габілітований, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1531, 35-959, Жешув, Польща

AUTHOR:

MICHALSKI Jacek, Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1531, 35-959, Rzeszow, Poland

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Левківський О.П., доктор технічних наук, професор, Національний Транспортний Університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

Савін Ю. Х., кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Levkivskyi O.P, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Manufacturing, Repair and Materials Engineering Department, Kyiv, Ukraine.

Savin Yu.F, Ph.D in Technical Science, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of the Technical operation of cars and car services department, Kyiv, Ukraine.