

KLYUS Oleh

KONSTRUKCJE WTRYSKIWACZY ZE WSTĘPNĄ OBRÓBKĄ PALIWA W SILNIKACH FLOTY RYBACKIEJ

Streszczenie

W artykule przedstawiono konstrukcje wtryskiwaczy paliwowych silników z zapłonem samoczynnym ze wstępną obróbką paliwa polegającej na uzyskanie kontaktu przepływającego paliwa z materiałem o działaniu katalitycznym oraz systemem kanałów turbulizacyjnych o różnej konfiguracji. Wyniki badań laboratoryjnych oraz stanowiskowych świadczą o jednoczesnym zmniejszeniu zużycia paliwa oraz obniżeniu poziomu emisji związków toksycznych w gazach wylotowych silników z zapłonem samoczynnym floty rybackiej.

WSTĘP

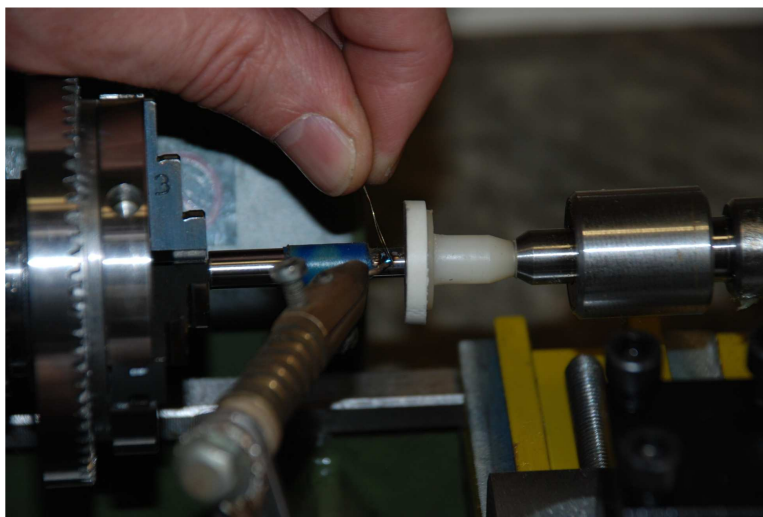
Główne wymagania stawiane współczesnym silnikom dotyczą przede wszystkim zmniejszenia emisji związków toksycznych i w pierwszej kolejności tlenków azotu. Jednak armatorzy przywiązują największą uwagę kwestii obniżenia kosztów eksploatacyjnych na które w większym stopniu wpływają koszty paliwa. Dotyczy to zarówno armatorów statków pełnomorskich jak i mniejszych jednostek pływających do których należą kutry i łodzie rybackie. Należy podkreślić, że w chwili obecnej obniżenie toksyczności spalin i zużycia paliwa jest realizowane drogą zastosowania układów wtryskowych z elektronicznym sterowaniem przebiegu wtryskiwania paliwa (zasobnikowe układy typu Common Rail) jak i reaktorów katalitycznych w układach wydechowych. Należy podkreślić, że jednoczesne obniżenie zużycia paliwa jak i poziomu emisji związków toksycznych nie zostało osiągnięte ze względu na trudności w optymalizacji pracy silnika według tych kryteriów – sprawność silnika (obniżenie zużycia paliwa) rośnie wraz ze wzrostem maksymalnych temperatur obiegu, a ta wysoka temperatura sprzyja powstawaniu większej koncentracji w gazach wylotowych tlenków azotu. Natomiast na jednostkach rybackich które już znajdują się w eksploatacji spełnienie ekologicznych i ekonomicznych wymagań nie jest możliwe nie tylko ze względu na wiek tych jednostek (ponad 60% polskich jednostek rybackich to jednostki których wiek przekracza 20 lat a struktura ich wieku jest zróżnicowana dla poszczególnych grup długości łodzi i kutrów) ale i z problemami modernizacji istniejących silników pod kontem instalowania i sterowania ich pracą

1. WSTĘPNA OBRÓBKĄ PALIWA

Jak wiadomo, podstawowy wpływ na przebieg zjawisk termodynamicznych w cylindrze silnika spalinowego odgrywa pierwszy okres spalania – opóźnienia samozapłonu [2] skrócenie którego doprowadza do obniżenia temperatury w komorze spalania, a więc i warunków do powstania tlenków azotu. W tym celu we współczesnych silnikach z zapłonem

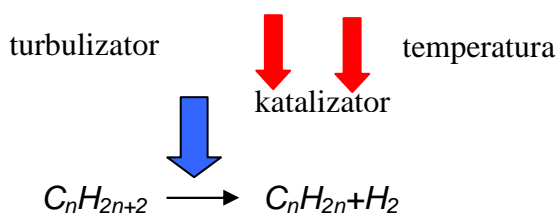
samoczynnym stosowane są układy wtryskowe ze zwiększonym ciśnieniem wtryskiwania paliwa jak i sterowaniem przebiegu charakterystyki wtrysku. Jak już wspomniano, istniejący stan silników floty rybackiej nie pozwala na wprowadzenie takich układów, więc należy poszukiwać innych możliwości, związanych przede wszystkim z organizacją procesu roboczego w cylindrze silnika w celu poprawy ekologicznych i ekonomicznych parametrów ich pracy.

Proces rozpylania paliw ropopochodnych dla silników z zapłonem samoczynnym odbywa się w otworkach wtryskiwaczy do których jest podawane przez kanały w korpusie rozpylacza oraz rurkowy kanał pomiędzy korpusem a iglicą. Kanał rurkowy można wykorzystać dla wstępnej obróbki paliwa a mianowicie na elementy tego kanału nanieść materiał o działaniu katalitycznym. Przykładem procesu technologicznego naniesienia katalizatora na elementy kanału (iglica rozpylacza) może być stopowanie elektroiskrowe, główną zaletą którego jest niska temperatura podłoża (iglicy), więc dokładność elementu precyzyjnego nie ulega zmianie. Z tego wynika, że metoda stopowania elektroiskrowego może być stosowana jak dla wtryskiwaczy podczas ich produkcji tak i dla tych którzy znajdują się w eksploatacji.



Rys. 1. Naniesienie materiału katalitycznego metodą stopowania elektroiskrowego

Przy tym, oddziaływanie katalizatora umożliwia powstanie reakcji odwodornienia paliw węglowodorowych a najliczniejsza grupa tych węglowodorów – parafinowa (C_nH_{2n+2}) przekształca się w olefinową (C_nH_{2n}) z wydzieleniem wolnego wodoru (H_2):



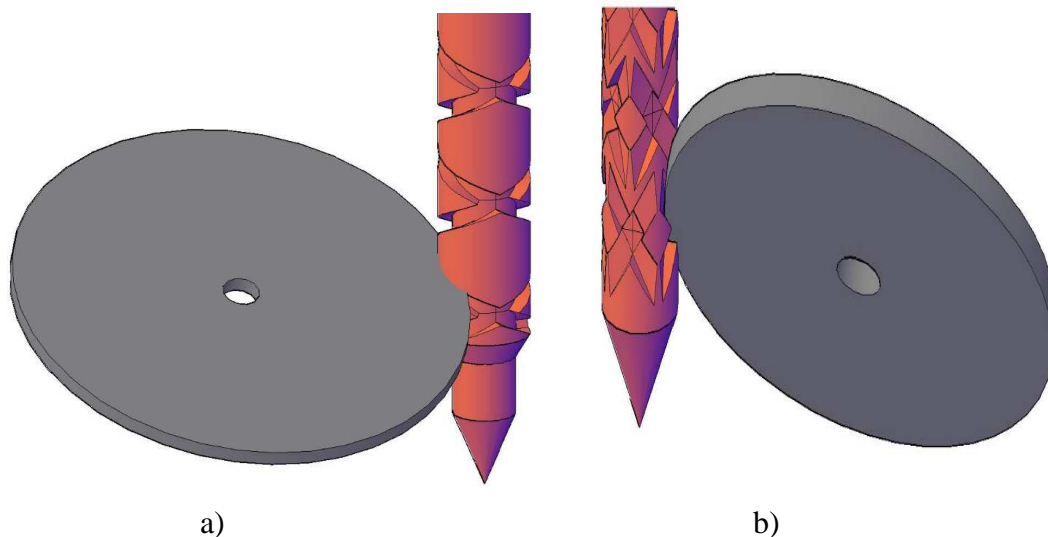
Dzięki dyfuzyjności wodoru, jego lotności i wysokim właściwościom palnym, okres opóźnienia samozapłonu się skraca co przyczynia się do zmniejszenia maksymalnych temperatur obiegu a spalanie staje się bardziej zupełne [1]. Właśnie to sprzyja obniżeniu poziomu emisji tlenków azotu w gazach spalinowych oraz poprawia ekonomiczne charakterystyki silnika. Bardziej efektywnemu oddziaływaniu katalizatora sprzyja wysoka temperatura elementów rozpylacza oraz możliwość wykonania kanałów turbulizacyjnych na elementach kanału rurkowego [3, 4].

2. TURBULIZACJA PRZEPLYWAJĄCEGO PALIWA

We wszystkich wtryskiwaczach zamkniętych, część iglicy od powierzchni różniczkowej pary precyzyjnej do stożka uszczelniającego jest elementem nie pracującym, który wykonuje rolę łącznika. Element ten nie jest częścią precyzyjną uczestniczącą w ruchu iglicy, jak również nie bierze udziału w procesie formownia strugi rozpylanego paliwa przed otworami rozpylającymi. Dodatkowo element ten zwiększa masę iglicy, prowadząc do niekorzystnych zmian na początku i na końcu charakterystyki przebiegu wtrysku paliwa. Należy jeszcze podkreślić, że paliwo na całej długości tego niepracującego odcinka ma niesymetryczny rozkład prędkości w przekroju 2π .

W obliczeniach przyjmuje się jednakowe ciśnienie przed każdym rozpylającym otworem, który formuje strugę wtryskiwanego paliwa. Obliczenie równań różniczkowych typu hiperbolicznego w formie d’Lamberta po całej długości przewodu wysokociśnieniowego, wskazuje jednoznacznie na niestacjonarne proste i odbite fale ciśnienia oraz prędkości, przy zmiennych przekrojach, według ilości wtryskiwanego paliwa i oporów akustycznych [5]. Objętość paliwa potrzebna do podniesienia iglicy występuje tu w postaci tłumika zjawisk falowych, działając jako oscylator pomiędzy napiętą sprężyną z jednej strony, a ściśniętą objętością paliwa po stronie przeciwnej. Doprowadza ona do „naturalnego uspokojenia” charakterystyki wtrysku, która może być określona w oparciu o równanie Bernoulliego, mimo że częstotliwości drgań własnych swobodnej i ściśniętej objętości paliwa są różne i doprowadzają do różnej długości fal strugi paliwa za otworkami rozpylającymi [6].

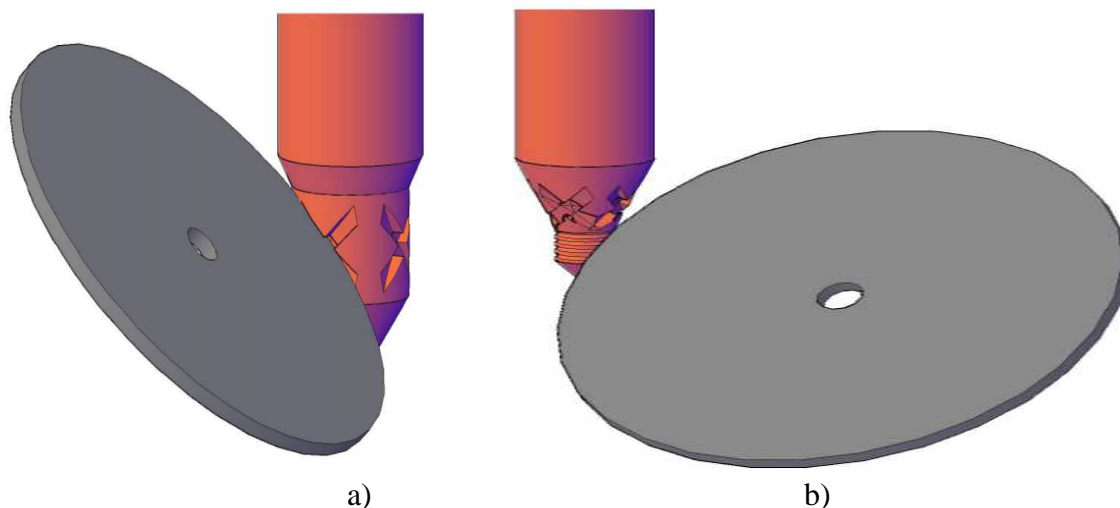
Turbulizacja jak również i homogenizacja przepływającego paliwa odbywa się przy przepływie paliwa w kanałach usytuowanych na części niepracującej iglicy – od powierzchni precyzyjnej iglicy do stożka zapierającego. , natomiast kształt tych kanałów mogą stanowić zarówno przecinające się kanały w postaci lewego i prawego gwintu (wersja Y - rys. 2) lub też krzyżujące się wcięcia usytuowane na całej powierzchni iglicy (wersja X - rys. 2)



Rys. 2. Schematy kanałów turbulizacyjnych: a) – przecinające się kanały lewo- i praworęczne, b) – wcięcia krzyżujące się

Należy podkreślić, że zastosowanie lewo- i praworęcznych przecinających się kanałów (gwintów) możliwe jest dla długich części niepracujących iglicy, przy których ma miejsce przecinanie gwintów.

Dla rozpylaczy z krótką częścią niepracującą iglicy i rozpylaczy czopikowych możliwe jest tylko zastosowanie krzyżujących się wcięć (rys. 3).



Rys. 3. Schematy kanałów turbulizacyjnych (wcięcia krzyżujące się): a) – krótka niepracująca część iglicy rozpylacza wielootworowego, b) – rozpylacz czopikowy

Wykonanie takich kanałów, zarówno w postaci gwintów jak i krzyżujących się wcięć jest możliwe na specjalnie zmodernizowanym stanowisku (rys. 4).

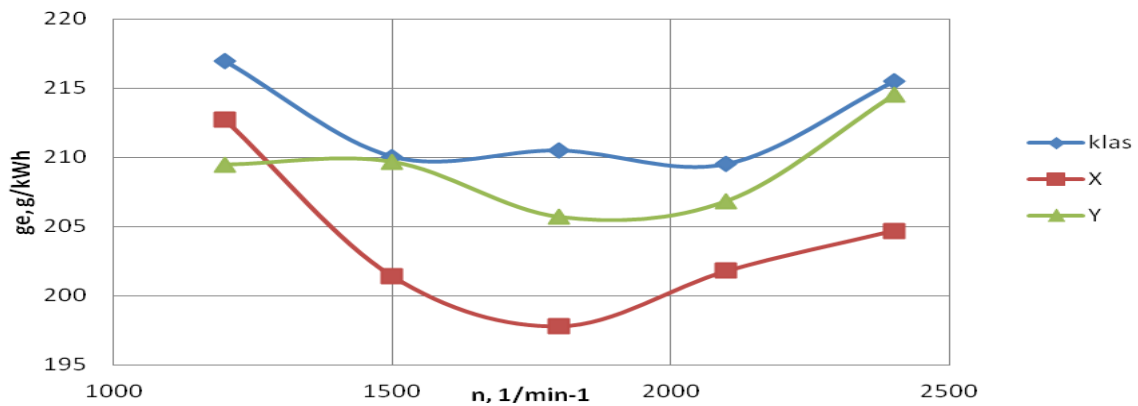


Rys. 4. Stanowisko do wykonania kanałów turbulizacyjnych na rozpylaczach ze wstępną obróbką paliwa

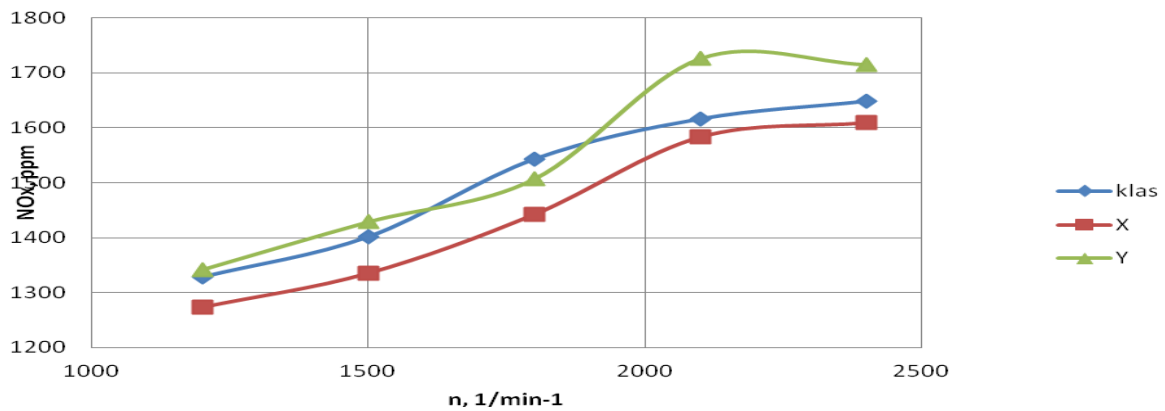
3. BADANIA STANOWISKOWE

Badania stanowiskowe przeprowadzono na silniku typu 359 wyposażonego w komplet aparatury do określenia parametrów operacyjnych jak i toksyczności spalin (wieloskładnikowy analizator spalin IMR3000P, dymomierz MAHA3000). Iglicy rozpylaczy były poddane operacji naniesienia katalizatora metodą stopowania elektroiskrowego a następnie wykonano dwa warianty kanałów turbulizacyjnych – wersja X i Y (zgodnie ze schematem na rys. 2).

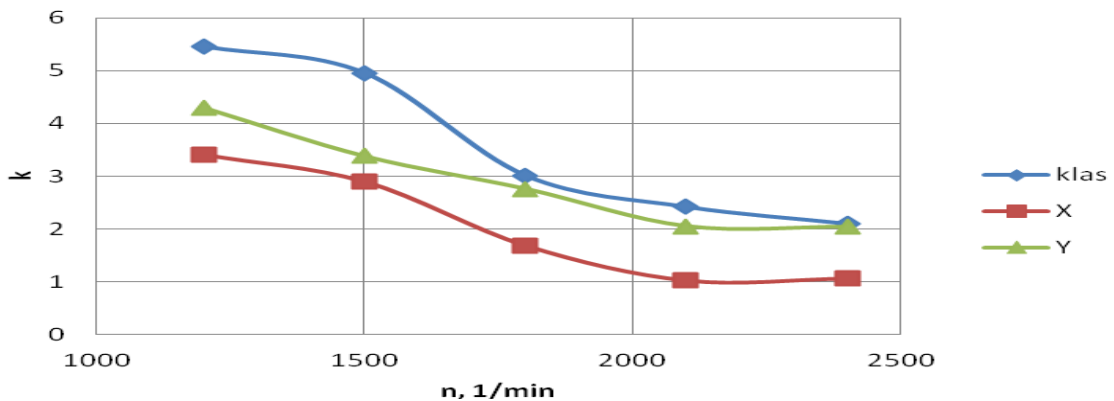
Wyniki badań w postaci charakterystyk prędkościowych obrazują rys. 5 – 7.



Rys. 5. Jednostkowe zużycie paliwa silnika typu 359 podczas pracy z fabrycznym (klasycznym) kompletem rozpylaczy jak i ze wstępną obróbką paliwa



Rys. 6. Poziom emisji tlenków azotu w spalinach silnika typu 359 podczas pracy z fabrycznym (klasycznym) kompletem rozpylaczy jak i ze wstępną obróbką paliwa



Rys. 7. Współczynnik zadymienia (k) spalin silnika typu 359 podczas pracy z fabrycznym (klasycznym) kompletem rozpylaczy jak i ze wstępną obróbką paliwa

PODSUMOWANIE

Jak wykazują wyniki badań stanowiskowych silnika z zapłonem samoczynnym z bezpośrednim wtryskiwaniem paliwa (rys. 5 - 7) zastosowanie wstępnej obróbki paliwa bezpośrednio przed jego wtryskiwaniem do komory spalania umożliwia obniżenie zarówno jednostkowego zużycia paliwa jak i poziomu emisji tlenków azotu i zadymienia spalin. Przy

czym zastosowanie kanałów turbulizacyjnych w postaci krzyżujących się wcięć (X) w porównaniu z kanałami lewego i prawego gwintu (Y) daje lepsze rezultaty. Wyjaśnienie tego zjawiska leży prawdopodobnie w zwiększonej ilości ostrych krawędzi na powierzchni niepracującej części iglicy co w konsekwencji zwiększa zjawisko turbulizacji oraz homogenizacji przepływającego paliwa oraz efektywniejszemu oddziaływaniu katalizatora na paliwo. Dalszy rozwój badań należy ukierunkować na poszukiwanie zarówno rozwiązań konstrukcyjnych rozpylaczy ze wstępną obróbką paliwa (na przykład podwójne gwinty) jak i uproszczonych sposobów wykonania kanałów turbulizacyjnych bezpośrednio u armatorów. Oprócz tego możliwym jest zastosowanie cienkościennych cylindrów pomiędzy korpusem rozpylacza a iglicą, przy czym powierzchnia kontaktu takiego cylindra z paliwem powinna posiadać jak powłokę katalityczną tak i możliwość uzyskania turbulacyjnego przepływu paliwa. Tak zaprojektowany dodatkowy element (cylinder) może być zainstalowany w korpusie rozpylacza jak nowego tak i znajdującego się w eksploatacji.

BIBLIOGRAFIA

1. Ambrozik A. Wybrane zagadnienia procesów cieplnych w tłokowych silnikach spalinowych, Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2003.
2. Hejwood J.B.: Internal combustion engines fundamentals, McCraw – Hill Book Co., NY, 1988.
3. Klyus O. Simultaneous reduction of fuel consumption and toxic emission of exhaust gases of fishing fleet engines. CIMAC-2013, Shanghai, 2013, nr 13. 8p.
4. Klyus O. The use of turbulization in preliminary fuel treatment in self-ignition engines. Combustion Engines, 3/2009 (138)
5. Klyus O., Bejger A., Barsukov S.I. Acoustic characteristics of multipoint diesel injectors with preliminary fuel treatment. Scientific Journals Maritime University of Szczecin, 14(86), Szczecin, 2008.
6. Klyus O., Klyus I. The theory of the turbulization process in the fuel spray injector of compression ignition engines. Scientific Journals Maritime University of Szczecin, 27(99), z.1, Szczecin, 2011.

THE CONSTRUCTION OF FUEL INJECTORS WITH PRELIMINARY TREATMENT IN DIESEL OF FISH VESSELS

Abstract

In the article was discussed the original design of diesel engines injectors with accessible of fuel treatment consisting in obtaining fuel contact with catalytically active material in the injector channel increasing this process by fuel flow through turbulising channels placed inside of the injectors housing. Tests carried out on laboratory test bed as well as on diesel engines used on board of fishing vessels confirm both, lower fuel consumption and reduced emission at the level of toxic compounds in the exhaust gasses.

Autor:

Prof., dr hab. inż. **Oleh Klyus** – Akademia Morska w Szczecinie