

Stanisław GUMUŁA, Krystyna PRYNC-SKOTNICZNY, Przemysław SKOTNICZNY
Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków

KOREKTA KONSTRUKCJI KATALIZATORA SILNIKA SPALINOWEGO

Streszczenie. W artykule zamieszczono rezultaty badań przepływowych katalizatora. pierwsza część zadań dotyczyła charakterystyk przepływowych katalizatora w wersji konstrukcyjnej wytwórcy.

Określono drogą eksperymentalną stratę ciśnienia związaną z przepływem gazów przez katalizator oraz określono rozkłady prędkości przepływu wewnątrz katalizatora przy różnych natężeniach przepływu gazu.

Rozkłady prędkości mierzono w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku przepływu gazu w płaszczyźnie sąsiadującej z częścią chemicznie czynną.

Część katalizatora, w której struga gazu kierowana jest na część cylindryczną chemicznie czynną, ma kształt dyfuzora o dużym kącie rozbieżności. Problemem konstrukcyjnym jest ukształtowanie rozkładu prędkości w dyfuzorze, aby osiągnąć równomierne natężenie przepływu gazu przez powierzchnię napływu na układ chemicznie czynny.

Po serii badań przepływowych na katalizatorze w wersji konstrukcyjnej wytwórcy, zmodernizowano układ przepływowy katalizatora poprzez wprowadzenie do części dyfuzorowej kilku wariantów układu kierownic.

Wyniki przedstawiono w formie charakterystyk porównawczych strat ciśnienia i rozkładów prędkości w obudowie dla katalizatora w wersji fabrycznej i katalizatora uzupełnionego o układy kierownic.

Ostatni etap badań obejmował pomiary katalizatora w układzie wydechowym silnika SW400. Przeprowadzono badania porównawcze katalizatora w wersji fabrycznej oraz najkorzystniejszego pod względem przepływowym układu kierownic.

CONSTRUCTION CORRECTION OF COMBUSTION ENGINE CATALYST

Summary. The lecture presents flow investigation results of the combustion engine catalyst. The first part of investigations has been concerned with flow characteristics on original construction version. of manufacturer.

A loss of pressure connected with gas flow through the catalyst as well as flow velocity distributions inside the catalyst at different combustion gas flow intensities have been defined on experimental way. The velocity distributions have been measured on a plane which was perpendicular to a combustion gas flow direction on an adjacent plane to the chemical active part.

A catalyst part into which the gas stream was directed towards chemical active cylindrical part had a diffuser shape of large divergence angle. The construction problem was a modelling of velocity distribution into a diffuser to obtain a uniform gas flow intensity through flow plane on the chemical active circuit.

After the series of flow investigations carried out on the original manufacturer's version the flow system of combustion engine catalyst has. been modernized by an insertion of two steering gear systems to a diffuser part.

The results of investigations have been shown in a shape of characteristics of pressure losses and velocity distributions in the catalyst housing for a manufacturer's catalyst and modernized on equipped with the steering gear systems.

The last step of investigations covered the combustion engine catalyst measurements into the SW 400 engine exhausted systems. The comparative investigations of catalyst have been carried out on the manufacturer's version as well as the possibly optimal one with flow steering gear systems.

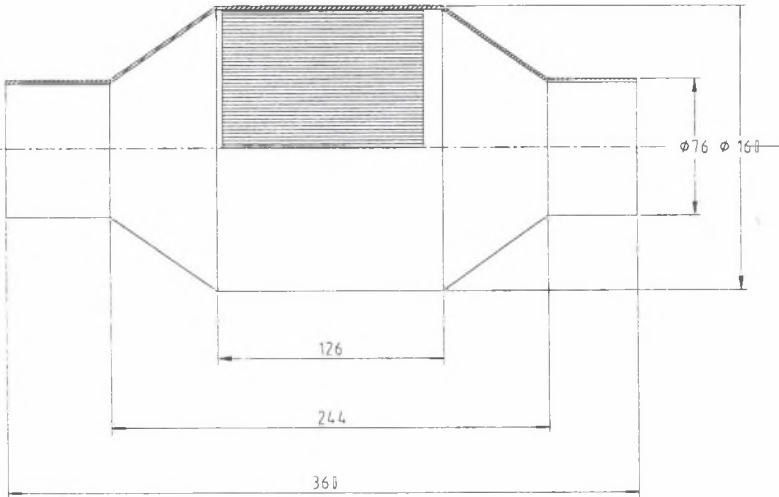
Wprowadzenie

Wśród ważnych właściwości katalizatorów należy wymienić między innymi równomierne zużywanie powierzchni chemicznie czynnej oraz możliwie małą stratę ciśnienia związaną z przepływem spalin.

Przedmiotem badań było określenie charakterystyk przepływowych jednego z katalizatorów produkowanych w kraju. Na charakterystyki te złożyły się rozkłady prędkości wzdłuż średnicy katalizatora (profil prędkości spalin w płaszczyźnie ich napływu na katalizator) oraz wyznaczenie strat ciśnienia na katalizatorze w zależności od natężenia przepływu spalin.

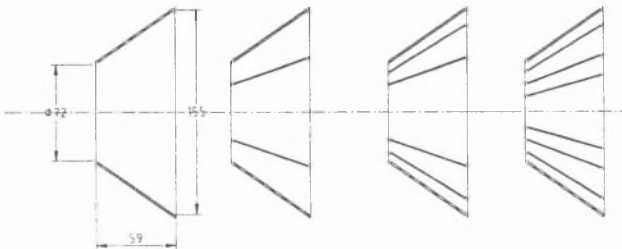
Obiekt badań. Metoda badań

Obiekt badań wraz z wymiarami geometrycznymi został pokazany schematycznie na rysunku 1. Pole przekroju hydraulicznego części walcowej układu katalitycznego oczyszczania spalin jest mniejsze i wynika z różnicy pola przekroju obudowy i reaktora katalitycznego.



Rys.1. Badany katalizator
Fig.1. Investigated catalyst

Pierwsza grupa badań polegała na określeniu rozkładów prędkości przepływu spalin wzdłuż średnicy katalizatora, dla różnych wartości natężeń przepływu spalin, kolejno dla różnych wariantów konstrukcyjnych części dyfuzorowej obudowy. Wśród wariantów konstrukcyjnych obudowy uwzględniono wykonanie fabryczne nie posiadające kierownic oraz dwa rozwiązania modyfikujące rozwiązanie fabryczne poprzez wprowadzenie kierownic. Najpierw wprowadzono do dyfuzora układ dwóch kierownic, a następnie układ trzech kierownic (rys.2).



Rys.2. Część dyfuzorowa katalizatora z wprowadzonymi kierownicami
Fig.2. Catalyst diffuser part with inserted steering gears

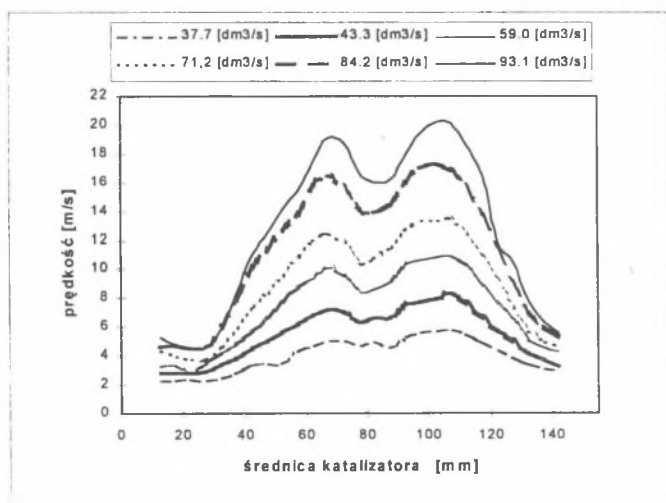
Druga grupa badań polegała na badaniu straty ciśnienia na obudowie katalizatora przy różnych wartościach natężenia przepływu spalin, dla wszystkich rozpatrywanych wariantów konstrukcyjnych części dyfuzorowej.

Pomiar rozkładów prędkości dokonywany był za pomocą anemometru półprzewodnikowego typu HSA-4. Ponieważ zakres kompensacji wpływu temperatury na wskazania anemometru mieści się w przedziale $-20 \div +60^{\circ}\text{C}$, pomiary rozkładów prędkości i straty ciśnienia były wykonywane w tak dobranym połączeniu silnik-katalizator, aby temperatura spalin mieściła się w zakresie kompensacji wpływu temperatury przyrządu. Warunki termiczne przepływu były ustabilizowane. Straty ciśnienia mierzono za pomocą mikromanometru z rurką pochyłą.

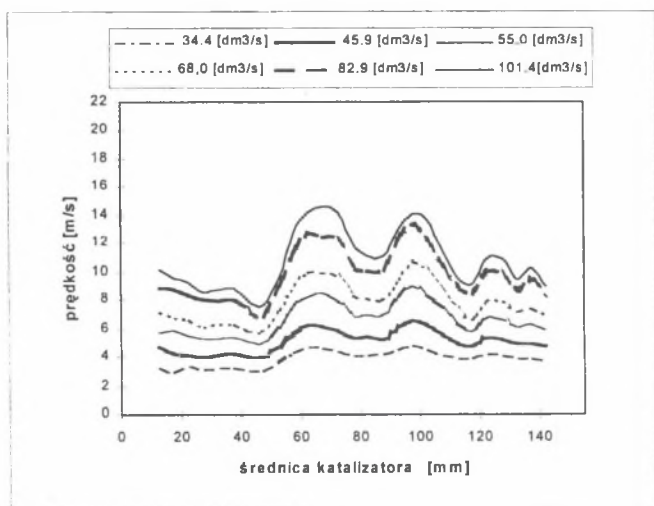
Drugi etap badań obejmował badania charakterystyk katalizatora współpracującego z silnikiem SW400 i pracującego w temperaturze od 200°C do 550°C . W tym przypadku do pomiaru profilu prędkości spalin za częścią chemicznie czynną zastosowano sondę Pito-Prandtla.

Wyniki badań

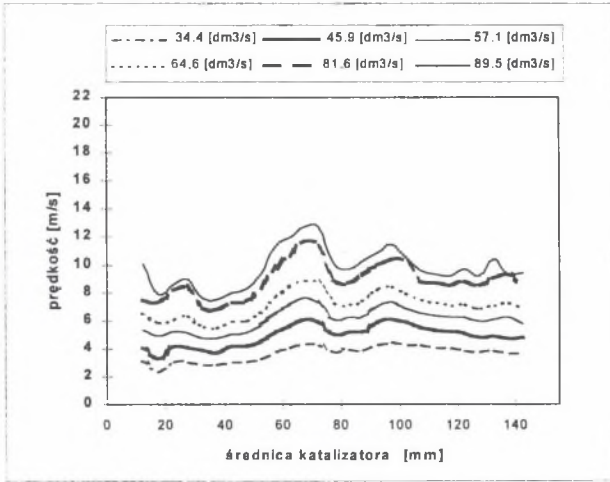
Rezultaty przeprowadzonych badań zostały przedstawione w postaci graficznej. Na rys.3. przedstawiono rozkłady prędkości przepływu spalin wzdłuż średnicy katalizatora dla obudowy w wersji fabrycznej dla różnych wartości natężeń przepływu spalin przez katalizator, na rys.4. przedstawiono rozkłady prędkości przepływu spalin wzdłuż średnicy katalizatora, przy różnych wartościach natężeń przepływu spalin, dla obudowy zmodernizowanej poprzez wprowadzenie dwóch kierownic. na rys.5. - rozkłady prędkości przepływu spalin wzdłuż średnicy katalizatora przy różnych wartościach natężeń przepływu spalin, dla obudowy zmodernizowanej poprzez wprowadzenie trzech kierownic, a na rys.6. przedstawiono straty ciśnienia na katalizatorze w zależności od natężenia przepływu spalin dla różnych rozwiązań konstrukcyjnych układu przepływowego katalizatora.



Rys.3. Rozkład prędkości przepływu spalin wzdłuż średnicy katalizatora przy obudowie w wersji fabrycznej
 Fig.3. Distribution of combustion gas flow along a catalyst diameter with a housing in a manufacturer's version

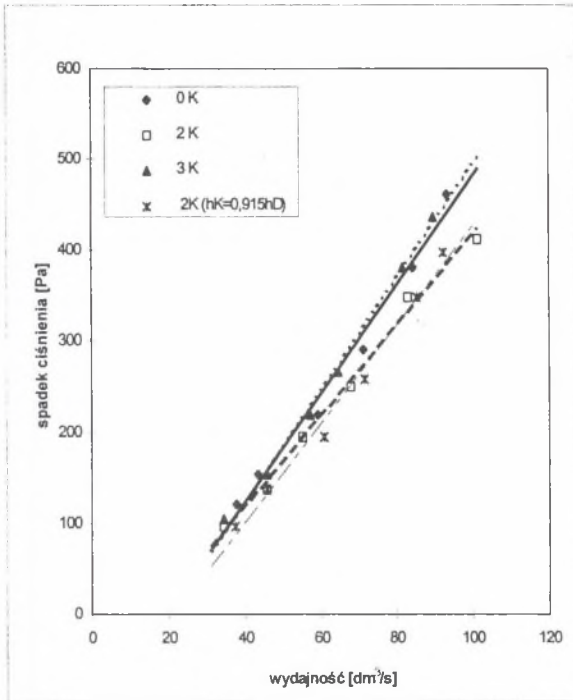


Rys.4. Rozkład prędkości przepływu spalin wzdłuż średnicy katalizatora po wprowadzeniu dwóch kierownic w części dyfuzorowej obudowy
 Fig.4. Distribution of combustion gas flow along a catalyst diameter after two steering gear insert into a housing diffuser part



Rys.5. Rozkład prędkości przepływu spalin wzdłuż średnicy katalizatora po wprowadzeniu trzech kierownic w części dyfuzorowej obudowy

Fig.5. Distribution of combustion gas flow velocity along a catalyst diameter after three steering gear insert into a housing diffuser part



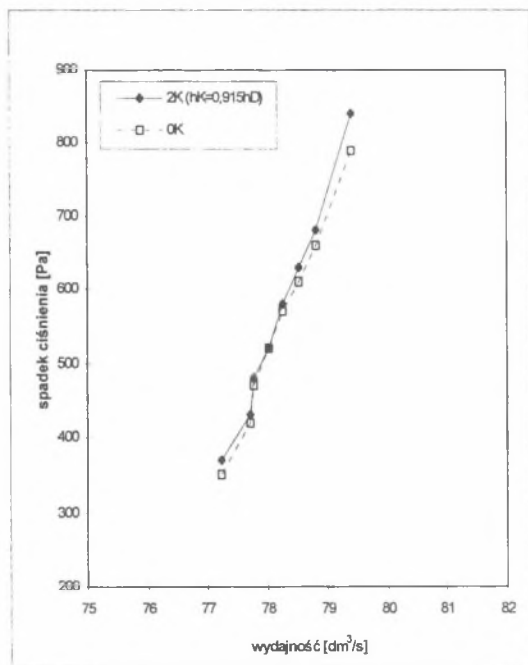
Rys.6. Straty ciśnienia na katalizatorze w zależności od natężenia przepływu zimnych spalin dla różnych rozwiązań konstrukcyjnych układu przepływowego katalizatora

Fig.6. Pressure losses on a catalyst according to the intensity of cold combustion gas flow for different construction solutions of catalyst flow system

Relacje podane na rysunku 6, tak jak charakterystyki przepływowe, w pewnym zakresie mają przebieg paraboliczny. Jednakże na rysunku aproksymacja danych została dla łatwiejszego porównania przedstawiona w postaci liniowej. Dla rozważanego zakresu zmian prędkości przepływu rozbieżności do relacji liniowej są niewielkie, a ułatwione jest porównanie badanych konstrukcji pod względem przepływowym.

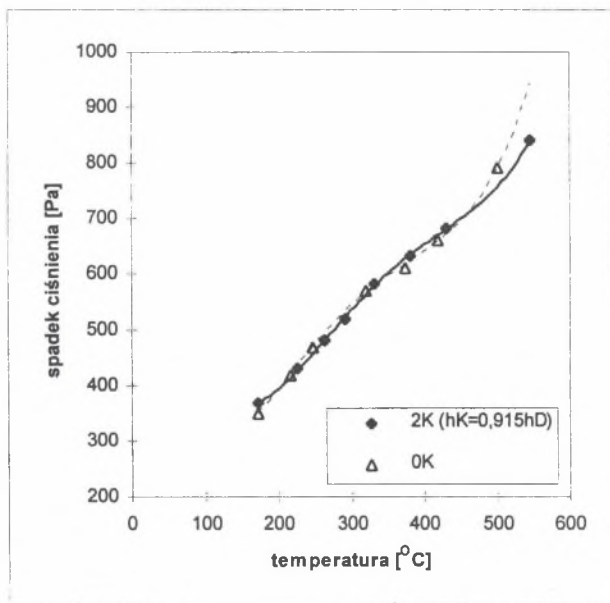
Po wykonaniu wstępnych badań różnych rozwiązań konstrukcyjnych części dyfuzorowej katalizatora na "zimnych spalinach" wykonano serię badań na "gorących spalinach" po zamontowaniu katalizatora zaraz za silnikiem. Na podstawie wyników wstępnych badań (rys.6) do badań na gorących spalinach wybrano układ dyfuzorowy katalizatora z dwoma kierownicami o wysokości h_K mniejszej od wysokości dyfuzora h_D o 5 mm ($h_K=0,915h_D$). Charakterystyki przepływowe katalizatora dla powyższego układu dyfuzorowego przedstawiono na rysunku 7.

Na rysunku 8 przedstawiono straty ciśnienia na katalizatorze w zależności od temperatury spalin dla różnych rozwiązań konstrukcyjnych układu przepływowego katalizatora.



Rys.7. Straty ciśnienia na katalizatorze w zależności od natężenia przepływu gorących spalin dla różnych rozwiązań konstrukcyjnych układu przepływowego katalizatora

Fig.7. Pressure losses on a catalyst according to the intensity hot combustion gas flow for different construction solutions of catalyst flow system



Rys.8. Straty ciśnienia na katalizatorze w zależności od temperatury spalin dla różnych rozwiązań konstrukcyjnych układu przepływowego katalizatora

Fig.8. Pressure losses on a catalyst according to the temperature of combustion gas flow for different construction solutions of catalyst flow system

Wnioski i podsumowanie

Badania wykazały, że w przypadku spalin schłodzonych modernizacja układu przepływowego obudowy katalizatora powoduje równocześnie dwa korzystne efekty.

Pierwszy efekt, to wyraźna poprawa profilu prędkości spalin napływających na katalizator. Powoduje to bardziej równomierne wykorzystanie całej objętości katalizatora. Efekt drugi to zmniejszenie straty ciśnienia na katalizatorze o około 20%. „Garby”, które można zauważyć na wykresach, są wynikiem wpływu prętów mocujących reaktor katalityczny.

Badanie katalizatora przy przepływie spalin gorących wykazały, że różnica w profilach prędkości pomiędzy katalizatorem w wersji fabrycznej a katalizatorem zmodernizowanym poprzez wprowadzenie kierownic jest analogiczna do przypadku przepływu spalin schłodzonych. Wprowadzenie kierownic powoduje w każdym przypadku wyrównanie profilu prędkości, a co za tym idzie równomierne, zużywanie katalizatora.

Jednak w przypadku katalizatora z układem kierownic przy przepływie spalin gorących nie uzyskano obniżenia straty ciśnienia na katalizatorze w stosunku do jego wersji fabrycznej. Jest to następstwem wzrostu lepkości spalin związanego ze wzrostem temperatury.

Przebadane warianty konstrukcyjne z pewnością nie są optymalne ani z punktu widzenia równomierności rozkładu prędkości napływu spalin na katalizator ani minimalizacji straty ciśnienia na katalizatorze. Określenie konstrukcji optymalnej wymaga znacznie szerszego zakresu badań. Uzyskane rezultaty wykazują na celowość dalszych badań tego problemu.

Recenzent: Dr hab. inż. Jerzy Sawicki
Prof. Politechniki Gdańskiej

Abstract

The lecture presents flow investigation results of the catalyst of combustion engine. The subject of the investigations was a determination of flow characteristics of a selected domestic catalyst. Among the important characteristics of such a catalysts we must give the following: a uniform wear of active chemical surface and possibly small pressure loss connected with combustion gas flow. These characteristics cover the distributions of velocity along the catalyst diameter (profile of combustion gas velocities on a plane of its flow into the catalyst) and a pressure loss assignment on the catalyst according to the combustion gas flow intensity.

The first part of investigations has been concerned with the flow characteristics on the original manufacturer's construction version.

A loss of pressure connected with the gas flow through the catalyst as well as flow velocity distributions inside the catalyst at different combustion gas flow intensities have been defined on experimental way. The velocity distributions have been measured on a plane which was perpendicular to a combustion gas flow direction on an adjacent plane to the chemical active part.

A catalyst part into which the gas stream was directed towards chemical active cylindrical part had a diffuser shape of large divergence angle. The construction problem was a modelling of velocity distribution into a diffuser to obtain a uniform gas flow intensity through flow plane on the chemical active circuit. After the series of investigations carried out on the original

manufacturer's version the flow system of catalyst has been modernized by an insertion of two steering gear systems into a diffuser part.

The results of investigations have been shown in a shape of characteristics of pressure losses and velocity distributions in the catalyst housing for a manufacturer's catalyst of combustion engine and the catalyst equipped with the steering gear systems.

The last step of investigations covered the combustion engine catalyst measurements into the SW 400 engine exhausted systems. The combustion engine catalyst comparative investigations have been carried out on the manufacturer's original version as well as the possibly optimal one with flow steering gear systems.

These investigated cases of catalyst construction without any doubts were not the optimal ones neither from the point of view of uniformity of combustion gas flow velocity on the catalyst nor pressure loss decrease on it. The determination of the optimal construction requires much more large scale of investigations. The obtained results of investigations have been enhanced and shown advisable future works on this problem.