

## PATTERN GRAF OF THE FLOW FROM INTEL CHANNEL DEPENDENT BY SITUATION TO VALVE LIFTS

Jacek Leyko

Politechnika Łódzka, Instytut Pojazdów

90-924 Łódź, Żeromskiego 116

tel./fax (42) 631 23 94 / (42) 631 23 98 , e-mail leykoj@p.lodz.pl

### Abstract

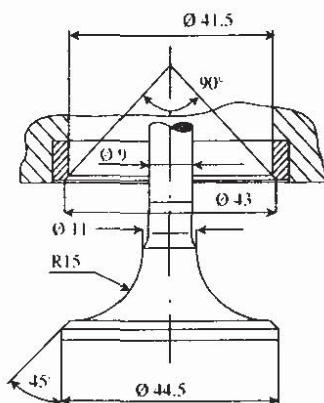
The paper presents the flow patterns on the surface of valve seat, valve and cylinder head. The simple method of the surface oil-film visualisation was applied. The number of different positions of inlet port in cylinder was tested. At each position the flow was examined for several valve lifts. The special attention was paid on the small lifts, when the changes in flow mode are the most significant.

## OBRAZ WYPŁYWU Z KANAŁU DOLOTOWEGO W ZALEŻNOŚCI OD POŁOŻENIA KANAŁU WZGLĘDEM OSI CYLINDRA

### Streszczenie

W artykule przedstawiono obraz przepływu na przylgni gniazda i na powierzchni grzybka zaworu do-  
lotowego oraz w cylindrze przy powierzchni dolnej płyty głowicy. Obrazy przepływu otrzymano metodą wizuali-  
zacji powierzchniowej. Badania przeprowadzono, zmieniając położenie kanału względem osi cylindra. Dla każ-  
dego położenia wizualizowano przepływ dla wielu wzniosów zaworu.

### 1. Metoda badań



Rys. 1. Wymiary zaworu i gniazda zaworu

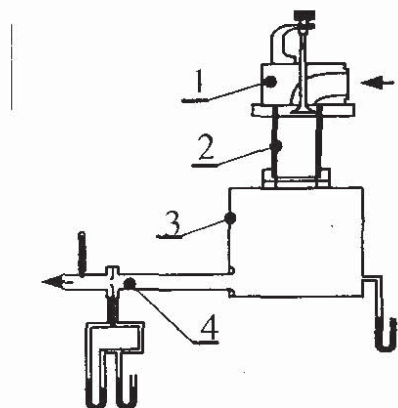
Fig. 1. Valve and valve seat geometry

Kształt i położenie kanału dolotowego mają duże znaczenie przy wytwarzaniu ruchu powietrza w cylindrze i tworzeniu mieszaniny paliwowo-powietrznej w cylindrze, zwłaszcza w silniku o zapłonie samoczynnym. Badania polegające na wizualizacji metodą cienkiej warstwy oleju (oil-film) [3,4] przepływu przy powierzchni grzybka zaworu oraz dolnej płyty

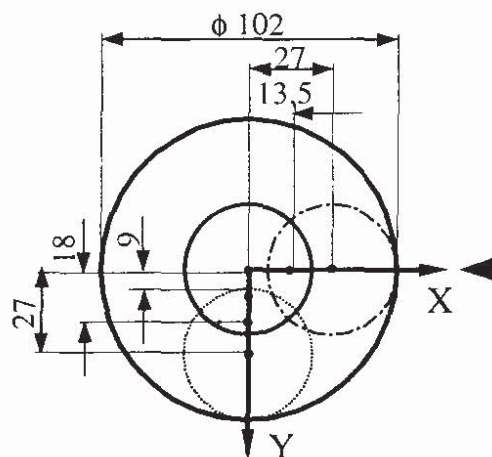
głowicy w warunkach przepływu ustalonego i w zależności od położenia kanału w cylindrze są prostym sposobem oceny jakościowej zjawisk związanych z ruchem powietrza w cylindrze. Otrzymane obrazy wskazujące rejony separacji przepływu mogą być doskonałym punktem wyjścia do badań ilościowych, np. za pomocą anemometru laserowego.

Wizualizację ustalonego przepływu przy powierzchni zaworu oraz dolnej płyty głowicy przeprowadzono dla osiowego kanału dolotowego silnika 1 HC 102. Na rys.1 przedstawiono wymiary gniazda w głowicy oraz zaworu dolotowego tego silnika.

Przed rozpoczęciem badań zawór, przylgnię gniazda i dolną płytę głowicy pomalowano białą emalią. Następnie pomalowane powierzchnie pokrywano cienką warstwą emulsji czarnego tonera oraz nafty i oliwki kosmetycznej a zmontowaną głowicę umieszczano na stanowisku, którego schemat pokazano na rys. 2. Na stanowisku pomiędzy głowicę (1) a przezroczysty cylinder ze szkła organicznego (2) wsuwano płytę z frezowanymi rowkami. Dzięki temu można było zmieniać położenie kanału względem osi cylindra. Przepływ w kanale wymuszany był stałym podciśnieniem 16 mmHg panującym w zbiorniku (3), wytwarzanym przez zespół pomp. Za pomocą zwężki ISO (4) mierzono także strumień przepływu powietrza. Głowica pozostawała na stanowisku tak długo, aż obraz przepływu obserwowany przez cylinder był utrwalony po odparowaniu nafty. Czas jaki potrzebny był do powstania wyraźnego obrazu oraz proporcje składników emulsji dobierane były indywidualnie dla każdego położenia kanału i wzniosu zaworu.



Rys. 2. Stanowisko badawcze  
1. głowica, 2 cylinder, 3 zbiornik, 4 zwężka  
Fig. 2. Test rig  
1 cylinder head, 2 cylinder 3 tank, 4 orifice

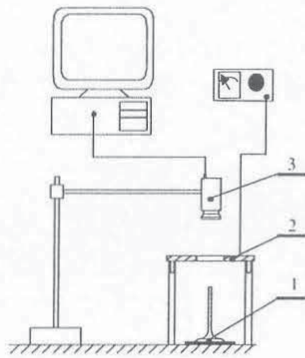


Rys.3. Położenie kanału w cylindrze  
Fig.3. Port position in cylinder.

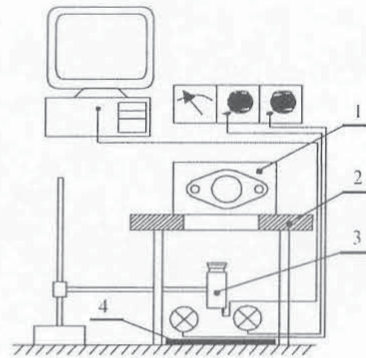
Wizualizację przeprowadzono dla 6 położenia kanału: Jak pokazano na rys. 3, były to następujące położenia: centralne, opisane współrzędnymi X0Y0, dwa położenia X13,5Y0 i X27Y0, dla których głowicę przemieszczono wzdłuż osi kanału oraz 3 położenia X0Y9, X0Y18 i X0Y27, gdy kanał oddalano od osi cylindra w kierunku prostopadłym do osi kanału. We wszystkich położeniach wznios zaworu zmieniano od  $h=0,5$  mm do 14 mm, gdy pole powierzchni stożkowej w szczelinie pomiędzy przylgnię zaworu a gniazdem zrównywało się z polem powierzchni w pierścieniowym przekroju w gnieździe wokół trzonka.

Na rys. 4 i rys. 5 przedstawiono sposób rejestracji obrazów przepływu przy powierzchni grzybka zaworu i dolnej płyty głowicy. Rejestracja odbywała się po zdjęciu głowicy ze stanowiska i wyjęciu zaworu. Zawór (1) umieszczano wewnątrz specjalnie w tym celu wykonanej pierścieniowej lampy bezcieniowej (2) a obraz powierzchni grzybka i przylgni utrwalano za pomocą kamery CCD (3), przesyłano do karty graficznej i zapisywano.

Z kolei głowicę (1) ustawiano na stoliku (2), a kamerę (3) umieszczano pod spodem. Aby uzyskać równomierne oświetlenie, dolna płyta głowicy nie była oświetlana bezpośrednio, lecz światłem odbitym od lustra (4) leżącego pod kamerą.



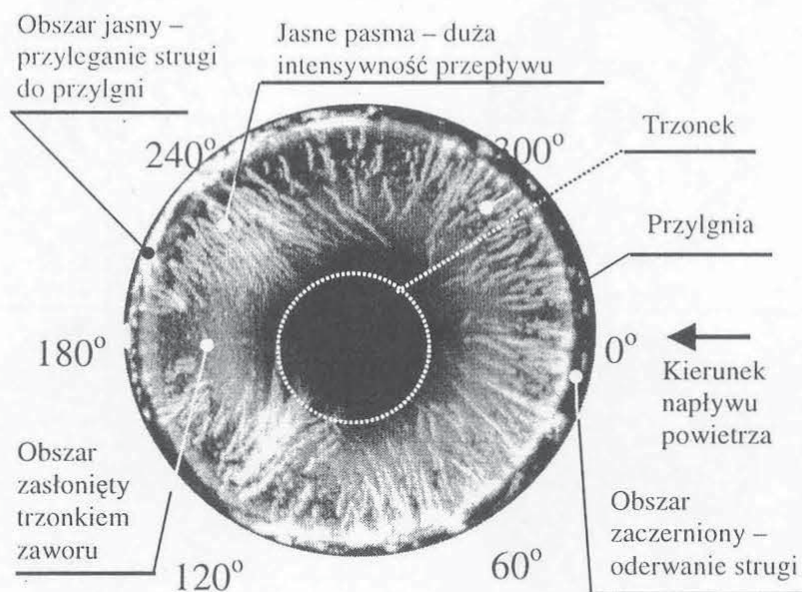
Rys. 4. Rejestracja obrazu na powierzchni zaworu  
 1 zawór, 2 lampa bezcieniowa, 3 kamera  
 Fig. 4. Recording of the valve flow pattern  
 1 valve, 2 shadeless lamp 3 camera



Rys. 5. Rejestracja obrazu na powierzchni głowicy  
 1 głowica, 2 stolik, 3 kamera, 4 lustro  
 Fig. 5. Recording of the cylinder head flow pattern  
 1 cylinder head, 2 table, 3 camera, 4 mirror

## 2. Zawór

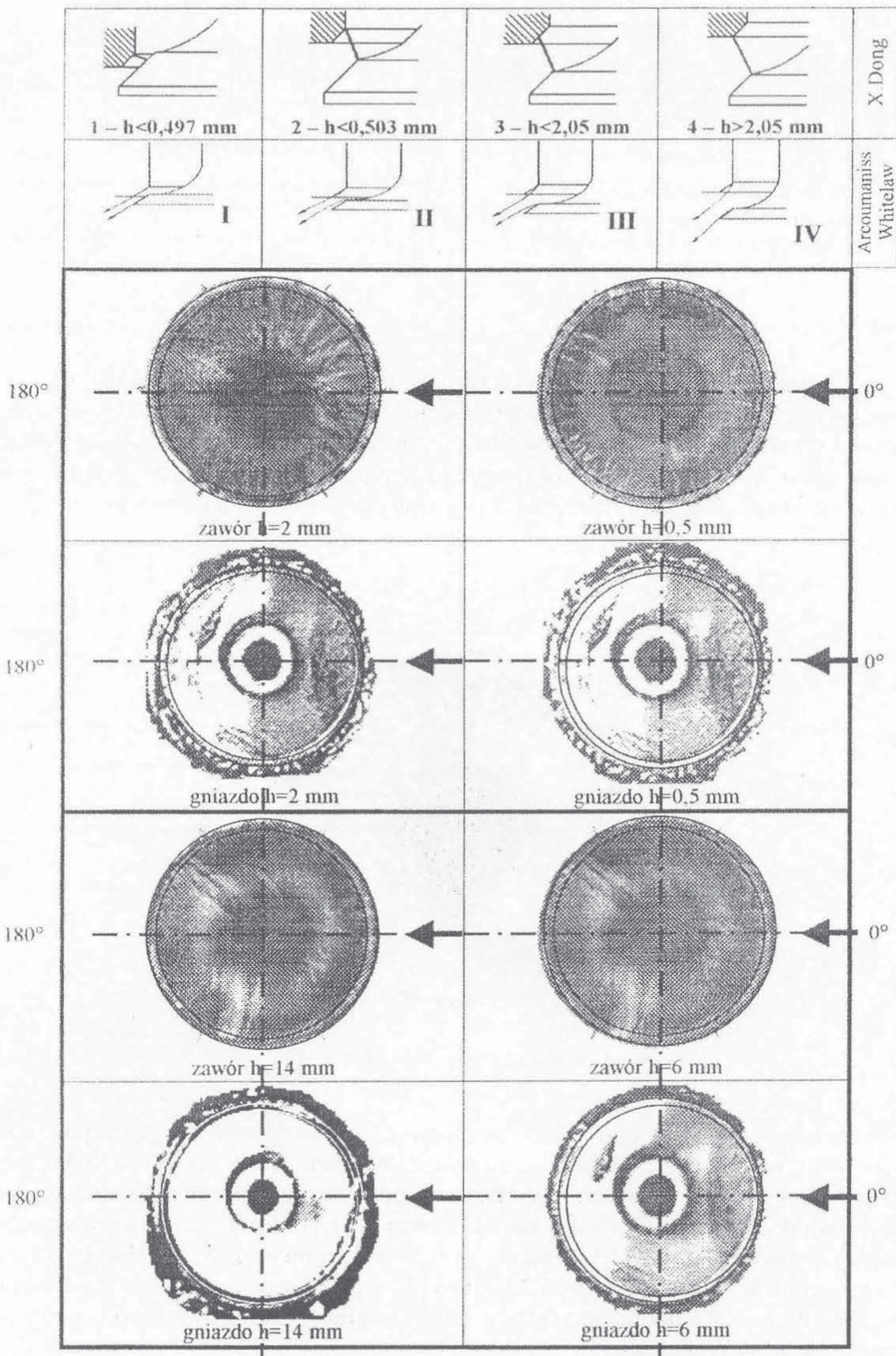
Opis obrazu przepływu na powierzchni grzybka zaworu przedstawiono na rys. 6. Wyraźnie widoczne są obszary charakterystyczne: promieniowe jasne linie wymyte na powierzchni grzybka przez strumień powietrza o dużej prędkości, ciemne pole za trzonkiem świadczące o małej intensywności występującego tam przepływu oraz jasne i ciemne plamy na przylgni, w miejscach, gdzie strumień przylega lub odrywa się od jej powierzchni.



Rys. 6. Ślady przepływu na grzybku zaworu  
 Fig. 6. Valve flow pattern

W tabelicy 1 przedstawiono natomiast zmiany obrazu przepływu przy powierzchni grzybka zaworu w zależności od wzniosu zaworu  $h$ . Wybrano jedno położenie X0Y0, gdy oś zaworu pokrywa się z osią cylindra, jednakże w pozostałych położeniach przebieg zmian obrazu przepływu w zależności od wzniosu zaworu był podobny. Zarejestrowane obrazy porównano ze zmianami położenia najmniejszego pola powierzchni przekroju pomiędzy grzybkiem a gniazdem według wzorów X.Donga [2], z podziałem wzniosu na 4 odcinki oraz z opisem zmian charakteru przepływu w szczelinie zaworowej podanym przez C.Arcoumanisa i J.H.Whitelawa [1].

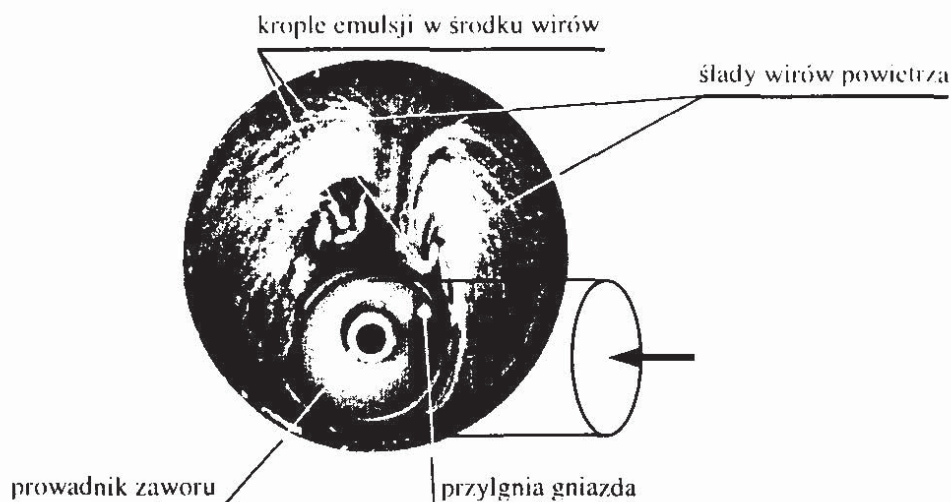
Tablica 1. Przepływ na grzybku zaworu i na przyłgni gniazda w położeniu XOYO i różnych wzniosów zaworu  $h$ .  
 Table 1. Flow patterns on the valve and valve seat at XOYO position and different valve lifts  $h$



Według Arcoumanisa i Whitelawa w fazie I struga powietrza przy najmniejszych wzniosach zaworu dolega zarówno do przylgni zaworu, jak i gniazda. W fazie II, dla nieco większych wzniosów przepływ zmienia charakter i struga odrywa się od powierzchni przylgni zaworu. Wyniki wizualizacji wskazują, że w badanym przypadku faza I występuje przy bardzo małym wzniosie, mniejszym niż  $h < 0,5$  mm ( $h/D_k < 0,012$ ). Pola ciemne obok jasnych zaobserwowano bowiem na powierzchni przylgni zaworu już przy  $h = 0,5$  mm. Granicy przejścia fazy I w II nie udało się wyznaczyć dokładnie, ponieważ uzyskanie obrazu zadowalającej jakości dla  $h < 0,5$  mm było niemożliwe. Przejście do fazy II przepływu pokrywa się ze zmianą położenia przekroju o najmniejszym polu powierzchni. Według wzorów Donga do  $h = 0,497$  mm dla badanego zaworu i gniazda ten stożkowy przekrój wyznacza wewnętrzna krawędź przylgni gniazda oraz linia leżąca na przylgni zaworu. W takich warunkach struga rzeczywiście winna przylegać do obu przylgni. Przy  $h = 0,507$  mm może pojawić się oderwanie strugi po stronie zaworu, gdyż wówczas przekrój ogranicza wewnętrzna krawędź przylgni grzybka zaworu. Zatem w pobliżu  $h = 0,5$  mm prawdopodobna jest zmiana charakteru przepływu w szczelinie.

Obraz charakterystyczny dla II fazy przepływu według podziału Arcoumanisa i Whitelawa, utrzymywał się prawie do  $h = 14$  mm. Dopiero przy tym maksymalnym wzniosie przepływ rozpoczynał przechodzenie do fazy III i na części przylgni gniazda pomiędzy kątem  $90^\circ$  a  $270^\circ$  pojawiły się ciemne miejsca wskazujące na oderwanie strugi również od tej powierzchni. Fazy IV z doleganiem strugi do przylgni zaworu nie zaobserwowano. Obraz fazy II był najlepiej widoczny przy  $h = 6$  mm, kiedy powierzchnia przylgni gniazda była jasna na całym obwodzie. Według wzorów Donga z geometrii szczeliny wynika, że pojawienie się fazy III winno nastąpić wcześniej, bo przy  $h = 2,05$  mm, gdy przekrój o najmniejszym polu powierzchni zaczyna wyznaczać zewnętrzna krawędź gniazda i wewnętrzna krawędź przylgni zaworu.

Na powierzchni grzybka przepływ był promieniowy i równomiernie rozłożony wokół trzonka dla małych wzniosów zaworu. Powyżej  $h > 2$  mm ślady strug, widoczne w postaci jasnych linii, zaczynają się odchyłać w stronę osi kanału. Trzonek wyraźnie przysłaniał przepływ i w przedziale kątowym pomiędzy  $120^\circ$  a  $240^\circ$  widać dwa symetryczne rozłożone jasne pola wirów zwrotnych, rozdzielone ciemną plamą zastoju przepływu.



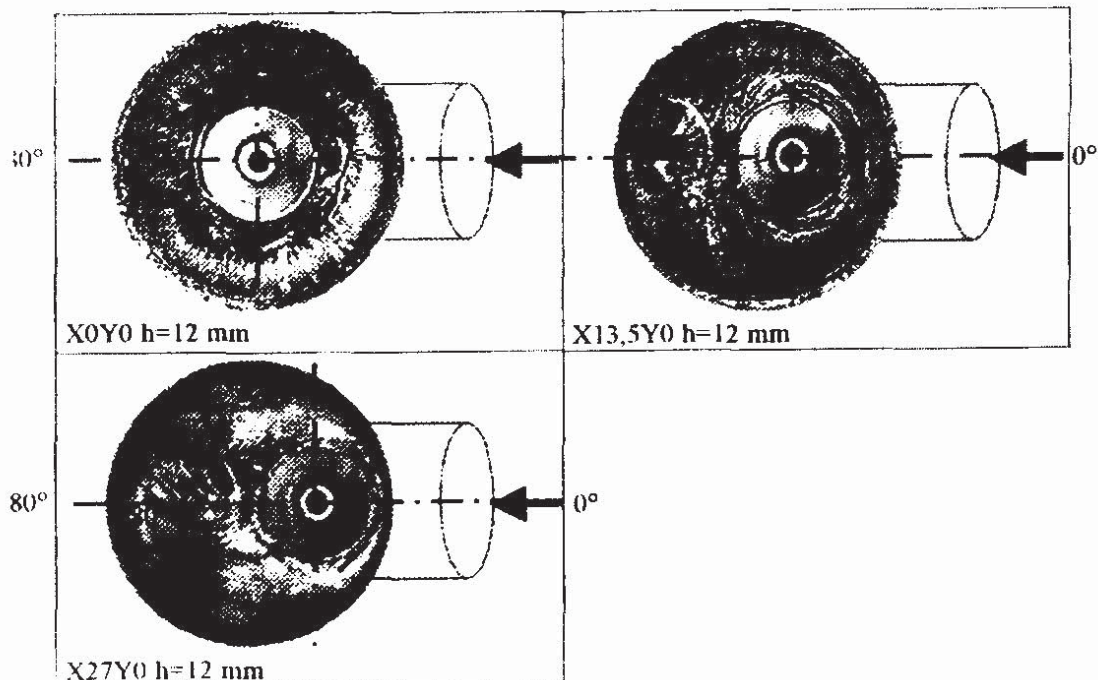
Rys. 7.  
Fig. 7.

### 3. Głowica

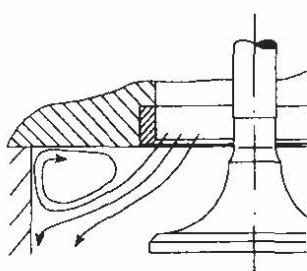
W przypadku powierzchni dolnej płyty głowicy zarejestrowane ślady przepływu są wyraźniejsze niż na powierzchni grzybka zaworu. Na rys.7 znajduje się obraz dolnej płyty głowicy z opisem charakterystycznych obszarów przepływu. W tablicy 2 przedstawiono nato-

miast wyniki wizualizacji dla 3 położeń, w których oś kanału przecinała oś cylindra. Dla tych położeń do omówienia wybrano wznios zaworu  $h=12$  mm, gdy przepływ jest intensywny i pozostawia bardziej czytelny obraz. Dla pozostałych zbadanych wartości wzniosu zaworu charakter zmian przepływu był jednak taki sam.

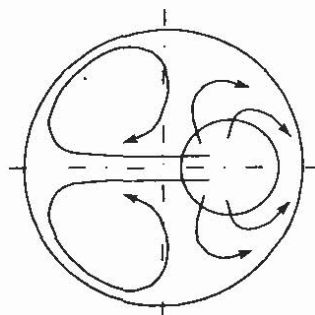
Tablica 2. Przepływ na powierzchni głowicy dla różnych położeń kanału w kierunku  $X$  i wzniosu  $h=12$  mm  
 Table 2. Flow patterns for cylinder head at different  $X$  port position and  $h=12$  mm valve lift



We wszystkich 3 przypadkach przepływ był symetryczny, choć jego obraz zmieniał się w zależności od położenia kanału. Gdy oś gniazda pokrywała się z osią cylindra  $XOYO$ , przepływ był promieniowy. Ciemny pierścień wokół gniazda i jasne pasma przy ścianie cylindra wskazują, że powietrze po wypłynięciu z kanału odrywało się od krawędzi gniazda i dolnej płyty głowicy, a następnie po odbiciu od tulei cylindrowej jego część wracała w kierunku osi cylindra. Wracająca struga napotykała napływające powietrze i w narożu cylindra tworzył się wir. Obraz takiego przepływu przedstawiono na rys.8.



Rys. 8. Schemat przepływu w cylindrze w położeniu  $XOYO$   
 Fig. 8. The cylinder flow distribution at  $XOYO$  port position

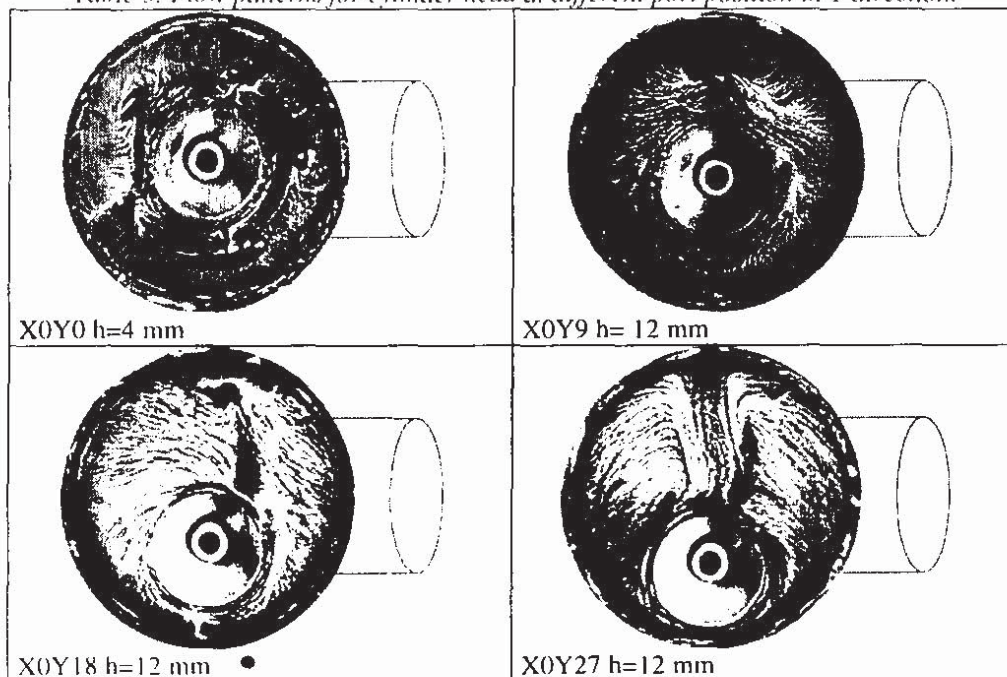


Rys. 9. Schemat przepływu przy powierzchni głowicy w położeniu  $X13,5Y0$  i  $X27Y0$   
 Fig. 9. The flow distribution close the cylinder head surface at  $X13,5Y0$  and  $X27Y0$  port position

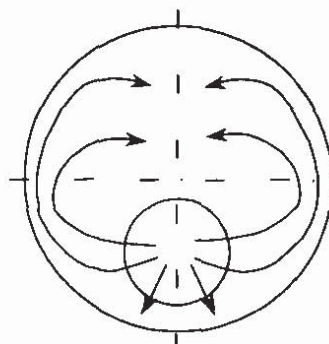
Przepływ zachowuje się inaczej, gdy kanał jest odsunięty od osi cylindra. W położeniu  $X13,5Y0$  – rys.9 – rozkład strug przy powierzchni głowicy nie jest promieniowy, lecz główny strumień porusza się wzdłuż osi kanału i po odbiciu od tulei cylindrowej tworzy dwa syme-

symetryczne wiry w płaszczyźnie prostopadłej do osi cylindra. Wiry odrzucają powietrze wypływające poprzecznie do osi kanału, które gwałtownie zawraca w stronę przeciwną do kierunku napływu. Ciemniejsze obszary prawie na całym obwodzie w pobliżu ściany cylindra świadczą o panującym tam zastoju. Wirujące powietrze nie dociera do narożnika, odchylając się wcześniej ku dołowi cylindra. Choć moment pędu powietrza względem osi cylindra jest nadal równy 0, to obraz przepływu z zawirowaniem w płaszczyźnie prostopadłej do osi cylindra jest na pewno korzystniejszy dla pracy silnika w porównaniu z otrzymanym dla położenia kanału X0Y0.

Tablica 3. Przepływ na powierzchni głowicy dla różnych położen kanału w kierunku Y  
 Table 3. Flow patterns for cylinder head at different port position in Y direction.



Wyniki uzyskane dla położenia X27Y0 były bardzo podobne do zarejestrowanych w położeniu X13,5Y0. Widać jedynie, że przepływ traci stateczność i jeden z wirów zyskuje przewagę, odchylając cały przepływ w kierunku zegarowym. Ponieważ taka utrata symetrii jest przypadkowa, to zjawisko to jest niekorzystne i położenie X13,5Y0 należy ocenić jako lepsze.



Rys .10. Schemat przepływu przy powierzchni głowicy dla położenia kanału Y>0  
 Fig. 10. The flow distribution close the cylinder head surface at Y>0 port position

Zmiany obrazu przepływu przy przesuwaniu osi kanału względem osi cylindra pokazano w tablicy 3. W położeniu X0Y0 charakter przepływu na powierzchni głowicy przy h=4 mm jest taki sam jak pokazano na rys.8 przy omawianiu zamieszczonego w tablicy 2 obrazu dla X0Y0 i h=12 mm. Dla pozostałych położen, tzn. X0Y9, X0Y18 oraz X0Y27, nie

zaobserwowano różnicę w charakterze przepływu. Jasne ślady strug rozłożone są symetrycznie w kierunku zgodnym i przeciwnym do napływu z kanału. Tak jak pokazano na rys.10, oba strumienie spotykają wzdłuż linii łączącej oś gniazda i cylindra. Widoczny tam ciemniejszy obszar wskazuje, że po zderzeniu oba strumienie odchylają się ku dołowi cylindra. Możliwa jest tylko analiza jakościowa otrzymanych obrazów. Trudno jest bowiem ocenić intensywność zawirowania w cylindrze, które rośnie w miarę oddalania osi kanału od osi cylindra. Zaobserwowane ślady przepływu są bowiem do siebie bardzo podobne. Dopiero w położeniu X0Y27 widać, że zawirowanie w kierunku zgodnym z napływem z kanału jest silniejsze.

#### 4. Wnioski

Zastosowana do badań metoda wizualizacji okazała się przydatna do jakościowej oceny przepływu na powierzchni zaworu i dolnej płyty głowicy z tym, że obrazy lepszej jakości uzyskano dla dolnej płyty głowicy. Możliwe jest przeanalizowanie zmian charakteru przepływu w szczelinie pomiędzy zaworem a gniazdem oraz zaobserwowanie utraty symetrii przepływu w cylindrze w przypadku położenia kanału, w którym jego oś przecina oś cylindra. Choć niemożliwa jest ilościowa ocena obserwowanych zjawisk, to otrzymane wyniki pozwalają wytypować do dalszych, szczegółowych badań najważniejsze obszary przepływu.

#### Literatura

- [1] Arcoumanis C., Whitelaw J.H., *Fluid Mechanics of Internal Combustion Engines-a review*, J. Mech. Eng., vol. 201, C1, 1987.
- [2] Leyko J., *Wyznaczenie swobodnego przekroju przepływu w szczelinie zaworu*, Komisja Naukowo-Probleмова Motoryzacji Krakowskiego Oddziału Polskiej Akademii Nauk, Kraków 1989.
- [3] Węclaś M., *Wpływ wybranych parametrów geometrycznych głowicy na strukturę przepływu powietrza w cylindrze modelu silnika*, Archiwum Motoryzacji, nr 1, 1996.
- [4] Yang Wen-Jei, *Handbook of flow Visualization*. Hemisphere Publishing Corporation, 1989.