

SYMPOZJON "MODELOWANIE W MECHANICE"  
POLSKIE TOWARZYSTWO MECHANIKI TEORETYCZNEJ I STOSOWANEJ  
Beskid Śląski, 1990

Mieczysław Świętochowski  
Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów  
Politechnika Wrocławska

#### BADANIA MODELWE PALNIKA STRUMIENIOWO-WIROWEGO

Streszczenie. W referacie przedstawiono nową ale już sprawdzoną w warunkach eksploatacyjnych konstrukcję palnika przeznaczonego do spalania pyłu węglowego w piecach obrotowych. Zamieszczono wyniki badań przepływu strumienia swobodnego, formowanego przez palnik, przeprowadzonych na stanowisku doświadczalnym.

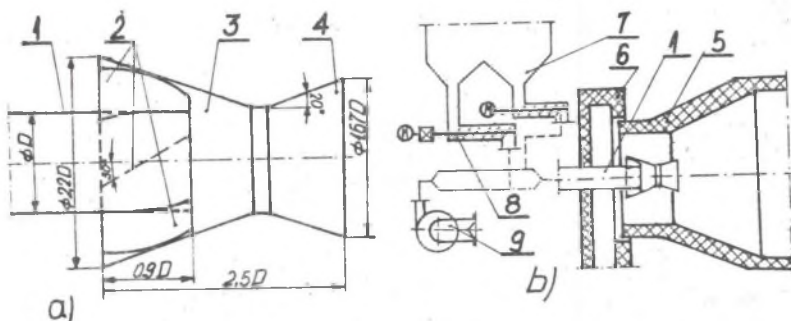
#### 1. Wstęp

Wiele pieców obrotowych pracujących w kraju wyposażonych jest w proste, wręcz prymitywne układy opalania. Jest to przyczyną znacznych strat paliwa oraz istotnych problemów eksploatacyjnych. W literaturze, szczególnie z opisów patentowych [3], znanych jest kilka rozwiązań palników, których zastosowanie mogłoby przynieść poprawę, jednak głównie ze względów złożonej ich budowy nie znalazły powszechnego zastosowania. Dlatego na zlecenie ZGH "Smkлары" zaprojektowano nową i o ważnej prostej konstrukcji palnika [2]. Na podstawie analizy szczególnych warunków spalania pyłu w piecu obrotowym (długa rura o stosunkowo małej średnicy) ustalono, że strumień mieszaniny pyłowo-powietrzanej wypływającej z palnika powinien być sbudowany z osiowo-asymetrycznego rdzenia o możliwie dużej prędkości oraz z wirującego pierścienia na jego obwodzie. Palnik taki sbudowano i wdrożono. Eksploatacja tego palnika dała zaskakująco pozytywne wyniki. Między innymi zmniejszono zużycie paliwa o ponad 12%, co w efekcie dało oszczędność na jednym piecu 1000 t węgla w pier-

warym roku eksploatacji, 1100 t w drugim i 1150 t w trzecim. Te pozytywne wyniki eksploatacji palnika zachęciły do przeprowadzenia badań mających na celu opisanie struktury przepływu formowanego przez palnik.

## 2. Opis badanego palnika

Schemat palnika i jego zabudowy w układzie zasilania pieca obrotowego przedstawiono na rys. 1. W układzie tym zastosowano jeden, umieszczony centralnie w gardzieli pieca, palnik strumieniowo-wirowy (uprzednio wdmuchiwało się pył dwiema rurami wprowadzonymi do gardzieli pieca).

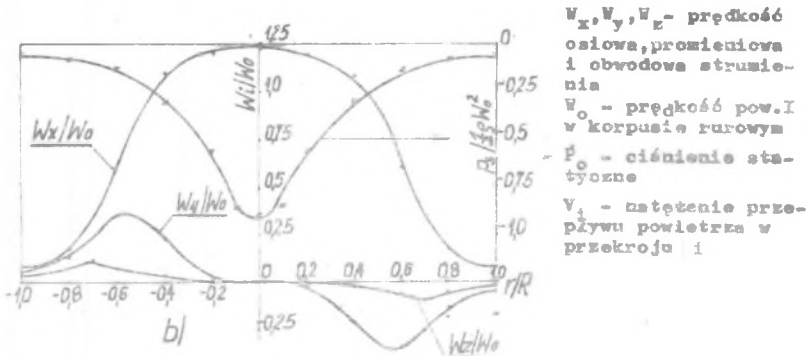
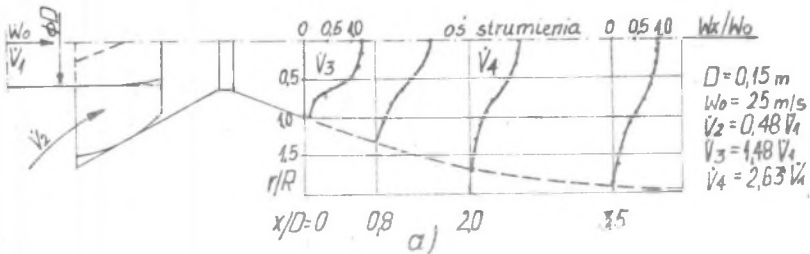


Rys. 1. Palnik strumieniowo-wirowy i schemat jego zabudowy w układzie zasilania pieca obrotowego.  
 1 - korpus rurowy, 2 - łopatki zawirowujące  
 3, 4 - konfuzyjna i dyfuzyjna część głowicy palnika,  
 5 - piec obrotowy, 6 - obudowa gardzieli pieca,  
 7 - zbiornik pyłu, 8 - dozownik pyłu, 9 - wentylator.

Kształt głowicy palnika zapewnia iniekcyjne zasysanie z otoczenia gorącego powietrza (ograniczonego w gardzieli pieca przez wypalany wsad), która przepływając przez zawirowyacz nadaje ziarnom pyłu ruch obrotowo-postępowy, wydłużając ich drogę spalania oraz powodując wypełnianie ognia całego przekroju pieca. Dzięki zawirowaniu i prądom powrotnym gorącego powietrza (które spełnia rolę powietrza drugiego) uzyskano stabilne, bezpulsacyjne i oszkowite spalanie paliwa w piecu; ponadto palnik spala się łatwo i bezpiecznie.

### 3. Badania przepływu strumienia swobodnego na modelu palnika

Badania przeprowadzono na modelu palnika wykonanym w skali 1:2,13. Podstawową charakterystykę przepływu dla badanego palnika przedstawiono na rys. 2. Badania potwierdziły założenia projektowe. Wypływający strumień powietrza charakteryzuje się jednowymiarowym rdzeniem, w którym występują maksymalne prędkości osiowe i najmniejsze ciśnienie statyczne. Rdzeń ten otoczony jest wirującym pierścieniem ze znaczną tendencją do jego rozszerzania się.

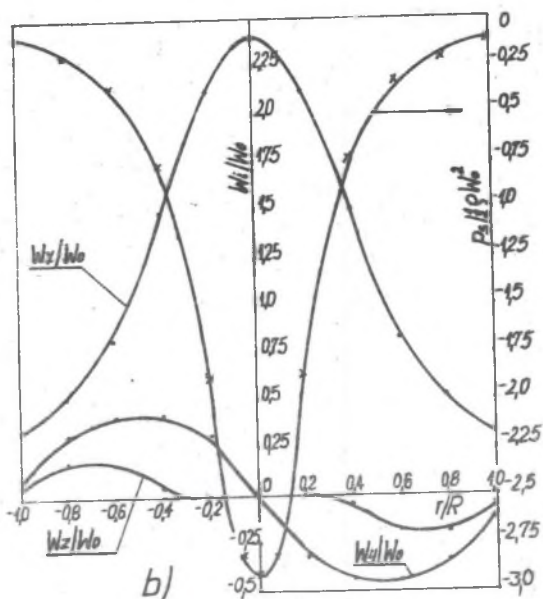
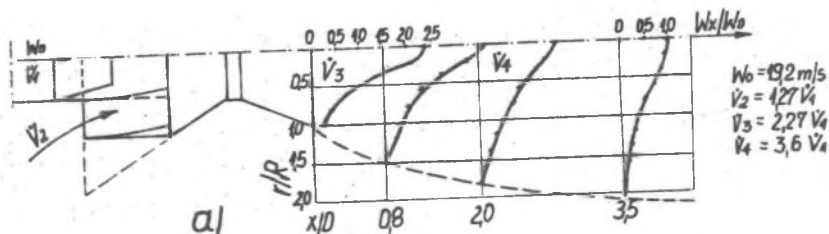


Rys. 2. Charakterystyka strumienia swobodnego - palnik w wersji podstawowej

- a) profile prędkości osiowej w strumieniu,  
b) profile aksjaldowych prędkości i ciśnienia statycznego w przekroju wylotowym palnika.

W całej objętości strumienia ciśnienie statyczne jest niższe od ciśnienia otoczenia, przy czym występuje gradient ciśnienia zarówno wzdłuż, jak i w poprzek strumienia. Badany strumień posiada zmienny wzdłuż długości kąt rozwarcia. U wylotu wynosi on około  $38^\circ$ . Granica strumienia w wylotu przypomina hiperboloide obrętową.

Strumień posiada dużą zdolność iniekcyjnego zasysania masy ze swego otoczenia. Wzdłuż przepływu strumienia jego masa nieprzerwanie wzrasta. Np. w przekroju odległym o  $\bar{r}D$  od wylotu jego masa wynosi



Rys. 3. Charakterystyka strumienia swobodnego - wlepanona wersja palnika (oznaczenia jak na rys. 2)

2,63 razy więcej od masy powietrza dostarczanego przez wentylator. Powietrze ( $V_2$ ) zasysane przez palnik z otoczenia (powietrze wtórne) dla badanego układu stanowi 32% masy wypływającej z palnika.

Ponieważ w warunkach rzeczywistych zasysane z otoczenia palnika powietrze wtórne jest podgrzane do temp. 200 - 400°C, korzystne z punktu widzenia ekonomiki spalania byłoby, żeby jego ilość była możliwie duża. Również im więcej dokrywa powietrze drugiego

oraz im większa jest jego prędkość wlotowa, tym strumień posiada intensywniejszy wir. Aby zbliżyć się bardziej do tego celu, wprowadzono pewne zmiany w konstrukcji palnika, wykorzystując wyniki badań podstawowego jego wariantu. Wyniki badań ostatniojszej wersji palnika przedstawiono na rys. 3. Palnik ten różni się od wersji podstawowej tym, iż do rurowego korpusu wbudowano dyszę oraz oszęć komfakora głowicy zastąpiono walcem.

Profile prędkości i ciśnienia statycznego w strumieniu wypływającym z tak przebudowanego palnika jakościowo nie różnią się od wersji podstawowej, jednak występują tu zasadnicze różnice ilościowe. Składowa osiowa prędkości posiada zdecydowane maksimum w osi strumienia i ostro maleje wzdłuż promienia. Również w osi występuje bardzo duże obniżenie ciśnienia statycznego, co powoduje, że strumień przysysa znaczne ilości powietrza ze swego otoczenia (w przekroju odległym o  $2D$  od wylotu wynosi on już 3,6 razy więcej od powietrza podawanego przez wentylator). W przekroju wylotowym z palnika występują też znaczne wartości składowej promieniowej prędkości dzięki, której strumień ma tendencję do znacznego rozszerzenia się (kąt rozwarcia strumienia u wylotu wynosi ok.  $60^\circ$ ). Również intensywność wiru po obwodzie osiowego rdzenia jest tu wyraźnie wyższa. Wymienione cechy, takie jak: duże podciśnienie w osi, znaczne prędkości odśrodkowe oraz obwodowe powodować muszą dużą turbulencję strumienia, co powinno sprzyjać procesowi spalania pyłu.

#### 4. Podsumowanie

Przedstawiona konstrukcja palnika posiada wszystkie podstawowe zalety palnika wirowego: podwyższone własności efektywne, rozszerzone granice strumienia, intensywną turbulentną wymianę masy, recyrkulację gorącego powietrza sprzyjającą stabilizacji spalania, itp., przy zachowaniu podstawowej własności palnika strumieniowego, to jest znacznego zasięgu osiowego.

Zgodnie z wynikami badań doświadczalnych [4] struktura przepływów swobodnych jest niezależna od lepkości, o ile nie jest ona zbyt duża, a zatem przepływy podobne geometrycznie są podobne oczywiście przy dostatecznie dużych liczbach Reynoldsa. Zatem, ponieważ spełniono powyższe warunki, przyjęto, że otrzymane wyniki można przenieść na obiekt rzeczywisty.

Pozytywne wyniki eksploatacyjne palnika pozwalają przypuszczać, że opisana w pracy struktura strumienia formowanego przez badany palnik jest korzystna dla właściwej organizacji procesu spalania w płomiu obrotowym.

Na zakończenie należy podkreślić, że stosunkowo proste i tańsze badania modelowe dostarczyły informacji dla istotnego ulepszenia konstrukcji palnika.

#### LITERATURA

- [1] Achmiedow R.B: Aerodynamika zakrębennoj struii. Energia, Moskwa 1977.
- [2] Świętochowski M., Głębik R.: Palnik, związany do opalania pieców obrotowych. Zgłoszenie patentowe P-279446/89.
- [3] Opisy patentowe PRL: 109435, 88451, 118116, 122491, 128243.
- [4] Jezowiecka-Kabsch K.: Mechanika płynów, Wrocław 1984.

#### МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЯМОТОЧНО-ВИХРЕВОЙ ГОРЕЛКИ

##### Резюме

Помещено результаты исследования процесса движения свободной закрученной струи сформированной горелкой новой конструкции.

#### MODEL EXPERIMENTS OF SWIRL-STREAM BURNER

##### Summary

The results of experiments on flow of free swirl stream created by burner of new design have been presented.