ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978

Seria: ENERGETYKA z. 68 Nr kol. 564

Krystian WILK

Instytut Techniki Cieplnej

PRĘDKOŚĆ WYPŁYWU SUBSTRATÓW Z PALNIKA A JAKOŚĆ PŁOMIENIA GAZOWEGO

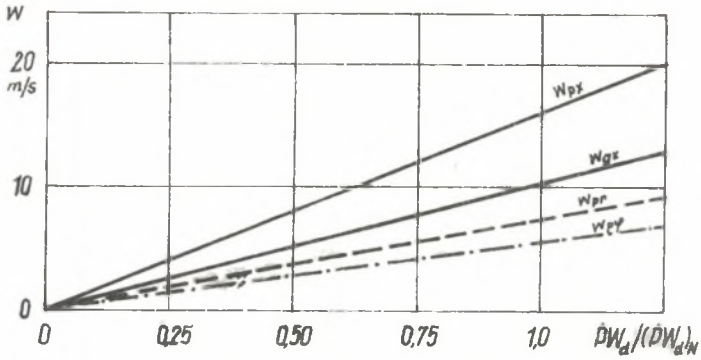
Streszczenie. W pracy analizowano wpływ prędkości wypływu substratów spalania na jakość płomienia gazowego. Zaproponowano pewną nową wielkość, zawierającą składowe prędkości substratów i w przykładach wykazano jej praktyczną przydatność do opracowania wyników badań.

1. Wstęp

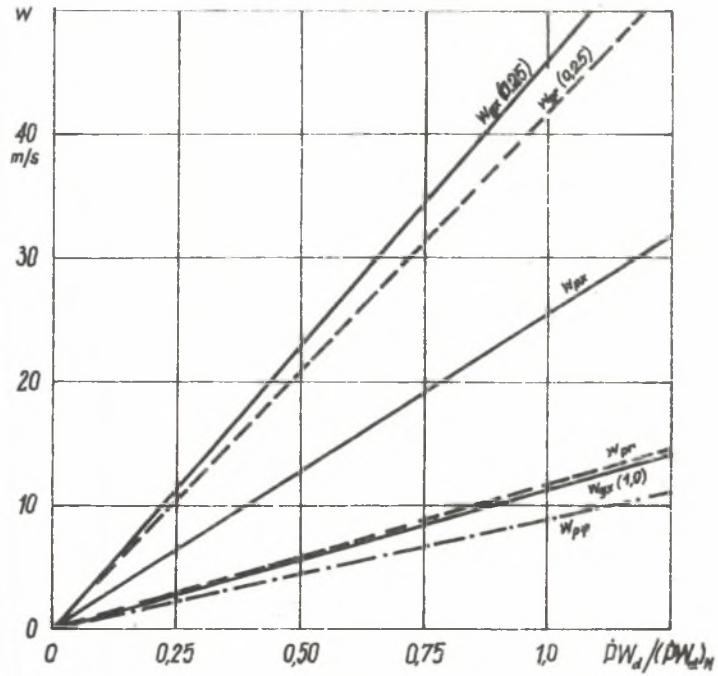
W piecach przemysłowych stosuje się najczęściej dyfuzyjne spalanie paliw gazowych. Polega ono na oddzielnym doprowadzeniu paliwa gazowego i powietrza do komory spalania, za pomocą odpowiednio zaprojektowanego palnika. Strugi substratów po opuszczeniu palnika najpierw mieszają się ze sobą, a następnie odbywa się spalanie. Szybkość procesu spalania, wartość i rozkład temperatury w płomieniu, stopień wypalenia, a zatem wszystko co składa się na pojęcie jakości płomienia, zależy w decydującym stopniu od intensywności procesu mieszania substratów. Na intensywność mieszania paliwa gazowego z powietrzem wpływają takie parametry, jak prędkości wypływu substratów z palnika, zawirowanie strug oraz kąt, pod którym strugi spotykają się. Odpowiednie wartości wymienionych parametrów zapewnia właściwa konstrukcja palnika. Poniżej podano przykłady zależności prędkości wypływu substratów od stosunku obciążenia $\dot{P}W_d$ do obciążenia nominalnego $(\dot{P}W_d)_n$ i cech konstrukcyjnych palnika. Wielkość $\dot{P}$ oznacza strumień paliwa gazowego, a W_d jego wartość opałową.

Na rys. 1 przedstawiono obliczone wartości składowych (indeks: x - osiowa, r - promieniowa, φ - styczna) prędkości wypływu gazu (w_g) i powietrza (w_p) z palnika 20/40z typu Biprohut o mocy 38 kW, w którym wypływająca centralnie niezawirowana struga gazu otoczona jest strugą powietrza zawirowaną i skierowaną pod kątem ok. 25° względem osi.

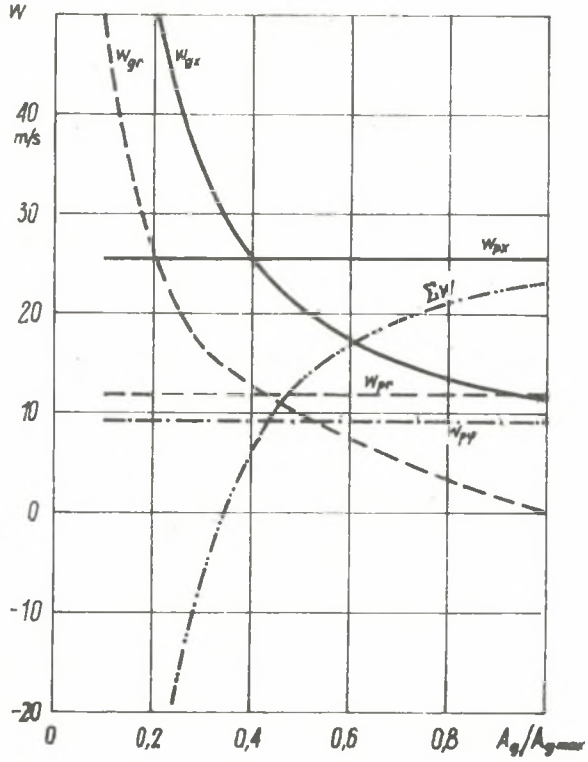
Palniki typu Biprohut o większej mocy posiadają możliwość zmiany prędkości wypływu gazu z dyszy za pomocą grzybka regulacyjnego. Na rys.2 podano przykładowo obliczone składowe prędkości wypływu substratów z palnika 65/125z dla dwóch wartości (1,00 i 0,25) stopnia otwarcia dyszy gazowej. Stopień otwarcia dyszy gazowej jest stosunkiem pola A_g przekroju dyszy gazowej do jego wartości maksymalnej $A_{g\,max}$ [6]. W obydwu przypadkach (rys. 1 i 2) prędkość strugi powietrza jest większa od prędkości strugi



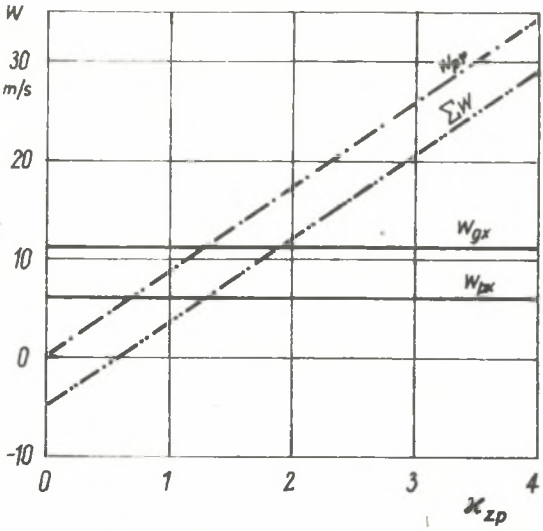
Rys. 1. Prędkości substratów w funkcji obciążenia w palniku 20/40z typu Biprohut



Rys. 2. Prędkości substratów w funkcji obciążenia w palniku 65/125z typu Biprohut



Rys. 3. Wpływ stopnia otwarcia dyszy gazowej na prędkości substratów w palniku 65/125z typu Biprohut



Rys. 4. Wpływ stopnia zawirowania powietrza na prędkości substratów

gazu palnego. Zmniejszanie wartości stopnia otwarcia dyszy gazowej w palniku 65/125z pociąga za sobą wzrost wartości prędkości składowych gazu, aż do przekroczenia wartości prędkości powietrza (rys. 3). Obliczenia prędkości wykonano dla gazu koksowniczego przyjmując wartość stosunku nadmiaru powietrza 1,05.

Zmiana kąta pochylenia łopatek zawirowywacza powietrza w palniku powoduje zmianę wartości składowej stycznej $w_{p\varphi}$ prędkości powietrza. Na rysunku 4 przedstawiono zależność składowej stycznej $w_{p\varphi}$ prędkości powietrza od stopnia zawirowania $\varkappa_{zp}$ [6] dla palnika 20/40z, w którym kąt pochylenia łopatek zawirowywacza zmieniano w zakresie od 0 do 60°.

2. Intensywność mieszania substratów spalania

Mieszanie substratów spalania po wypływie z palnika odbywa się drogą dyfuzji turbulentnej. Współczynnik dyfuzji turbulentnej zależy od gradientu prędkości w kierunku promieniowym [3]. Największej wartości gradientu należy oczekiwać na granicy strug gazu i powietrza. Rozważania przeprowadzone dla osiowo-symetrycznego układu strug przy założeniu, że rozkłady odpowiednich składowych prędkości w przekroju wylotowym palnika są jednorodne [3], doprowadziły do wniosku, że współczynnik dyfuzji turbulentnej D_T w przekroju wylotowym palnika jest proporcjonalny do czynnej sumy prędkości $\sum w$.

$$D_T \sim \sum w,$$

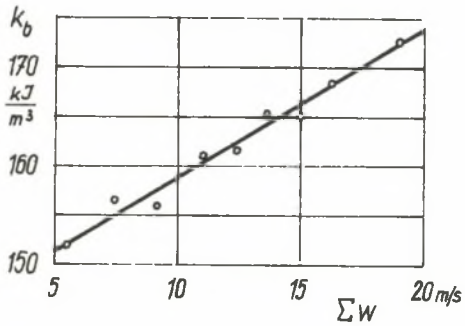
gdzie

$$\sum w = (w_{px} - w_{gx}) + w_{p\varphi}.$$

W dalszym ciągu przeanalizowano pod tym kątem niektóre wyniki badań płomieni gazowych.

3. Przykłady interpretacji wyników badań płomieni

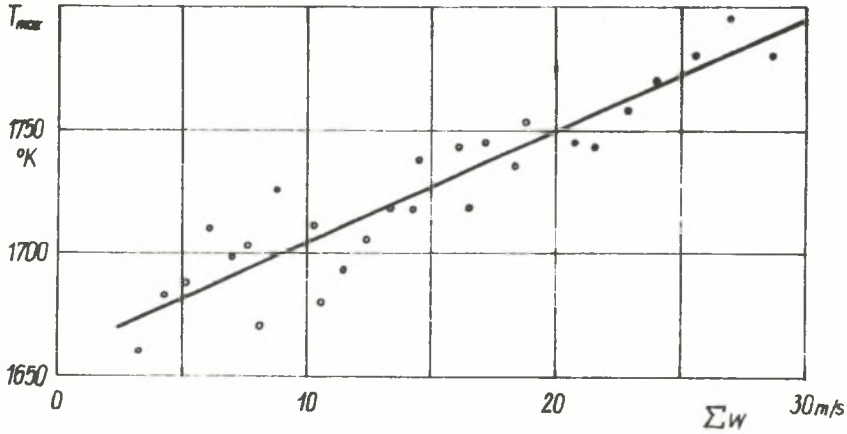
Wybrane wyniki badań płomieni gazowych uzyskanych za pomocą palników typu Biprohut w laboratoryjnych komorach spalania lub w piecach przemysłowych opracowano w postaci zależności pewnych wskaźników charakteryzujących płomień od wielkości $\sum w$. Dla płomieni badanych laboratoryjnie wyniki pomiarów pola temperatury wykorzystano do określenia takich wskaźników jak temperatura maksymalna T_{max} i gęstość egzergii płomienia k_b [1]. Badania prowadzone w piecach przemysłowych dostarczyły informacji o wskaźniku jednostkowego zużycia energii chemicznej paliwa β.



Rys. 5. Wpływ wielkości Σw na gęstość egzergii płomienia

Na rys. 5 przedstawiono wyniki pomiarów płomieni uzyskanych za pomocą palnika 20/40z typu Biprohut, dla różnych strumieni gazu koksowniczego, przy stosunku nadmiaru powietrza równym 1,09 [2]. Wyniki te opracowano w postaci zależności gęstości egzergii fizycznej płomienia k_b od czynnej sumy prędkości Σw. Stwierdzono że w badanym zakresie istnieje dobra korelacja liniowa pomiędzy gęstością egzergii fizycznej płomienia k_b a wielkością Σw.

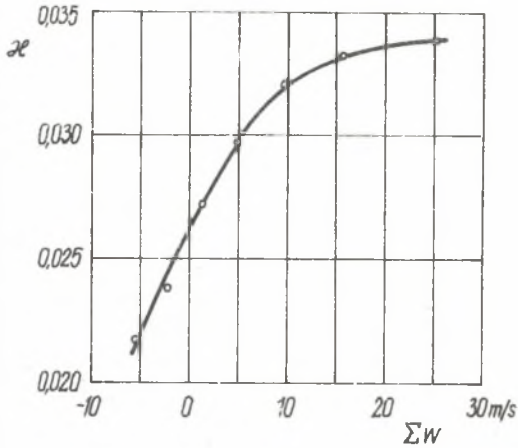
Dość dobrą korelację liniową stwierdzono pomiędzy temperaturą maksymalną T_{max} a wielkością Σw dla płomieni uzyskanych za pomocą palnika 65/125z typu Biprohut (rys. 6). Poszczególne punkty odpowiadają płomieniom zrealizowanym przy stechiometrycznym spalaniu zmiennego strumienia gazu koksowniczego oraz przy różnych wartościach prędkości wypływu gazu, uzyskanych poprzez zmianę stopnia otwarcia dyszy gazowej.



Rys. 6. Wpływ wielkości Σw na temperaturę maksymalną w płomieniu

Wyraźną zależność pomiędzy stosunkiem $\varkappa$ [1] gęstości egzergii płomienia do gęstości egzergii substratów a czynną sumą prędkości Σw (rys. 7) stwierdzono po opracowaniu wyników badań uzyskanych przy zmianie kąta pochylenia łopatek zawirowywacza powietrza dla stałego obciążenia palnika.

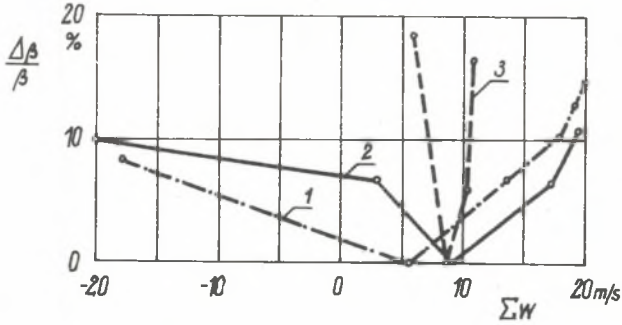
Badania prowadzone w piecach przemysłowych wyposażonych w kilka lub kilkanaście palników polegały na obserwacji zużycia paliwa i ilości na-



Rys. 7. Zależność stosunku gęstości egzergii płomienia i substratów od wielkości Σw

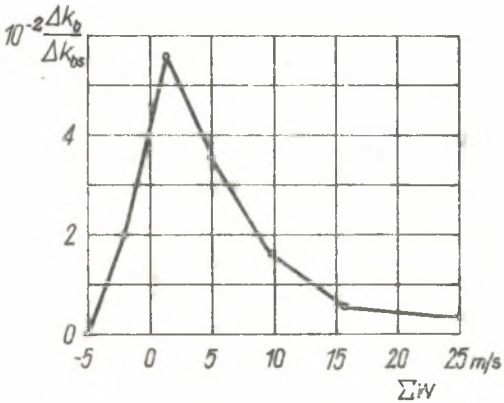
grzewanego wsadu [5]. Podczas badań utrzymywano w miarę stałą wartość stosunku nadmiaru powietrza oraz zmieniano prędkość wypływu gazu z palników poprzez zmianę pola przekroju wylotowego dyszy. Wyniki badań prowadzonych na trzech różnych obiektach przedstawiono w postaci zależności względnego przyrostu wskaźnika jednostkowego zużycia energii chemicznej paliwa $\Delta\beta/\beta$ od wielkości Σw (rys. 8). Numery linii łamanych oznaczają wyniki dla:

1 - pieca zasilanego gazem koksowniczym,
2 - pieca zasilanego gazem kopalnianym,
3 - pieca zasilanego mieszanką gazu czadnicowego z gazem ziemnym.



Rys. 8. Zależność wskaźnika jednostkowego zużycia energii chemicznej paliwa od wielkości Σw

Z wykresu wynika wyraźny związek pomiędzy jakością płomieni a prędkością wypływu substratów z palników. Dla każdego przypadku występuje wyraźne minimum zużycia paliwa w piecu, przy czym wszystkie minima występują dla stosunkowo wąskiego zakresu wartości czynnej sumy prędkości $\sum w$ = = 5÷10 m/s. Eksploatacja pieca przy innych wartościach $\sum w$ związana jest ze zwiększonym zużyciem paliwa.



Rys. 9. Zależność stosunku przyrostu gęstości egzergii fizycznej płomienia do przyrostu gęstości egzergii fizycznej substratów od wielkości $\sum w$

Optymalizacja termodynamiczna [3] składowej stycznej prędkości powietrza $w_{p\varphi}$ w strudze zawirowanej została przedstawiona na rys. 9 w postaci zależności stosunku przyrostu gęstości egzergii fizycznej płomienia Δk_b do przyrostu gęstości egzergii fizycznej substratów Δk_{bs} od wielkości $\sum w$. Zależność ta posiada maksimum dla odciętej równej ok. 1,3 m/s.

Rozpatrując łącznie wyniki przedstawione na rys.8 i 9 można ocenić, że ekstrema badanych wielkości występują w zakresie prędkości $\sum w$ = 1÷10 m/s.

4. Podsumowanie

W niniejszym opracowaniu zasygnalizowano problem wpływu prędkości substratów na jakość płomienia znany badaczom [4], projektantom i użytkownikom palników ale dotychczas wyczerpująco nie rozwiązany. Przedstawiono ilościowo wpływ prędkości substratów na jakość płomienia i spalania w kilku przypadkach.

Zaproponowano również pewną wielkość charakterystyczną - czynną sumę prędkości $\sum w$, która wpływa na intensywność mieszania substratów oraz wykazano w przykładach jej praktyczną przydatność przy opracowaniu wyników badań.

Z przeprowadzonych rozważań wynika też potrzeba prowadzenia dalszych badań nad wpływem prędkości substratów na jakość płomienia celem wzbogacenia danych pomiarowych, uogólnienia wyników oraz opracowania praktycznych wniosków do projektowania i użytkowania palników.

LITERATURA

[1] Petela R., Wilk K.: Egzergia płomienia, GPiE 1975, nr 3.

[2] Petela R., Wilk K., Strzeszewski R.: Badania palnika wirowego 20/40z typu Biprohut, GPiE 1975, nr 2.

[3] Wilk K.: The Influence of Swirling on the Gas Flame Quality, V-th International Symposium on Combustion Processes, Materiały,Kraków,wrzesień 1977.

[4] Spalding D.B.: Osnowy tieorii gorenja, Gas. Energ. Izd., Moskwa 1959.

[5] Wilk K.: Badania nad wpływem niektórych parametrów substratów i cech geometrycznych palników wirowych typu Biprohut na zużycie paliwa gazowego w hutniczych piecach grzewczych, Postęp Techniczny w Energetyce Hutniczej, Kraków 1977.

[6] Petela R., Wilk K.: Badania gazowych palników wirowych typu Biprohut, GPiE 1973, nr 8-9.

СКОРОСТЬ ВЫТЕКАНИЯ ГАЗА И ВОЗДУХА ИЗ ГОРЕЛКИ
А КАЧЕСТВО ГАЗОВОГО ПЛАМЕНИ

Р е з ю м е

В работе анализировалось влияние скорости истечения газа и воздуха на качество газового пламени. Была введена новая величина, в которой выступают компоненты скорости газа и воздуха, а в примерах была показана её практическая полезность при обработке экспериментальных результатов.

INFLUENCE OF COMBUSTION SUBSTRATES OUTLET VELOCITIES
ON THE FLAME QUALITY

S u m m a r y

In the paper the influence of combustion substrate velocities on the flame quality was analysed. The new quantity in which the velocity components are included was proposed and its practical application for interpretation of experimental results was shown.