

RYSZARD PETELA

Katedra Energetyki Ciepłej

JANUSZ KOKOT

Huta Batory

JÓZEF ZUWAŁA

SPOSÓB WSTĘPNEJ OCENY PALNIKÓW PALIWA CIEKŁEGO

Streszczenie: Przeprowadzono badania, które dotyczą przemysłowych palników o wydajności około 15 MW, do spalania smoły czadnicowej rozpylanej za pomocą gazu ziemnego. Opisano wyniki prób uproszczonego badania palników przez pomiary masy niespalonych kropeł opadających z płomienia. Prosty, bez skomplikowanej aparatury sposób badania pomyślany jest tak, aby był możliwy do powszechnego stosowania w zakładach przemysłowych.

1. Wstęp

Ostatnio często zaczyna się stosować w kraju paliwo ciekłe do opalania rozmaitych palenisk przemysłowych. Przy wprowadzaniu paliwa ciekłego do opalania na przykład pieców martenowskich nie zawsze jednak otrzymuje się oczekiwany efekt polegający na zmniejszeniu jednostkowego zużycia energii chemicznej paliwa [1]. Dyskusja i wnioski wypływające z otrzymywanych wyników pomiaru i na ich podstawie sporządzanych energetycznych bilansów pieca sugerują, że proces spalania paliwa ciekłego nie zachodzi w całości w poprawny sposób. Wśród wielu ewentualnych przyczyn tego jedna z nich może polegać na niedostatecznie poprawnym działaniu stosowanych palników. Wiąże się to z licznymi zagadnieniami jak na przykład: wartość temperatury rozpylanego paliwa ciekłego, rodzaj

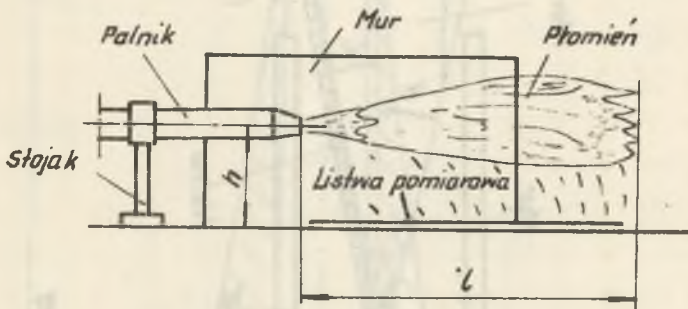
i parametry gazowego czynnika rozpylającego, konstrukcja rozpylających elementów palnika i inne. Ze względu na stosunkowo małe jak dotąd rozpowszechnienie w kraju palników na paliwo ciekłe użytkownicy jak również konstruktorzy i wykonawcy tych palników nie mają jeszcze dość dużego doświadczenia. W tej sytuacji coraz częściej są podejmowane rozmaite badania takich palników co dla zdobycia jak największego doświadczenia i rozpowszechnienia tych zagadnień jest zjawiskiem bardzo celowym.

O dobrym rozpylaniu paliwa decyduje jak największe rozdrobnienie paliwa. Im bowiem mniejsza jest kropla paliwa ciekłego tym szybciej ulega ona spalaniu i przy określonej prędkości ruchu tej kropli wymiary komory paleniskowej mogą być mniejsze lub przy określonej komorze, większa jest pewność całkowitego spalania kropli w obrębie komory. Stopień rozdrobnienia przy rozpylaniu paliwa ciekłego można badać w skali laboratoryjnej. Wykłania się w takim przypadku zagadnienie przenoszenia wyników uzyskanych przy badaniu modeli w laboratorium na rzeczywiste palniki przemysłowe. Badania te najczęściej przeprowadza się na niepłonącej strudze rozpylanej cieczy. Przenoszenie wyników za pomocą rozmaitych kryteriów porównawczych jest niebardzo dokładne i często podlega dyskusji. Badanie działających palników przemysłowych jest oczywiście o wiele bardziej kłopotliwe i wyklucza w ogóle zastosowanie niektórych metod pomiarowych w praktyce. Badania takie jednak mogą dostarczyć bardziej przydatnych wyników. W pracy niniejszej opisano sposób i wyniki wstępnej oceny działania trzech konstrukcyjnych typów przemysłowych palników na podstawie badań procesu spalania paliwa ciekłego za pomocą tych palników.

2. Instalacja pomiarowa i sposób badania

Badania przeprowadzono na płonącej w otwartym powietrzu (o temperaturze otoczenia) strudze rozpylanego paliwa ciekłego, wpływają-

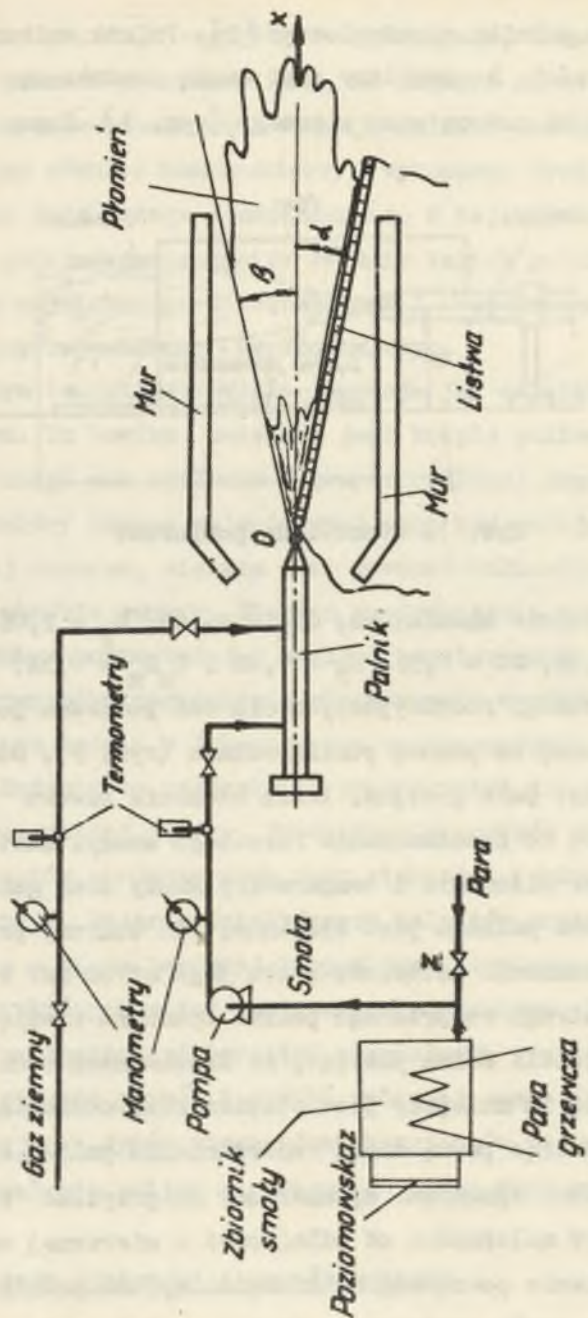
cej z badanego palnika przemysłowego [2]. Palnik umieszczony poziomo na wysokości h zasilany jest smołą czadnicową, która rozpylana jest za pomocą gazu ziemnego (rys. 1). Znana ilość gazu



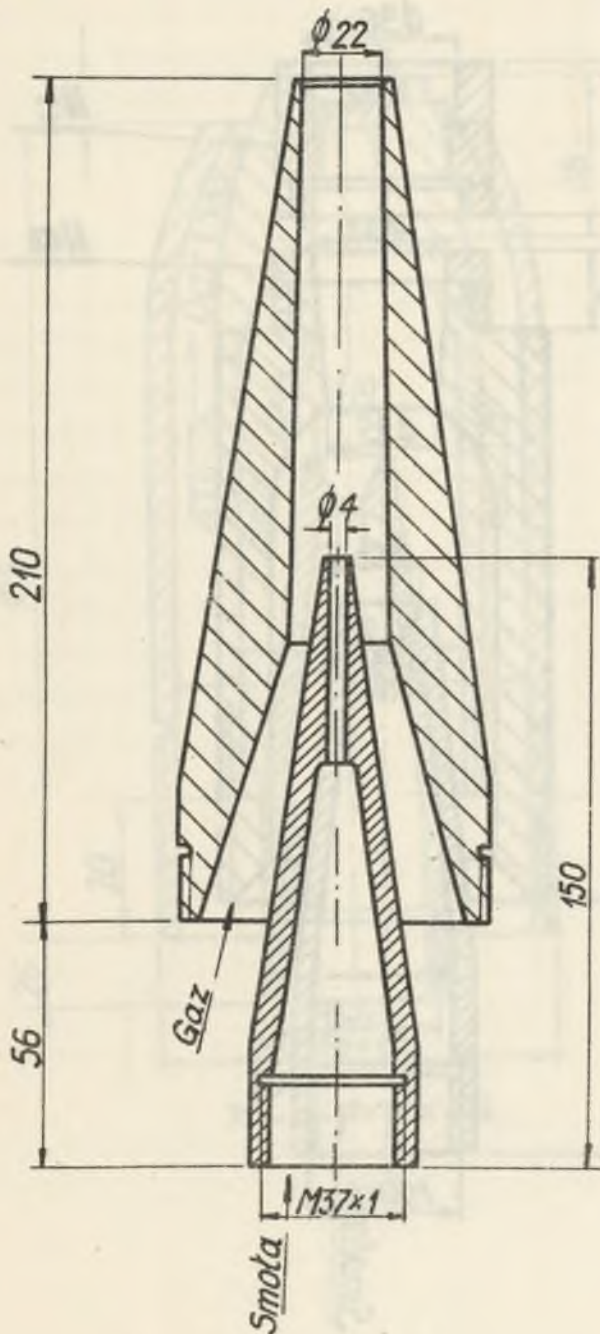
Rys. 1. Stanowisko pomiarowe

ziemnego (o składzie chemicznym: $\text{CH}_4 = 95,6\%$, $\text{N}_2 = 2,0\%$, $\text{CO}_2 = 0,1\%$, $\text{O}_2 = 0,1\%$, $\text{CO} = 0,5\%$, $\text{H}_2 = 1,4\%$ i $\text{C}_n\text{H}_m = 0,3\%$) doprowadzana jest ze stacji redukcyjnej, smoła zaś podawana jest pompą w ilości mierzonej za pomocą poziomowskazu (rys. 2). Do zbiornika doprowadzana jest para grzejna. Przez otwarcie zaworu Z można doprowadzić parę do przedmuchiwania rurociągu smoły. Instalacja umożliwia pomiar ciśnienia i temperatury smoły oraz gazu ziemnego. Końcówka wylotowa palnika jest wymienna. Dla ochrony przed promieniowaniem płomienia ustawiono z obu jego stron mur ekranujący.

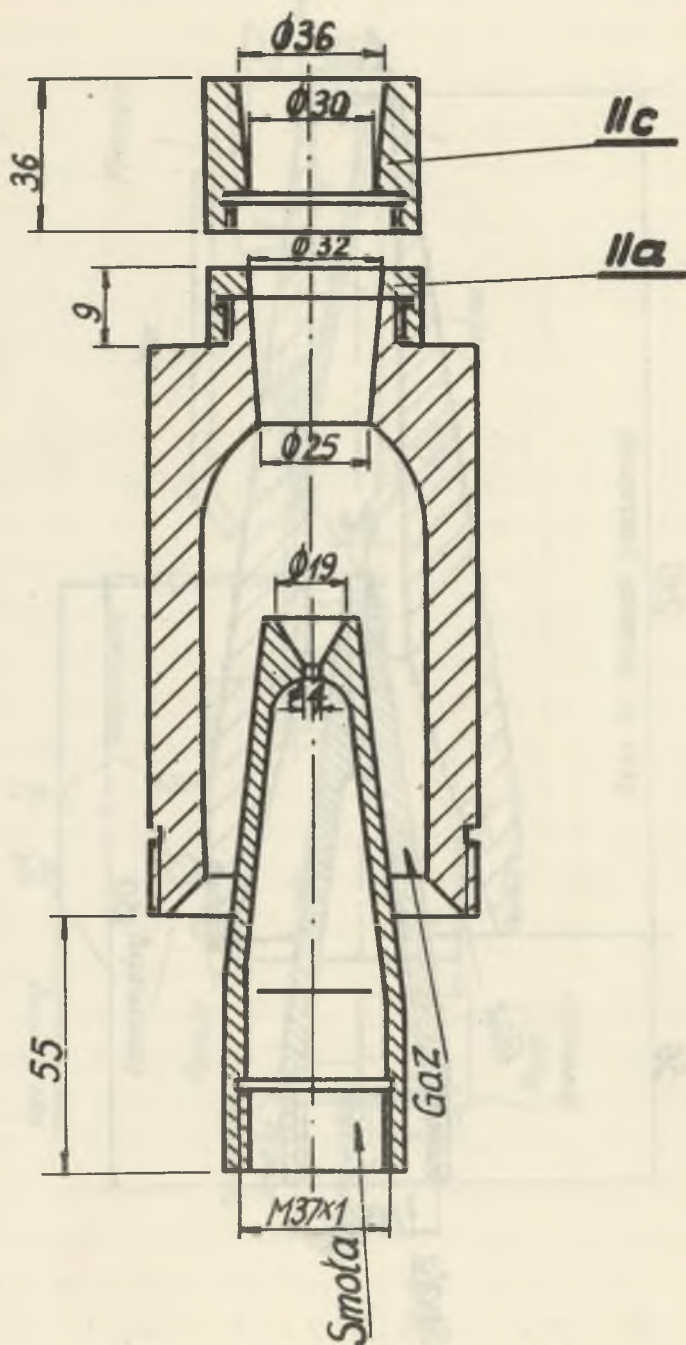
Z płonącej strugi rozpylanego paliwa opada na ziemię część niespalonych kropeł. Można przyjąć, że łączna masa tych kropeł jest tym większa im mniejszy jest stopień rozdrobnienia paliwa. Masa opadu jest więc pewną miarą rozdrobnienia paliwa ciekłego. Opad ten oznaczony symbolem a , mierzony na przykład w $\text{g}/(\text{cm}^2 \text{s})$, można określać w zależności od odległości x mierzonej wzdłuż osi palnika i płomienia począwszy od krawędzi wylotu palnika (rys. 2). Do pomiaru tego opadu zastosowano listwę z ułożonymi na niej szeregowo płytkami metalowymi. Listwę tę z przykrytymi płytkami układa się na ziemi pod płomieniem, po czym odsłania się płytki na



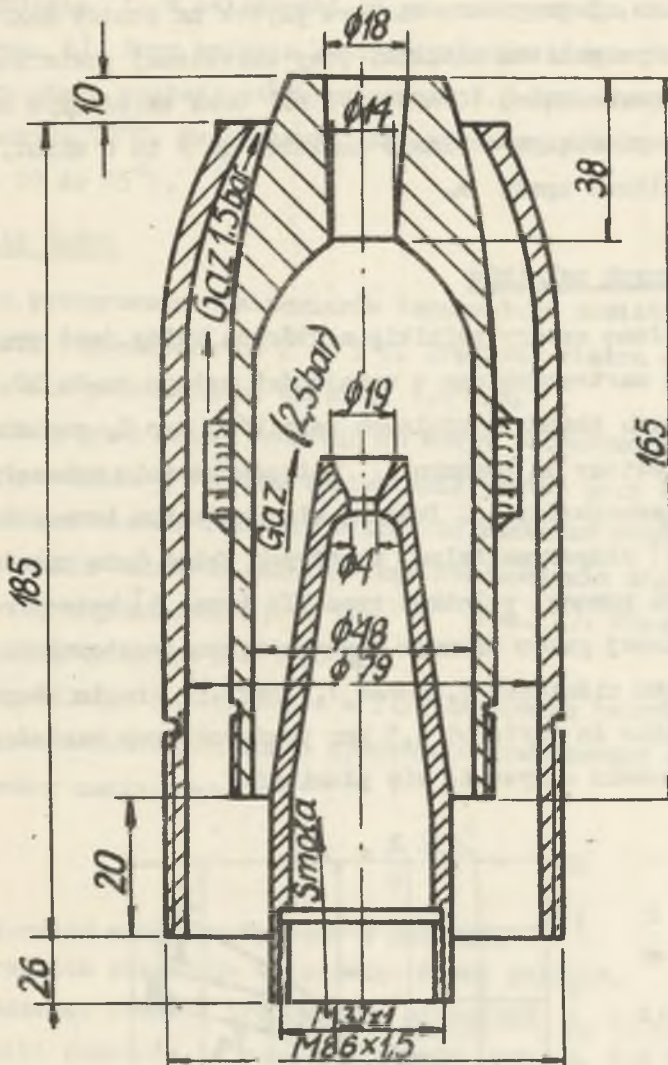
Rys. 2. Schemat pomiarowy



Rys. 3. Palnik I



Rys. 4. Palnik IIa i IIc

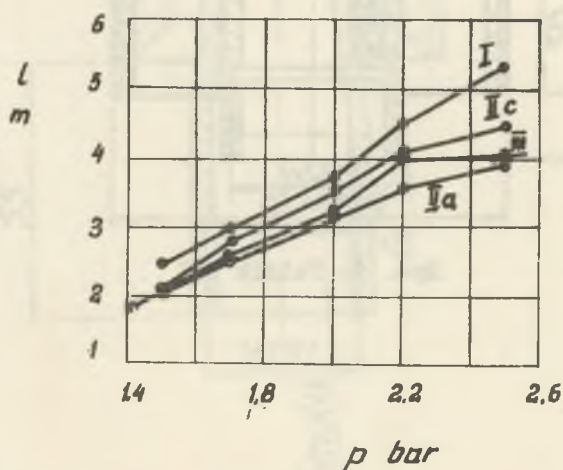


Rys. 5. Palnik III

określony czas. Z przyrostu ciężaru płytek na skutek nakropienia ich niespalonym paliwem ciekłym, przy określonej powierzchni każdej z płytek wynoszącej $10 \times 5 = 50 \text{ cm}^2$ oraz określonym czasie odsłonięcia wynoszącym w czasie pomiarów od 2 do 6 minut, można obliczyć wielkość opadu a .

3. Opis badanych palników

Badaniom poddano cztery palniki, z których każdy jest przeznaczony dla pieca martenowskiego o wydajności wytopu rzędu 50 t stali. Pierwszy z tych eksperymentalnych palników, typ I, posiada układ dysz przedstawiony na rysunku 3. Wstępne badania wykazały, że działa on niezadawalająco. Poddano więc badaniom inne palniki (typ IIIa oraz IIIc) eksperymentalne, w których układ dysz przedstawia rysunek 4. Za pomocą palnika typu III (rys. 5) badano rozpylanie smoły rozpylanej gazem ziemnym doprowadzanym dwustopniowo (przy manometrycznym ciśnieniu 2,5 oraz 1,5 bar). W drugim stopniu zmniejszono ciśnienie do wartości 1,5 bar ponieważ przy wartościach większych następowało odrywanie się płomienia.



Rys. 6. Długość płomienia

Dla rozważanych palników dokonano orientacyjnej oceny długości płomienia l w zależności od manometrycznego ciśnienia p gazu (rys. 6). Przy badaniu każdego palnika ciśnienie manometryczne smoły miało wartość stałą wynoszącą 2,3 bar, temperatura zaś jej wynosiła 70°C . Temperatura gazu ziemnego wahała się w granicach od 20 do 25°C .

4. Wyniki badań

W czasie przeprowadzania pomiarów temperatura powietrza otoczenia wahała się w granicach od 2 do 5°C . Prędkość wiatru o zmiennym kierunku nie przekraczała wartości 1,6 m/s.

Ważenie płytek przeprowadzano na wadze półautomatycznej z dokładnością ważenia $\pm 0,2$ mg. Nakrapianie płytek przy tych samych warunkach powtarzano dwa razy biorąc do rozważań wynik średni. Dla wszystkich badanych palników kąt rozchodzenia się płomienia mieścił się w granicach $2\beta = 10 \div 12^{\circ}$ (rys. 2). Wysokość palnika ponad ziemią wynosiła $h = 1250$ mm.

Dla określenia zależności $a = f(x)$ za pomocą bezwymiarowych wielkości zredukowanych można wprowadzić zredukowany opad a_r zdefiniowany następująco

$$a_r = \frac{a}{\dot{G}} \frac{\pi d^2}{4}, \quad (1)$$

gdzie:

\dot{G} - strumień smoły na wylocie z palnika,

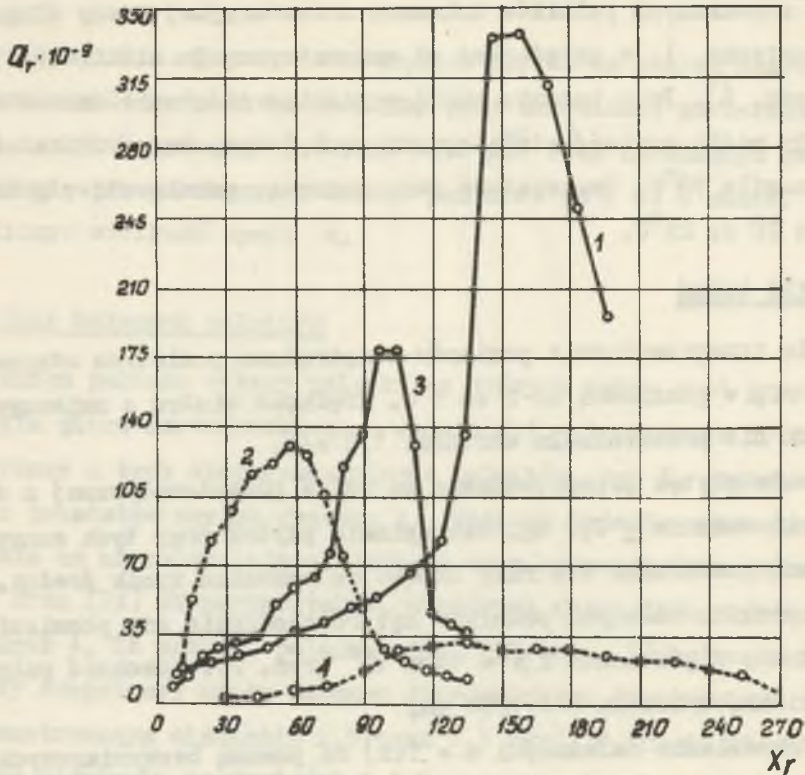
d - średnica przekroju wylotowego dyszy palnika.

Wprowadzając również zredukowaną odległość $x_r = x/d$ przedstawiono wyniki pomiarów za pomocą wykresów (rys. 7, 8 i 9) zależności

$$a_r = f(x_r) \quad (2)$$

Zależność (2) dla wszystkich czterech badanych palników przedstawia rysunek 7. Na rysunku 8 przedstawiono dla palnika III zależność

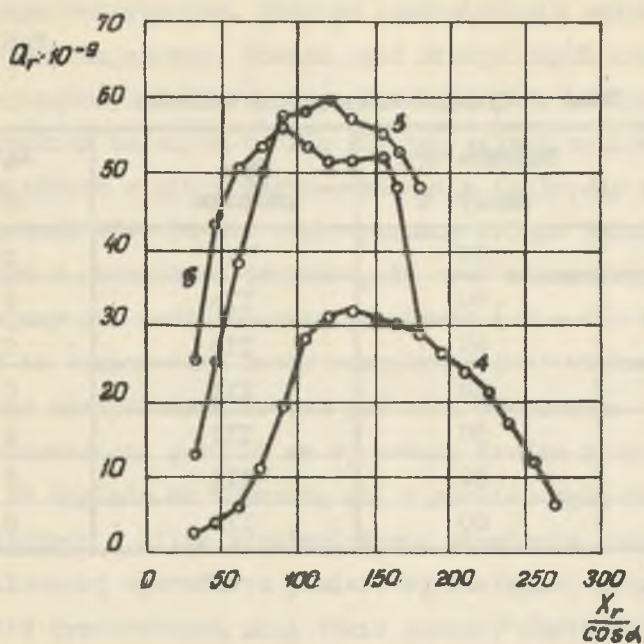
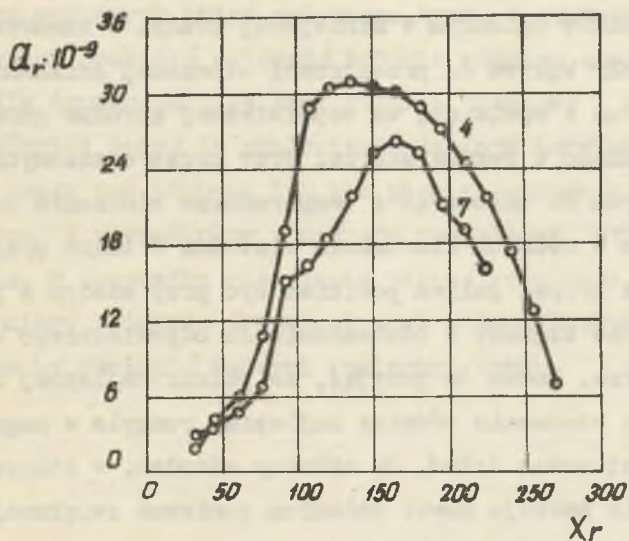
$$a_r = f\left(\frac{x_r}{\cos \alpha}\right) \quad (3)$$



Rys. 7. Rozkład opadu

dla trzech różnych kierunków określonych kątem α wynoszącym 0, 6 i 8°. Również dla palnika III przedstawiono na rysunku 9 zależność (2) dla dwóch różnych wartości temperatury rozpylanej smoły (50 i 80°C).

Wyniki pomiarów przedstawionych za pomocą krzywych od 1 do 7 uzyskano przy manometrycznym ciśnieniu smoły przed dyszą wynoszącym 2,3 bar oraz przy manometrycznym ciśnieniu gazu przed palnikiem mającym wartość 2,5 bar, zaś po zdławieniu przed drugim stopniem wynoszącym 1,5 bar. Strumienie czynników miały wartość stałą i wynosiły 0,105 kg/s smoły oraz 0,3 m³/s gazu. Temperatura gazu ziemnego wahała się w granicach od 8 do 10°C. Pozostałe dane dotyczące wykresów podano w tabelicy 1.

Rys. 8. Wpływ kąta α na rozkład opadu

Rys. 9. Wpływ temperatury na rozkład opadu

Tablica 1

Dane dotyczące krzywych z wykresu

Nr krzywej	Temperatura smoły °C	Typ palnika	Kąt α°
1	60	I	0
2	60	IIa	0
3	60	IIc	0
4	50	III	0
5	50	III	6
6	50	III	8
7	80	III	0

5. Wnioski

Warunki, w których zachodzi spalanie w komorze paleniskowej rzeczywistego pieca różnią się bardzo od warunków jakie występowały przy badaniu palników opisanym w niniejszej pracy. W komorze, struga rozpylonej smoły wpływa do przestrzeni otoczonej ścianami o wysokiej temperaturze i spala się we współbieżnej strudze gorącego powietrza podgrzanego w regeneratorze. Przy przeprowadzonych badaniach struga wpływa do chłodnego o temperaturze otoczenia powietrza poruszanego w różnych kierunkach wiatrem. W takim przypadku opad niespalonych kropeł paliwa powinien być przy każdym z palników proporcjonalnie większy w odniesieniu do odpowiedniego opadu w nagrzanym komorze. Można tu przyjąć, że palnik najlepiej rozpylający w chłodnym otoczeniu również najlepiej rozpyla w nagrzanym komorze. Natomiast można dodać, że chłodny ośrodek, w którym następuje rozpylanie sprzyja nawet badaniom ponieważ zwiększając ilość opadu czyni jego pomiar łatwiejszym.

Na podstawie uzyskanych wyników można na przykład stwierdzić, że palnik I odznacza się w panujących w czasie pomiaru warunkach

najgorszym rozpylaniem. Stopień rozdrobnienia paliwa przez ten palnik jest najgorszy, bowiem opad niespalonych kropel (rys. 7) jest największy. Można przypuszczać więc, że również najgorzej ze wszystkich badanych będzie się ten palnik zachowywać w warunkach działania w piecu martenowskim. Za najlepszy z badanych przyjęto palnik III. Na nim więc wykonano dalsze badania (rys. 8 i 9). Z rysunku 8 wynika na przykład, że opad niespalonych kropel jest najmniejszy pod podłużną osią płomienia ($\alpha = 0$). Rysunek 9 świadczy, że im temperatura smoły rozpylanej jest większa tym mniejszy jest opad niespalonych kropel pod osią płomienia.

Przeprowadzone pomiary są wprawdzie trudne i kłopotliwe chociażby ze względu na unoszącą się w pobliżu mgłę rozpylonego paliwa ciekłego i silne promieniowanie płomienia, jednak dzięki nieskomplikowanej aparaturze pomiarowej dostępnej niemal w każdym zakładzie przemysłowym mogą takie pomiary dostarczyć potrzebnych dla praktyki informacji wstępnych o badanych palnikach.

Badania przeprowadzone w niniejszej pracy mogą być tylko początkiem szerszych badań podobnego typu. W następnym etapie można na przykład rozważyć celowość badania różnicy opadu w danym miejscu i dla danego palnika przy strudze płonącej i nie płonącej. Można również dążyć do znalezienia jakiejś korelacji między rozkładem opadu pod płonąca lub nie płonąca strugą a rozkładem średnic kropel w początkowym przekroju rozpylanej strugi paliwa ciekłego. W przypadku określenia takiej korelacji, trudne stosunkowo pomiary rozkładu średnic kropel w początkowym przekroju strugi można by zastąpić łatwymi pomiarami opadu.

LITERATURA

- [1] Petela R., Dziwok J., Musioł Z.: Porównanie pieca martenowskiego opalanego paliwem ciekłym i gazem czadnicowym. Wiadomości Hutnicze XXIV (1968) nr 4, s. 114/9.
- [2] Petela R., Zuwała J.: Badanie palników na paliwo ciekłe. Mgr pr. dypl. Zakł. Gosp. Gazowej Katedry Energetyki Ciepłej Politechniki Śląskiej, 1969.

МЕТОД ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ГОРЕЛОК ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Р е з ю м е

Сделаны исследования промышленных горелок тепловой мощности ок. 15 MW, предназначенных для сжигания газогенераторной смолы распыливаемой природным газом.

Описывается метод упрощенного исследования горелок, основанный на измерениях массы несгоревших капель, падающих из факела.

Простой метод исследований, неупотребляющий сложной аппаратуры, предназначен для широкого применения в промышленных предприятиях.

THE WAY OF THE INTRODUCTORY ESTIMATION OF THE LIQUID FUEL BURNERS

S u m m a r y

Industrial burners of about 15 MW output, for combustion of the gas producer tar atomized by means of the natural gas, have been examined. There are described the results of the proof of the simplified burner examination by means of the measurements of the unburned drop mass falling down from the flame. The simple method of examination without any complicated apparatus aims to be commonly used in various industrial works.