

Maciej Rozpondek, Jerzy Słociński,
Józef Domagała, Jan Góral

Instytut Metalurgii
Instytut Energetyki Gazowej
Politechniki Śląskiej

ZASTOSOWANIE GAZU ZIEMNEGO DO OPALANIA DWUKOMOROWYCH
PIECÓW WGLĘBNYCH I PIECÓW PRZEPYCHOWYCH W HUCIE "FLORIAN"

Streszczenie. Wskutek braku używanego dotychczas gazu mieszanego zaistniała konieczność zastosowania gazu ziemnego. Krótki okres czasu na zmianę paliwa i brak odpowiednich palników skłoniły użytkownika do przeróbki istniejących palników w ten sposób, aby główne elementy palników i układy zasilające pozostały niezmienione. Przekonstruowane tak palniki zbadano na stanowisku próbnym i zainstalowano do pieca, otrzymując pozytywne wyniki ich pracy.

1. Dotychczasowe paliwa i palniki

W piecach przepychowych i wglębnych jednoróżnych dwukomorowych opalanych gazem mieszanym koksowniczo-wielkopieczowym, były zainstalowane palniki konstrukcji Biprohotu. W tabl. 1 podano charakterystykę techniczną gazu mieszanego.

Tablica 1

Charakterystyka gazu mieszanego

Wartość opałowa	Teoretyczna ilość pow. spal.	Teoretyczna ilość spalin	Kalorymetryczne temp. spalania	U w a g i
Q_w	V_{10}	V_{so}	t_k	
MJ/nm ³	$\frac{\text{nm}^3 \text{ pow.}}{\text{nm}^3 \text{ gazu}}$	$\frac{\text{nm}^3 \text{ spalin}}{\text{Nm}^3 \text{ gazu}}$	°C	
9,1	2,15	2,94	ok. 1750	t_k dla gazu o $Q_w = 9-9,2 \text{ MJ/nm}^3$

2. Warunki techniczne dla przejścia na opalanie gazem ziemnym

Zmiana paliwa polegała na zastosowaniu gazu ziemnego (tabl. 2) w miejsce dotychczas stosowanego gazu mieszanego.

Tablica 2

Charakterystyka gazu ziemnego

Wartość opałowa	Teoretyczna ilość pow. spalania	Teoretyczna ilość spalin	Kalorymetryczna temperatura spalania	U w a g i
Q_w	V_{10}	V_{so}	t_k	
MJ/m^3	$\frac{m^3}{m^3}$ pow. gazu	$\frac{m^3}{m^3}$ spalin gazu	$^{\circ}C$	
33,6	8,9	10	ok. 2010	

Z uwagi na krótki okres czasu od decyzji zmiany paliwa do jej urzeczywistnienia postanowiono, że muszą być spełnione następujące warunki techniczne:

- rodzaj i masa wsadu pozostały bez zmian
- konstrukcja pieca nie uległa zmianie
- przekroje rurociągów powietrznych nie uległy zmianie
- korpusy palników pozostały bez zmian.

Zmiana paliwa nie spowodowała:

- zaburzeń w procesie technologicznym nagrzewania
- pogorszenia się wskaźników energetycznych pieców
- okres międzyremontowy pieca pozostał bez zmian.

3. Podstawy dla przeróbki palników

Przeróbka palników w celu ich dostosowania do spalania gazu ziemnego oparła się na następujących założeniach:

- palniki zachowują swoją moc cieplną Q'
- nadciśnienie powietrza przed palnikiem wynosi

$$\Delta P_1 \approx 1500 \frac{N}{m^2}$$

- współczynnik nadmiaru tlenu dostarczonego w postaci powietrza atmosferycznego może osiągnąć co najwyżej wartość $\lambda = 1,2$.

Według powyższych założeń przeprowadzono obliczenia dla palników Bi-prohutu typów 200/200; 250/250; 300/300.

Schemat obliczeń jest pokazany na rys. 1, a otrzymane wyniki ujęto w tabl. 3 i 4.

Ponieważ wartości natężeń przepływów powietrza spalania są w obu przypadkach zbliżone, dlatego przekroje rurociągów powietrznych nie wymagały zmian.

Schemat ideowy palnika przed przeróbką pokazano na rys. 2. Przeróbkę palnika dla spalania w nim gazu ziemnego ograniczono do likwidacji grzybka regulacyjnego i zmniejszenia przekroju dyszy gazowej, przez umieszczenie w nim wkładki (rys. 3).

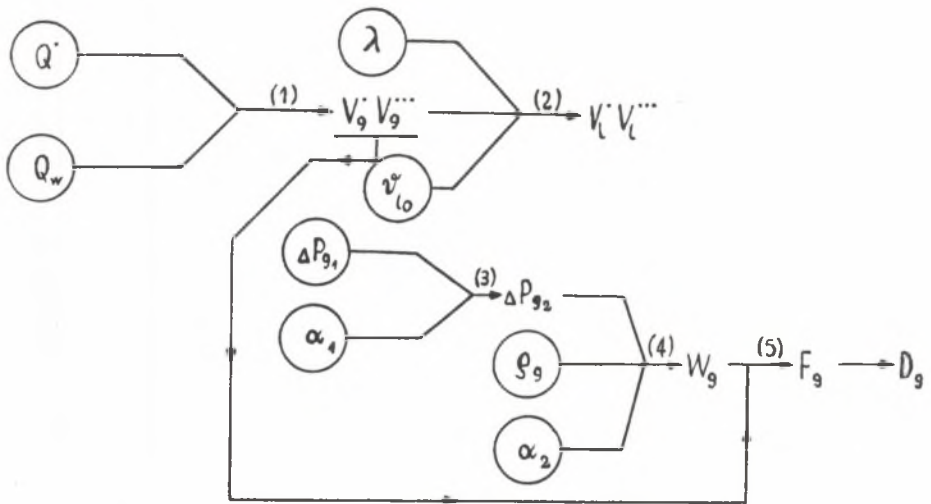
Dla tak przekonstruowanego palnika Instytut Energetyki Gazowej Politechniki Śląskiej w Dąbrowie Górniczej przeprowadził badania w Stacji Badań Palników według następującego programu:

1. Proces spalania a.piec w stanie zimnym (temperatura pow. spalania $t_1 \approx 20^\circ\text{C}$)

- skłonności do urywania się płomienia,
- urywanie się płomieni w funkcji obciążenia cieplnego,

b. Po doprowadzeniu temperatury w komorze do około 1300° (temperatura powietrza spalania minimum 200°C)

- skłonności do urywania się płomienia przy współczynniku nadmiaru powietrza od 0,8 do 1,3,
- długość płomienia widocznego przy różnych współczynnikach nadmiaru powietrza i nominalnym obciążeniem komory, wynoszącym około 560 kW (ok. $60 \frac{m^3}{h}$ gazu/h),
- rozkład temperatur w płomieniu w warunkach podanych wyżej.



Rys. 1. Schemat obliczeń palników

$$(1) V_g' = \frac{Q'}{Q_w}, \quad V_g''' = \frac{V_g'}{3,6} \cdot 10^{-3} \quad (2) V_{i1} = V_g' \cdot V_{i0} \cdot \lambda; \quad V_{i1}''' = \frac{V_{i1}}{3,6} \cdot 10^{-3}$$

$$(3) \Delta P_{g2} = \Delta P_{g1} \cdot \alpha_1 \quad (4) W_g = \left(\frac{2\Delta P_{g2}}{\rho_g} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \alpha_2 \quad (5) F_g = \frac{V_g'''}{W_g} \cdot 10^{-4}$$

Q' - nominalna moc cieplna palnika - MW, Q_w - wartość opałowa gazu - MJ/mm³, λ - współczynnik nadmiaru powietrza, V_g' - nominalne obj. natężenie przepływu gazu - mm³/h, V_g''' - mm³/s, V_{i1} - nominalne obj. natężenie przepływu powietrza - mm³/h, V_{i1}''' - mm³/s, v_0 - teoretyczne zapotrzebowanie powietrza - mm³ pow/mm³ gazu, ρ_g - gęstość gazu - kg/m³, ΔP_{g1} - nadciśnienie gazu przed palnikiem - N/m², ΔP_{g2} - nadciśnienie gazu przed dyszą - N/m², α_1 - współczynnik wypływu przy ΔP_{g1} , α_2 - przy ΔP_{g2} , W_g - prędkość rzeczywista gazu w dyszy gazowej - m/s, F_g - powierzchnia najmniejszego przekroju dyszy gazowej - cm², D_g - średnica dyszy gazowej - cm, - w kółkach umieszczono wartości znane z założeń

Tablica 3

Charakterystyka nominalna palników na gaz mieszany

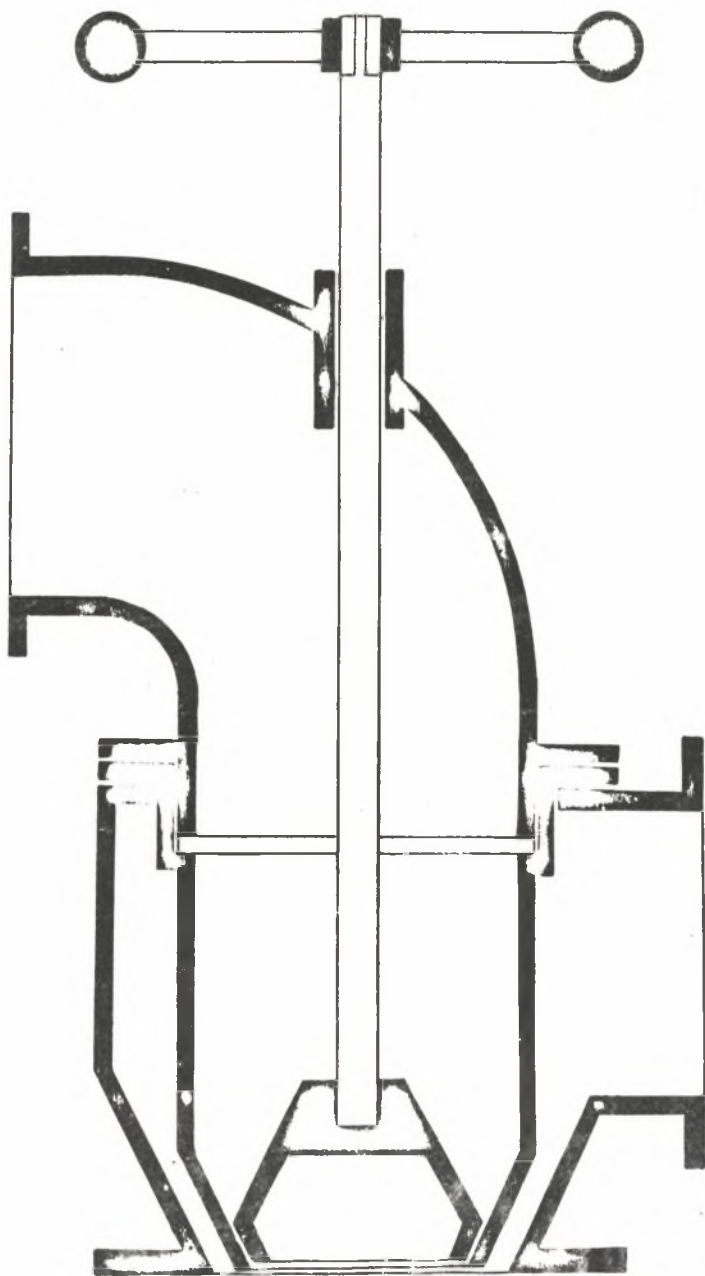
Wielkość Rodzaj palnika	Nominalna moc cieplna	Nominalne natężenie pow. na godz.	Natężenie przepływu gazu		Średnica dyszy gazowej	Prędkość rzeczywista gazu mieszanego w dyszy gazowej	U w a g i
	Q^*	V_l^*	V_{gm}^*	V_{gm}^{***}	D_g	W_{gm}	
	MW	mm ³ /h	mm ³ /h	mm ³ /s	cm	m/s	
Bp 200x200	1,105	1100	430	0,019	16,0	5,95	λ = 1,2
Bp 250x250	1,744	1760	680	0,189	20,0	6,03	
Bp 300x300	2,442	2500	955	0,265	24	5,86	

Prędkość wypływu z dyszy gazowej bez grzybka i bez wkładki.

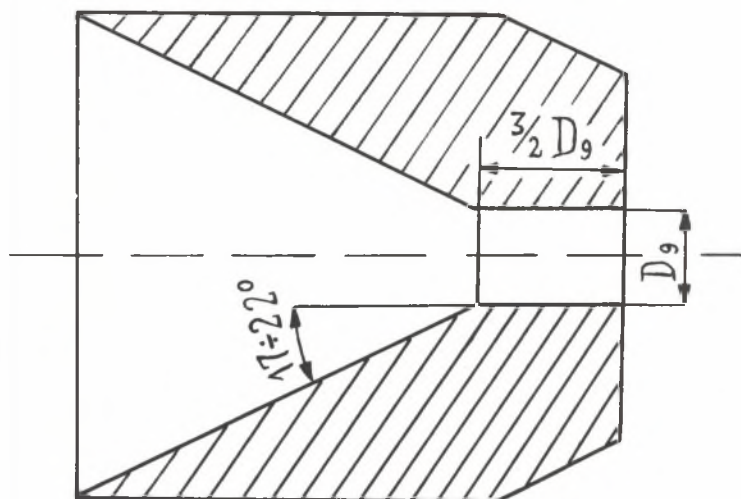
Tablica 4

Charakterystyka nominalna palników na gaz ziemny

Wielkość Rodzaj palnika	Nominalna moc cieplna	Nominalne natężenie pow. na godz.	Natężenie przepływu gazu		Srednica dyszy gazowej	Prędkość rzeczywista gazu mieszanego w dyszy gazowej	U w a g i
	Q°	V_1°	V_{GZ}°	$V_{GZ}^{\circ\circ}$	D_G	W_{GZ}	
	MW	mm ³ /h	mm ³ /h	mm ³ /s	cm	m/s	
Bp 200x200	1,105	1180	119	0,033	2,7	60	$\lambda = 1,15$
Bp 250x250	1,744	1850	189	0,052	3,33	60	
Bp 300x300	2,442	2550	262	0,073	3,94	60	



Rys. 2. Schemat ideowy palników niskoprężnych dyfuzyjnych na gaz mieszany z wymuszoną dostawą powietrza typu Biprohut

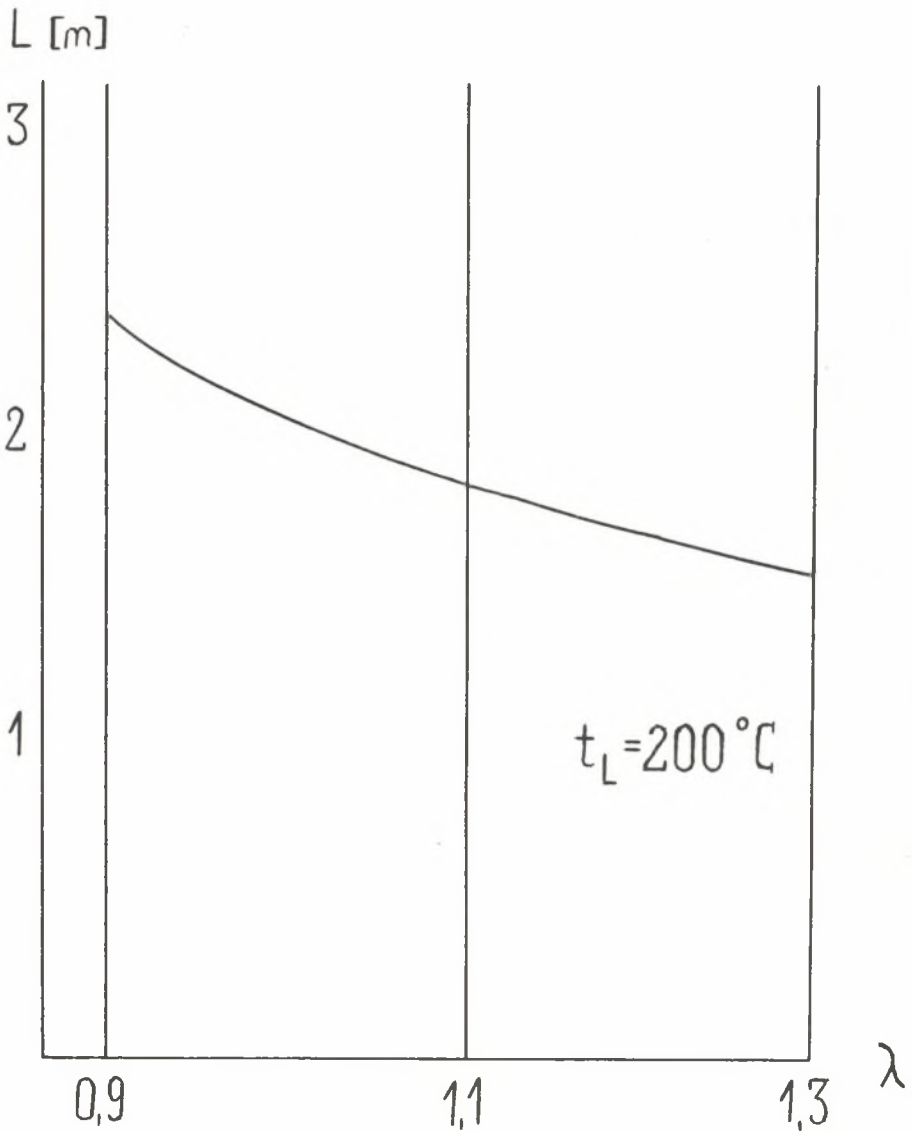


Rys. 3. Schemat wkładki do palników typu Biprohut dla spalania gazu ziemnego z wymuszoną dostawą powietrza

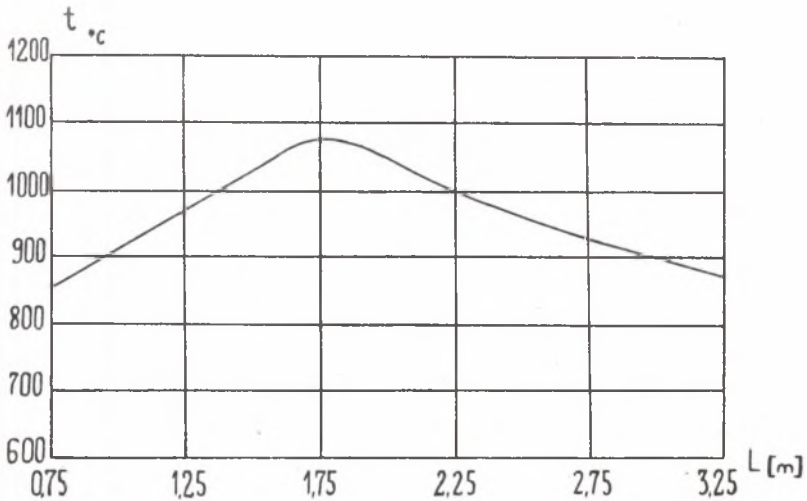
Przedmiotem badań był palnik wirowy typu Biprohut z wymienną dyszą gazową.

Doświadczalna komora stworzyła warunki zbliżone pod wieloma względami do spalania w piecach grzewczych. Jednak warunki spalania w komorze doświadczalnej były gorsze niż w piecu przemysłowym. Temperatury podgrzanego powietrza spalania i ścian były bowiem w doświadczalnej komorze spalania niższe od odpowiednich temperatur w układach pieców przepychowych i wgłębnych.

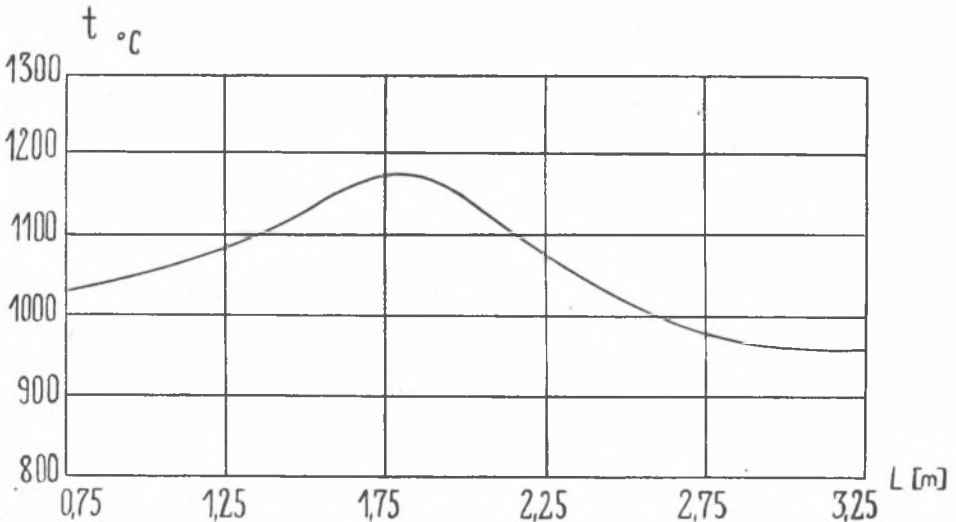
W chwili obecnej próby w doświadczalnej komorze spalania stanowią jedyną możliwość zbadania w pracy palnika hutniczego przed jego zainstalowaniem w piecu grzewczym. Stwierdzono, że płomień nie urywa się w zakresie nominalnych obciążeń palnika. Wyniki badań dające się ująć liczbowo przedstawiono na wykresach (rys. 4, 5, 6) (4).



Rys. 4. Zależność długości płomienia widocznego L od współczynnika nadmiaru powietrza λ przy $V_g^* = 60 \text{ m}^3/\text{h}$ dla dyszy o średnicy $D_g = 2,4 \text{ cm}$ i dla temp. pow. 200°C



Rys. 5. Rozkład temperatury wzdłuż osi płomienia dla dyszy o średnicy $D_g = 2,7$ cm, temp. pow. 200°C , $V_g = 60$ mm³/h i współczynnika nadmiaru powietrza $\lambda = 1,15$



Rys. 6. Rozkład temperatury wzdłuż osi płomienia dla dyszy o średnicy $D_g = 2,7$ cm, temp. powietrza 20°C , $V_g = 60$ mm³/h i współczynnika nadmiaru powietrza $\lambda = 1,15$

4. Wyniki pracy pieców

4.1. Piece wgłębne dwukomorowe jednodrożne

Piece te posiadały po 3 lub 2 palniki typu Biprohut 300/300 lub 250/250. Sumaryczna nominalna moc cieplna tych palników, wynosiła ok. 7000 kW lub 4200 kW, była zbyt wielka, gdyż średnia moc jednej komory wynosiła ok. 3000 kW. Zastosowano więc wkładki do dysz gazowych o średnicach mniejszych, niż to podano w tabl. 4. Średnice wylotów gazowych wynosiły 3,3 cm dla palników 250/250 lub 2,7 cm dla palników 300/300. Po uruchomieniu pieców okazało się, że w palnikach typu 250/250 otrzymywano płomień za krótki, mocno świecący, co powodowało nierównomierny rozkład temperatury w komorze. Zmieniono zatem wkładkę o średnicy wylotu 3,3 cm na mniejszą, o średnicy wylotu 3,0 cm. Spowodowało to znaczne zwiększenie stosunku prędkości wylotowych gazu do powietrza, wskutek czego otrzymano dłuższy płomień i równomierne nagrzanie całej komory.

Otrzymanie silnie świecącego płomienia z gazu ziemnego stanowiło mało spodziewany efekt, gdyż ogólnie przyjmuje się, że gaz ziemny spala się płomieniem mało świecącym (3). Przekazywanie ciepła od krótkiego, świecącego płomienia było tak znaczne, że przed wymianą dysz nadtapiały się głowy wlewków mimo, że użyta moc cieplna była taka sama lub nawet nieco mniejsza, niż przy użyciu gazu mieszanego.

4.2. Piece przepychowe

Zastosowanie gazu ziemnego do opalania pieca przepychowego (trójstrefowy, dwurzędowy) dało szczególnie korzystne efekty ekonomiczno-technologiczne.

Jeśli przy opalaniu pieca gazem mieszanym pracowało zwykle 13 palników typu BP 250/250, to obecnie przy opalaniu gazem ziemnym pracuje ich tylko 8, przy mniejszej mocy cieplnej, ponieważ radykalnej poprawie uległy warunki wymiany ciepła.

Pomimo zmniejszenia mocy cieplnej palników osiągnięto zwiększenie przepustowości pieca oraz bardzo korzystny rozkład temperatur w piecu, a przez to prawidłowe dogrzanie wsadu. Wsad jest nagrzewany zgodnie z

wymaganiami technologii nagrzewania, ponadto temperatura uchodzących spalin uległa obniżeniu co spowodowało poprawę sprawności pracy.

Jednostkowe zużycie ciepła zmniejszyło się o 15-20%.

Wnioski

1. Przerobiono palniki hutnicze minimalnym kosztem przy zmianie paliwa gazowego.
2. Przy odpowiedniej konstrukcji palnika uzyskano efekt świecenia dla gazu ziemnego poprawiający warunki wymiany ciepła w piecu.
3. Wprowadzenie gazu ziemnego do opalania pieców grzewczych spowodowało obniżenie wskaźnika jednostkowego zużycia ciepła o ok. 10%.

LITERATURA

1. Michałowski M., Wessely R. - Programowanie i kontrola spalania SITPH Katowice 1968.
2. Praca naukowo-badawcza "Opracowanie zmian konstrukcji palników istniejących przy przejściu na gaz ziemny i opracowanie docelowych układów spalania gazu ziemnego" (niepublikowane), Instytut Metalurgii Politechniki Śląskiej 1972.
3. Senkara T. - Obliczenia pieców grzewczych, Śląsk 1968.
4. Wstępne wyniki badań palników dla huty Florian. Instytut Energ. Gazowej Pol. Śląskiej (niepublikowane) 1972.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ДВУХКАМЕРНЫХ
НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ КОГОДЦЕВ И МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

Р е з ю м е

Вследствие отсутствия употребляемого до сих пор смешанного газа возникла необходимость применить природный газ. Короткий период в изменении топлива и отсутствие соответствующих горелок привели потребителя к переделке существующих горелок таким образом, чтобы главные элементы горелок и системы питания остались неизменными. Переделанные так горелки были испытаны в исследовательской камере и употреблены в печи, а результаты их работы оказались положительными.

THE USE OF NATURAL GAS FOR FIRING OF SOAKING FURNACE
AND PUSHER FURNACE IN THE "FLORIAN" STEELWORKS

S u m m a r y

For lack of mixed - gas, which was used so far it was necessary to take into consideration possibility of using natural gas for firing. Owing to the short period for exchange of fuel and for lack of suitable burners, it required modification of existing burners in this way, in order to keep general burners element and supply system unchanged. Such burners were tested in test posts and also in the stove and the burners succeeded in these tests.