

# Aspekty energetyczne zastosowania gazu z podziemnego zgazowania węgla

## Aspects of energy use of gas from the underground coal gasification



*Dr inż. Maciej Rozpondek, doc.  
w Politechnice Śląskiej\**



*Dr inż. Jan Góral\**

**Treść:** Scharakteryzowano wpływ metod zgazowania węgla na właściwości palne gazu z podziemnego zgazowania węgla – GPZW. Przedstawiono parametry energetyczne odpadowych gazów niskokalorycznych otrzymywanych z procesów technologicznych w odniesieniu do składu gazów z procesów zgazowania węgla i biomasy. Przeanalizowano dotychczasowe konstrukcje palników do spalania niskokalorycznych gazów palnych w aspekcie możliwości ich zastosowania w konwersji paliw z podziemnego zgazowania węgla. Zaproponowano wariantowe wykorzystanie gazu z podziemnego zgazowania węgla do opalania kotłów dwupaliwowych typu OPG lub z zastosowaniem autonomicznego podgrzewacza.

**Abstract:** The impact of methods of coal gasification on the properties of combustible gaseous products from the underground coal gasification process was analyzed. This paper also presents energy parameters of low-calorific waste gases from technological processes in relation to gas composition deriving from coal and biomass gasification. The current design of burners used for low-calorific gas combustion and their application during fuel conversion from underground coal gasification was analyzed. This paper suggests the optional use of gas from underground coal gasification to fire dual-fuel boilers such as OPG or the stand-alone heater.

### **Słowa kluczowe:**

*podziemne zgazowanie węgla, gazy niskokaloryczne, palniki gazowe.*

### **Key words:**

*underground coal gasification, low-calorific gases, gas burners*

## **1. Wprowadzenie**

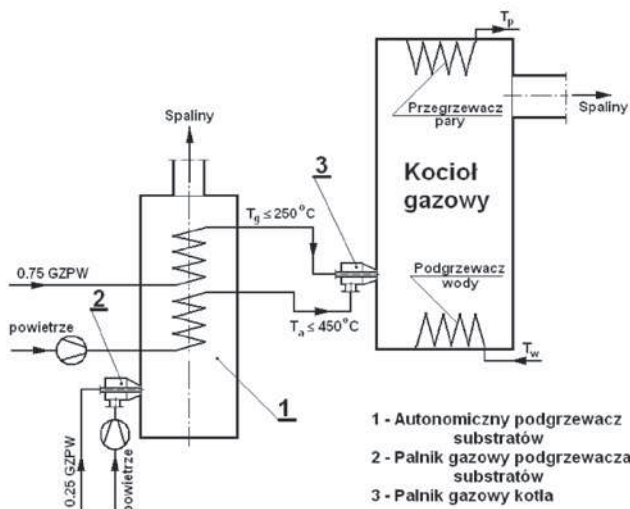
Zgazowanie podziemne jest procesem, w którym węgiel po zapłonie podlega pirolizie i zgazowaniu w przemieszczającej się strefie reakcji. Zgazowanie podziemne jest szczególnie uzasadnione w przypadku konieczności pozyskiwania węgla z pokładów głębokich, z których jego wydobywanie wymaga stosowania bardzo dużych nakładów inwestycyjnych. Gaz z podziemnego zgazowania węgla – GPZW otrzymywany jest ze złoża głównie z zastosowaniem 4 metod [1]: dwóch pionowych szybów, ślepego otworu, stromych pokładów, oraz z cofającym się punktem zasilania. Na jakość wytwarzanego gazu, czyli na jego właściwości fizykochemiczne, wywierają wpływ przede wszystkim następujące parametry: strumień i skład chemiczny doprowadzanego utleniacza, strumień penetrującej wody, grubość złoża. Oznacza to, że proces

podziemnego zgazowania węgla musi przebiegać w warunkach stałej kontroli jego parametrów fizykochemicznych dla osiągnięcia stabilizacji parametrów produkowanego gazu. Zawartość wilgoci w GPZW jest odwrotnie proporcjonalna do szybkości zgazowania, natomiast jest wprost proporcjonalna do strumienia wody penetrującego zgazowywane złożo. Przy założeniu, że cały podawany strumień wody bierze udział w reakcji zgazowania i zakładając równowagę reakcji gazu wodnego można określić zależność wartości opalowej GPZW od szybkości zgazowania i strumienia wody [1]. Podziemne zgazowanie węgla prowadzone w sposób ciągły (jednofazowy) przy „semi-stabilnym” zasilaniu medium zgazowującego, umożliwia uzyskanie gazu niskokalorycznego z przeznaczeniem dla potrzeb energetycznych. Przy tzw. „dwufazowym” zgazowaniu podziemnym węgla i okresowej zmianie utleniacza można zwiększyć zawartość wodoru w produkowanym gazie powyżej 40 % w fazie zgazowania parą wodną [2, 3]. Zawartość wody w produkowanym gazie podczas

\* Politechnika Śląska, Zespół Energetyki Procesowej – Katedra Metalurgii Katowice

podziemnego zgazowania węgla zależna jest od strumienia wody penetrującego do zgazowywanego złoża węglowego z otaczających go formacji geologicznych. Podczas właściwej eksploatacji procesu zgazowania dochodzi do całkowitego odparowania wilgoci, zatem zasadniczo cała penetrująca woda pojawia się w produkowanym gazie jako para wodna lub produkt reakcji tej pary z węglem. Miejsce penetracji wody do złoża ma istotne znaczenie dla jej wpływu na skład produkowanego gazu. Jeżeli woda dopływa do strefy wysokotemperaturowej, to po odparowaniu bierze udział w reakcji zgazowania węgla. Badania wykazały, że zgazowanie powietrzem pozwala uzyskać wartość opałową produkowanego gazu suchego wynoszącą ok.  $3\div 5 \text{ MJ/m}^3_n$ , zaś podczas zgazowania tlenem pod wysokim ciśnieniem można osiągnąć wartość opałową  $W_d \approx 13 \text{ MJ/m}^3_n$  [4].

Priorytetem w gospodarce gazowej jest maksymalne zagospodarowanie gazów z podziemnego zgazowania, przy zapewnieniu odpowiednich parametrów paliwa. W tym celu stosuje się najczęściej dwa sposoby optymalizacji parametrów gazu: uśrednianie składu gazu w zbiornikach lub dozowanie stabilizacyjne gazu wysokokalorycznego. Gaz z podziemnego zgazowania węgla nie będzie magazynowany, co oznacza, że jego podaż i popyt muszą być na bieżąco zrównoważone. Przy zmniejszeniu podaży strumienia gazu z podziemnego zgazowania, jego strumień może być zastąpiony przez paliwa bogate, tj. gaz ziemny i gaz koksowniczy. Możliwa jest także wówczas waloryzacja wartości opałowej gazu z podziemnego zgazowania węgla. Na przydatność energetyczną paliwa można także wpływać przez podgrzanie substratów spalania, czyli zwiększenie ich entalpii fizycznej [5]. Aby zapewnić stabilność wartości cieplnej gazu z podziemnego zgazowania węgla i jednocześnie uzyskać wyższą temperaturę spalania proponuje się zastosowanie autonomicznego podgrzewania substratów, co przedstawiono na rys. 1, przed ich doprowadzeniem do kotła jako urządzenia głównego. Oszacowano, że przy podgrzaniu gazu do temperatury  $300^\circ\text{C}$  i powietrza do temperatury  $450^\circ\text{C}$  udział strumienia GZPW zasilającego autonomiczny podgrzewacz będzie wynosił ok. 25% całkowitego strumienia wykorzystywanego gazu. Podgrzewanie zarówno powietrza, jak i gazu z podziemnego zgazowania węgla w jednym urządzeniu ma uzasadnienie technologiczne ze względu na zbliżone wartości strumieni masy substratów, a także ekonomiczne – polegające na zmniejszeniu kosztów, co wynika z zastosowania jednej, wspólnej instalacji.



Rys. 1. Autonomiczny podgrzewacz substratów spalania  
Fig. 1. Autonomous heater of fuel substrates

W. Heiligenstaedt [6, 7] przeprowadził analizę tzw. wartości cieplnej gazu koksowniczego i gazu wielkopiecowego dla temperatury komory spalania wynoszącej  $1000^\circ\text{C}$ , przy założeniu temperatury podgrzania substratów odpowiednio dla procesu spalania gazu:

- koksowniczego o temperaturze otoczenia i temperatury powietrza spalania –  $600^\circ\text{C}$ ,
- wielkopiecowego podgrzanego do  $360^\circ\text{C}$  i powietrza spalania do  $520^\circ\text{C}$ .

Dla przyjętych założeń wartość cieplna gazu wielkopiecowego wynosi ok. 76% wartości gazu koksowniczego. Tak więc, cena jednostki energii w gazie wielkopiecowym powinna być niższa o ok. 24%. Na bardzo zbliżonym poziomie do tak określonej wartości cieplnej gazu wielkopiecowego otrzymuje się wskaźnik wartości cieplnej dla gazu ziemnego wysokometanowego.

Układy opalania urządzeń cieplnych powinny być projektowane z uwzględnieniem możliwości zwiększenia wartości opałowej GZPW, aby zapewnić optymalną konwersję energii chemicznej tego paliwa i bezpieczeństwo eksploatacyjne. Nawet w warunkach zmiennej podaży paliw, powinny być osiągnięte wymagane standardy jakościowe produktu finalnego przy spełnieniu kryteriów ekonomicznych i ekologicznych. W nowo projektowanych, względnie modernizowanych urządzeniach cieplnych, standardami energetyczno-ekologicznymi są normatywy określone w wymaganiach Najlepszych Dostępnych Technik – BAT.

## 2. Właściwości palne gazów z podziemnego zgazowania węgla

Wykonane przez Główny Instytut Górnictwa w ramach projektu rzeczywiste próby podziemnego zgazowania węgla w skali pilotowej w Kopalni Doświadczalnej Barbara w pokładzie 310 cechują się znacznymi zmiennościami składu chemicznego – tablica 1 [8].

Tablica 1. Skład chemiczny gazów (% obj.) z podziemnego zgazowania węgla

Table 1. Chemical composition of gases (% vol.) from underground coal gasification

Składnik	Próba nr 1	Próba nr 2	Próba nr 3
CO <sub>2</sub>	4,03	15,99	11,34
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,06	0,00	0,05
H <sub>2</sub>	46,62	12,33	16,13
O <sub>2</sub>	5,10	1,51	3,28
N <sub>2</sub>	19,62	51,44	52,15
CH <sub>4</sub>	6,95	1,18	2,03
CO	17,31	16,47	14,91
H <sub>2</sub> S	0,30	0,18	0,12

Zgodnie z danymi zamieszczonymi w raportach:

- próba gazu nr 1 była pobrana przy stabilnym podawaniu do reaktora wyłącznie tlenu przez poprzedzający okres 3 godzin,
- próba gazu nr 2 była pobrana przy stabilnym podawaniu do reaktora tlenu i powietrza w stosunku objętościowym 1:1,
- próba gazu nr 3 była pobrana przy stabilnym podawaniu do reaktora tlenu i powietrza również w stosunku objętościowym 1:1, ale przy wartości strumienia objętości mniejszego o 25% w stosunku do próby nr 2.

Próba nr 1 charakteryzuje gaz o wysokiej wartości opalowej, który uzyskiwano w stosunkowo krótkich okresach czasu, natomiast próby nr 2 i 3 są charakterystyczne dla średniej wartości opalowej podczas całego okresu przebiegu doświadczenia – rys. 2. Należy zaznaczyć, że w wielu przypadkach próby pobierane w odstępach 30 minutowych wykazywały różnice w składach chemicznych i wartościach opalowych, wynoszące nawet kilkadziesiąt procent, bez zmiany zadanych parametrów czynników zgazowywujących. Na rys. 3 przedstawiono wyniki obliczeń teoretycznych wartości granic palności gazów z prób nr 1 - 3. Dla paliw gazowych zawierających znaczne udziały gazów balastowych –  $N_2$  i  $CO_2$  do obliczenia górnej granicy zapłonu można także stosować wykres Jonesa i Cowarda [9, 10]. Przy obliczaniu rzeczywistych wartości granic palności, tj. z uwzględnieniem wpływu składników niepalnych, otrzymane wartości odpowiadają granicom palności wyznaczonym eksperymentalnie dla odpadowych gazów hutniczych o zbliżonych składach chemicznych.

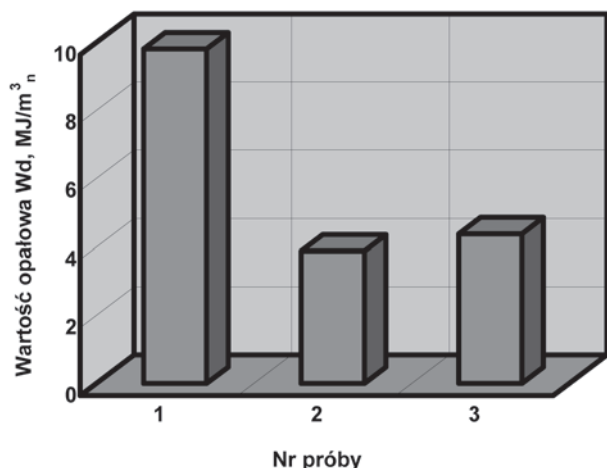
Przy określaniu normalnej prędkości spalania GZPW należy, dla zakładanej liczby nadmiaru powietrza –  $\lambda = 1,05$ , uwzględnić wpływ [7, 9, 11]:

- temperatury substratów,
  - składników inertnych: azotu oraz ditlenku węgla ze współczynnikiem korekcyjnym  $k = 1,67 z_{CO_2}$ , zwiększającym jego udział molowy.
- Ponadto muszą być uwzględnione także parametry konstrukcyjno-przepływowe palnika, takie jak:
- średnica dyszy wypływowej palnika,
  - wyrównanie prędkości w strudze, czyli stosunek prędkości średniej do minimalnej,
  - obciążenie (strumień energii chemicznej) palnika.

Dla gazu z podziemnego zgazowania węgla powinno się także uwzględnić zawartość składników powstałych w procesie zgazowania, a nieusuniętych w całości w trakcie jego oczyszczania. Jakość parametrów oczyszczania gazu z podziemnego zgazowania węgla ma istotny wpływ na parametry eksploatacyjne procesu spalania.

### 3. Charakterystyka energetyczna gazów niskokalorycznych o wartości opalowej poniżej $6000 \text{ kJ/m}^3_n$

Gazy niskokaloryczne o wartości opalowej poniżej  $6 \text{ MJ/m}^3_n$ , występują głównie jako gazy odpadowe w procesach produkcyjnych przemysłu metalurgicznego

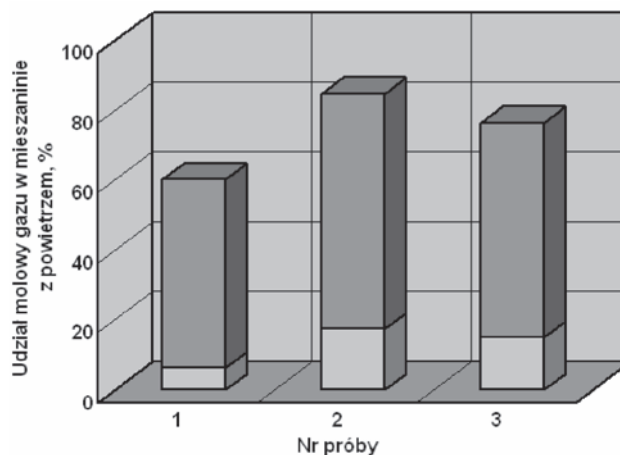


Rys. 2. Wartość opalowa gazów GPZW  
Fig. 2. Calorific value of GPZW gases

i chemicznego [5, 13]. Ze względu na ich niską wartość opalową wykorzystywane są od dziesięcioleci w miejscu ich powstawania jako źródło energii, często jako tzw. gazy mieszankowe z dodatkiem gazów o wyższej wartości opalowej. Do grupy gazów niskokalorycznych zalicza się również gazy pochodzące ze zgazowania paliw powietrzem oraz powietrzem z dodatkiem pary wodnej [1, 13]. Znanych jest wiele technologii zgazowania węgla lub biomasy w celu produkcji gazów niskokalorycznych z przeznaczeniem lokalnym, w tym głównie dla produkcji energii elektrycznej. W tablicy 2 przedstawiono składy chemiczne gazów niskokalorycznych jako nośników energii wtórnej. Są one głównie produktami ubocznymi procesów metalurgicznych i chemicznych. Należy zwrócić uwagę na fakt, że gazy te są najczęściej stosowane do opalania kotłów zainstalowanych w zakładach metalurgicznych i chemicznych do produkcji pary technologicznej lub do napędu turbin parowych. Kilkadziesiąt lat eksploatacji kotłów gazowych zasilanych gazem niskokalorycznym stanowią bezcenne doświadczenie przydatne do projektowania nowych instalacji. Jakkolwiek źródłem gazu są technologie metalurgiczne lub chemiczne, to ich wykorzystanie ma charakter typowo energetyczny. W przypadku gazów z podziemnego zgazowania węgla GPZW stwierdzono znaczną zmienność jego składu chemicznego w czasie procesu zgazowania. Wartość opalowa produkowanego gazu może zmieniać się w zakresie  $\pm 50 \%$  względem wartości średniej wynoszącej  $W_d = 4220 \text{ kJ/m}^3_n$ , co stwarza szczególne trudności podczas spalania tego gazu, głównie w kotłach energetycznych.

### 4. Ocena znanych konstrukcji palników do spalania niskokalorycznych gazów palnych.

Zrównoważone systemy energetyczne koncentrują się na doskonaleniu procesów spalania dla podniesienia sprawności energetycznej konwersji energii oraz technologii opartych na zasobach odnawialnych i systemach magazynowania energii. Dotychczas w zdecentralizowanych systemach wytwarzania ciepła (źródłach energii) wykorzystuje się głównie paliwa kopalne (węgiel kamienny, ropa naftowa i gaz ziemny). Obecnie coraz częściej stosuje się skojarzone systemy wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej, szczególnie z wykorzystaniem turbin gazowych. Zbliżony efekt energetyczny można uzyskać w wyniku współspalania paliw stałych i gazów niskokalorycznych w kotłach dwupaliwowych. Akademia Górniczo-Hutnicza i Politechnika Śląska zrealizowały



Rys. 3. Granice palności gazów GPZW  
Fig. 3. Flammability limits of GPZW gases

**Tablica 2. Składy chemiczne (% obj.) gazów niskokalorycznych stosowanych w gospodarce**  
**Table 2. Chemical compositions (% vol.) of low-calorific gases used in energy management**

Rodzaj gazu	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> -C <sub>4</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Ar	Uwagi
Zgazowanie biomasy	5					20	15	10	50						[10]
	0					21	14	10	55						
Gaz drzewny	5					15	15	15	50						[10]
Gaz poreakcyjny przy produkcji sadzy - lasło	0,5	0,27	0,05			10,3	14,4	6,0	67,3	0,199 kg/m <sup>3</sup>	571 ppm	751 ppm	0,56		sadza < 2 g/m <sup>3</sup> [9]
Gaz poreakcyjny przy produkcji sadzy, ZSRR	0,5±0,7					6÷7	7÷8	≈2	≈40	≈40			2÷3		sadza 1,5÷2 g/m <sup>3</sup> [11]
GPZW - zaw. O <sub>2</sub> w pow. zgaz.	1					12	14	16	57						ZSRR, [1]
	2					20	31	19	28						
GPZW zaw. O <sub>2</sub> = 21% obj. w pow. zgaz., USA	3,3				0,6	14,7	17,3	12,4	51,0		0,1			0,6	Hanna 2, węgiel subbitum., [12]
GPZW Faza zgaz. GIG parą wodną tlenem	4,4			0,26		4,8	46,3	39,5	2,4		1,8	0,58			węgiel brunatny, zgazowanie periodyczne, [3]
	2,7			0,08		9,9	26,4	54	4,7		0,53	1,8			
GPZW – periodyczne zgazow. węgla, Chiny	8					28	40	5	19						faza zgazowania parą wodną, [2]
Gaz wielkopiecowy	0,6					22,7	0,6	18,8	56,6				0,7		[11]
	0,3					28,7	2,7	10,2	58,1				-		[13]
Gaz konwertorowy						57,5		17,7	24,3				0,5		[14]
Gaz gardzielowy	0,4					14,1	0,8	10,4	55,9	5,6	0,48-7		0,4		C H <sub>n</sub> - max. 0,2% obj., [15]
	0,5					15,7	4,7	11,9	66,7	10,5			2,4		

Tablica 3. Konstrukcje palników stosowane do spalania gazów niskokalorycznych  
Table 3. Burner designs for low-calorific gases combustion

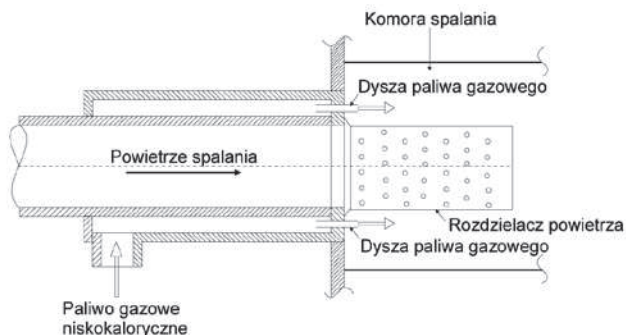
Typ palnika	Rodzaj paliwa gazowego	Moc nominalna	Uwagi
Enin – Be K3	Gaz z linii produkcji sadzy $W_d = 1470 - 1900 \text{ kJ/m}^3 + 2 \text{ g/m}^3$ sadzy	10 MW	Temperatura paliwa gazowego $T_g = 200 \pm 230^\circ\text{C}$
Enin – MoCKTI	Gaz z linii produkcji sadzy $W_d = 1470 \pm 1900 \text{ kJ/m}^3 + 1,5 \pm 2 \text{ g/m}^3$ sadzy	7 ÷ 10 MW	Temperatura paliwa gazowego $T_g = 180 \div 200^\circ\text{C}$ [11]
PILLARD	Gaz wielkopiecowy $W_d = 3020 \text{ kJ/m}^3$ dla powietrza zimnego	35 MW	Wspomaganie paliwem bogatym niezbędne dla $W_d < 2700 \text{ kJ/m}^3$ [16]
	Gaz wielkopiecowy $W_d = 2700 \text{ kJ/m}^3$ dla podgrzanego powietrza		
COSTAIR	$W_d = 3000-3600 \text{ kJ/m}^3$	35 MW	Wspomaganie niezbędne dla $W_d < 3100 \text{ kJ/m}^3$ [16]
	Ze zgazowania biomasy, $W_d \approx 5400 \text{ kJ/m}^3$ Gaz drzewny, $W_d \approx 3600 \text{ kJ/m}^3$	30 ÷ 200 kW	[10]
Unigas/Unitherm A -2501- X	Gaz wielkopiecowy, $W_d \approx 3200 \text{ kJ/m}^3$	22 ÷ 25 MW	Możliwość wzbogacania gazem konwertorowym [17]
WNG-63	Gaz wielkopiecowy, $W_d \approx 3970 \text{ kJ/m}^3$	63 ÷ 160 kW	Piec do hartowania [17]
WNZ-2500	Gaz wielkopiecowy, $W_d \approx 3970 \text{ kJ/m}^3$	2 500 kW	Piec do odpuszczania [17]
KEP	Gaz z linii produkcji sadzy, $W_d = 3214 \text{ kJ/m}^3$ ; gaz suchy, sadza $< 2 \text{ g/m}^3$	13 MW	[18]
IM	Gaz gardzielowy z pieców szybowych $W_d = 2084 \text{ kJ/m}^3 + \text{gaz miejski } W_d = 12.371 \text{ kJ/m}^3$ lub gaz ziemny zaazotowany $W_d = 21.800 \text{ kJ/m}^3$ o udziale objętościowym $r = 0,05 \div 0,1$	130 kW	Po osiągnięciu temperatury w komorze spalania $1000^\circ\text{C}$ proces spalania był stabilny bez udziału gazu bogatego [15]
HAMWORTHY	Gaz wielkopiecowy	10 ÷ 100 MW	$\text{NO}_x < 140 \text{ mg/m}^3$ [19]



kompleksowy program badawczy dotyczący współspalania paliw: węgla kamiennego i gazu wielkopieczowego w kotłach energetycznych [14 - 19]. Wykonane badania modelowe i przeprowadzone na obiektach rzeczywistych umożliwiły optymalizację systemów opalania kotłów dwupaliwowych OPG-230. W kotłach tych spalany jest pył węglowy i niskokaloryczny gaz wielkopieczowy, a także gaz konwertorowy, którego udział jest relatywnie nieznaczny. Udział gazu niskokalorycznego w doprowadzonej do kotła energii chemicznej paliwa zawiera się przeważnie w granicach od ok. 40 do 60%.

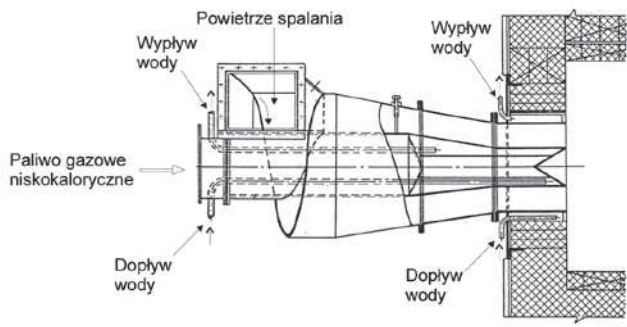
W tablicy 3 przedstawiono stosowane konstrukcje palników do spalania gazów niskokalorycznych. Wartość mocy cieplnej palników zależy głównie od parametrów energetycznych urządzeń technologicznych, w których są zainstalowane i od strumieni powstającego gazu odpadowego. Zakres mocy cieplnej zaprezentowanych palników spalających gazy niskokaloryczne zmienia się od 30 do 35 000 kW, czyli ponad 1160 razy. Przy tak dużej wartości stosunku mocy bardzo trudne jest określenie wspólnych cech konstrukcyjnych i eksploatacyjnych związanych ze sposobem zapłonu i stabilnością spalanych gazów.

Na rys. 4 przedstawiono palnik do spalania gazu niskokalorycznego powstającego przy zgazowaniu biomasy. Idea tego palnika wykorzystuje zjawisko stopniowego doprowadzenia powietrza spalania dla obniżenia emisji  $\text{NO}_x$  z komór spalania. Badania doświadczalne procesu spalania z wykorzystaniem tego palnika [13] potwierdziły założenia teoretyczne. Dotychczas stosowane moce cieplne palnika tego typu były ograniczone do ok. 300 kW, co praktycznie uniemożliwia wykorzystanie tej konstrukcji w energetyce zawodowej. Znacznie większą moc cieplną posiada palnik przedstawiony



Rys. 4. Palnik do spalania gazu niskokalorycznego COSTAIR o mocy 30-200 kW [18]

Fig. 4. Low-calorific gas burner COSTAIR with power of 30-200 kW [18]



Rys. 5. Palnik do spalania gazów niskokalorycznych Enin - MoCKTI o mocy 7-10 MW [11]

Fig. 5. Low-calorific gas burner Enin-MoCKTI with power of 7-10 MW [11]

na rys. 5 [20], w którym zastosowano bardzo silne zawirowanie powietrza spalania. Duża moc cieplna wynosząca 7 - 10 MW sprawia, że jest to konstrukcja interesująca dla energetyki w zastosowaniu do opalania kotłów przemysłowych.

## 5. Podsumowanie

Konstrukcje projektowanych dla potrzeb instalacji pilotowej palników do spalania gazu z podziemnego zgazowania węgla, powinny umożliwiać prawidłowe spalanie GPZW w warunkach szybkiej i bardzo dużej zmienności jego składu chemicznego oraz wynikających z tego zmian we właściwościach palnych i wartości opałowej. Szczególnie celowe jest zagospodarowanie gazu z podziemnego zgazowania węgla w kotłach dwupaliwowych. Zebrane doświadczenia eksploatacyjne opalania komór paleniskowych kotłów OPG-230 pyłem węglowym i niskokalorycznym gazem wielkopieczowym w warunkach zmiennej podaży gazu wielkopieczowego, wskazują na możliwość wykorzystania GZPW, szczególnie w kotłach dwupaliwowych typu OPG. Stabilizacja parametrów gazu GPZW poprzez kontrolowane mieszanie go z wysokokalorycznym gazem sieciowym lub skierowanie do zbiornika wyrównawczego o dużej objętości, może wówczas być uzupełniana (kompensowana) lub nawet zastępowana zwiększonym udziałem pyłu węglowego jako paliwa bogatego w doprowadzanej energii chemicznej do komory paleniskowej kotła dwupaliwowego pyłowo-gazowego. Problemami, które należy rozwiązać przy spalaniu gazów z podziemnego zgazowania węgla są:

- zapewnienie czystości paliwa gazowego,
- opracowanie konstrukcji palnika działającego stabilnie w przewidywanych zakresach zmian strumienia GPZW,
- spełnienie wymogów stabilizacji ciśnienia w sieci w warunkach okresowego, najczęściej spowodowanego awarią, zatrzymania ciągu technologicznego i związanego z tym ograniczenia popytu na paliwo; kocioł dwupaliwowy jest wówczas optymalnym rozwiązaniem energetycznym,
- opracowanie alternatywnego, niezawodnego spalania nadmiarowych ilości GZPW na tzw. świecy w przypadku nierównoważenia popytu z podażą.

*Publikacja powstała w ramach strategicznego projektu badawczego NCBiR: „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii” – zadanie badawcze nr 5: „Opracowanie technologii pozyskiwania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej” – część tematu badawczego nr 4.2 pt. „Opracowanie modeli palników dostosowanych do spalania gazów o niskiej wartości opałowej” – symbol: PBS-6/RIE6/2010.*

## Literatura

1. Tomczek J.: Zgazowanie węgla. Skrypt uczelniany, Politechnika Śląska, Gliwice 1991.
2. Lanhe Yang, Jie Liang, Li Yu: Clean coal technology-study on the pilot project experimental of underground coal gasification. Energy, 28, 14 (2003) 1445-1460.
3. Stańczyk K., Smoliński A., Kapusta K., Wiatowski M., Świądrowski J., Kotyrba A., Rogut J.: Dynamic experimental simulation of hydrogen oriented underground gasification of lignite. Fuel (Available online 11 March 2010).
4. Creedy D. P., Garner K., Holloway S., Jones N., Ren T. X.: Review of Underground Coal Gasification Technological Advancements. Report No. Coal R 211, DTI/Pub URN 01/1041. Wardell Armstrong, British Geological Survey. 2001 Nottingham University.

5. *Ziębik A., Szargut J.*: Podstawy gospodarki energetycznej. Skrypt uczelniany 2032, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997.
6. *Heiligenstaedt W.*: Wärmetechnische Rechnungen für Industrieöfen. Düsseldorf, St. Eisen 1966.
7. *Senkara T.*: Obliczenia cieplne pieców grzewczych w hutnictwie. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1981.
8. Informacja służbowa. GIG, Katowice, 16.07.2010, 19.07.2010, 14.09.2010.
9. *Zieleniewski R., Kozakiewicz K.*: Aparaty i urządzenia gazowe. Arkady, Warszawa 1981.
10. *Lewis B., Elbe G.*: Combustion and Explosives Research. Academic Press Inc., New York and London 1961.
11. *Strugała A., Porada S.*: Ćwiczenia laboratoryjne z gazownictwa, cz.1. Badanie składu i własności fizykochemicznych paliw gazowych. Skrypt uczelniany nr 1076 AGH, Kraków 1988.
12. Raport z badań składu chemicznego gazu poreakcyjnego powstającego przy produkcji sadzy. Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2000.
13. *Al-Halbouni A., Rahms H., Görner K.*: An Efficient Combustion Concept for Low Calorific Gases. Gaswärme-Institut, Essen. ICREPQ'07, Sevilla. [www.icrepq.com/icrepq07/213-al-halbouni.pdf](http://www.icrepq.com/icrepq07/213-al-halbouni.pdf)
14. *Michałowski M., Pawlik T., Rozpondek M., Siudek M. i inni*: Raport z pracy NB-228/RM-1/84 – Badanie komory paleniskowej dla ustalenia optymalnego usytuowania palników węglowych i gazowych – Huta Katowice.
15. *Michałowski M., Rozpondek M., Stojer S.*: Raport z pracy NB-282/RM-4/86 – Wykorzystanie gazów niskokalorycznych w procesach hutniczych – CBP nr 02.08 – koordynacja AGH Kraków.
16. *Rozpondek M., Stojer S., Siudek M.*: Optimization of the operation and burner configuration for dual fuel power plant boilers. XII-th International Symposium on Combustion Processes. Polish Academy of Sciences - Silesian Technical University. Bielsko-Biała 16-19<sup>th</sup> September 1991- abstracts of papers- p. 27.
17. *Rozpondek M., Siudek M.*: Diagnostics and control of operation of the dual fuel power plant boilers. World-Wide Workshop - Brno University of Technology. District Heating Control '99. Akademia Centrum. Zlin. Brno 26-27.10.1999, s.149-152.
18. *Rozpondek M., Siudek M., Skraba R.*: Environmental-energetic optimization of the combustion systems for the dual fuel power plant boilers. Acta Metalurgica Slovaca nr 1/2005 - English, p.296 -301.
19. *Rozpondek M., Siudek M., Skraba R.*: Analiza pracy cieplnej dwupaliwowych kotłów OPG-230. XII Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna pt.: "Gospodarka cieplna i eksploatacja pieców przemysłowych". Politechnika Częstochowska. Poraj, 29-30.09. 2005, s. 187-193.
20. *Spejszer A.*: Intensyfikacja prociessa sziganija niskokaloryjnych gazow. Teorija i praktika sziganija gaza II. Izdatielstwo Niedra, Leningrad 1964.

---

## Przypominamy!

### Na łamach Przeglądu Górniczego trwa **KONKURS O NAGRODĘ IMIENIA PROFESORA BOLESŁAWA KRUPIŃSKIEGO**

na

*najlepszy artykuł upowszechniający doświadczenia Kopalń  
podziemnych w zakresie działań skutkujących poprawą  
bezpieczeństwa górniczego i ekonomicznej efektywności  
eksploatacji złóż.*

Doświadczenia, które gromadzą się w kopalniach są istotnym źródłem wiedzy  
i postępu. Dzielimy się swymi doświadczeniami!

