

# GAZOWA AUTARKIA

Józef Tallat-Kiełpsz

## SZKIC HISTORII

Ogrzewanie węgla bez dostępu powietrza do temperatury rzędu 600°-1200°C nosi nazwę odgazowanie bądź piroliza. W trakcie tego procesu z reaktora (retorta, komora) wydzielają się pary, z których, po ochłodzeniu do temperatury otoczenia, wykraplają się produkty ciekłe, a reszta pozostaje w fazie gazowej. W reaktorze zalega sucha pozostałość, czyli koks. Zdecydowana większość węgla daje małowartościowy koks proszkowany i one kwalifikują się tylko do bezpośredniego spalania – węgle energetyczne. Jedynie tzw. węgle spiekające tworzą koks o większym uziarnieniu, który przedstawia uszlachetnione paliwo stałe.

Na skalę przemysłową proces pirolizy został zrealizowany początkowo w Anglii pod koniec XVIII w., w celu otrzymania tzw. gazu świetlnego, który był stosowany do oświetlania ulic. W następnej kolejności gaz ten znalazł znacznie szersze zastosowanie jako paliwo domowe do przygotowania posiłków i ciepłej wody (w tej fazie zwany gazem miejskim). W drugiej połowie XX w. rozpowszechniło się gazowe ogrzewanie domów, głównie jednorodzinnych. Początkowo gaz wytwarzano w gazowniach, które obsługiwały dane miasto, a produktem ubocznym był koks opałowy. Obok nich w XIX w. rozpoczęto budowę koksowni, których głównym przeznaczeniem było wytwarzanie koksu dla potrzeb hutnictwa. Realizuje się w nich ten sam proces pirolizy. Inne są tylko rozwiązania pieców (większe rozmiary, wyższa wydajność) oraz wymagany jest nieco inny surowiec, o wyższych zdolnościach spiekania, jeszcze rzadziej występujący niż węgle gazowe. Natomiast otrzymany w koksowni gaz był w zasadzie taki sam, jak w gazowni, ale tutaj stanowił on już produkt uboczny. Zużywano go na potrzeby własne – do ogrzewania komór koksowniczych, częściowo w innych zakładach przemysłowych o ile znajdowały się w pobliżu, a również oddawano do sieci komunalnych. Niemniej występowało zjawisko, że gaz ten nie znajdował zbyt i był beзуżytecznie spalany w tzw. pochodniach. Aby uniknąć tego marnotrawstwa, rozpoczęto budowę gazociągów przesyłowych doprowadzających gaz koksowniczy z ośrodków jego produkcji do miast oddalonych nawet o paręset kilometrów. Na obecnym terytorium Polski, jeszcze przed wojną, zbudowano gazociąg z Wałbrzycha do Wrocławia i Zgorzelca, a po wojnie z Górnego Śląska również do Wrocławia i do Warszawy. Te gazociągi przesyłowe pracują pod ciśnieniem powyżej 1 MPa (około 10 atm), ostatnio dla gazu ziemnego stosuje się ciśnienie do 8,4 MPa. W przeciwieństwie do tego sieci rozdzielcze w miastach i osiedlach pracują pod ciśnieniem najczęściej 1-2,5 kPa (100-250 mm sł wody).

W związku z budową gazociągów przesyłowych następowało zamykanie lokalnych gazowni, gdzie koszty wytwarzania (w zakładach znacznie mniejszych od koksowni) były kilkakrotnie wyższe. Gazociągi przesyłowe, wychodzące z niewielu ośrodków wytwarzania obejmowały coraz więcej miast, a jednocześnie łączyły ze sobą ośrodki produkcji gazu tworząc **system, który umożliwił bardziej równomierne zasilanie odbiorców.**

W gazownictwie, podobnie jak w energetyce, od początku występował problem z nierównomiernym odbiorem gazu. Co było o tyle trudne, że wydajność urządzeń odgazowania właściwie nie podlega regulacji. Kompensowanie dziennych wahań odbioru rozwiązano przez budowę naziemnych zbiorników gazu o pojemności rzędu dobowej produkcji zakładu. Wahaniami sezonowe przedstawiały problem trudniejszy. W gazowniach – jesienią i zimą uruchamiano dodatkowe jednostki. W koksowniach, odwrotnie, latem spalano nadmiar gazu w pochodniach. Jednocześnie zwiększenie produkcji gazu w dotychczasowych procesach pirolitycznych napotykało na dwie granice. Jedną była stosunkowo ograniczona baza surowcowa węgla spiekających, około 1/10 światowych zasobów węgla, oraz ich wyższa cena. Druga, jeszcze poważniejsza, to szybko narastające zapotrzebowanie gazu, niewspółmierne do możliwości zbytu otrzymywanego równocześnie koksu, tzw. w niemieckiej literaturze nożyce gazowo koksowe, które zaczęły się rozwierać.

Naprzeciw tym trudnościom wyszło opracowanie procesów całkowitego zgazowania węgla. Rozszerzono przy tym bazę surowcową na węgle energetyczne, a jednocześnie uzyskano znacznie większą możliwość regulowania wydajności. Najbardziej znana w tej dziedzinie to metoda Lurgi zgazowania pod ciśnieniem z użyciem tlenu. Wadą jej pozostaje wyższy koszt gazu (około 50%) w porównaniu z koksowniczym.

Prawdziwy przełom w gazownictwie przyniosło jednak wprowadzenie gazu ziemnego. Głównym składnikiem jest tutaj metan, podczas, gdy w gazie pirolitycznym występuje on w ilości rzędu 20%. W związku z tym wartość opałowa gazu ziemnego jest dwukrotnie wyższa rzędu 34000 kJ/nm<sup>3</sup>, gaz koksowniczy 17000 kJ/nm<sup>3</sup>. Ponieważ zapotrzebowanie energii na przesył zależy również od objętości, transport gazu ziemnego, na jednostkę ciepła, jest tańszy.

Drugą zaletą gazu ziemnego jest niekwestionowana większa elastyczność dostawy w porównaniu do gazów sztucznie wytwarzanych. Urządzenia wydobywcze na danym złożu są zdymsjonowane na określoną wydajność maksimum, ale odbiór gazu można zmniejszyć nawet do zera i to stwierdzenie obrazuje schemat rozwiązania problemu

szczytów. W praktyce system przesyłowy – przepustowość gazociągów i tłoczni – wymusza się na szczytowe zapotrzebowanie w sezonie. Ewentualnie w razie większego oddalenia od złoża buduje się zbiorniki podziemne, których pojemność liczona jest w milionach metrów sześciennych.

Generalnie ujmując, wahania sezonowe w Polsce kompensowane są przy pomocy regulowanej wydajności tłoczni przesyłowych, zbiorników podziemnych oraz zmiennym obciążeniem złóż krajowych. Wahania dobowe pokrywane są z wykorzystaniem pojemności samych gazociągów przesyłowych oraz możliwości regulacyjnych stacji redukcyjno – pomiarowych i tłoczni gazu.

Obecnie w Polsce prawie wszyscy odbiorcy komunalni (ok. 90%) mają dostarczany gaz ziemny wysokometanowy. Przez czas dłuższy istniały jednak dwa systemy gazu: koksowniczy i ziemny, a w pewnym okresie nawet trzeci, odrębny system, którym rozprowadzano gaz ziemny niskometanowy tzw. „zaazotowany” ( $\text{CH}_4$  ca – 60%, reszta azot i dwutlenek węgla) - otrzymywany ze złóż na pograniczu Dolnego Śląska i Wielkopolski.

### SZYBKA PIROLIZA

Obok jednak klasycznej metody pirolizy realizowanej w gazowniach i koksowniach, w drogich urządzeniach z materiałów ogniotrwałych o dużych gabarytach, w ruchu periodycznym, ogrzewanych przeponowo, opracowana została metoda pirolizy w urządzeniach o ruchu ciągłym, gdzie surowiec wsadowy w reaktorze wchodzi w bezpośredni kontakt z nośnikiem ciepła.

Górą z reaktora głównego odbierany jest gaz i pary węglowodorów ciekłych nader podobne w swoim składzie jak w koksowniach, gdyż jest to właściwie ten sam proces fizykochemiczny, tak, że gaz koksowniczy również można by nazywać pirolitycznym. Ze względu jednak dla łatwiejszego odróżnienia termin pirolityczny będziemy stosować wyłącznie do gazu otrzymanego w procesie szybkiej pirolizy. Dla obu zaś gazów jako wspólny mianownik gaz węglowy. Dołem z reaktora odbierany jest koksik.

Omawiane trzy grupy metod pozyskiwania gazu z węgla można zestawiać i porównać z ceną gazu ziemnego ze złóż krajowych oraz importowanego z Rosji. Poziom cen z lat osiemdziesiątych.

Klasyczne koksownie wymagają węgla spiekających. W dziedzinie całkowitego zagazowania bardziej znana

jest metoda Lurgi pracująca pod ciśnieniem 20 atm z użyciem tlenu. Pozwala ona już wykorzystać węgle energetyczne, ale wymaga jeszcze sortymentów acz drobnych. Szybka piroliza wykorzystuje natomiast miały węgli energetycznych. Sprawność procesów odgazowania obliczamy porównując sumę wartości opałowej wszystkich produktów gazowych, ciekłych i stałych do wartości opałowej użytego wsadu. Koszt gazu obliczono dla jednostki ciepła  $33 \cdot 10^6$  kJ ( $8 \cdot 10^6$  kcal) loco odbiorca. Obliczenia te wykonano w roku 1980, przyjmując jednocześnie wariant utylizacji koksiku pirolitycznego – spalanie w elektrowni. Są one jednak na tyle atrakcyjne, że nie można przejść nad nimi do porządku bez sprawdzenia ich dla aktualnego układu cen. Tym bardziej, że jeśli zmieniły się relacje cen gazu ziemnego i węgla, to raczej gaz bardziej podrożał.

Istota proponowanej metody polega na tym aby z węgla, przed spaleniem w pierwotnej postaci, odzyskać wartościowe składniki ciekłe i gazowe. Już Mendelejew porównał spalanie metanu do palenia banknotami. Opierając wytwarzanie gazu o węgiel i to w jego najtańszej postaci miałow energetycznych realizujemy jakoby powyższe wskazanie podwójnie. Eliminujemy spalanie metanu i również unikamy spalania wartościowych składników węgla pod postacią paliwa stałego. Tu trzeba raz jeszcze podkreślić, że światowe zasoby węgla wielokrotnie przekraczają zasoby gazu ziemnego. Jednocześnie piroliza (odgazowanie) jest najtańszą metodą przetwarzania węgla. W porównaniu z wieloma innymi, opracowanymi później metodami jak zgazowanie całkowite, uwodornienie, dezintegracja, osiąga najwyższą sprawność. Można przypomnieć sarkastyczną maksymę Voltaire'a „Nie idźcie nigdy za pierwszym odruchem, bo on jest słuszny.”

### MOŻLIWOŚCI WDROŻENIA SZYBKIEJ PIROLIZY

W gazownictwie odróżniamy trzy dziedziny: produkcja lub pozyskiwanie gazu, rozprowadzanie oraz użytkowanie gazu. Nasza koncepcja zostanie rozpatrzona pod kątem gotowości do wdrożenia oraz oceny i przedyskutowania trudności jakie ewentualnie mogłyby zaistnieć w każdym z tych działów.

### PRODUKCJA

Proces ten, w skali półtechnicznej, został zrealizowany już w latach sześćdziesiątych w szeregu krajów posiadających większe złoża węglowe: w Stanach Zjednoczonych (firma Garret), w Rosji (Instytut ENIN), w Niemczech (firma Lurgi-Ruhrgas [2]) i w Polsce (Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze [3]). Te dwa ostatnie rozwiązania są lepiej znane i posłużą do bardziej dokładnego omówienia proponowanej koncepcji.

W metodzie IChPW [3] cała ilość gorącego koksiku z reaktora skierowana zostaje do spalania w kotle fluidalnym, a gorący popiół

Tabela 1 [1]

Metoda	Surowiec	Sprawność	Koszty zł		
			Pozyskanie	Przesyt	Łącznie
Koksowanie	drogi	0,9	1800	190	1990
Zgazowanie całkowite	tani	0,7	2900	190	3090
Szybka piroliza	bardzo tani	0,9	1400	190	1590
Gaz ziemny	import z Rosji		3170	120	3290
	wydobycie krajowe		310	120	430

z kotła wraca do reaktora właśnie jako stały nośnik ciepła i podgrzewa dalszy strumień paliwa do temperatury ok. 650°C.

W metodzie niemieckiej [2] gorący koksik odbierany z reaktora zostaje rozżarzony podmuchem powietrza, dozowanego w dobranej ilości, do temperatury 800-1000°C.

Tabela 2 Bilans cieplny procesu odgazowania; wartość opałowia wsadu węglowego 100% [2] [3]

Produkt	Metoda		
	IChPW	Lurgi-Ruhrgas	
	650°C	590°C	920°C
Koksik	61,7	59,7	54,7
Smoła lepik	8,3	20,8	6,1
Oleje	5,0	4,3	4,2
Gaz	15,6	6,0	23,0
Straty	9,4	9,2	12,0

W cyklonie następuje rozdział. Drobne frakcje wynoszone górą kierowane są do spalania w kotle cyklonowym. Grubsze wracają do reaktora jako nośnik ciepła. W metodzie zabrzańskiej główny parametr procesu – temperatura – jest w dużym stopniu zdeterminowana zawartością popiołu w paliwie. Przy większej ilości popiołu temperatura reakcji jest wyższa. W niemieckiej metodzie dwa czynniki poddają się sterowaniu: temperatura gazu nośnego oraz ilość koksiku zawracanego do reaktora. Stąd możliwość regulacji temperatury reaktora głównego w szerokim zakresie. W każdym razie pierwsze ogniwo procesu wytwarzania gazu można uznać za rozwiązane.

Drugie natomiast stadium procesu wytwarzania polega na utylizacji proszkowego koksiku i warunkuje realizację całej koncepcji. Są to tradycyjne nożyce gazo-koksowe. Najprostszym rozwiązaniem byłoby odprowadzenie gorącego koksiku bezpośrednio do kotła elektrowni z wykorzystaniem ciepła jawnego. Tak zresztą jak to ma miejsce w prezentowanych metodach. Jednakowoż są to kotły specjalne (cyklonowy, fluidalny), tak, że zainstalowanie pirolizy początkowo ograniczyłoby się do modernizacji istniejących bloków. Natomiast przestawienie istniejących kotłów na opalanie koksikiem, wymagałoby dopiero prób. W związku z tym należy wspomnieć o zastrzeżeniach jakoby miał koksowy powodował erozję ścian kotła. To z kolei nasuwa pytanie co jest przyczyną tej podwyższonej twardości karbonizatu? Czy zmiana struktury substancji organicznej węgla na skutek powstania większej ilości wiązań międzybinowych. Dla wyjaśnienia można przypomnieć, że diament jest właśnie czystym pierwiastkowo węglem. Ewentualnie podwyższona twardość koks może mieć również przyczynę w topnieniu, szlakowaniu popiołu. Wyjściem byłby dobór surowca z odpowiednim składem popiołu, ewentualnie obniżenie temperatury pirolizy. Tu w pierwszej kolejności nasuwają się węgle brunatne, które, w porównaniu do węgla czarnych (tzw. „kamien-

nych”), zawierają więcej części lotnych, przy czym próg ich uwalniania znajduje się w temperaturach niższych. W każdym razie wymagałoby to prób wstępnych, które trwałyby dość długo.

Natomiast znany jest od dawna proces utylizacji miałów węglowych poprzez ich brykietowanie. W ten sam sposób można by też brykietować koksik pirolityczny wykorzystując jako lepiszcze smołę uzyskaną w tym samym procesie. Brykiety takie stanowiłyby substytut węgla sortymentowego. Ich własności palne odpowiadałyby w przybliżeniu półkoksom. Aby ewentualnie podnieść ich łatwopalność do poziomu surowego węgla czarnego można by do procesu brykietowania dodawać miał węgla brunatnego. **I ta koncepcja zagospodarowania koksiku nie budzi wątpliwości w zakresie możliwości zrealizowania.** W tym jednak przypadku należałoby zaadaptować metodę L-R – koksik w roli nośnika ciepła. Ponieważ możliwość osiągnięcia wyższej temperatury zwiększyłaby uzysk gazu.

W ten sposób powstałby nowy przemysł gazowniczy, tak jak dawniej oparty o węgiel, który wytwarzałby gaz, brykiety i jako produkt uboczny oleje lekkie. W porównaniu do koncepcji spalania koksiku w elektrowni niniejsze rozwiązanie wymagałoby budowy brykietowni. Jednocześnie jednak cała uzyskana smoła zostaje zagospodarowana w przeciwieństwie do koncepcji gazoelektrowni, gdzie wystąpi problem budowy nowych zakładów karbochemicznych, niewspółmiernie bardziej skomplikowanych niż brykietownie, a także problem zbytu półproduktów węglpochodnych, co nie będzie miało miejsca w przypadku brykietowni. Za wariantem brykietowni przemawia też szereg innych momentów. Niezależność gazownictwa od energetyki, pozwoli na ujednoczenie składu gazu poprzez dobór temperatury pirolizy właściwej dla poszczególnych odmian surowca węglowego. Zarazem ta sama temperatura procesu reguluje własności palne koksiku. Koksik otrzymany w temperaturach niższych zawiera więcej części lotnych, czyli jest łatwiej palny. Z kolei gazu jest mniej, ale ma on wyższą wartość opałowia. Koszt brykietów, aczkolwiek otrzymuje się je z odpadowego surowca – miałów, jest na ogół wyższy od surowego węgla sortymentowego ze względu na wkład pracy przy ich wyrobie. Jednak gazobrykietownie byłyby budowane jedynie w przypadku, gdyby cena gazu pirolitycznego była odpowiednio niższa od gazu z importu. Między innymi na tyle niższa aby można było brykiety sprzedawać po cenie konkurencyjnej w stosunku do węgla sortymentowego. Poczynione wstępne obliczenia właśnie na to wskazują. Dla potrzeb gazobrykietowni i gazoelektrowni należałoby, zwiększyć odpowiednio wydobycie węgla w tym zakresie, w jakim zostanie on wykorzystany dla wytwarzania gazu oraz olejów lekkich. Około 20 mln ton.

W końcowej konkluzji można postawić wniosek, aby w pierwszej fazie zbudować dwie instalacje pirolizy o wy-

dajności odpowiadającej zdolności przerobowej istniejących brykietowni węgla czarnego i brunatnego. Równocześnie nie powinno się tracić z oczu sprawy wstępnego odgazowania wsadu elektrowni i przeprowadzić badania dla obu rodzajów węgla. Przemawia za tym nakaz racjonalnej gospodarki surowcami aby uniknąć spalania pod kotłem „banknotów” gazowych. Ostateczny kierunek będzie zależał od praktycznych względów jak zapotrzebowania i opłacalności zbytu produktów karbochemicznych, które będą uzyskiwane w tym wariancie. Natomiast oleje lekkie przydatne do silników Diesla uzyskiwane w obu wariantach stanowią produkt pożądany i nie nastęrczają żadnego problemu ze zbytem.

W posumowaniu stwierdzić można, że ogniwo produkcyjne pirolizy jest gotowe do realizacji. Wiąże się jednak z tym budowa oczyszczalni ścieków fenolowych, które powstają w sposób nieunikniony przy chłodzeniu gazu. Ilość ich można wydatnie zmniejszyć stosując w większym zakresie chłodzenie przeponowe. Całkowicie jednak wyeliminować nie można.

### PRZESYŁ

Spadki ciśnienia w trakcie przesyłu gazu pozostają funkcją objętości gazu, ciężaru właściwego oraz lepkości. Ten ostatni czynnik, przy orientacyjnych przeliczeniach, można pominąć. W zakresie ciśnień wysokich i średnich ewentualne podwyższenie ciśnienia stanowi jedynie problem ekonomiczny – wyższe zużycie energii. W sieciach rozdzielczych możliwość podnoszenia ciśnienia, ze względu na przybory gazowe odbiorców, pozostaje ograniczona i w tym aspekcie zagadnienie winno być bliżej przeanalizowane.

Wzór na spadek ciśnienia w sieciach niskoprężnych [4]

$$\Delta p = 6,483 \times 1 \times Q^2 \times \gamma \times \lambda \times 1 / D^5$$

Gdzie:

- I – długość odcinka gazociągu m
- Q – przepływ objętościowy m<sup>3</sup>/h
- γ – ciężar właściwy gazu kg/nm<sup>3</sup>
- λ – współczynnik tarcia
- D – średnica [cm]

Przy czym  $Q_p = 2 \cdot Q_z$

$$\gamma_z \rightarrow 0,75 \text{ kg/nm}^3$$

$$\gamma_p \rightarrow 0,32 \text{ kg/nm}^3$$

$$\frac{\Delta p_p}{\Delta p_z} = \frac{4 \times 0,32 \rightarrow \lambda_p}{0,75 \rightarrow \lambda_z} = \frac{\lambda_p}{\lambda_z} \times 1,71$$

Współczynnik tarcia λ jest funkcją liczby Re

$$Re = \frac{w \times d}{\gamma}$$

Gdzie:

- w – szybkość liniowa m/sek
- d – średnica m

Przy czym  $w_p = 2 \cdot w_z$

Stosunek liczby Re gazu pirolitycznego do poprzedniej liczby Re gazu ziemnego wyniesie:

$$\frac{Re_p}{Re_z} = \frac{2 \times w \times d \times \gamma_z}{w \times d \times \gamma_p} = 4,7$$

W zakresie przepływów laminarnych i krytycznych współczynnik λ zmienia się w sposób skomplikowany (rys 1.) i w praktyce może być odczytany najlepiej w sposób graficzny. Te odczyty i oparte na nich przeliczenia wykonano dla dwu średnic 100 i 250mm, a następnie zestawiono w Tabeli 3. Z tym, że gwoili przejrzystości dla średnicy 250 opuszczono stadia pośrednie przytaczając to co istotne – wzrost oporów.

Jak widać znaczny wzrost spadku ciśnienia, czyli wzrost oporów nawet trzykrotny wystąpi wyłącznie dla przepływów laminarnych, ale już od połowy strefy II, krytycznej, zmniejsza się wydatnie i dalej już systematycznie malejąc, albowiem w zakresie turbulentnym, ze wzrostem liczby Re, współczynnik tarcia zmniejsza się. Przepływy laminarne i strefy krytycznej obejmują około 20% sieci niskoprężnej, pozostałe 80% stanowią przepływy turbulenty [4]. Na podstawie Tabeli 3 można oszacować, że dwukrotny i większy wzrost oporów wystąpi co najwyżej w 15% przypadków. W pozostałych 85% wzrost oporów utrzyma się poniżej 50%. Z tym jeszcze, że średnica 100 mm, która przedstawia skrajnie niekorzystny wariant, jest stosowana rzadko. Bliższa wartościom przeciętnym jest średnica 250 mm, a dla przekrojów większych wzrost oporów (oczywiście w strefie turbulentnej) będzie jeszcze mniejszy. Ponadto żeby jeszcze zmniejszyć obawy związane z wprowadzeniem gazu pirolitycznego można przypomnieć, że większość istniejących w Polsce sieci została zaprojektowana jeszcze dla gazu węglowego. Przy wymianie sieci średnic na ogół nie zmniejszono, a częstokroć

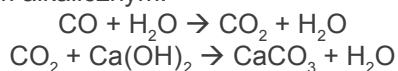
Tabela 3

Gaz ziemny		Gaz pirolityczny				
		Re	średnica mm			
			100		250	
Re	λ	λ	λ <sub>p</sub> /λ <sub>z</sub>	Δp <sub>p</sub> /Δp <sub>z</sub>	Δp <sub>p</sub> /Δp <sub>z</sub>	
1500	0,042	0,70 · 10 <sup>4</sup>	0,0450	1,07	1,83	1,62
2000	0,032	0,94 · 10 <sup>4</sup>	0,0435	1,36	2,33	2,03
2500	0,038	1,18 · 10 <sup>4</sup>	0,0420	1,11	1,90	1,62
3000	0,046	1,41 · 10 <sup>4</sup>	0,0415	0,90	1,54	1,32
4000	0,048	1,89 · 10 <sup>4</sup>	0,0410	0,85	1,45	1,27

zwiększono. Jednocześnie rury PE, a takie instaluje się obecnie, z powodu gładkości ścian, mają lepszą przepustowość nawet do 20% od starych żeliwnych i stalowych, a dla takich właśnie rur wykonano obliczenia zestawione w Tabeli 3. Można zatem mieć nadzieję, że do pokonania zwiększonych oporów gazu pirolitycznego, poza nielicznymi wyjątkami, wystarczy podnieść ciśnienie w stacjach red-pom w zakresie dopuszczalnym dla sieci niskoprężnej. Ponadto w przypadku nowych sieci przewidzianych od początku dla gazu ziemnego istnieją ich projekty i łatwo je przeliczyć na gaz pirolityczny. Znane jest też rozwiązanie, gdy trzeba wydatnie zwiększyć przepustowość sieci rozdzielczej, że podnosi się w niej ciśnienie ponad wartość graniczną, wówczas na przyłączach do odbiorców instaluje się reduktory domowe. Przy czym koszt tych urządzeń porównywalny jest z kosztem gazomierza.

## UŻYTKOWANIE

Skład gazu pirolitycznego może ulegać szerokim wahaniom w tej samej instalacji zależnie od temperatury, procesu. Obrazuje to poniższa Tabela 4. Za bardziej odpowiedni uznać należy gaz wysokotemperaturowy ze względu na większy uzysk oraz mniejszą zawartość ciężkich węglowodorów, które wykazują skłonność do tworzenia sadzy w czasie spalania. Ten również skład i wydajność gazu przyjęto do dalszych orientacyjnych obliczeń. Wadą niezaprzeczoną gazu pirolitycznego jest wysoka zawartość trującego tlenu węgla. Występował on również w gazie koksowniczym do 10%, który z tego powodu służył jako środek samobójczy. Przysłowiowe dawniej odkręcanie kurka gazowego. Obecnie wprowadzenie takiego gazu do sieci jest niemożliwe. Nie stanowi to jednak poważnego problemu. Znana jest reakcja konwersji tlenu węgla z parą wodną i wymycie powstałego dwutlenku węgla w płuczce z czynnikiem alkalicznym.



Operacja ta stanowić będzie ostatni proces oczyszczania przed skierowaniem gazu do sieci, albowiem musi być przeprowadzona na gazie pozbawionym siarki i smoły, ponieważ czynniki te zatrują katalizator. Koncepcja tego procesu pod nazwą „odtruwanie” znana jest od dawna i była nawet zrealizowana w skali technicznej. [5]

Raz jeszcze należy podkreślić, że podane zestawy ilustrują jak szerokie są granice doboru pożądanego składu gazu. Niezależnie jednak od możliwości w tym zakresie otrzymany gaz pirolityczny będzie miał inne własności palne, jak to się określa, nie będzie „wymienny” z gazem ziemnym. A to z kolei będzie wymagało przestawienia przyborów u odbiorców. Jednakowoż operacja ta jest stosunkowo prosta, nie droga i w przeszłości większość odbiorców na terenie Polski przeszła przez ten zabieg. Niektórzy na-

Tabela 4 Skład gazu [3]

Składniki	Odgazowanie		Gaz otrzymany 920°C po konwersji tlenu węgla
	590°C	920°C	
	składniki %		
H <sub>2</sub>	13,4	48,1	69,6
CH <sub>4</sub>	50,3	23,0	23,9
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	9,2	0,4	0,4
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> + C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	3,2	2,8	2,9
C <sub>3</sub> + C <sub>4</sub>	8,0	0,2	0,2
CO	11,5	20,2	1,0
CO <sub>2</sub>	4,0	3,4	1,0
N <sub>2</sub>	0,2	1,0	1,0
Uzysk gazu m <sup>3</sup> /t	60	380	

wet dwukrotnie z koksowniczego na niskometanowy, a następnie na wysokometanowy.

Specyficznym użytkownikiem gazu są zakłady azotowe. Nie jest on tam nośnikiem energii, ale służy jako surowiec do uzyskania wodoru, który z kolei stanowi składnik do syntezy amoniaku. Znane są dwie metody w tym zakresie. Katalityczna konwersja parą wodną z ogrzewaniem przeponowym oraz półspalanie z tlenem. Ten ostatni proces stosowany był również do gazu koksowniczego, aczkolwiek w obu przypadkach rozkładowi podlega jedynie metan.

Obliczenia wykonane na podstawie danych literaturowych [6] pozwalają stwierdzić, że górna granica wydajności wodoru zbliża się do stechiometrycznej: 2m<sup>3</sup> H<sub>2</sub> z 1m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>. Obliczenia analogiczne dla gazu pirolitycznego (skład z Tabeli 4) wykazują uzysk 1,2m<sup>3</sup> wodoru z 1m<sup>3</sup> gazu pirolitycznego. Koszty gazu z Tabeli 1 odnoszą się do równoważnika ciepła w przybliżeniu 1 tys. m<sup>3</sup> gazu ziemnego i 2 tys. m<sup>3</sup> gazu pirolitycznego. Stąd porównawczy koszt surowca do otrzymania 1 tysiąca m<sup>3</sup> wodoru

$$\text{Z gazu ziemnego: } \frac{3290}{2 \times 10^3} = 1645 \text{ zł/tys. m}^3 \text{ H}_2$$

$$\text{Z gazu pirolitycznego: } \frac{1590}{2,4 \times 10^3} = 663 \text{ zł/tys. m}^3 \text{ H}_2$$

Czyli koszt gazu pirolitycznego do otrzymania wodoru w stosunku do importowanego metanu wynosiłby

$$\frac{663}{1645} = 40\%$$

Dla ścisłości należy zaznaczyć, że są to jedynie koszty gazu – surowca loco zakład azotowy bez kosztów konwersji. W każdym razie relacja ta jest jeszcze bardziej korzystna niż w przypadku zwykłego spalania.

$$\frac{1590}{3290} = 48\%$$

Co jest z resztą zrozumiałe, gdyż gaz ten już przed konwersją zawiera duży procent wodoru. W dalszej przyszłości będzie do przeanalizowania czy w przypadku gazu pozbawionego tlenu węgla, który zawiera blisko 70% wodoru nie byłoby opłacalne wydzielenie tego składnika przez separację kriogeniczną. Frakcja wymrożona, składająca się z samych prawie węglowodorów, mogłaby być skierowana do konwersji katalitycznej lub półspalania, ewentualnie służyć jako opał. Można też będzie rozważyć skierowanie do zakładów azotowych bezpośredniego gazu surowego bez odtruwania.

### PROBLEM SZCZYTÓW

Obok trzech omówionych wyżej dziedzin sytuuje się odrębny problem szczytów. W systemie gazu ziemnego znalazł on opisany wyżej łatwy sposób rozwiązania, lecz wraca równocześnie z gazem wytwarzanym, acz w postaci złagodzonej. Ilustruje to poniższy wykres rys. 2. Przedstawia on pobór gazu przez gospodarstwa domowe w ciągu doby. W koksowniach wydajność urządzeń produkcyjnych przedstawia linia prosta. Pole poniżej linii produkcji obrazuje wymaganą pojemność zbiornikową i musi zresztą pokrywać pole szczytu powyżej linii produkcji. Natomiast urządzenia szybkiej pirolizy wykazują możliwość regulowania wydajności w granicach 70-110% bez istotnego spadku sprawności. Na wykresie pola pojemności zbiornikowej i szczytu są mniejsze. Krzywe dla odbiorów mieszanych: domowych, ogólno-komunalnych i przemysłowych różnego typu wykazują inny przebieg, lecz zasada pozostaje ta sama.

Rozumowanie powyższe odnosi się do określonej miejscowości zasilanej z jednej wytwórni. W przypadku budowy urządzeń pirolizy o dużej wydajności szereg miejscowości będzie zasilanych gazociągami wysokoprężnymi. Zaistnieje wówczas, podobnie jak w systemie gazu ziemnego, możliwość kompensowania wahań odbioru dobowego pojemnością samych gazociągów przesyłowych oraz możliwości regulacyjnych stacji redukcyjno-pomiarowych i tłoczni gazu. Odnośnie wahań sezonowych można będzie wykorzystywać jak dziś zbiorniki podziemne, uruchamiać jak dawniej rozkładanie metanu wytwarzające gaz wymienny z gazem węglowym oraz uruchamiać odpowiednie rezerwowe jednostki pirolizy. W przypadku, gdy rozwiązane zostanie opalenie koksikiem pirolitycznym gazoelektrowni te ostatnie będą równocześnie pokrywać szczyty gazowe oraz energetyczne.

### OGÓLNY OBRAZ PRZESTAWIENIA

Rozważając przestawienie na gaz pirolityczny mamy w zasadzie na myśli w fazie docelowej wyeliminowanie importu, w możliwie daleko idącym zakresie, lecz nie przerwanie eksploatacji złóż krajowych, które dostarczają gaz najtańszy (Tabela 1). Bez wchodzenia w szczegóły, co na tym etapie jest niewykonalne, można tylko

wytworzyć obraz ogólny. A więc południowo-wschodnia część Kraju, zarządzana przez Tarnowskie Okręgowe Zakłady Gazownicze pozostanie bez zmian. Źródła nowego gazu zostaną związane ze złożami węgla w środkowym pasie kraju, obejmującym Górny Śląsk oraz górne zlewisko Warty: zagłębie Bełchatowskie i Konińskie, a także z zagłębiem Turosszowskim na Dolnym Śląsku. Tutaj też winno rozpocząć się przestawianie obejmując: Okręgi Dolnośląski, Wielkopolski (ze Szczecinem) i Górnoszląski. Okręgi Pomorski i Mazowiecki, jeżeli w ogóle będą przedstawione, to w ostatniej kolejności. Liczyć się też należy z budową odcinków nowych gazociągów lub tłoczni.

W tak naszkicowanym obrazie nie uwzględniono priorytetu przysługującego zakładom azotowym w Tarnowie i Puławach, które leżą na terenie Tarnowskich i Mazowieckich zakładów. Kwestię tę należy zostawić do opracowania szczegółowego. Być może stanie opłacalna np. budowa specjalnie dla Puław gazobrykietowni w lubelskim zagłębiu węglowym lub ewentualnie powiązanie obu tych zakładów z gazoelektrowniami w Połańcu i Kozienicach. Ponadto w ramach obniżenia kwot importowych zmniejsza się średnia cena gazu oferowana wszystkim odbiorcom na terenie całego Kraju.

### POTENCJALNA POLEMIKA

Całość powyższych wywodów zamknąć można ogólnym stwierdzeniem, że wprowadzenie gazu pirolitycznego jest możliwe, ale wiąże się z dodatkowym wysiłkiem ze strony pracowników gazownictwa. W tym aspekcie należy też ocenić liczne obiekcje, które niewątpliwie będą podnoszone. Między innymi znajdzie się tam zapewne argument, że niniejsze wnioski oparte zostały o „przestarzały” materiał doświadczalny i nie uwzględniają „nowych osiągnięć”. Jednakowoż tamte eksperymenty odzwierciedlają budowę materiału węglowego i mają charakter wręcz teoretyczny. Bowiem ta wiedza nie została w najmniejszym stopniu „zdementowana”. Tak jak ważne do dziś pozostają prawo ciężenia Newtona i znacznie starsze prawo Archimedesesa. **Nowsze próby mogą jedynie zaowocować bardziej doskonałymi rozwiązaniami technicznymi.** To przypomina jak w latach dziewięćdziesiątych argumentowano za eliminacją gazu koksowniczego podnosząc, że zawiera on pył, smołę i związki siarki. Jest to formalnie półprawda, a w praktyce kłamstwo. Taki istotnie gaz opuszcza komorę. Ale gaz ziemny unosi za złoza bez porównania więcej pyłu i wody w postaci zawiesiny kropeł. Niejednokrotnie też zawiera więcej związków siarki niż gaz węglowy. **Lecz oba te rodzaje gazu przed skierowaniem do odbiorców, w jednakowym stopniu podlegały oczyszczeniu zgodnie z wystarczająco ostrymi normami.** W tym aspekcie przeprowadzona w latach dziewięćdziesiątych likwidacja systemu gazu koksowniczego budzi poważne wątpliwości. Eliminowano tańszy produkt krajowy na rzecz droższego importu. Gaz koksowniczy

---

skierowano do przemysłu, głównie hutnictwa, gdzie zastąpił on stosowany uprzednio jeszcze tańszy gaz czadnicowy. Czadnice natomiast zlikwidowano.

Warto na koniec odnieść się w paru zdaniach do wskazań Europejskiej Dyrektywy Gazowej, której wytyczne i cele można streścić następująco:

- Ujednoczenie regulacji w zakresie przesyłu, dystrybucji oraz magazynowania, w tym również skroplonego gazu ziemnego. Nie dotyczy to jednak poszukiwań i wydobycia gazu.
- Ujednoczenie rachunkowości w gazownictwie
- Stabilizację dostaw
- Wspólny jednolity rynek gazu
- Dostęp do sieci stron trzecich, który jest obligatoryjny w tym stopniu, że zostały sprecyzowane warunki, które jedynie pozwoliłyby takiego dostępu odmówić
- Zaleca wprowadzenie gazu ziemnego do elektrowni i ciepłowni

O ile pierwsze cztery wyliczone punkty nie budzą większych zastrzeżeń, to już dostęp do sieci stron trzecich, w polskich warunkach, gdzie główny dostawca gazu znajduje się poza granicami, jest nie do przyjęcia. Koszt doprowadzenia jednostki gazowej do odbiorcy komunalnego (gospodarstwa domowe) zawiera w sobie koszt amortyzacji konserwacji rozgałęzionej sieci miejskiej o niskiej przepustowości. Jest też niewspółmiernie wyższy niż doprowadzenie tejże jednostki do odbiorcy przemysłowego, który jeden zużywa tyle gazu, co wiele tysięcy odbiorców domowych i do którego wystarczy jedna rura. Krajowy dystrybutor gazu uśrednia te koszty w interesie ludności. Jeżeli jednak odbiorcy przemysłowi będą mogli zakupić gaz bezpośrednio od zagranicznego dostawcy – koszt gazu dla odbiorców domowych wzrosnie wielokrotnie.

Przestawienie elektrowni i ciepłowni na opalanie gazem ziemnym jest najprostszym i najtańszym sposobem na zmniejszenie emisji dwutlenku siarki. W polskich jednak warunkach oznacza to wzrost zależności od importu i pogorszenie bilansu płatniczego. Ponadto jest nieracjonalne, o czym już wspomniano, z punktu widzenia długofalowej gospodarki surowcami. Zasoby węgla wielokrotnie przewyższają zasoby znacznie cenniejszego nośnika energii jakim jest gaz ziemny, Duży zaś zakład (elektrownia) stosunkowo łatwiej poradzi sobie z ujemnymi skutkami spalania węgla niż drobni odbiorcy.

Tak więc trendy reprezentowane przez Europejską Dyrektywę Gazową, tam gdzie one wprowadzają modyfikacje technologiczne, można, z naszego punktu widzenia nazwać raczej modą, niekorzystną ekonomicznie.

## HISTORIA SPOPULARYZOWANIA KONCEPCJI

Na Krajowym Zjeździe Gazowniczym, który odbył się w Kaliszu w 1978 r., zorganizowanym w ramach PZITS

(Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych), na sekcji produkcji gazu, autor, przemawiając jako ostatni, wyczerpująco zreferował zagadnienie. Ze wszystkich wystąpień było ono najdłuższe. Bezpośrednio potem zabrał głos przewodniczący obradom sekcji, dyrektor Instytutu Gazowniczego w Krakowie, przy czym zagadnienie pirolizy pyłowej pominął absolutnym milczeniem. Dodać trzeba, że ten Instytut pracował nad wdrożeniem metody wytwarzania gazu z węgla przez całkowite zgazowanie, czyli nad metodą konkurencyjną w stosunku do pirolizy. Wystąpienie to zostało natomiast z dużym zainteresowaniem przyjęte przez warszawską filię Instytutu Gazownictwa, a nawet przez pracowników ówczesnego Zjednoczenia Gazowniczego, które stanowiło władze naczelne nad całym gazownictwem. W końcu jednak przeważało zdanie krakowskiej dyrekcji i zagadnienie zostało umorzone bez jakiegokolwiek dyskusji.

Jeszcze bardziej ciekawa była reakcja Instytutu w Zabrzu. Podlegał on ministerstwu hutnictwa (podczas gdy gazownictwo energetyce), a więc pozostawał niezależny i wydawało się, że był „osobiście” zainteresowany w wypromowaniu opanowanej przez siebie technologii na „szersze wody”, podczas, gdy dotychczas zastosowanie jej pozostawało marginalne. Po „umorzeniu” inicjatywy podjętej w Kaliszu, autor zreferował omawiane zagadnienie na sympozjum zorganizowanym przez Instytut Chemicznej Technologii Węgla Politechniki Wrocławskiej. Obecny tam dyrektor zabrzańskiego instytutu, Henryk Zieliński, ocenił to wystąpienie w słowach wysoce pochlebnych. W ślad za tym wrocławski oddział PZITS wystosował do Zabrza dwukrotnie pismo z propozycją podjęcia konkretnych kroków celem wypromowania szybkiej pirolizy jako źródła gazu systemowego. Pozostały one jednak bez echa. **Co znajduje swe pełne wyjaśnienie w tym, że przedkładane propozycje zmierzały do zapewnienia Polsce niezależności energetycznej, a wszystkie resorty miały wówczas niepisany zakaz podejmowania jakichkolwiek działań zmierzających w tym kierunku.**

Tu trzeba wyjaśnić, że w Niemczech sytuacja była zasadniczo inna – ich węgiel jest znacznie droższy od polskiego, a zatem opłacalność produkcji gazu węglowego rysuje się tam całkowicie odmiennie.

## GAZ KOKSOWNICZY

Obok produkcji gazu węglowego nowymi metodami istnieje możliwość pozyskania, a raczej przywrócenia do systemu gazu koksowniczego, który do lat dziewięćdziesiątych był oddawany do sieci lecz, w związku z ogólnym przestawieniem na gaz ziemny, został stamtąd wycofany i skierowany do przemysłu, głównie do hutnictwa, gdzie zastąpił stosowany uprzednio tańszy gaz czadnicowy. Czadnice zdemontowano. Ponadto około 45% wytwa-

rganego gazu koksownie zużywają na potrzeby własne do podpału pieców.

Otóż dla potrzeb hutnictwa i do podpału pieców można wybudować nowoczesne czadnice wytwarzające gaz „słaby” np. metodą 1GT U-Gas. Gazy tego typu, ze względu na niską wartość opałową (rzędu 4 MJ/nm<sup>3</sup>), nie nadają się do rozprowadzania w systemie gazowniczym, lecz zawsze były stosowane w pobliżu miejsca wytwarzania, ponieważ koszty w odniesieniu do jednostki ciepła są niższe od gazu koksowniczego, „mocnego”. I to będzie koszt dodatkowych ilości gazu, które zostaną zwolnione z podpału. Do czego należy jeszcze doliczyć udział kosztów związanych z przystosowaniem systemu grzewczego pieców do gazu „słabego”. Uzyskane zaś w ten sposób ilości gazu koksowniczego stanowią będą równoważnik kaloryczny rzędu jednej czwartej importowanego gazu ziemnego.

Gaz koksowniczy zawiera tlenek węgla aczkolwiek w ilościach niższych (do 8%) niż gaz pirolityczny jednak liczyć się należy z żądaniem usunięcia tego składnika. W każdym razie gaz pirolityczny może być otrzymany w składzie, który będzie wymienny z gazem koksowniczym.

## KONKLUZJA

Celem niniejszego artykułu jest zwrócenie uwagi sfer technicznych na możliwości zasadniczej modyfikacji w jednej gałęzi energetyki polskiej. Pierwszym krokiem musi być weryfikacja przytoczonych wyżej szacunków. Za wkroczeniem na tę drogę przemawia nakaz poszanowania i racjonalnej gospodarki zasobami przyrody. Na gruncie zaś polskim dochodzą dalsze argumenty:

- Otrzymanie tańszego gazu z krajowego surowca
- Zwiększenie samodzielności energetycznej kraju
- Poprawa bilansu płatniczego – rezygnacja z importu
- Ożywienie koniunktury wewnętrznej
- Tworzenie nowych miejsc pracy

## Piśmiennictwo

1. Józef Tallat-Kielpsz *Gazoelektrownia*. Gaz Woda i Technika Sanitarna r. 1982, nr 8
2. Sommer H. *Betriebserfahrungen mit dem L.R. Verfahren zur Bevorentgasung von Kohle in Verbindung mit einer Kesselfeuerung* V.G.B Kraftwerkstechnik 1974 nr 5
3. Olbracht Zbraniborski. *Odgazowanie węgla ze stałym nośnikiem ciepła w powiązaniu ze spalaniem karbonizatu* Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze
4. Józef Tallat-Kielpsz *Obliczenia przepływów hydraulicznych w gazociągach cz. I* Gaz Woda i Technika Sanitarna r. 1980 nr 2
5. Rudolf Riedl *Urządzenia i ruch gazowni* PWT Warszawa 1952
6. *Gaz do syntez chemicznych otrzymany przez konwersję metanu parą wodną lub para wodną i tlenem* Kalendarz chemiczny tom II-2 Warszawa PWT r. 1955
7. Jerzy Mękański *Nierównomierności zapotrzebowań gazu* Zeszyty Problemowe r. 1971 nr 2 Biuro Gazoprojekt

---

**Józef Tallat –Kielpsz** ur. w 1923 r. na Litwie Kowieńskiej. W 1948 r. rozpoczął studia na Politechnice Wrocławskiej i wtedy przystąpił do konspiracyjnej organizacji WiN. Aresztowany w 1952 r., skazany na karę śmierci. Na uchylenie wyroku czekał siedem miesięcy. W wyniku amnestii zwolniony w 1956 r. – Więzienie opuścił jako inwalida.

Studia ukończył w 1958 r. ze specjalnością chemiczna technologia węgla i przez 30 lat pracował w gazownictwie.

Wiele lat zajmował się poszukiwaniami nowego źródła gazu, które zastąpiłoby gazownie klasyczne. Opracował projekt stacji czadnic do opalania koksowni: Biały Kamień, Bolesław Chrobry, Mieszko i Victoria w Wałbrzychu. Jako alternatywy dla importu gazu ziemnego pozostawały: budowa nowych gazokoksowni względnie instalacji całkowitego zgazowania węgla.

Autor wysunął trzecią. Jest to opisana powyżej piroliza miałów węgla energetycznych. Przed przejściem na emeryturę (w 1989 r.) zajmował się nowatorskim wówczas tematem – zagospodarowanie gazu powstającego w procesie oczyszczania ścieków.

W 1982 r. przystąpił do Klubu Służby Niepodległości (KSN), kierowanego przez śp. Wojciecha Ziemińskiego. Pod jego kierownictwem wychodził biuletyn „**Zamek**”. Jako Kazimierz Masztowtt opublikował koncepcję utworzenia Międzymorza, które obejmowałoby obok Polski państwa od Estonii po Czechy, Ukrainę i tereny dawnej Jugosławii (Nr 3 luty 1989 r.). Drugi cykl o podobnym charakterze obejmuje rozważania możliwych konfiguracji politycznych na terenach postowieckiego imperium i Bliskiego Wschodu (**Zamek** nr 8 grudzień 1992).

W roku 1990 wypowiedział się przeciw kandydaturze Lecha Wałęsy na prezydenta. Odmówił przyjęcia Złotego Krzyża Zasługi przyznanego mu przez emigracyjnego prezydenta Kaczorowskiego.

Redaktor biuletynu sekcji gazowniczej Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych pt. „Gazownictwo w Świecie”.