

Barbara Łaciak*, Leszek Czepirski*, Maciej Wójcikowski**

**OCENA MOŻLIWOŚCI
WYKORZYSTANIA PROMIENIOWANIA MIKROFALOWEGO
DO ODWADNIANIA GLIKOLI
STOSOWANYCH W GAZOWNICTWIE ZIEMNYM*****

1. WPROWADZENIE

Kontakt gazu ziemnego z wodą złożową powoduje jego nasycenie parą wodną, której ilość zależy od składu gazu, zawartości soli w wodzie złożowej, a przede wszystkim od warunków termodynamicznych w złożu.

Największe problemy technologiczne stwarza jednak nie woda w postaci pary, lecz wydzielające się podczas schładzania czy rozprężania gazu fazy ciekła (skropliny) i stała (lód, hydraty).

Woda w ciekłym stanie skupienia przyspiesza korozję urządzeń, utrudnia pomiary natężenia przepływu gazu, komplikuje pracę stacji redukcyjnych, natomiast krystalizujące hydraty zmniejszają przepustowość gazociągu, gdyż gromadzą się na armaturze i w rurociągach, przez które płynie gaz. Mogą również uszkadzać instalacje pomiarowe. Duża zawartość wody w gazie podwyższa temperaturę punktu rosy, co z kolei sprzyja tworzeniu się hydratów, możliwe jest również wytrącanie kondensatów.

Powyższe uwarunkowania powodują, że wydobyciu gazu ziemnego towarzyszyć musi proces jego osuszania, stanowiący podstawę przygotowania gazu do dalszego transportu. Wybór metody usuwania wody z gazu zależy od szeregu czynników, ale przede wszystkim od celu przeznaczenia osuszanego gazu ziemnego i natężenia jego przepływu.

* Wydział Paliw i Energii AGH, Kraków

** Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

*** Praca wykonana w ramach projektu badawczego 7 T09A 134 21 finansowanego przez Ministerstwo Edukacji i Nauki

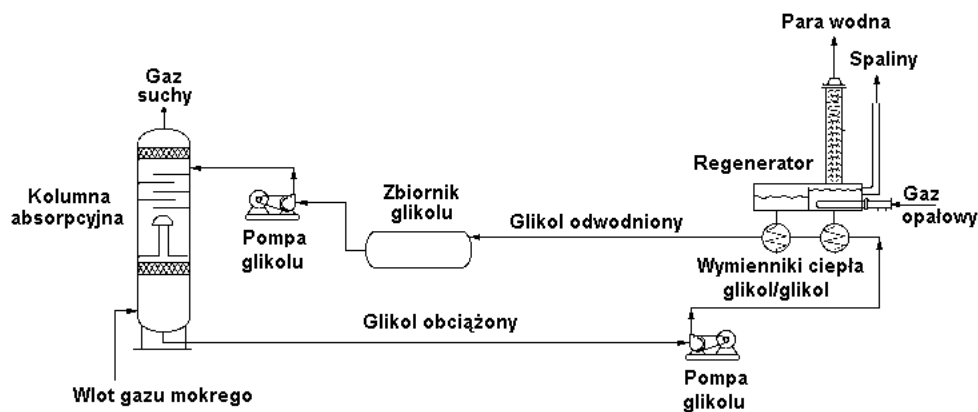
Stosowane są następujące metody osuszania gazu [3]:

- absorpcyjne,
- adsorpcyjne,
- ekspansyjne,
- membranowe.

2. REGENERACJA GLIKOLI METODĄ ABSORPCYJNĄ

Szczególnie rozpowszechnione są metody absorpcyjne z wykorzystaniem glikolu dietylenowego (DEG) oraz trietylenowego (TEG). Wykazują one niskie prężności par, są odporne na działanie wysokiej temperatury, silnie higroskopowe, niepieniące i trwałe pod względem chemicznym. Dopiero w wysokich temperaturach tworzą środowisko korozyjne. Popularność DEG i TEG w przemyśle naftowym jest uzasadniona ekonomicznie i technologicznie, a koszty ich otrzymywania i stosowania są umiarkowane.

Schemat typowej instalacji absorpcyjnej do osuszania gazu ziemnego za pomocą glikolu przedstawiono na rysunku 1. Szczególnie istotną częścią instalacji jest układ regeneracji glikolu umożliwiający przywrócenie roztworowi jego pierwotnej chłonności sorpcyjnej i wykorzystanie w następnych cyklach pochłaniania wilgoci.



Rys. 1. Schemat typowej instalacji do osuszania gazu ziemnego za pomocą glikolu

W typowych rozwiązaniach regenerację prowadzi się przez oddestylowanie wody z roztworu w regeneratorze ogrzewanym przeponowo parą wodną. Roztwór po regeneracji zawiera zazwyczaj do 96% wag. glikolu i dla osiągnięcia wyższego stopnia regeneracji stosuje się metody specjalne, jak:

- regenerację próżniową, przez przedmuchiwanie za pomocą gazu inertnego lub odgazolinowanego gazu ziemnego (*Stripping Gas*);
- destylację azeotropową.

Metody te pozwalają na obniżenie ciśnienia cząstkowego pary wodnej co sprzyja odparowaniu wody i daje możliwość zateżnienia roztworów glikolu do stężenia powyżej 99,5% wag.

3. NOWA KONCEPCJA REGENERACJI GLIKOLI

Przedstawione sposoby regeneracji sprowadzają się do wykorzystania ciepła z zewnętrznego źródła lub przepuszczania gorącego gazu przez warstwę glikolu. Niedogodnością tego typu rozwiązań jest możliwość lokalnych przegrzań roztworu glikolu (przypalenie), co dość szybko eliminuje całą partię tego związku kierowaną do regeneracji. Kolumny regeneracyjne mają duże gabaryty (konieczna jest długotrwała regeneracja, więc niezbędne staje się zwiększenie objętości regenerowanego medium) i są narażone na korozyjne działanie gorącego glikolu. Te wady wymuszają konieczność poszukiwania nowych sposobów regeneracji i rozwiązań konstrukcyjnych regeneratora. Perspektywicznie takim sposobem może się okazać wykorzystanie energii promieniowania mikrofalowego [5].

Mikrofałe należą do części widma elektromagnetycznego o długości fali $1\text{ mm} \div 1\text{ m}$ odpowiadającej częstotliwości pomiędzy 300 MHz a 300 GHz. W obrębie tej części widma elektromagnetycznego są częstotliwości używane w telefonach komórkowych, radarach i telewizji satelitarnej. Dla celów przemysłowych, naukowych i medycznych zarezerwowane są dwie częstotliwości 0,915 i 2,45 GHz. W Europie, z powodu ograniczeń przez prawo międzynarodowe dla uniknięcia zakłóceń w telekomunikacji, najpowszechniej stosowaną częstotliwością mikrofal jest $2,45 \pm 2\%$ GHz.

Energia promieniowania mikrofalowego jest rozpraszana w materiałach wg trzech różnych mechanizmów:

- 1) strat magnetycznych w materiałach ferromagnetycznych,
- 2) strat omowych w materiałach przewodzących,
- 3) strat elektrycznych spowodowanych niejednorodnością elektromagnetyczną (np. jonów lub cząsteczek z momentem dipolowym).

Z praktycznego punktu widzenia szczególne znaczenie mają materiały całkowicie lub częściowo pochłaniające promieniowanie mikrofalowe, dzięki czemu możliwe jest ogrzanie ciała stałego lub cieczy. Ogrzewanie mikrofalowe wykazuje wiele zalet w porównaniu z ogrzewaniem konwencjonalnym: jest bezkontaktowe, szybkie, selektywne i zachodzące w całej objętości. Energia mikrofalowa indukuje ruch cząsteczkowy przez rotację dipoli i migrację jonów. Efektywność ogrzewania mikrofalowego zależy od dipolowego czasu relaksacji, przewodnictwa jonowego i objętości próbki. W przypadku ogrzewania mikrofalowego należy raczej mówić o konwersji energii elektromagnetycznej w energię cieplną niż o przenoszeniu ciepła wg klasycznych mechanizmów konwekcji, przewodzenia i promieniowania. Ta zasadnicza różnica od dawna jest wykorzystywana w obróbce żywności i pozwala na skrócenie czasu procesu oraz oszczędności energii. Równocześnie otwiera ona pole do poszukiwań nowych możliwości wykorzystania promieniowania mikrofalowego w procesach fizycznych, fizykochemicznych oraz reakcjach chemicznych [1, 2, 4].

4. BADANIA LABORATORYJNE

W ramach badań własnych przeprowadzono wstępne pomiary odwadniania roztworów glikolu z wykorzystaniem energii promieniowania mikrofalowego. Odwadnianie roztworów glikolu dietylenowego (DEG) i trietylenowego (TEG) prowadzono w jednomodowym

reaktorze mikrofalowym o mocy 1000 W firmy PLAZMATRONIKA (Wrocław), w którym możliwe jest wytworzenie skoncentrowanego pola mikrofalowego skierowanego na naczynie reakcyjne. Precyzyjną kontrolę temperatury umożliwia bezkontaktowy termometr podczerwieni umieszczony pod dnem naczynia reakcyjnego.

Do badań przygotowano roztwory glikolu dietylenowego (DEG) i trietylenowego (TEG) o zawartości wody 8% wag. Zawartość wody w roztworach oznaczano refraktrycznie z wykorzystaniem sporządzonej uprzednio krzywej wzorcowej dla zakresu stężeń objętego doświadczeniem.

Pomiary przeprowadzono dla różnych czasów ogrzewania i różnych warunków temperaturowych z wykorzystaniem pełnej mocy reaktora mikrofalowego. Za górną granicę temperatury przyjęto wartość temperatury rozkładu badanych glikoli. Skuteczność procesu oceniano na podstawie analizy zawartości wody w próbkach po ogrzewaniu mikrofalowym.

W tabeli 1 zestawiono parametry procesu dla badanych roztworów glikoli.

Tabela 1

Parametry procesu odwadniania roztworów glikoli w polu promieniowania mikrofalowego

Czas ogrzewania [min]	Temperatura [°C]	Zawartość wody w próbce po procesie [% wag.]	Skuteczność procesu [%]
Glikol dietylenowy (DEG)			
2	125	2,72	66,0
4	125	2,11	73,6
4	155	0,80	90,0
6	155	0,71	91,1
8	155	0,62	92,2
10	155	0,41	94,9
12	155	0,13	98,4
Glikol trietylenowy (TEG)			
2	200	0,38	95,5
4	200	0,27	96,5
6	200	0,18	97,7
8	200	0,10	98,8
10	200	0,09	98,9

5. WNIOSKI

Wyniki wstępnych badań wskazują, że przy właściwym doborze parametrów procesu (moc promieniowania, czas i temperatura procesu) możliwe jest osiągnięcie wysokiej skuteczności regeneracji.

Celowe wydają się dalsze prace nad optymalizacją procesu i dostosowaniem ogrzewania tego typu do warunków przemysłowych z uwzględnieniem uwarunkowań ekonomicznych procesu.

LITERATURA

- [1] Berlan J.: *Microwaves in chemistry: another way of heating reaction mixtures*. Radiat. Phys. Chem., vol. 45, 1995, 581–589
- [2] Kazi E.H.: *Microwave energy for mineral treatment processes – a brief review*. Int. J. Miner. Process., 57, 1999, 1–24
- [3] Molenda J.: *Gaz ziemny – paliwo i surowiec*. Warszawa, WNT 1993
- [4] Saillard R., Poux M., Berlan J.: *Microwave heating of organic solvents*. Tetrahedron, vol. 51, No. 14, 1995, 4033–4042
- [5] Thostenson E.T.: *Microwave processing: fundamentals and applications*. Composites, Part A, 30, 1990, 1055–1071