

Andrzej Janocha

Instytut Nafty i Gazu, Oddział Krosno

Osuszanie gazu ziemnego w warunkach niskiego ciśnienia w złożu

Osuszanie gazu ziemnego wysokociśnieniowego jest technologicznie opanowane zarówno przez projektantów tych instalacji, jak i załogi kopalń. Problemy narastają wraz ze zmniejszaniem się ciśnienia podczas długotrwałej eksploatacji gazu, bowiem istniejące instalacje nie mogą podołać wymaganiom określonym przez normy dopuszczalnego zawilgocenia.

Osuszanie odbywa się przy wykorzystaniu procesów:

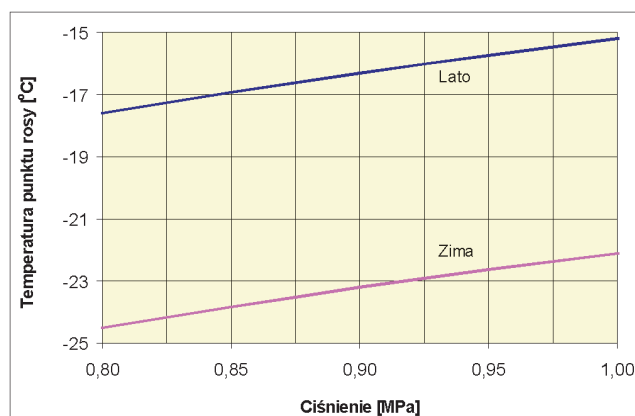
- ekspansyjnych,
- absorpcyjnych (glikole, sole),
- membranowych [5],
- adsorpcyjnych [6].

Najczęściej stosowanymi rozwiązaniami są instalacje glikolowe, w których rozwiązania konstrukcyjne w ostatnich czasach ulegają ciągłemu doskonaleniu; zarówno w części absorpcyjnej, jak i regeneracyjnej. Zmiany te są związane z charakterem dynamicznym procesu, czyli niemożliwością uzyskania pełnej równowagi termodynamicznej pomiędzy fazą ciekłą (glikolem), a fazą gazową (gazem nasyconym parą wodną). Przy teoretycznie bardzo długim czasie kontaktu (w odpowiednio niskiej temperaturze) pomiędzy tymi dwiema fazami uzyskiwano by dobre wyniki osuszania. Charakter dynamiczny procesu (zarówno w części absorpcyjnej, jak i regeneracyjnej) nie pozwala ani na uzyskiwanie pełnego kontaktu faz, ani na uzyskanie odpowiednio wysokiego stopnia odwodnienia glikolu zregenerowanego. O ile standardy projektowe kolumn absorpcyjnych pozwolą wyliczyć teoretyczną liczbę pól zbliżających je do wysokiej wydajności, to część regeneracyjna procesu nadal jest intensywnie doskonalona. Główne kierunki tych badań związane są z zastosowaniem podciśnienia, przedmuchu (*strippingu*) [10] i niekonwencjonalnych metod regeneracji, np. wykorzystania energii mikrofalowej [7].

W niniejszym referacie wykazana zostanie konieczność dążenia do uzyskiwania jak najniższych temperatur kontaktu glikol-gaz oraz jak najwyższych koncentracji glikolu, stosowanego w procesie absorpcji gazu ziemnego o niskim ciśnieniu.

Głównym problemem w instalacjach kopalnianych są liczne przypadki niedotrzymywania parametrów transportowych gazu, odpowiadającym aktualnie obowiązującym normom – w zakresie punktu rosy.

Wymogi uzyskiwania właściwego poziomu punktu rosy, związane z normą transportową PN-C-04752 [9], przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Dopuszczalna (według normy PN-C-04752) temperatura punktu rosy przy niskich ciśnieniach gazu ziemnego

Wydajność instalacji glikolowej można obliczyć na podstawie wykresu równowagowej zawartości wody w gazie ziemnym, w funkcji temperatury. Znane w literaturze diagramy tego typu (Wilk, Kohl, itp. poradniki) są jednak ubogie w wartości odpowiadające zakresowi interesujących nas ciśnień. Równowagową zawartość wody w gazie ziem-

nym, dla założonej wartości temperatury i ciśnienia, można obliczać przy wykorzystaniu programów komputerowych (np. PRGI-98 [3]) lub w oparciu o równanie korelacyjne Bukaceka [2, 3]. Wyniki badań laboratoryjnych wskazują, że w niskich ciśnieniach i przy dużych zawartościach wody w gazie błąd popełniany przy stosowaniu równania Bukaceka jest niewielki (poniżej 1°C). Na bazie tego równania Amerykański Instytut Normalizacyjny (ASTM) opracował standardową metodę wyznaczania zawartości wilgoci w paliwach gazowych (ASTM D 1142-90) [1], która ma postać:

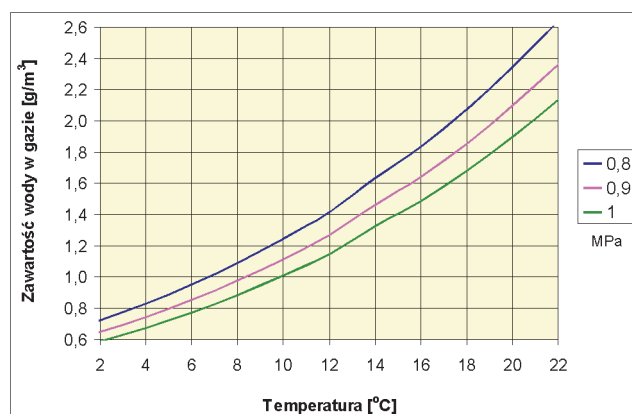
$$W = A/P + B$$

gdzie:

W – zawartość wody w wilgotnym gazie ziemnym, wyrażona jako masa wody zawartej w jednostce objętości gazu ziemnego,

P – całkowite ciśnienie gazu ziemnego,

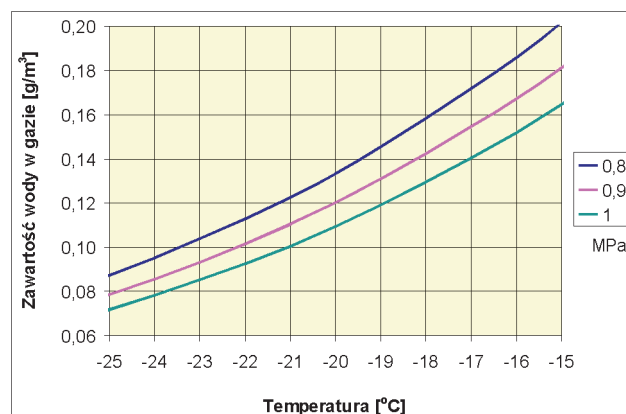
A, B – współczynniki zależne od temperatury [7].



Rys. 2. Wykres równowagowej zawartości pary wodnej w gazie ziemnym w funkcji temperatury, dla trzech wartości ciśnień: od 0,8 do 1 MPa

Na rysunku 2 przedstawiono ilustrację uzyskanych wycień, zawiązując się do zakresu niskich ciśnień (od 0,8 do 1 MPa) przesyłowych, charakterystycznych dla niektórych kopalń gazu ziemnego Ośrodka Kopalń Przemysł. Wykreślenie wąskich zakresów ciśnień pozwala na użycie liniowej skali osi Y (zawartość wody), z której odczyt jest prostszy i dokładniejszy niż w powszechnie używanych diagramach ze skalą logarymiczną [4, 6, 8]. Ponadto diagramy te nie zawierają wiarygodnych danych dotyczących zawartości wody w niskich zakresach ciśnień w gazie ziemnym; zarówno w temperaturach otoczenia, jak i ujemnych (-15 do -30).

Z wykresu tego można odczytać teoretyczną równowagową zawartość H₂O w gazie ziemnym przed wejściem na



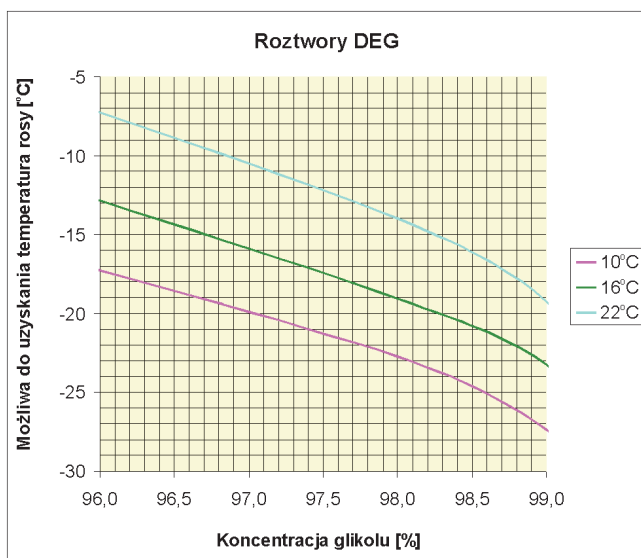
Rys. 3. Wykres równowagowej zawartości pary wodnej w gazie ziemnym w funkcji temperatury, dla trzech wartości ciśnień: od 0,8 do 1 MPa, w zakresie temperaturowym odpowiadającym wymaganiom normy gazu ziemnego

instalację osuszania w obecnie eksploatowanych kopalniach rejonu Przemysł.

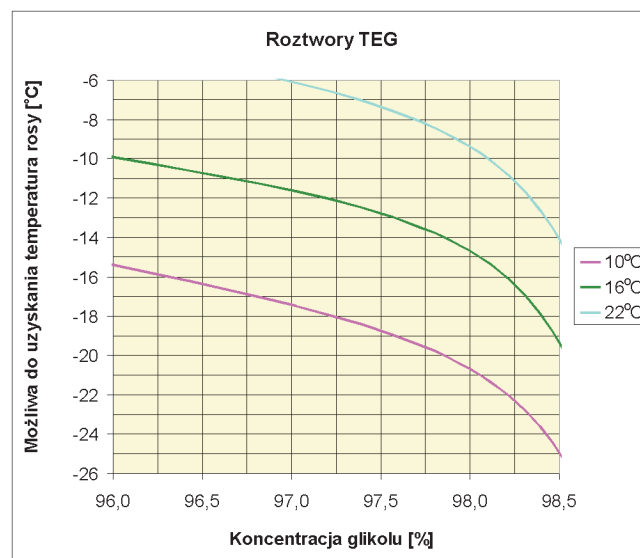
Jeśli porównamy dużą zawartość wody w gazie surowym z normą gazu przesyłowego (co przedstawiono na rysunku 2, gdzie na pionowej skali wykresu wyrażono maksymalne zawartości wody w gazie w ujęciu masowym), widoczna jest skala wymagań dla instalacji osuszania mogącej sprostać temu zadaniu. W ujęciu masowym z surowego gazu (0,9 MPa), przykładowo o temperaturze 20°C, zawartość wody wynosi 2100 mg/m³, a wymagania normy stanowią, że zawartość wody nie może przekroczyć 170 mg/m³ w lecie oraz 90 mg/m³ w zimie (rysunek 3). Odpowiada to zmniejszeniu ilości wody w gazie 12-krotnie w lecie (i 23-krotnie w zimie), czyli wydajności procesu osuszania na poziomie 92% w lecie (i 95% w zimie). Takie wydajności w procesach przemysłowych występują nadzwyczaj rzadko i z pewnością temperatura kontaktu gaz-glikol nie może przekraczać kilku stopni w zimie i kilkunastu w lecie. Jest to o tyle trudne, że o ile przy dobrej izolacji rurociągów można uzyskać taką temperaturę gazu, to na ogół parametrów tych nie dotrzymuje temperatura glikolu. Dodatkowym utrudnieniem jest charakter egzotermiczny absorpcji wody w glikolu, który jest specyficzny i bardzo znaczący dla gazów o niskich ciśnieniach, kiedy to udziały masowe wody i glikolu są porównywalne (około 10% masy stanowi glikol) i nie można ich pominąć, tak jak to się robi podczas projektowania instalacji osuszania gazów wysokociśnieniowych. Powstający efekt cieplny w absorberze gazów o niskim ciśnieniu może spowodować wzrost temperatury nawet o kilka stopni. Ilości dawkiowanego glikolu do poszczególnych instalacji osuszania są ściśle zależne od koncentracji roztworu glikolu przed

i po regeneracji oraz wymaganego stopnia redukcji wody z gazu.

Jak z tego wynika, drugą istotną sprawą w osuszaniu niskociśnieniowych strumieni gazu jest koncentracja glikolu. Wysokie reżimy punktu rosy gazu są trudne do osiągnięcia przy niedoskonałych blokach regeneracji glikolu. Są jednak możliwe w przypadku zastosowania TEG lub DEG, o stężeniach przedstawionych na rysunkach 4 i 5.



Rys. 4. Możliwa do uzyskania temperatura punktu rosy w zależności od stężenia glikolu (DEG), dla różnych temperatur kontaktu gaz-glikol



Rys. 5. Możliwa do uzyskania temperatura punktu rosy w zależności od stężenia glikolu (TEG), dla różnych temperatur kontaktu gaz-glikol

Wnioski

Podczas długotrwałej eksploatacji gazu ziemnego narastają problemy w procesie jego osuszania, związane ze zmniejszaniem się ciśnienia gazu w złożu. Istniejące instalacje osuszania gazu ziemnego nie mogą podołać wymaganiom dopuszczalnego zawilgocenia określonym przez normę PN-C-04752. Aby zapewnić uzyskiwanie wartości punktów rosy wody w gazie zgodnych z normą, należy ustalić stopień intensywności działań związanych z potrzebą zmian parametrów instalacji osuszania. Istotne jest określenie wzrostu ilości wody w gazie, w związku z obniżeniem jego ciśnienia. Badania laboratoryjne przeprowadzone w INiG wykazały, że równowagową zawartość wody w gazie ziemnym dla założonej wartości temperatury

i ciśnienia można z dużą dokładnością (zwłaszcza dla niższych ciśnień) obliczać w oparciu o równanie korelacyjne Bukaceka. Wykorzystanie tego równania pozwala na wykreślanie wąskich zakresów zależności zawartości wody w gazie, od ciśnienia. Jak wynika z tych obliczeń, ilości wody, które powinny być zaabsorbowane przez glikol są znacznie większe niż założenia wcześniej projektowanej instalacji wysokociśnieniowej. W tych warunkach uzyskanie wynikających z normy punktów rosy wymaga bardzo wysokich koncentracji glikolu i niskich temperatur kontaktu gaz-glikol. Wymagania te powodują konieczność daleko idących modernizacji instalacji osuszania gazu i/ lub doprężania gazu przed wejściem na absorber.

Artykuł nadesłano do Redakcji 21.01.2010 r. Przyjęto do druku 19.04.2010 r.

Recenzent: doc. dr inż. Andrzej Froński

Literatura

- [1] ASTM D 1142-90 *Standards test metod for water vapor content of gaseous fuels by measurement of dew-point temperature.*
- [2] Bukacek R.F.: *Equilibrium moisture content of natural gas.* Research Bulletin 8, Institute of Gas Technology, 1955.
- [3] Ciesielczyk E.: *Punkt rosy w gazie ziemnym.* Nafta-Gaz nr 2, s. 109, 2000.
- [4] Francis S., Manning, Thompson R.E.: *Oilfield Processing of Petroleum.* Natural Gas.
- [5] Janocha A., Jakubowicz P.: *Osuszanie gazu ziemnego na membranach.* Konferencja Politechniki Śląskiej, Ustroń 1997.
- [6] Kohl A., Neilson R.: *Gas purification.* Fifth Edition.
- [7] Łaciak B., Czepirski L., Wójcikowski M.: *Ocena możliwości wykorzystania promieniowania mikrofalowego do odwadniania glikoli stosowanych w gazownictwie ziemnym.* Wiertnictwo Nafta Gaz, t. 23/1, 2006.
- [8] Lubaś J., Janocha A., Beben D.: *Ocena sprawności procesu osuszania gazu roztworami DEG w instalacjach niskociśnieniowych.* Sympozjum, Czarna 2006.
- [9] PN-C-04752 *Jakość gazu w sieci przesyłowej.*
- [10] Pokrzywniak C.: *Analiza rozwiązań technicznych i efektywności stosowanych procesów glikolowego osuszania gazu ziemnego.* Wiertnictwo Nafta Gaz, t. 24/1, 2007.



Dr Andrzej JANOCHA – adiunkt Zakładu Technologii Eksploatacji Płynów Złożowych Instytutu Nafty i Gazu O/Krosno. W 1982 r. ukończył Wydział Chemiczny UMCS w Lublinie, a w 1989 r. uzyskał tytuł doktora nauk technicznych, specjalność: technologia eksploatacji płynów złożowych. Członek SITPniG, Polskiego Towarzystwa Chemicznego oraz European Society of Membrane Science and Technology.

ZAKŁAD TECHNOLOGII EKSPLOATACJI PŁYNÓW ZŁOŻOWYCH

Zakres działania:

- optymalizacja procesów wydobywania i przygotowania do transportu ropy i gazu;
- opracowanie technologii rekultywacji i rewitalizacji terenów skażonych substancjami ropopochodnymi;
- opracowanie technologii oczyszczania ścieków eksploatacyjnych i wód złożowych z zanieczyszczeń ropopochodnych;
- badania i dobór inhibitorów parafinowo-hydratowych oraz deemulgatorów stosowanych w procesach eksploatacji złóż węglowodorów;
- monitorowanie zmian zawartości związków siarki w podziemnych magazynach gazu i opracowanie koncepcji działań zapobiegających powstawaniu siarkowodoru w złożu;
- monitorowanie jakości gazu w sieciach przesyłowych;
- wykonywanie kart katalogowych oraz opracowanie opinii bezpieczeństwa użytkowania środków chemicznych stosowanych podczas zabiegów intensyfikacyjnych i eksploatacyjnych w warunkach otworowych;
- analizy płynów złożowych, zanieczyszczeń gleby i ścieków, odpadów wiertniczych i eksploatacyjnych.

Kierownik: dr inż. Teresa Steliga

Adres: ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno

Telefon: 13 436 60 29, 13 436-89-41 wew. 227

Faks: 13 436-79-71

E-mail: teresa.steliga@inig.pl

