Niepożądana woda
czyli przegląd procesów osuszania gazu ziemnego

Eugeniusz Grynia John Carroll

Gas Liquids Engineering Ltd.,
Calgary, Alberta, Kanada

W poprzednim numerze „Szejka" omawialiśmy metody odsiarczania gazu ziemnego. Powszechnie stosowaną metodą jest odsiarczanie aminowe. Ponieważ amin używa się jako roztworów wodnych, odsiarczony gaz jest nasycony parą wodną. Dziś przybliżymy zagadnienia związane z osuszaniem gazu ziemnego, ponieważ woda jest jego niepożądanym składnikiem.

Dlaczego nie chcemy wody w gazie?

Jest kilka powodów, dla których obecność wody w gazie ziemnym jest niepożądana. W czasie wydobycia gazu zawierającego H_2S lub CO_2 woda może powodować korozję w rurociągach zbiorczych i tworzyć hydraty blokujące jego przepływ. Obecność wody w strumieniu potęguje korozję. Gaz ziemny wydobywany z podziemnych magazynów gazu jest również nasycony wodą. Woda zawarta w gazie ziemnym poddawanym procesom odzysku węglowodorów ciekłych, takim jak wymrażanie czy procesy kriogeniczne, powoduje tworzenie się hydratów.

Specyfikacje ciekłych i gazowych produktów handlowych nakładają ograniczenia na zawartość wody. Wymagania dotyczące zawartości wody przedstawia poniższa tabela.

Strumień	Polska	Ameryka Północna
Gaz handlowy – rurociąg przesyłowy	Lato: +3.7°C , gdy P = 5,5 MPa Zima: -5,0°C, gdy P = 5,5 MPa	Maks. 65 mg/Sm³ lub 4 lb/MMSCF (Kanada) 7 lb/MMSCF (USA)
Gaz do procesów kriogenicznych	0,1 ppmv	0,1 ppmv
LPG	3 % mol.	2 - 3 % mol.
Kondensat węglowodorowy	40 mg/Nm³	115 – 230 mg/Sm³

Uwaga: jeden Sm³ (standardowy metr sześcienny) jest w przybliżeniu 5,5% większy od Nm³ (normalnego metra sześciennego), ponieważ temperatura standardowa to 15°C, a temperatura normalna to 0°C

Jak widać stężenie wody można wyrażać na różne sposoby:
- masa wody w objętości gazu, np. mg/Nm³ lub lb/MMSCF (funty na milion stóp sześciennych),
- temperatura punktu rosy, °C lub °F,
- części na million, objętościowo, ppmv,
- części na million, wagowo, ppmw.

Oszacować i zaprojektować

Projektowanie instalacji do osuszania gazu ziemnego zaczyna się od określenia zawartości wody w gazie. Zawartość wody w gazie ziemnym jest funkcją:
- temperatury – im wyższa temperatura, tym wyższa zawartość wody pod stałym ciśnieniem,
- ciśnienia – im wyższe ciśnienie, tym niższa zawartość wody w stałej temperaturze,
- składu gazu – słaby wpływ gazu słodkiego, mocny – zasiarczonego.

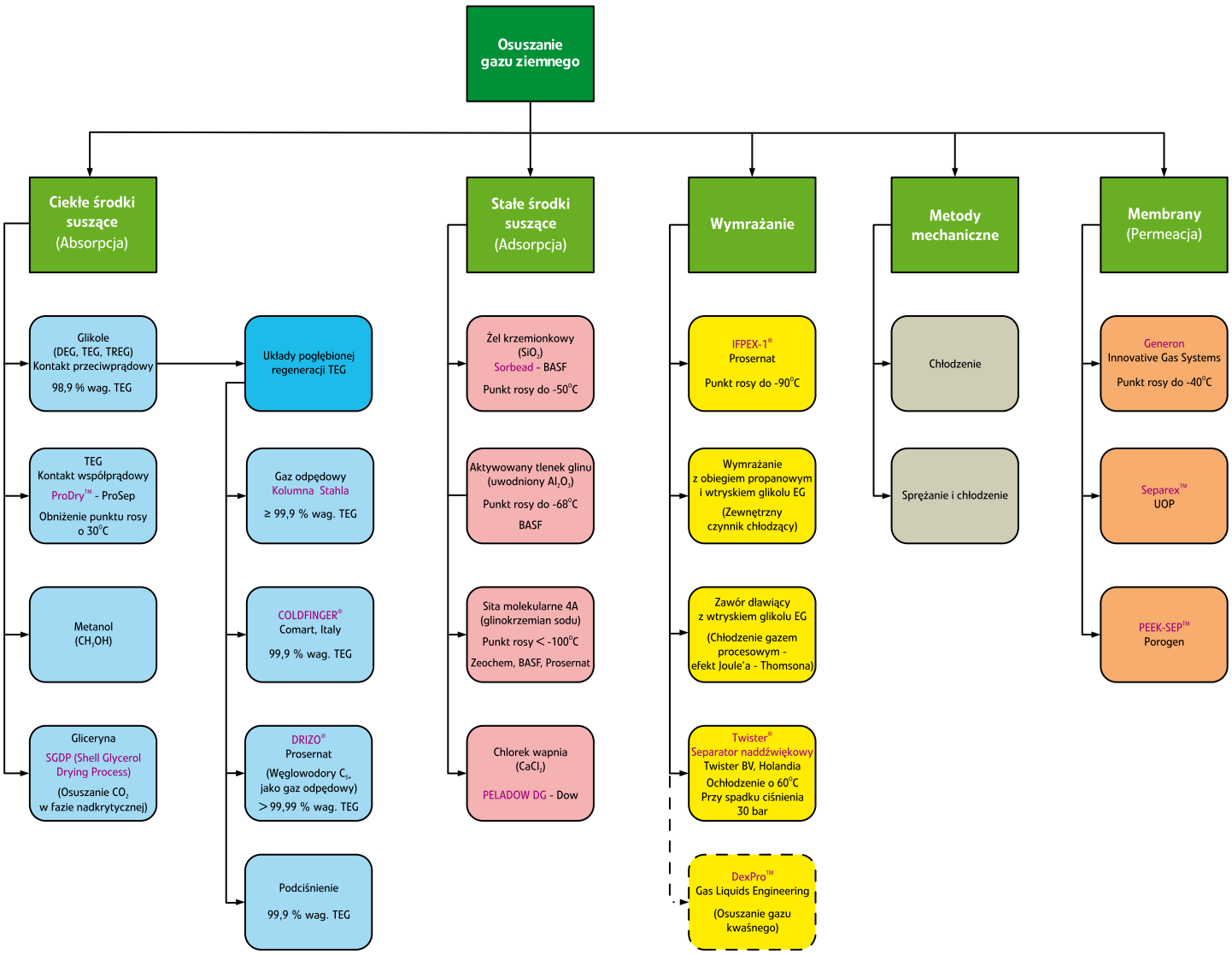
Przykładowo gaz o ciężarze właściwym 0,64 (o ciężarze cząsteczkowym =18,7 g/mol) pod ciśnieniem 55 bar i w temperaturze 10°C zawiera maksymalnie 234 mg/Nm³ wody, podczas gdy w temperaturze 40°C zawiera 5,6 razy więcej wody, czyli 1317 mg/Nm³.

Stosowane są różne sposoby szacowania zawartości wody w gazie ziemnym. Najbardziej popularnym sposobem jest korzystanie z wykresu McKetty, którego dokładność wynosi ±10%. Inną metodą jest korelacja zaproponowana przez Bukacka. Zawartość wody w gazie zasiarczonym można oszacować korzystając z metody Maddoxa lub Wicherta. Program komputerowy AQUAlibrium (www.flowphase.com) opracowany przez Johna Carrolla daje znacznie dokładniejsze wyniki od powyższych metod, ale jest szczególnie przydatny do obliczania zawartości wody w gazach kwaśnych (zawierających głównie H_2S i CO_2). Składniki gazu kwaśnego – CO_2 i H_2S – zwiększają rozpuszczalność wody w gazie ziemnym, natomiast ciekły CO_2 i H_2S zawierają więcej wody niż gazowy CO_2 i H_2S.

Temperaturę punktu rosy wyznacza się zwykle metodą kondensacji par na chłodzonej powierzchni lustra – lusterko schładza się, dopóki nie pojawi się na nim mgła. Wilgotnościomierz taki nazywa się w Ameryce Północnej Bureau of Mines Dew-Point Tester (ASTM D-1142). W temperaturach poniżej 0°C punkt rosy wodnej nie istnieje, dlatego nazwę zmienia się na punkt szronu.

Gaz ziemny można osuszać na różne sposoby, które przedstawiono na schemacie.

Do przeliczenia mg/Sm³ lub lb/MMSCF na temperaturę punktu rosy najlepiej skorzystać z wykresu McKetty, który można znaleźć w większości podręczników inżynierii gazu ziemnego. Standardową publikacją w tym zakresie jest Engineering Data Book wydawana przez Gas Processors Suppliers Association w Tulsie w stanie Oklahoma.
Często korzysta się też z następujących przeliczników: 1 g/Sm³ = 62,4 lb/MMSCF; 1 g/Sm³ = 1315,1 ppmv; 1 lb/MMSCF = 21,06 ppmv



Ciekłe środki suszące

TEG

DEG (glikol dwuetylenowy), TEG (glikol trójetylenowy) i TREG (glikol czteroetylenowy) używane są jako ciekłe środki suszące, ale do osuszania gazu ziemnego stosuje się powszechnie TEG ze względu na najlepszy kompromis między kosztem glikolu i jego stratami spowodowanymi odparowaniem i porywaniem przez gaz. Kiedy mówi się o osuszaniu glikolem, ma się na myśli TEG. Glikoli używa się wtedy, kiedy wymagane jest obniżenie punktu rosy o 33°C do 66°C.

Osuszanie glikolowe jest procesem ciągłym. Ubogi glikol (to znaczy glikol po regeneracji) pompowany jest na szczyt kolumny absorbcyjnej zwanej kontaktorem. Kontaktor może posiadać półki lub wypełnienie. Spływający w dół glikol pochłania wodę z gazu ziemnego płynącego w przeciwprądzie do glikolu. Bogaty w wodę glikol jest odbierany u spodu kontaktora i przesyłany do wężownicy umieszczonej u szczytu kolumny regeneracyjnej. Zadaniem wężownicy jest wytwarzanie orosienia poprzez schładzanie części pary wodnej wytwarzanej w reboilerze regeneratora. Z wężownicy bogaty TEG przepływa do separatora równowagowego (degazatora), gdzie większość rozpuszczonych w TEG węglowodorów odparowuje i może być wykorzystana jako gaz paliwowy. Z degazatora glikol przepływa przez wymiennik ciepła TEG ubogi – TEG bogaty, gdzie jest ogrzewany glikolem ubogim opuszczającym reboiler kolumny regeneracyjnej, do kolumny regeneracyjnej z wypełnieniem, gdzie zaabsorbowana woda oddestylowuje z glikolu pod ciśnieniem niemal atmosferycznym. Im wyższa temperatura w reboilerze kolumny regeneracyjnej, tym więcej wody odpędza się z glikolu i tym wyższe stężenie glikolu. Zregenerowany glikol, nazywany teraz glikolem ubogim, przelewa się z reboilera do położonego niżej zbiornika wyrównawczego, a stamtąd przepływa przez wymiennik ciepła TEG ubogi-TEG bogaty. Częściowo schłodzony TEG jest pompowany poprzez chłodnicę glikolu, w której czynnikiem chłodzącym jest osuszony gaz opuszczający kontaktor, na szczyt kontaktora. W ten sposób obieg glikolu zostaje zamknięty.

Poniższe wskazówki wykorzystuje się do projektowania procesu osuszania gazu ziemnego za pomocą TEG:

- Im więcej półek w kontaktorze, tym większe obniżenie wodnego punktu rosy gazu ziemnego dla danego natężenia obiegu glikolu i jego stężenia. Liczba półek w kontaktorze może mieć większy wpływ na stopień obniżenia punktu rosy niż natężenie obiegu glikolu.
- Im wyższe stężenie ubogiego glikolu, tym większe obniżenie punktu rosy dla danego natężenia obiegu i liczby półek.
- Zwiększenie stężenia glikolu ma większy wpływ na stopień obniżenia punktu rosy niż zwiększenie natężenia obiegu glikolu. Stężenie glikolu jest wyznaczone przez temperaturę w reboilerze, natężenie przepływu gazu odpędowego i ciśnienie w reboilerze. Im wyższa temperatura w reboilerze, tym wyższe stężenie glikolu. Im wyższe stężenie ubogiego glikolu, tym większa ilość usuniętej wody. Jednak najwyższe stężenie TEG, jakie można uzyskać w czasie jego regeneracji w temperaturze 204°C i pod ciśnieniem atmosferycznym to 98,7 – 99,0% wag. Procesu regeneracji nie prowadzi się w wyższych temperaturach, ponieważ TEG rozkłada się w temperaturze 207°C. Ciśnienie w reboilerze wyższe od atmosferycznego może znacząco zmniejszyć stężenie ubogiego glikolu, a co za tym idzie wydajność osuszania gazu ziemnego.

Typowa instalacja TEG używana w Kanadzie

• Dla ustalonych wartości liczby półek w kontaktorze i stężenia ubogiego glikolu stopień obniżenia punktu rosy jest funkcją natężenia obiegu glikolu.

Związki BTEX (benzen, toluen, etylobenzen i ksyleny) są bardziej rozpuszczalne w glikolu niż inne węglowodory. Benzen jest substancją rakotwórczą. W czasie regeneracji glikolu związki te są odpędzane z glikolu razem z wodą, dlatego ważny jest sposób dalszej obróbki odpędzonego strumienia. Jeśli w gazie ziemnym obecny jest siarkowodór, jest on również absorbowany przez glikol w znacznych ilościach.

Do modelowania procesu osuszania gazu ziemnego za pomocą glikolu można skorzystać z programu GLYCalc (www.gastechnology.org). Program ten można również wykorzystać do modelowania obiegu glikolu etylenowego w instalacjach wymrażania z zewnętrznym obiegiem propanu chłodniczego.

Urządzenia do osuszania gazu ziemnego za pomocą ciekłych środków suszących są proste w obsłudze i łatwe w eksploatacji. Można je zautomatyzować, aby umożliwić bezobsługową pracę. Ciekłe środki suszące mogą być również używane do osuszania zasiarczonego gazu ziemnego, ale H_2S i CO_2 rozpuszczają się w ciekłych desykantach, co nastręcza później wiele problemów związanych z dalszą obróbką strumienia poregeneracyjnego.

Gliceryna

Jeśli ditlenek węgla używany do intensyfikacji wydobycia ropy naftowej trzeba przesyłać długim rurociągiem do odwiertu zatłaczającego, gaz ten należy osuszyć, aby zapobiec korozji rurociągu. Pod ciśnieniem powyżej 6100 kPa TEG rozpuszcza się w ditlenku węgla, co powoduje jego znaczne straty. Znacznie mniej rozpuszczalna od TEG jest gliceryna, dlatego wykorzystuje się ją do osuszania CO_2.

Procesy do pogłębionej regeneracji TEG

Procesy stosowane do pogłębionej regeneracji TEG, której celem jest zwiększenie stężenia ubogiego glikolu, powodują zmniejszenie ciśnienia cząstkowego wody w przestrzeni parowej reboilera glikolu, dzięki czemu można uzyskać wyższe stężenie glikolu bez wzrostu temperatury regeneracji.

Gaz odpędowy

Stosowanie gazu odpędowego jest zdecydowanie najczęściej stosowaną metodą zwiększania stężenia ubogiego TEG. Gaz odpędowy można wprowadzać bezpośrednio do reboilera poprzez bełkotkę zanurzoną w TEG lub można doprowadzić do spodu kolumny znajdującej się między reboilerem i zbiornikiem wyrównawczym. Kolumna ta jest często nazywana kolumną Stahla. Spływający z reboilera TEG jest dosuszany przepływającym w przeciwprądzie gazem odpędowym. Dla danego natężenia przepływu gazu odpędowego, zastosowanie kolumny Stahla (w przeciwieństwie do bełkotki) zwiększa stężenie TEG. Korzystając z gazu odpędowego można zwiększyć stężenie TEG do 99,9% wag.

Z gazu odpędowego należy korzystać tylko wtedy, kiedy wymagane jest stężenie TEG powyżej 98,9% wag. W przeciwnym przypadku lepiej jest wykorzystać gaz paliwowy do zwiększenia temperatury w reboilerze, aby zwiększyć stężenie TEG. Do uzyskania takiego samego stężenia TEG potrzebna jest większa ilość gazu odpędowego.

Cold Finger („zimny palec")

Do przestrzeni parowej zbiornika wyrównawczego, w której jest taka sama temperatura jak w reboilerze (do 204°C), wprowadza się wiązkę rurek nazywaną „zimnym palcem". Czynnikiem chłodniczym w wiązce rurek jest bogaty TEG dopływający z kontaktora. Para w zbiorniku wyrównawczym, która zawiera ponad 50% wody, skrapla się na rurkach i ścieka do tacki poniżej rurek. Żeby przywrócić równowagę w składzie pary, woda z ciekłego TEG przechodzi do przestrzeni parowej. Bogata w wodę ciecz usuwana jest z tacki i zawracana do strumienia bogatego TEG zasilającego regenerator. Firma Comart, licencjodawca technologii, twierdzi, że można za pomocą „zimnego palca" zwiększyć stężenie ubogiego TEG do 99,9% wag.

Drizo

W procesie Drizo stosuje się środek odpędzający, który jest cieczą w warunkach otoczenia, a parą w warunkach panujących w reboilerze. Środkiem tym jest mieszanina węglowodorów C_{5+} dostarczona z zewnątrz lub wytworzona wewnętrznie w wyniku absorpcji przez TEG w kontaktorze. Po opuszczeniu kolumny regeneracyjnej para medium odpędowego i para wodna skraplane są w chłodnicy, a następnie oddzielane od siebie w separatorze trójfazowym. Skroplony środek odpędowy pompowany jest do wężownicy znajdującej się w reboilerze regeneratora TEG, gdzie ulega odparowaniu i przegrzaniu, a następnie kierowany jest do kolumny odpędowej.

Zaletą procesu Drizo jest możliwość wytworzenia dużego przepływu gazu odpędowego bez emisji dodatkowych ilości węglowodorów z kolumny regeneracyjnej. Uzyskane w procesie stężenie ubogiego TEG wynosi powyżej 99,99% wag. Dzięki takiemu stężeniu TEG można osuszyć gaz ziemny do zawartości wody poniżej 0,1 ppmv.

Ilość energii potrzebna do regeneracji TEG stanowi 70% energii potrzebnej do osuszania gazu ziemnego na sitach molekularnych. Dodatkową zaletą procesu Drizo jest możliwość odzysku składników BTEX zaabsorbowanych przez TEG.

ProDry

ProDry zastępuje tradycyjny kontaktor z wbudowanym w rurociąg iniektorem (wtryskiwaczem) TEG, będącym jednocześnie mieszadłem statycznym, w którym ma miejsce współprądowy kontakt TEG z mokrym gazem ziemnym. Dzięki takiemu rozwiązaniu zmniejszono wagę i objętość urządzenia w porównaniu z tradycyjną instalacją TEG. Instalować można jeden lub dwa stopnie ProDry.

Proces ProDry można wykorzystać do:

• usuwania wąskich gardeł w istniejących instalacjach osuszania gazu ziemnego (1 stopień ProDry),
• osuszania gazu paliwowego (1 lub 2 stopnie),
• osuszania gazu do zatłaczania do złoża (1 stopień),
• umiarkowanego lub głębokiego obniżania punktu rosy gazu ziemnego przesyłanego rurociągami na duże odległości (1 lub 2 stopnie),
• podmorskiego osuszania gazu.

Podciśnienie

Obniżając ciśnienie poniżej ciśnienia atmosferycznego obniża się temperaturę wrzenia bogatego glikolu, dzięki czemu można uzyskać wyższe stężenie ubogiego glikolu do 99% wag., bez zmiany temperatury w re-

boilerze TEG. Wadą tej metody jest możliwość dostawania się powietrza do układu i rozkład glikolu spowodowany obecnością tlenu.

Stałe środki suszące

Żel krzemionkowy

Żel krzemionkowy stosowany jest głównie wtedy, gdy zawartość pary wodnej w mokrym gazie przekracza 1% mol. i gdy nie jest wymagana niska zawartość wody w gazie osuszonym.

Aktywowany tlenek glinu

Tlenek glinu jest związkiem polarnym silnie przyciągającym wodę. Używa się go do osuszania gazu ziemnego o umiarkowanej zawartości wody, kiedy niska zawartość wody w gazie osuszonym nie jest wymagana.

Sita molekularne

Sita molekularne są jedynym adsorbentem, który może osuszyć gaz ziemny do poziomu wymaganego w procesach kriogenicznych. Adsorbują one więcej wody niż żel krzemionkowy i aktywowany tlenek glinu, jeśli jej zawartość w gazie mokrym nie jest wysoka. Typ 4A (o rozmiarze porów 4Å) jest glinokrzemianem sodowym, powszechnie stosowanym do osuszania gazu ziemnego. Adsorbuje on również metanol, etanol, H_2S i CO_2.

Duża zawartość wody w gazie wlotowym powoduje, że osuszanie gazu za pomocą sit molekularnych jest kosztowne ze względu na duże zużycie energii potrzebne do ich regeneracji. Ponad 50% energii zużywanej w procesie osuszania jest związane z koniecznością przeprowadzenia regeneracji złoża.

Są dwa sposoby na zmniejszenie ilości wody w gazie podawanym na sita molekularne:

- użycie innego procesu osuszania przed sitami molekularnymi,
- użycie żelu krzemionkowego lub aktywowanego tlenku glinu, który usunie większość wody, a następnie sit molekularnych do usunięcia pozostałej ilości wody. Całkowita ilość energii potrzebnej do regeneracji ulega zmniejszeniu ze względu na wyższą pojemność adsorpcyjną żelu krzemionkowego i aktywowanego tlenku glinu, co pozwala na użycie mniejszego złoża adsorbentu, do którego regeneracji potrzeba mniej energii.

Adsorpcja nie jest procesem ciągłym, lecz okresowym. Podstawowy proces osuszania jest taki sam dla żelu krzemionkowego, aktywowanego tlenku glinu i sit molekularnych. Układ adsorpcyjny składa się z dwóch lub więcej złóż. Mokry gaz przepływa przez pierwsze złoże, które powoli nasyca się wodą. Front adsorpcyjny przesuwa się wzdłuż złoża. Złoże musi być zregenerowane zanim front adsorpcyjny dotrze do końca złoża. W czasie, kiedy pierwsze złoże usuwa wodę, drugie jest regenerowane.

Regeneracja jest procesem kilkuetapowym:

- obniżanie ciśnienia w złożu – desorpcja wody zachodzi lepiej pod niskim ciśnieniem (uwaga: możliwa kondensacja gazu),
- ogrzewanie – strumień gazu, zwykle gazu handlowego, jest podgrzewany i kierowany do złoża w celu usunięcia wody,
- chłodzenie – chłodny strumień gazu przepływa przez złoże, ochładzając jego zawartość,
- zwiększanie ciśnienia w złożu.

Po uzyskaniu odpowiedniego ciśnienia w złożu, kolumna jest gotowa do pracy.

Zdolność danego adsorbentu do adsorbowania wody przedstawiana jest w formie izoterm adsorpcji.

Chlorek wapnia ($CaCl_2$)

Chlorek wapnia jest środkiem suszącym, który zużywa się podczas osuszania. Stały bezwodny $CaCl_2$ łączy się z wodą tworząc różne hydraty ($CaCl_2$ o różnym stopniu uwodnienia). W miarę absorbowania wody chlorek wapnia rozpływa się, tworząc solankę.

Granulki chlorku wapnia umieszczane w zbiorniku do suszenia gazu ziemnego stanowią złoże nieruchome. Gaz przepływa przez złoże od spodu. Do absorpcji 1 kg wody potrzeba 0,3 kg $CaCl_2$. Zawartość wody w suchym gazie opuszczającym osuszacz od góry zbiornika wynosi 16 mg/Sm^3. Osuszanie gazu ziemnego za pomocą $CaCl_2$ jest atrakcyjną alternatywą dla osuszania za pomocą TEG na oddalonych strefach przyodwiertowych, gdzie trzeba osuszać gaz ziemny o niskim natężeniu przepływu. Chlorek wapnia należy okresowo uzupełniać, a solankę usuwać.

Instalacja adsorpcyjna zawierającą trzy kolumny z nieruchomym złożem sit molekularnych

Przenikanie (permeacja)

Membrany

Siłą napędową rozdziału składnika gazu ziemnego z mieszaniny jest różnica ciśnienia cząstkowego tego składnika w trakcie jego przepływania przez membranę. Najszybciej przenikają przez membranę woda i dwutlenek węgla. Po przeniknięciu przez membranę ciśnienie strumienia gazu, zwanego permeatem, jest już znacznie niższe. Główny strumień gazu, zwany retentatem, opuszcza instalację membranową pod nieznacznie niższym ciśnieniem od ciśnienia wlotowego gazu.

W niektórych sytuacjach membrany konkurują z instalacjami glikolowymi. Ich zaletą jest modułowa budowa, niska waga, możliwość znacznego zmniejszenia natężenia przepływu gazu i niskie koszty utrzymania. Dodatkową zaletą membran w stosunku do instalacji TEG jest brak emisji BTEX. Z drugiej strony membrany wymagają wstępnego oczyszczenia mokrego gazu: gaz wlotowy musi być pozbawiony cząstek stałych i kropelek cieczy o średnicy większej niż 3 µm, a jego temperatura musi być o 11°C (20°F) wyższa od wodnego punktu rosy, aby uniknąć kondensacji wody wewnątrz membran.

Membrany mogą pracować pod ciśnieniem do 70 bar, a gaz wlotowy może zawierać 500 – 2000 ppmv wody. Gaz jest osuszany do zawartości 20 – 100 ppmv wody. Spadek ciśnienia przez membrany jest minimalny. Objętość permeatu wynosi 3 – 5% objętości gazu wlotowego, a jego ciśnienie wynosi 0,5 do 4 bar. Można go wykorzystać jako gaz paliwowy.

Membrany są ekonomiczne w eksploatacji, jeśli natężenie przepływu osuszanego gazu ziemnego nie przekracza ok. 10 MMSCFD (11,160 Nm^3/h). Na platformach morskich membrany konkurują z instalacjami TEG, jeśli natężenie przepływu gazu jest mniejsze niż 56 MMSCFD (62500 Nm^3/h).

Procesy mechaniczne

Sprężanie ze schładzaniem

Metoda osuszania gazu ziemnego za pomocą sprężania ze schładzaniem jest prosta: zgodnie z wykresem McKetty im wyższe ciśnienie, tym mniejsza zawartość wody w gazie przy stałej temperaturze gazu. Jeśli gaz jest sprężany, a następnie schładzany w międzystopniowych

chłodnicach powietrznych, wykrapla się woda, którą oddziela się od gazu w skruberach międzystopniowych jak i w separatorze po ostatnim stopniu sprężania i schładzania. Metoda ta jest niewystarczająca do odpowiedniego osuszenia gazu. Nawet jeśli zawartość wody w sprężonym gazie jest niższa od zawartości wody w gazie wlotowym, sprężony gaz jest nadal nasycony wodą w temperaturze, do której gaz został schłodzony i nie spełnia wymogów specyfikacji dla gazu handlowego. Dlatego należy gaz dosuszyć jedną ze wspomnianych metod, na przykład za pomocą TEG. Jednak osuszanie gazu za pomocą sprężania i schładzania jest korzystne z tego powodu, że instalacja dosuszająca za sprężarką będzie mniejsza i tańsza od instalacji do osuszania gazu zainstalowanej przed sprężarką.

Procesy niskotemperaturowe

IFPEX-1®

Proces ten pozwala na jednoczesne uzyskiwanie wodnej i węglowodorowej temperatury punktu rosy. Mokry gaz ziemny miesza się z metanolem i chłodzi do wymaganego punktu rosy odpowiednią metodą, np. z wykorzystaniem zaworu dławiącego, turboekspandera czy zewnętrznego obiegu chłodniczego, np. propanowego. Wykroploną mieszaninę wody i metanolu oddziela się w separatorze od gazu i kieruje do kolumny odpędowej celem odzysku metanolu. U spodu kolumny odbiera się wodę, która zawiera poniżej 100 ppm metanolu.

Zalety procesu:

- można uzyskać punkt rosy od -70 do -100°C,
- nie ma emisji par węglowodorów,
- nie ma potrzeby dostarczania ciepła,
- może konkurować z procesami glikolowymi, gdy wymagany jest punkt rosy poniżej -30°C, wtedy nakłady inwestycyjne są ok. 30% niższe.

Separator naddźwiękowy Twister®

W procesie oferowanym przez firmę Twister BV z Holandii, stosuje się dyszę naddźwiękową, nazywaną dyszą de Lavala, w której następuje redukcja ciśnienia przez rozprężanie izentropowe (przy stałej entropii), co powoduje spadek temperatury i wykraplanie się wody i części węglowodorów. U wlotu do dyszy znajdują się łopatki, które wymuszają ruch wirowy gazu (przeciążenie do 500 000 g). Siła odśrodkowa wypycha kropelki cieczy na ściankę dyszy, skąd ciecz jest odprowadzana z urządzenia przez króciec wylotowy cieczy. Gaz natomiast zmniejsza prędkość w dyfuzorze do prędkości równej prędkości gazu w rurociągu za separatorem Twister. Ciśnienie w dyszy spada do 30% ciśnienia wlotowego gazu, ale w dyfuzorze następuje odzysk ciśnienia do 70-80% ciśnienia wlotowego.

Ciecz z króćca wylotowego kierowana jest do separatora, w którym oddziela się wodę od ciekłych węglowodorów. W przypadku tworzenia się hydratów, firma Twister BV oferuje odśrodkowy separator, w którym następuje oddzielenie hydratów i cieczy od gazu ziemnego bez stosowania chemikaliów. Hydraty ulegają stopieniu z użyciem wężownicy grzewczej.

Z technologii Twister można korzystać, jeśli:

- natężenie przepływu gazu ≥ 200 m^3/h (mierzone w warunkach rzeczywistych P i T),

Separator hydratów zainstalowany w kopalni gazu ziemnego Okoloma w Nigerii, przepustowość instalacji wynosi 240 MMSCFD (268 000 Nm^3/h)

- zawartość C_{3+} w gazie ≥ 1 % mol.,
- spadek ciśnienia może być ≥ 25%.

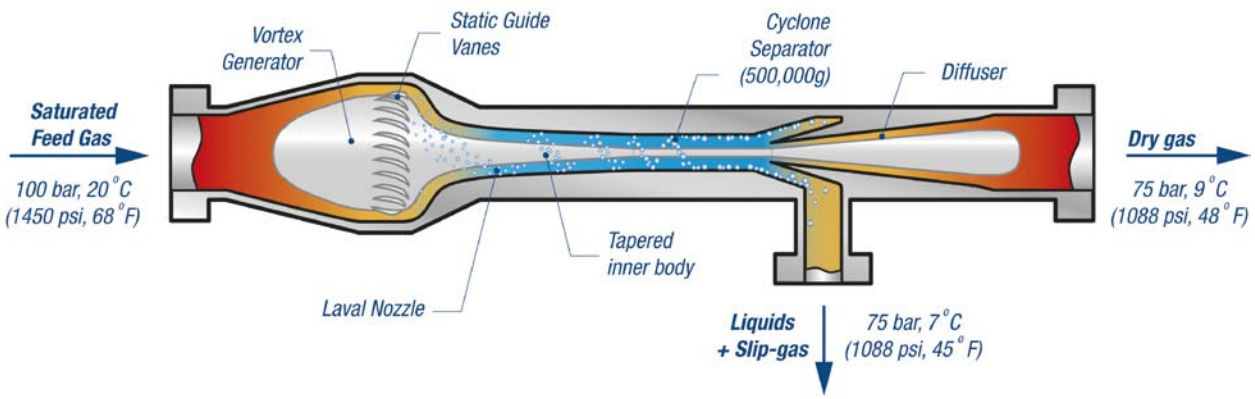
W procesie tym można uzyskać spadek temperatury o 60°C przy spadku ciśnienia 30 bar. Czas przebywania gazu ziemnego w separatorze Twister jest rzędu milisekund, dlatego nie zdążą powstać w nim hydraty.

Zaletą urządzenia jest brak ruchomych części i niewielki rozmiar, dlatego Twister nadaje się do bezobsługowej pracy na platformach morskich. Ponieważ chłodzenie będące efektem rozprężania się gazu jest prawie izentropowe, w procesie tym można uzyskać więcej ciekłego gazu ziemnego (LNG) niż w procesie rozprężania gazu w zaworze dławiącym z wykorzystaniem efektu Joule'a-Thomsona. Proces można często prowadzić bez dozowania glikolu czy metanolu, które zapobiegają tworzeniu się hydratów.

Technologię Twister można wykorzystywać do dowolnej kombinacji następujących zadań:

- osuszania gazu ziemnego,

Separator Twister



• uzyskiwania odpowiedniej wartości węglowodorowego punktu rosy,
• produkcji ciekłego gazu ziemnego.

DexPro™

Proces DexPro opracowany w firmie Gas Liquids Engineering wykorzystuje się do dodatkowego osuszania gazu kwaśnego, poza osuszaniem mechanicznym, w czasie wielostopniowego sprężania gazu kwaśnego przeznaczonego do zatłaczania do złoża. Proces ten jest zintegrowany z procesem sprężania w celu optymalnego usuwania wody. Część strumienia gazu po ostatnim stopniu, zwykle 10-20% całego strumienia, przepuszcza się przez zawór regulacyjny temperatury (efekt Joule'a-Thomsona) do modułu DexPro zainstalowanego przed skruberem na ssaniu ostatniego stopnia sprężania. Moduł umożliwia odpowiednie mieszanie strumieni bez stwarzania warunków do tworzenia się hydratów. Mieszanie zimnego suchego gazu kwaśnego z ciepłym mokrym gazem kwaśnym powoduje takie schłodzenie mieszaniny, które prowadzi do wykroplenia się pożądanej ilości wody, która jest następnie oddzielana w skruberze ssania ostatniego stopnia sprężania.
Niektóre zalety procesu DexPro:
• urządzenie potrzebuje bardzo mało miejsca; można je zainstalować na skidzie kompresora,
• niski koszt, ok. 30% kosztu instalacji glikolowej,
• minimalne koszty ruchowe,
• możliwość dużego zmniejszenia przepływu – 20:1,
• brak wymogu stosowania chemikaliów,
• proces jest bezemisyjny.

Kryteria doboru procesu osuszania gazu ziemnego

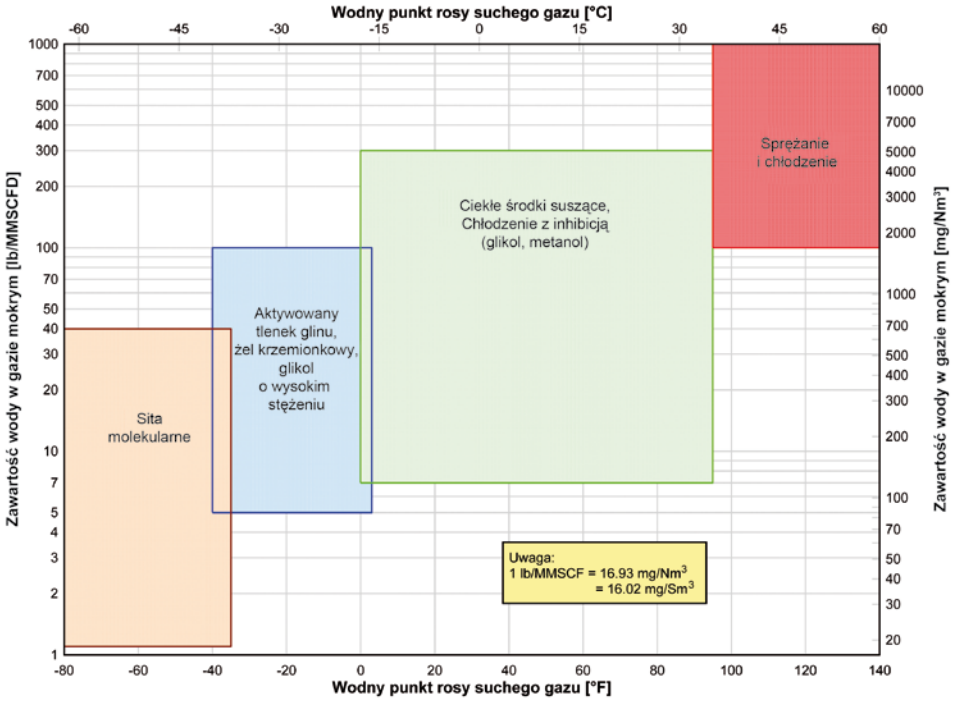
Poniższy wykres można wykorzystać do wstępnego doboru technologii osuszania gazu ziemnego w zależności od zawartości wody w mokrym gazie i pożądanej zawartości wody w suchym gazie.

Wybór metody osuszania gazu ziemnego zależy od wymaganego stopnia osuszenia gazu, zgodności (kompatybilności) z innymi zależnymi procesami i ekonomiki procesu. Jeśli celem osuszania jest uniknięcie powstawania ciekłej wody lub tworzenia się hydratów, lub uzyskanie specyfikacji gazu handlowego przesyłanego rurociągiem, można wykorzystać dowolny proces opisany w artykule. Zwykle jest to osuszanie za pomocą glikolu, chociaż ograniczenia układu mogą dyktować inną technologię.

Instalacje wykorzystujące ciekłe środki suszące mają tę zaletę, że są niewielkich rozmiarów, elastyczne, pracują w sposób ciągły, a także są zwykle tańsze i ich koszty ruchowe są niższe.
Instalacje wykorzystujące stałe środki suszące są bardziej efektywne od osuszaczy glikolowych, ponieważ mogą osuszyć gaz do zawartości wody poniżej 0,1 ppmv (0,05 lb/MMSCFD). Aby zmniejszyć wielkość tych instalacji, stosuje się często najpierw wstępne osuszanie glikolowe do około 60 ppmv wody. Instalacje ze stałymi środkami suszącymi wymagają wyższych nakładów kapitałowych i kosztów operacyjnych niż instalacje z ciekłymi środkami suszącymi.
Jedyną sprawdzoną technologią osuszania gazu ziemnego przed obróbką kriogeniczną jest technologia sit molekularnych. Jej zaletą jest możliwość jednoczesnego usuwania wody, CO_2 i merkaptanów. Żel krzemionkowy jest lepszy od sit molekularnych, jeśli trzeba osuszyć gaz przeznaczony do przesyłania (lub który będzie przesyłany) rurociągiem, ponieważ żel wymaga mniej gazu do regeneracji niż inne adsorbenty.

Wszelkie pytania dotyczące omawianego w artykule tematu można wysyłać na adres egrynia@gasliquids.com lub jcarroll@gasliquids.com.

Wstępny dobór procesów osuszania



SŁOWNICZEK

Absorpcja – pochłanianie gazu (absorbatu) przez ciecz lub ciało stałe (absorbent) zachodzące w całej objętości absorbentu.
Adsorpcja – zagęszczanie się gazu lub cieczy (adsorbatu) na powierzchni ciała stałego (adsorbentu).
Izotermy adsorpcji – krzywe adsorpcji wody na adsorbencie (liczba gramów wody zaadsorbowanej w 100 gramach adsorbentu) przedstawione jako funkcja temperatury i ciśnienia cząstkowego wody.
Aktywowany tlenek glinu – uwodniona forma tlenku glinu Al_2O_3. W stanie naturalnym znany jako boksyt.
BTEX – benzen, toluen, etylobenzen i ksyleny, obecne często w gazie ziemnym. Rozpuszczalne w TEG. Niektóre, jak benzen, są rakotwórcze.
Gliceryna – najprostszy alkohol trójwodorotlenowy czyli alkohol z trzema grupami hydroksylowymi –OH, stosowany m.in. do produkcji mydła.
Glikole – ogólna nazwa alkoholi diwodorotlenowych, czyli alkoholi z dwiema grupami hydroksylowymi –OH. Przykładami są MEG, DEG i TEG.
Efekt Joule'a-Thomsona – zmiana temperatury gazu lub cieczy ze spadkiem ciśnienia podczas przepływu przez zaizolowany zawór. Wszystkie gazy w temperaturze pokojowej ochładzają się w czasie rozprężania, z wyjątkiem wodoru, helu i neonu.
Sita molekularne – krystaliczne glinokrzemiany metalu alkalicznego, bardzo podobne do naturalnej gliny. Sita molekularne typu 4A składają się z Na_2O_3, Al_2O_3 i SiO_2.
Żel krzemionkowy – ogólna nazwa żelu wytwarzanego z krzemianu sodowego i kwasu siarkowego.