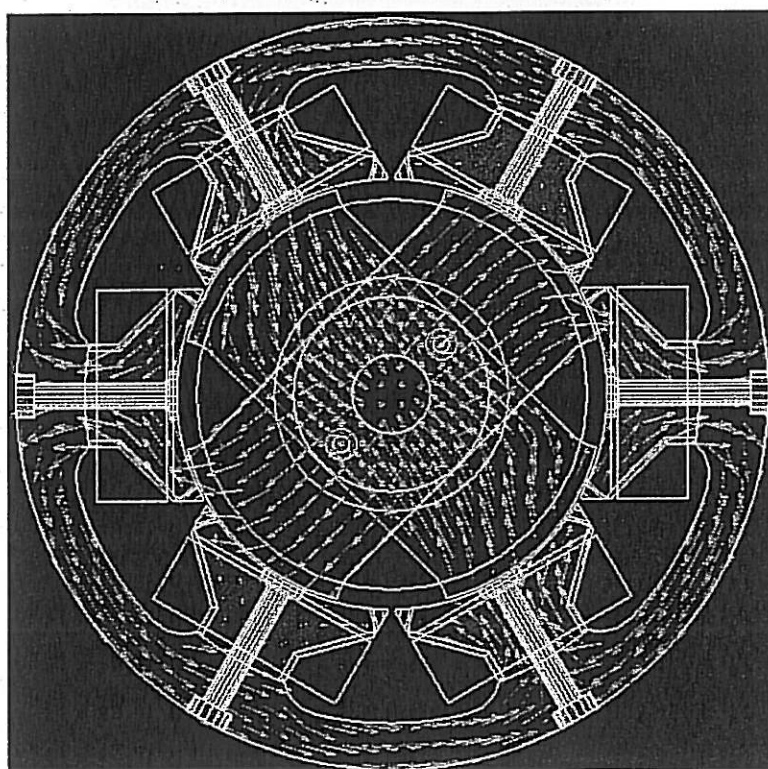
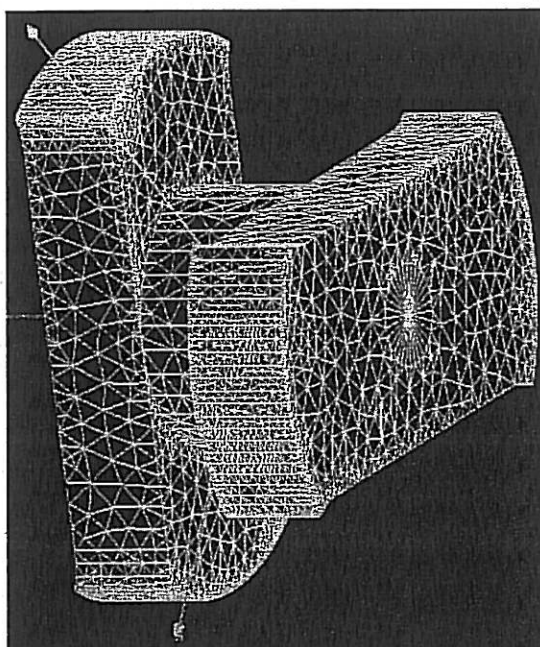


PRZEGLĄD

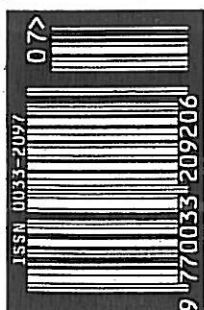
ROK LXXXVIII

ELECTRICAL REVIEW



SIGMA-NOT
Spółka z o.o.

cena 31,50 zł
(w tym 5% VAT)



Problem zanieczyszczeń siloksanowych w instalacjach biogazowych

Streszczenie. Biogaz jest nośnikiem energii wytwarzanym z substancji organicznej (biomasy) w procesie fermentacji beztlenowej. Preferowana droga wykorzystania tego paliwa jest przede wszystkim produkcja energii elektrycznej, która w prosty sposób, z wysoką sprawnością może być zamieniana na dowolną postać energii. Biogaz wymaga zastosowania procesów oczyszczania z siloksanów i związków siarki. Istotnym etapem w oczyszczaniu biogazu jest właściwa detekcja zawartości siloksanów.

Abstract. Biogas is an energy carrier produced from organic matter (biomass) in the process of anaerobic digestion. The preferred way of using this fuel is primarily the production of electricity, which in a simple way can be converted to any form of energy. Biogas purification requires the use of processes of siloxanes and sulfur compounds. An important stage of the biogas treatment installation is appropriate detection of siloxane concentration. (Siloxanes pollution problem in biogas plants)

Słowa kluczowe: siloxanes, biogas, generators, boilers.

Keywords: siloxanes, biogas, generators, boilers.

Wstęp

Racjonalne gospodarowanie energią ma kluczowe znaczenie dla przyszłości ludzkości. Wzrost liczebności populacji ludzkiej, stałe dążenie do poprawy poziomu życia, migracja ludności do miast, wzrost produkcji rolnej oraz działalność przemysłowa i transport powodują spotęgowane oddziaływanie na ekosystem [1].

Zapotrzebowanie na energię będzie wzrastać i tylko prawidłowe systemowe rozwiązania będą mogły ograniczyć negatywne skutki aktywności ludzkiej na otaczające środowisko. Ważnym jest racjonalne wytwarzanie podstawowych dóbr w procesach o relatywnie wyższej sprawności i mniejszej generacji zagrożeń dla środowiska. W tym kontekście uzasadnionym jest proces przekształcania sektora energetycznego, zdominowanego przez konwencjonalne technologie oparte głównie na spalaniu paliw kopalnianych, poprzez doskonalenie procesów wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej w skojarzeniu oraz rozpowszechnienie technologii opartych na odnawialnych źródłach energii; docelowo zmierzając do popularyzacji technologii wykorzystujących wodór jako zasadniczy nośnik energii.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europy 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, określa i ustanawia wspólne ramy dla promowania energii ze źródeł odnawialnych oraz obowiązkowe krajowe cele ogólne w odniesieniu do całkowitego udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto i w odniesieniu do udziału energii ze źródeł odnawialnych w transporcie [2].

W Polsce, a szczególnie na Lubelszczyźnie, duże nadzieje pokładane są w wykorzystaniu biogazu i biopaliw do produkcji energii elektrycznej, ciepłej lub obu jednocześnie (Combined Heat and Power - CHP).

Implementacja instalacji biogazowych rodzi różnorodne pozytywne skutki ekologiczne. Do niewątpliwych korzyści należą m. in. ograniczenie niekontrolowanej emisji gazów cieplarnianych, dzięki zagospodarowaniu odpadów do produkcji paliwa oraz redukcja emisji zanieczyszczeń, dzięki wykorzystaniu do produkcji energii biogazu zamiast paliw kopalnych.

Biogaz

Biogaz jest nośnikiem energii wytwarzanym z substancji organicznej (biomasy) w procesie fermentacji beztlenowej. Fizycznie, biogaz stanowi roztwór gazowy składający się głównie z metanu i dwutlenku węgla oraz śladowych zanieczyszczeń, takich jak: para wodna, siarkowodór, siloksany, związki aromatyczne, tlen, azot, fluorowce (chlorki, fluorki, i inne) [3].

Skład jakościowy i udziały poszczególnych składników zależą od rodzaju surowca poddawanego procesowi biodegradacji oraz od sposobu realizacji tego procesu. Powyższe zanieczyszczenia usuwane są zazwyczaj z biogazu przed jego energetycznym wykorzystaniem.

Zasadniczo można wyróżnić trzy typy instalacji wykorzystujących proces fermentacji beztlenowej do produkcji biogazu: biogazownie rolnicze, fermentacje osadów ściekowych w biologicznych oczyszczalniach ścieków oraz ujęcia biogazów na składowiskach odpadów. Proces realizowany jest najczęściej w ogrzewanych zamkniętych wydzielonych komorach fermentacyjnych (WKF) z mieszanym osadu [4].

Wpływ zanieczyszczeń

Preferowaną drogą wykorzystania paliwa jest przede wszystkim produkcja energii elektrycznej, która w prosty sposób, z wysoką sprawnością może być zamieniana na dowolną postać energii.

Najczęściej obecnie stosowanym sposobem utylizacji biogazu są tłokowe silniki spalinowe, w których energia elektryczna jest wytwarzana ze sprawnością mniejszą niż 40%. Intensywnie są rozwijane, choć wciąż jeszcze bardzo drogie inwestycyjnie, ogniwa paliwowe, które dzięki bezpośredniej konwersji energii chemicznej paliwa do energii elektrycznej cechują się bardzo wysoką sprawnością wytwarzania elektryczności, na poziomie 50%.

Największym zagrożeniem dla prawidłowej pracy silników spalinowych są występujące w biogazie związki krzemu – siloksany, wysoka zawartość których prowadzi do obniżenia sprawności i uszkodzeń mechanicznych.

Siloksany to grupa związków organicznych wytworzonych przez człowieka, w których składzie znajdują się krzem, tlen i grupy metylowe. Siloksany stosowane są przy produkcji środków higieny osobistej i ochrony zdrowia, obecne są także w produktach przemysłowych. Na

składowisku siloksany o niskiej masie cząsteczkowej ulatniają się, przedostając się do biogazu.



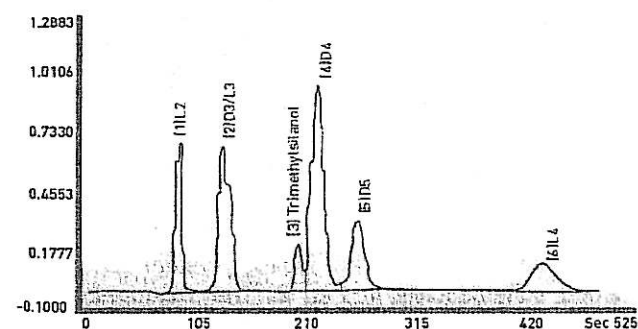
Rys. 1. Osadzenie się siloksanów na elementach instalacji

Podczas spalania gazu zawierającego siloksany, w celu wytworzenia energii (np. w turbinach gazowych, kociach i silnikach spalinowych), siloksany przekształcają się w dwutlenek krzemu (SiO_2), który może osadzać się na elementach urządzeń związanych z procesem spalania i/lub odprowadzania spalin (Rys. 1). O zawartości siloksanów w gazie składowiskowym świadczy obecność białego proszku na częściach urządzeń związanych ze spalaniem, lekki nalot na różnego rodzaju wymiennikach ciepła oraz lekki nalot na katalizatorach znajdujących się za częścią związaną ze spalaniem [4].

Detekcja siloksanów

Siloksany klasyfikowane są wg struktury na liniowe: MM, MDM, MD_2M , MD_nM oraz cykliczne: D_3 , D_4 , D_5 i D_6 . W celu opracowania właściwych systemów oczyszczania gazów ze związków krzemu, niezbędna jest ich detekcja jakościowa i ilościowa. Obecnie stosowane są dwa podejścia. Pierwsze polega na pobraniu próbki gazu i dostarczeniu jej do laboratorium badawczego, najczęściej siloksany obecne w próbce gazowej są rozpuszczane w schłodzonym metanolu. Drugie – polega na detekcji siloksanów bezpośrednio w torze przetwarzania biogazu.

Obecnie podstawowym sposobem detekcji siloksanów jest wykorzystanie chromatografii gazowej (GC) w połączeniu z detektorem jonizującym, spektrometrem mas lub detektorem emisji atomowej.



Rys. 2. Separacja związków siloksanów za pomocą chromatografii gazowej (GC) – Photovac Sentry GC System

Proponowane przez autorów rozwiązanie polega na wykorzystaniu chromatografu gazowego Sentry firmy Photovac. Chromatograf ten pozwala na separację związków krzemu zarówno o strukturach liniowych jak i cyklicznych (Rys. 2).

Usuwanie siloksanów

Z powodu relatywnie wysokiego poziomu zanieczyszczeń gaz składowiskowy powinien zostać poddany oczyszczeniu uwzględniając następujące etapy:

Etap I. Oczyszczenie wstępne polegające na usunięciu stałych i ciężkich składników oraz osuszeniu gazu.

Etap II. Oczyszczenie zaawansowane:

- odsiarczanie,
- usunięcie organicznych związków krzemu (siloksanów),

- usunięcie innych gazowych zanieczyszczeń (węglowodorów, amoniaku).

Podstawowymi metodami stosowanymi do usuwania siloksanów są:

- absorpcja na węglu aktywnym,
- absorpcja w ciekłej mieszaninie węglowodorów,
- oziębianie gazu z jednoczesnym usuwaniem wody. Gaz może być schłodzony nawet do 10°C , co prowadzi do usunięcia 99% siloksanów.
- reaktory kolumnowe, z możliwością regeneracji warstwy adsorbcyjnej.

Obecnie, te zanieczyszczenia usuwane są głównie za pomocą filtrów z węglem aktywnym. Chociaż tą metodą można usunąć większość zanieczyszczeń, to koszt zarówno węgla aktywnego jak i jego regeneracji oraz utylizacji jest wysoki.

Podsumowanie

Silniki tłokowe są najbardziej popularną technologią stosowaną w przypadku energetycznego wykorzystania biogazu. Konstrukcja ich jest wrażliwa na osadzanie się związków krzemu – siloksanów.

Biogaz wymaga zastosowania procesów oczyszczania z siloksanów i związków siarki. Konieczność oczyszczania i jego stopień uzależniony jest od stężenia zanieczyszczeń i od wymagań stawianych przez producentów silników.

Istotnym elementem instalacji oczyszczania biogazu jest właściwa detekcja zawartości siloksanów. Odpowiednio zaprojektowane metody chromatografii gazowej (GC) pozwalają realizować monitoring zawartości siloksanów w czasie rzeczywistym.

Szerokie pole do dalszych badań pozostawiają obecnie stosowane metody usuwania siloksanów (głównie absorpcja na węglu aktywnym). Autorzy widzą możliwości wykorzystania nierównowagowej niskotemperaturowej plazmy generowanej przy ciśnieniu atmosferycznym [5,6,7] do usuwania zanieczyszczeń gazowych (w tym związków siarki).

LITERATURA

- [1] Piątek R., Produkcja i energetyczne wykorzystanie biogazu – przykłady nowoczesnych technologii, *Materiały pokonferencyjne, Odnawialne źródła energii w województwie śląskim. Zasoby, techniki i technologie oraz systemy wykorzystania OZE*, Katowice, 2005
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europy 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009
- [3] Troglisch S. Baaske W.E. (eds.), *Biogas powered fuel cells. Case studies for their implementation*, Publisher Trauner Verlag, Linz 2004
- [4] Wheless E., Pierce J., *Siloxanes in landfill and Pigester Gas Update*, SCS 2004
- [5] Stryczewska H.D., Komarzyniec G., Diatczyk J., *Technological Features of Gliding Discharge Plasma*, *Przegląd Elektrotechniczny*, (2008), nr 7, 170-173
- [6] Diatczyk J., Stryczewska H. D., Komarzyniec G., *Diagnostyka nierównowagi termodynamicznej plazmy ślizgającego się wyladowania łukowego*, *Przegląd Elektrotechniczny*, (2010), nr 5, 298-300
- [7] Komarzyniec G., Stryczewska H. D., Diatczyk J., *Wpływ parametrów źródła zasilającego na charakterystyki reaktora plazmowego ze ślizgającym się łukiem elektrycznym*, *Przegląd Elektrotechniczny*, (2008), nr 7, 60-63

Autorzy: dr inż. Jarosław Diatczyk, dr inż. Grzegorz Komarzyniec, dr inż. Joanna Pawłat, Politechnika Lubelska, Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii, 20-618 Lublin, Nadbystrzycka 38a, E-mail: j.diatczyk@pollub.pl, mgr Julia Diatczyk dr Lucyna Kapka- Skrzypczak, Instytut Medycyny Wsi im. W. Chodźki, ul. Jaczewskiego 2, 20-090 Lublin. mgr inż. Krzysztof Pawłowski, ATUT Sp. z o.o., B. Prusa 8, 20-064 Lublin