

Serwis biogazowni

– lepiej zapobiegać niż leczyć

Część 2

Pozyskiwanie biogazu oraz jego wykorzystanie w wysokosprawnej kogeneracji energii elektrycznej i ciepła przy udziale agregatu prądotwórczego daje wymierne korzyści, należy jednak pamiętać, że surowiec wykorzystywany jako paliwo w jednostkach prądotwórczych musi spełniać ściśle określone kryteria jego utylizacji, zgodne z wytycznymi producenta jednostki zawartymi w dokumentacji DTR agregatu.

GRZEGORZ PIECHOTA, G.P. CHEM

Określenie wartości energetycznej surowca oraz poziomu zanieczyszczeń wraz z klasyfikacją biogazu stanowi istotną informację, na podstawie której możliwe staje się określenie jakości surowca, jakim dysponujemy. Ponadto pozwala stwierdzić czy proces fermentacji metanowej przebiega poprawnie oraz (w niektórych przypadkach) określa harmonogram obowiązkowych przeglądów serwisowych. W tabelach nr 1 i 2 przedstawiono szczegółowe wytyczne dotyczące jakości gazu pędnego podawanego na agregat dla jednostek prądotwórczych wiodących europejskich producentów. Badania surowca są obowiązkowe na etapie rozruchu biogazowni, o czym niewielu eksploatatorów pamięta, narażając się tym samym na dodatkowe wyjaśnienia i wymagania ze strony serwisu odpowiedzialnego za prawidłową eksploatację jednostki prądotwórczej.

Biogaz wykorzystywany jako paliwo musi spełniać ściśle określone kryteria jego utylizacji, zgodne z wytycznymi producenta zawartymi w DTR agregatu, gdzie bardzo szczegółowo opisano parametry biogazu dopuszczające do bezawaryjnej eksploatacji na danym typie agregatu. Co więcej wytyczne te kwalifikują biogaz jako paliwo danej kategorii: low, medium lub high. Kwalifikacja ta ma bezpośredni wpływ na czas pracy silnika pomiędzy obowiązkowy-



mi przerwami technicznymi, wykazując jednocześnie pośredni, ekonomiczny charakter związany kosztownością serwisu, wymianą eksploatowanych części czy oleju smarowego. Częstość obowiązkowego, technicznego serwisowania agregatu zależy głównie od producenta jednostki prądotwórczej,

niemniej jednak większość producentów deklaruje, iż obowiązkowa przerwa techniczna powinna być wykonywana zgodnie z harmonogramem serwisowania, a musi być poprzedzona kompletnym badaniem biogazu wykonywanym raz na każde 4 miesiące nieprzerwanej pracy agregatu. W niektó-

Tab. 1

| Parametr | Jednostka | Limit |
|--|---|--------------|
| Zawartość metanu | Wartość kaloryczna kWh/m ³ | >5 |
| | Wartość opałowa H [MJ/m ³] (0°C, 101,335kPa) | Wu > 18 |
| | Vol % | 40-70, <90 |
| Liczba metanowa | LM | >99 |
| Prędkość zmiany LM | proc. LM / min | <0,1 proc. |
| H ₂ S | ppm / (mg/m ³ _N); ppm/10 kWh | <200 |
| Suma siarki | mg/m ³ _N ; mg/10 kWh | <200 |
| Siarka wolna | mg/ m ³ _N CH ₄ ; mg/10 kWh | <2 |
| Halogeny (Cl, Br, F, I) | mg/ m ³ _N CH ₄ ; mg/10 kWh | <80 |
| Pyły | mg/ m ³ _N CH ₄ ; mg/10 kWh | <10 |
| Ziarnistość pyłów | µm | ziarno <5 µm |
| Pary oleju Mgła olejowa (OM) | mg/ m ³ _N CH ₄ ; mg/10 kWh | <400 |
| Lotne związki organiczne VOCs (LZO) | mg/ m ³ _N CH ₄ ; mg/10 kWh | <25 |
| Zawartość siloksanów lub zawartość krzemu (Si) | mg/ m ³ _N CH ₄ ; mg/10 kWh | <2 |
| Wilgotność względna | rH % / °C | <80 |
| Amoniak | mg/ m ³ _N CH ₄ ; mg/10 kWh | <30 |
| Temperatura gazu | °C | 10<T<30 |
| Zawartość tlenu | proc. | <2 |

rych przypadkach okres obowiązkowej przerwy technicznej uzależniony jest w dużej mierze tylko od jakości surowca podawanego na silnik, odpowiednio wg poniższego zestawienia – low: obowiązkowy serwis co 2 tys. godzin pracy agregatu, medium: obowiązkowy serwis co 4 tys. godzin pracy agregatu, high: obowiązkowy serwis co 6 tys. godzin pracy agregatu.

Warto pamiętać, że oprócz swoich właściwości energetycznych, biogaz charakteryzuje się bardzo złożoną matrycą organiczną. Zawartość mniej lub bardziej problematycznych związków w biogazie pozostawia po sobie ślad w postaci zmniejszenia efektywności pracy agregatu, skrócenia czasu pomiędzy obowiązkowym serwisem czy przestojów w pracy instalacji wynikających z konieczności wymiany części wewnętrznych instalacji czy agregatu. Matryca biogazu zawiera w swoim

składzie ponad 400 różnych związków pochodzenia organicznego – od prostych węglowodorów po skomplikowane pochodne terpenów. Z drugiej strony, obecność związków chemicznych, takich jak: siarkowodor, amoniak,

Badania surowca są obowiązkowe na etapie rozruchu biogazowni, o czym niewielu operatorów pamięta, narażając się tym samym na dodatkowe wyjaśnienia i wymagania ze strony serwisu

chlorowcopochodne (halogeny), mgła olejowa (OM), silany, metylosiloksany czy trimetylosilanol ma istotny wpływ na wydajność produkcji energii z biogazu i koszty związane z serwisowaniem jednostki.

Zdecydowana większość organicznych zanieczyszczeń obecnych w biogazie powstaje w skutek rozkładu substancji zawartych w materii organicznej oraz charakteryzuje się różną polarnością, rozpuszczalnością w wodzie, lotnością czy prężnością par, co stwarza szczególne trudności podczas ich kontroli, oznaczania czy usuwania. Dlatego dobór odpowiedniego laboratorium analizującego biogaz odgrywa istotną rolę. Należy upewnić się, czy otrzymane wyniki badań będą wyrażone w takich samych jednostkach, jak zalecane przez producenta, co znacznie ułatwia interpretację jakości surowca przez serwis oraz zapewni komparatywne zestawienie jakości własnego biogazu ze składem i limitami zanieczyszczeń dopuszczonymi przez producenta agregatu.

Szczegółowa analiza biogazu jest niezastąpionym narzędziem pozwalającym na precyzyjny dobór parametrów technologicznych podczas planowania i efektywnej eksploatacji elementów instalacji do oczyszczania biogazu tj. dobór osuszacza, parametrów filtra węglowego czy filtra do usuwania siarkowodoru. Na etapie analitycznym można określić jakość gazu oraz dobrać parametry złoża wraz z oszacowaniem czasu jego efektywnej pracy.

Istotny problem niedotrzymania jakości biogazu jest związany z obecnością w gazie lotnych związków krzemu. To siloksany stwarzają bardzo poważne problemy operatorom agregatów prądotwórczych. Podczas utylizacji biogazu w komorze spalania agregatu zachodzi szereg reakcji chemicznych z udziałem lotnych związków krzemu – główną jest reakcja utleniania, w której produktem końcowym jest mikrokryształiczny tlenek krzemu (IV), potocznie nazywany depozytem silnikowym lub nagarem. Mikrokryształiczny depozyt pochodzący z komory spalania w składzie oprócz zdecydowanej przewagi SiO₂ charakteryzuje się obecnością innych pierwiastków, takich jak: wapń, magnez, żelazo, bizmut, cynk pochodzących ze współspalania oleju silnikowego czy siarka będąca efektem wysokiego stężenia siarkowodoru w biogazie. Większość depozytów silnikowych posiada białą lub lekko szarą barwę. Struktura mor-

Tab. 2

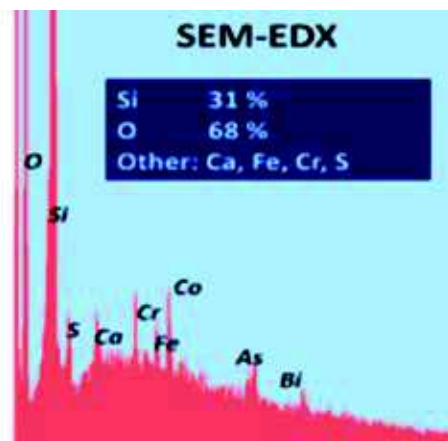
| Jakość gazu/Parametry | Low | Medium | High |
|--|------------------|------------------|------------------|
| Siarka (łącznie S) na 10 kWh | poniżej 2200 mg | poniżej 440 mg | poniżej 15 mg |
| Siarkowodor (łącznie H ₂ S) w odniesieniu do 10 kWh | poniżej 1500 ppm | poniżej 300 ppm | 10 ppm |
| Chlor (łącznie Cl) na 10 kWh | poniżej 100 mg | poniżej 20 mg | poniżej 2 mg |
| Fluor (łącznie F) na 10 kWh | poniżej 50 mg | poniżej 10 mg | poniżej 1 mg |
| Chlor i fluor (suma Cl i F) na 10 kWh | poniżej 100 mg | poniżej 20 mg | poniżej 2 mg |
| Amoniak (łącznie NH ₃) na 10 kWh | poniżej 150 mg | poniżej 30 mg | poniżej 2 mg |
| Wilgotność | poniżej 80 proc. | poniżej 50 proc. | poniżej 50 proc. |
| Związki krzemu (VMSs) na 10 kWh | poniżej 20 mg | poniżej 1 mg | 0 mg |
| Zawartość pyłu całkowita na 10 kWh | poniżej 10 mg | poniżej 2 mg | poniżej 0,5 mg |
| Ziarnistość pyłu | powyżej 3 µm | powyżej 2 µm | powyżej 2 µm |
| Wyższe węglowodory i smoły powyżej C5/ poniżej C10 na 10 kWh | poniżej 3000 mg | poniżej 600 mg | poniżej 100 mg |
| Większe/równe C10 na 10 kWh | poniżej 250 mg | poniżej 50 mg | poniżej 10 mg |
| Większe/równe C12 na Nm ³ | poniżej 0,5 mg | 0 mg | 0 mg |

fologiczna powierzchni jest różna, w zależności od miejsca jego powstawania. Wyróżniamy depozyty o różnych strukturach fizycznych – od idealnie gładkiej przez gronową, aż do całkowicie niejednorodnej. Mikrokrystaliczny SiO₂ w swojej różnorodnej postaci idealnie pokrywa wewnętrzne części silnika, niekiedy kilkumilimetrową trudną do usunięcia warstwą. Tendencja do tworzenia się cienkiej warstwy mikrokrystalicznego zależy głównie od wewnętrznej temperatury w komorze spalania, ciśnienia wewnątrz komory, użytego katalizatora czy typu powierzchni narażonej na adhezję. Ponadto warstwa mikrokrystalicznego SiO₂ osadzona na wewnętrznych częściach agregatu działa dodatkowo jak izolator, uniemożliwiając prawidłowe jego chłodzenie, co w konsekwencji prowadzi do przegrzewania się elementów pracującego silnika. Najbardziej narażone na działanie mikrokrystalicznego osadu to: komory spalania, zawory, gniazda zaworów, korony cylindrów, ściany cylindrów, korony tłoków oraz panewki – są to jednocześnie najgorętsze części pracującego silnika. W tym samym czasie inne zanieczyszczenia obecne w biogazie, takie jak: mgła olejowa, halogeny, siarkowodor czy amoniak rozpuszczają się w wilgoci obecnej w biogazie, tworząc organiczne i nieorganiczne kwasy (H₂Saq, HClaq, HFaq), które obecne w oleju sil-

nikowym powodują drastyczne obniżenie jego właściwości smarnych, skraca-

Szczegółowa analiza biogazu jest niezastąpionym narzędziem pozwalającym na precyzyjny dobór paramentów technologicznych podczas planowania i efektywnej eksploatacji elementów instalacji do oczyszczania biogazu

jąc interwały wymian. Mikrokrystaliczny depozyt pochodzący z biogazowego silnika wraz z jego analizą SEM-EDX przedstawiono na rysunku nr 1.



► Rys.1. Mikrokrystaliczny depozyt silnikowy

Wykonywanie badań jakościowych własnego biogazu oraz nauka ich właściwej interpretacji podnoszą świadomość w zakresie wykorzystania surowca oraz eksploatacji agregatu, na którym pracujemy. Komplet analiz zanieczyszczeń biogazu pozwala na diagnozę kondycji procesu fermentacji oraz dostarcza niezbędnych informacji, mających istotny wpływ przy planowaniu budowy i montażu elementów instalacji oczyszczania biogazu. Podsumowując, tylko kompletne zgodne z DTR agregatu badania oraz wyniki przeprowadzonych analiz wyrażone w odpowiednich jednostkach są dla serwisu dowodem na dotrzymanie norm jakościowych surowca podawanego na silnik.