

POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH  
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA I ENERGETYKI  
Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów

ROZPRAWA DOKTORSKA

WPŁYW ZWIĄZKÓW KRZEMU NA FORMOWANIE  
DEPOZYTÓW MINERALNYCH ORAZ DEGRADACJĘ OLEJU  
SMAROWEGO W SILNIKACH ZASILANYCH BIOGAZEM  
W RZECZYWISTYCH WARUNKACH EKSPLOATACJI

mgr inż. Ireneusz Stanuch

Promotor: prof. dr hab. inż. Jolanta Biegańska

Gliwice 2017

## Streszczenie

Gaz wysypiskowy wykorzystywany do zasilania agregatów prądotwórczych w jednostkach kogeneracyjnych zawiera różnego rodzaju szkodliwe dla urządzeń energetycznych i środków smarnych związki chemiczne. Wykazuje się stosunkowo wysoką zmiennością składu względem czasu emisji nawet w obrębie tego samego składowiska odpadów. Wpływają na to różne czynniki, począwszy od morfologii odpadów poprzez ich gęstość upakowania, warunki atmosferyczne podczas składowania a także czas składowania. Gaz ten oprócz podstawowych komponentów (metan, ditlenek węgla) zawiera również różne substancje w tym wykazujące niszczące działanie na elementy konstrukcyjne silnika. Oprócz kwasu siarkowodorowego występującego we względnie dużych ilościach w biogazie istnieje kilkaset innych związków w ilościach śladowych a wśród nich halogenoorganiczne i krzemooorganiczne. Powodować one mogą niszczenie instalacji i urządzeń energetycznego wykorzystania biogazu, podnosząc koszty eksploatacyjne oraz inwestycyjne na jego uzdatnianie. Szczególną rolę odgrywają antropogeniczne związki krzemooorganiczne - siloksany. Obecność lotnych metylosiloksanów w znacznym stopniu redukuje wydajność odzyskiwania energii z biogazu. Podczas spalania biogazu zawierającego siloksany, krzem może łączyć się z tlenem lub różnymi innymi pierwiastkami występującymi w gazach spalinowych. Formowane są wówczas w silniku depozyty zawierające związki krzemu (np. krzemionkę, krzemiany) oraz innych pierwiastków chemicznych. Uwidaczniają się one w postaci osadu o gładkiej lub chropowatej strukturze w różnych odcieniach szarości. Mogą tworzyć warstwy o grubości do kilku milimetrów, przy czym są bardzo trudne do usunięcia. Substancje te mogą prowadzić do zużycia ściernego ruchomych części silnika oraz narastania warstw blokujących przewodzenie ciepła lub w znaczący sposób ograniczających smarowanie. W praktyce może to doprowadzić do awarii urządzeń – bardzo poważnych i drogich. W normalnych warunkach pracy na powierzchni tulei silnika tworzy się cienka warstewka oleju, która ma na celu oddzielenie jej od pierścienia tłokowego. Natomiast przy stosowaniu agresywnych gazów zawierających związki krzemu, struktury mineralne tworzące się podczas spalania mogą absorbować środek smarny, zmniejszając jego ilość do zapewnienia skutecznego smarowania. Skutkuje to niewystarczającą ilością oleju do wytworzenia filmu i tym samym zabezpieczenia właściwego poziomu smarowania. Olej silnikowy będący istotnym elementem silnika gazowego zmienia swoje parametry jakościowe

podczas eksploatacji, co jest naturalnym i nieuniknionym procesem. Niemniej jednak, brak utrzymywania odpowiedniej grubości warstwy smarującej spowodowanej m.in. nadmierną zawartością związków krzemu, może prowadzić do zwiększenia tarcia między współpracującymi powierzchniami. Skutkować to może zintensyfikowanymi zmianami właściwości oleju prowadząc do jego przyspieszonej degradacji, co może z kolei prowadzić do szybszego zużycia elementów silnika.

Uwzględniając powyższe istotnym aspektem oddziaływania na układ silnik - olej wydaje się struktura mineralogiczna i chemiczna depozytów, na której skoncentrowano badania. Wyeksponowano również związki korelacyjne między wybranymi parametrami eksploatowanych olejów silnikowych w oparciu o wyniki badań monitoringowych.

Zwrócono także uwagę na przedziały czasu pracy silnika respektując stadia jego eksploatacji oraz okresy wymiany oleju w urządzeniu. Ukazano relacje koncentracji krzemu w odniesieniu do wyników badań monitoringowych określających stan oleju oraz w stosunku do wytypowanych pierwiastków chemicznych wprowadzanych przez silnik podczas pracy. Wśród parametrów określających stan oleju uwzględniono lepkość kinematyczną, nitrację, oksydację, liczbę kwasową i zasadową. W przypadku olejów pracujących z gazami agresywnymi, uwzględniono dodatkowo: początkowe stężenie jonów wodorowych (initial pH – I-pH)), które mogą przenikać z gazu jeszcze przed jego spalaniem a także chlor oraz PQ index wskazujący na zawartość produktów ferromagnetycznych w oleju. W analizie zostały również uwzględnione pierwiastki wprowadzane przez silnik tj.: glin, chrom, miedź, żelazo, ołów i cyna.

W niniejszej pracy skupiono się na zbadaniu struktur depozytów formowanych na powierzchniach czołowych tłoka i głowicy silnika oraz określeniu, czy i ewentualnie jaki wpływ wywierają związki krzemu na kondycję oleju silnikowego. Określono korelacje występujące między wybranymi parametrami jakościowymi w eksploatowanym oleju silnikowym ze szczególnym uwzględnieniem koncentracji występującego w związkach krzemu. Zamysłem przeprowadzenia badań było ustalenie wpływu związków krzemu na formowanie się depozytów i ich oddziaływania na elementy konstrukcyjne silnika a także na degradację oleju silnikowego.