

# REAKCJE CHEMICZNE W PLAZMIE NIERÓWNOWAGOWEJ

Dr inż. Krzysztof Krawczyk  
Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej  
Zakład Technologii Nieorganicznej i Ceramiki

Wzrost świadomości ekologicznej jest przyczyną poszukiwania nowych sposobów eliminacji uciążliwych zanieczyszczeń gazowych emitowanych do atmosfery. Mimo licznych ograniczeń nadal w wielu procesach przemysłowych stosowane są lotne związki organiczne (VOC). Są wśród nich związki szkodliwe dla zdrowia ludzkiego, powodujące powstawanie tzw. efektu cieplarnianego oraz powodujące niszczenie ozonu stratosferycznego. Obok lotnych związków organicznych poważnym zagrożeniem dla środowiska naturalnego jest również tlenek diazotu. Jest on trwałym związkiem chemicznym, który trudno rozłożyć do tlenu i azotu. Równie trudne jest utlenianie  $N_2O$  do  $NO$ . Tlenek diazotu jest gazem cieplarnianym i powoduje niszczenie warstwy ozonowej.

Najważniejszym problemem w procesach rozkładu szkodliwych gazów jest ich niskie stężenie w gazach opuszczających instalacje przemysłowe, ponieważ znaczna część dostarczonej energii zamiast na przemianę zanieczyszczeń zużywana jest na ogrzanie pozostałych gazów. W celu uniknięcia nadmiernego zużycia energii proces oczyszczania gazów powinien być prowadzony w niskich temperaturach zbliżonych do temperatury otoczenia. Warunki takie łatwo uzyskać w niektórych wyładowaniach elektrycznych np. w nierównowagowej plazmie wyładowań barierowego i ślizgowego. Szczególną cechą plazmy nierównowagowa jest to, że przy znacznej energii elektronów średnia temperatura ośrodka, w którym zachodzi wyładowanie jest niska. Molekuły gazu wzbudzone podczas zderzenia z elektronami o wysokiej energii, ulegają reakcji chemicznej, która w tych warunkach może osiągać znaczne szybkości.

Przeprowadzone przeze mnie badania dotyczyły zastosowania plazmy nierównowagowej impulsowego wyładowania barierowego i wyładowania ślizgowego do usuwania  $CCl_4$ ,  $CHCl_3$  i  $N_2O$ . O wyborze powyższych wyładowań zdecydowała przede wszystkim prosta budowa układów zasilających, możliwość uzyskania stabilnych warunków, praca pod ciśnieniem atmosferycznym oraz niska temperatura procesów.

Wyniki wykonanych przeze mnie badań wykazały, że wykorzystując plazmę nierównowagową impulsowego wyładowania barierowego i wyładowania ślizgowego można stworzyć warunki do prowadzenia szeregu reakcji chemicznych ze znaczną wydajnością. Wyładowania te mogą być z powodzeniem stosowane do rozkładu szczególnie trwałych zanieczyszczeń, występujących w gazach przemysłowych. Procesy plazmowego oczyszczania gazów z zanieczyszczeń mogą zachodzić przy różnych przepływach oczyszczanego gazu i różnych stężeniach usuwanej substancji. Stwierdziłem, że impulsowe wyładowanie barierowe może być skuteczne przy niskich natężeniach przepływu gazu. Wynika to głównie z niewielkiej mocy impulsowego wyładowania barierowego. Wyładowanie ślizgowe można stosować do rozkładu zanieczyszczeń przy ich znacznym początkowym stężeniu i przy dużych natężeniach przepływu gazu. Moc tego wyładowania jest znacznie większa, a temperatura gazu wyższa niż w impulsowym wyładowaniu barierowym.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdziłem, że wyładowanie ślizgowe może być stosowane do przemiany  $N_2O$  do  $NO$ , który ewentualnie może być wykorzystany do produkcji kwasu azotowego. Stwierdziłem skuteczność zastosowanego rozwiązania polegającego na skojarzeniu plazmy wyładowania ślizgowego lub impulsowego wyładowania barierowego z działaniem katalizatorów, umieszczonych w strefie wyładowania. W układach heterofazowych uzyskałem wyższe wartości stopni przemiany  $N_2O$  (do  $NO$  i do azotu i tlenu) oraz tetrachlorometanu niż w reaktorze bez wypełnienia.

Obserwowałem korzystny wpływ pary wodnej na przemianę  $CCl_4$  i  $CHCl_3$  w wyładowaniu ślizgowym oraz stwierdziłem wpływ kształtu przestrzeni reakcyjnej, w której zachodzi wyładowanie ślizgowe na przebieg tych procesów.