



Politechnika Wroclawska

Zakład Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej, Wydział Chemiczny

Wrocław, 27 czerwca 2019r

dr hab. inż. Piotr Jamróz, prof. Politechniki Wroclawskiej
Zakład Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej
Wydział Chemiczny, Politechnika Wroclawska
Wybrzeże St. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
e-mail: piotr.jamroz@pwr.edu.pl
tel. 71 320 38 07, fax 71 320 38 07

Recenzja rozprawy doktorskiej **mgr inż. Piotra Terebunia** pt.

WPLYW PARAMETRÓW REAKTORA APPJ O CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOWEJ NA SKUTECZNOŚĆ MODYFIKACJI I DEKONTAMINACJI POWIERZCHNI

Zrealizowanej na Politechnice Lubelskiej, Wydział Elektrotechniki i Informatyki

pod kierunkiem **dr hab. inż. Joanny Pawłat, prof. Politechniki Lubelskiej**

Rozprawa doktorska pana mgr inż. Piotra Terebunia dotyczy zastosowania plazmowego dżeta generowanego pod ciśnieniem atmosferycznym (APPJ) do modyfikacji oraz dekontaminacji różnych powierzchni. Prezentowana praca doktorska porusza wiele problemów praktycznych i obejmuje konstrukcję, charakterystykę i określenie parametrów pracy APPJ oraz wpływ APPJ na różnego rodzaju powierzchnie materiałów i biomateriałów. Wybór tematyki badawczej zaprezentowany w pracy wpisuje się w nowoczesny trend elektrotechniki stosowanej i ma charakter interdyscyplinarny.

Obecnie zimne plazmy atmosferyczne (CAP) znajdują zastosowanie w różnych dziedzinach nauki i techniki, począwszy od biomedycyny, inżynierii środowiska i materiałowej a skończywszy na nanotechnologii i agrotechnice. Możliwości generowania w CAP tzw. reaktywnych form tlenu i azotu (RONS), promieniowania UV, ciepła, rodników, jonów, elektronów oraz pola elektromagnetycznego decydują o późniejszym ich zastosowaniu. Spośród różnych konstrukcji CAP to właśnie APPJ m.in. generowane za pomocą prądu częstotliwości radiowej, ze względu na ich punktowe działanie, niską temperaturę plazmy, wydajną produkcję



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Politechnika Wroclawska
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław
www.pwr.edu.pl

RONs oraz możliwość ich łatwej aplikacji na obrabiane materiały/biomateriały zyskują coraz większe zainteresowanie.

Oprócz kompleksowej charakterystyki APPJ, Autor rozprawy doktorskiej przeanalizował możliwość zastosowania APPJ, m.in. do modyfikacji powierzchni papieru i wysokoudarowego polistyrenu jak i również do biodekontaminacji ziaren cebuli. Badał także czy APPJ przyspiesza wzrost i kiełkowanie roślin. Wybór tematyki badawczej przez pana mgr inż. Piotra Terebunia dodatkowo wpisuje się w obecny trend światowy, dotyczący charakterystyki CAP oraz określenia możliwości jego zastosowań w różnych dziedzinach nauki i techniki. Jest również kontynuacją badań prowadzonych w grupie prof. Joanny Pawłat. Na uwagę zasługuje fakt, że przeprowadzone badania nie zamykają się tylko w jednej dziedzinie i dlatego też wymagały pomocy szeregu specjalistów z różnych dziedzin, m.in. z zakresu modelowania kinetyki reakcji, z zakresu mykologii czy agrotechniki.

Uwagi szczegółowe

Praca została wydana w formie monografii Politechniki Lubelskiej. Sam układ pracy jest typowy. Praca składa się z 143 stron. W pracy można wyróżnić: wprowadzenie, w którym są zdefiniowane cele oraz zakres pracy, krótki przegląd literatury, część doświadczalną, będąca szczegółowym omówieniem i prezentacją wyników badań własnych oraz rozdział zawierający podsumowanie i wnioski. W dysertacji znalazły się także streszczenia pracy w języku polskim i angielskim, spis stosowanych skrótów oraz spis cytowanej literatury. W przypadku spisu skrótów, mam drobna uwagę, że oprócz nazw angielskich, dobrze byłoby dodać ich polskie odpowiedniki.

Cel pracy został dobrze sprecyzowany i dotyczy optymalizacji warunków pracy układu APPJ. Wydaje mi się, że dodatkowo celem pracy powinno także być opracowanie konstrukcyjne samego układu plazmowego oraz określenie własności skonstruowanego układu do modyfikacji powierzchni czy biodekontaminacji. Z kolei zakres pracy został dobrze opisany i zawiera najważniejsze elementy pracy doktorskiej.

Następnie Autor przechodzi do przeglądu literaturowego. Z jednej strony zostały omówione różne konstrukcje reaktorów plazmowych typu dżet zasilane prądem częstotliwości radiowej i pracujące pod ciśnieniem atmosferycznym. Z drugiej strony Autor rozprawy omówił metody diagnostyki plazmy m.in. metody wyznaczania temperatury, metody obrazowania struktury plazmy, itd. Ten rozdział jest bardzo skrótowy i brakuje mi w nim szerszego spojrzenia na metody diagnostyki plazmy. W tej części najciekawszy fragment jednak dotyczy przeglądu literatury związanego z zastosowaniem plazmy w procesach modyfikacji i sterylizacji powierzchni różnych materiałów, biomateriałów oraz dekontaminacji biologicznej. Tą część przeglądu literaturowego oceniam bardzo wysoko. Jest on kompletny i stanowi odnośnik do zaprezentowanych w dalszej części pracy doktorskiej wyników badań doświadczalnych Autora pracy doktorskiej.

Dalsza część pracy to już opis badań własnych Autora. Szczegółowo zostały omówiona konstrukcja APPJ oraz układu zasilania APPJ. Autor wspomina, że stosował, jako gazy robocze gazy szlachetne (Ar lub He) z dużą domieszką innych gazów (O_2 , N_2 , powietrza), co może być dosyć nieprecyzyjne. Lepiej jest zdefiniować, co oznacza „duża domieszka innych gazów”. Inne pytanie dotyczy, czy wyładowania generowane za pomocą APPJ było stabilne, jeżeli stosowano tylko azot, tlen czy powietrze. Jak dobrano zawartości azotu, tlenu i powietrza? Jaką rolę odgrywały tutaj gazy szlachetne? Stabilność pracy układu plazmowego została wstępnie zoptymalizowana. Optymalizowano tutaj geometrię wyładowania (kształt, rozmiar oraz wysunięcie elektrody centralnej), moc oraz częstotliwość układu zasilającego, skład mieszanin gazów oraz jego przepływy. Następnie zostały wyznaczone charakterystyki prądowo-napięciowe układu zasilania oraz rozkład częstotliwościowego napięciowego sygnału po stronie pierwotnej i wtórnej. Wyznaczone zostały także częstotliwości rezonansowe oraz wartości skuteczne napięcia i natężenia prądu po stronie wtórej transformatora dla różnych warunków pracy układu plazmowego. Bardzo ważną częścią dotyczącą charakterystyki APPJ są badania nad kompatybilnością elektromagnetyczną. Pozwoliły one określić indukcję magnetyczną i natężenie pola elektrycznego APPJ, jako funkcja odległości od APPJ, co z kolei pozwoliło określić bezpieczną odległość operatora od źródła plazmy. Ostatecznie Autor wyznaczył temperaturę gazu AAPJ za pomocą termopar jak i rozkład temperatury gazu w bezpośredniej odległości od APPJ. Badania takie są bardzo ważne, ponieważ determinują późniejsze zastosowanie APPJ, m.in. do modyfikacji powierzchni materiałów, które mogą są wrażliwe na zmianę temperatur. Czy w związku z tym były przeprowadzane eksperymenty związane ze zmianą temperatury obrabianych materiałów, dla różnych czasów oddziaływania plazmy z materiałów? Wyznaczone zostały także stężenia wybranych gazów powstających podczas wyładowania: ozonu (O_3) i ditlenku azotu (NO_2) dla różnych mieszanin reaktywnych w APPJ. Niestety wyniki tych pomiarów nie zostały jednak skonfrontowane z wynikami analogicznymi a zaprezentowanymi w literaturze światowej. W tej części pracy brakuje mi też pomiarów widm emisyjnych analizowanego układu APPJ dla różnych warunków eksperymentalnych. Pomiarów takie pozwoliłyby zidentyfikować reaktywne składniki plazmy oraz określić parametry fizykochemiczne APPJ, np. temperatury czy gęstość elektronową, stopień jonizacji, nierównowagowość plazmy, procesy plazmochemiczne, itd. Z drugiej strony przeprowadzone symulacje komputerowe, m.in., we współpracy z Tomoyuki Murakami z Seikei University, Japonia pozwoliły określić autorowi pracy stężenia aktywnych składników plazmy, w funkcji czasu trwania wyładowania. Bardzo ważnym elementem pracy jest też obrazowanie smugowe (Schlieren imaging) APPJ oraz przeprowadzone modelowania strumienia gazu. Przy modelowaniu Autor zaznaczył, że w programie zastosowano moduł przepływu laminarnego. Czy był weryfikowany charakter przepływu gazu? Dodatkowe wyznaczenie parametrów przepływu gazu, np. liczby Reynoldsa (Re) wzbogaciłoby pracę i pozwoliłoby wstępnie określić, jaki charakter ma przepływu gazu.