



KATEDRA INŻYNIERII CHEMICZNEJ I PROCESOWEJ
WYDZIAŁ CHEMICZNY
POLITECHNIKA RZESZOWSKA im. Ignacego Łukasiewicza



Prof. dr hab. inż. Roman Petrus
profesor zwyczajny

Al. Powstańców Warszawy 6
35-959 Rzeszów

tel. (+48 17) 865 15 28
fax. (+48 17) 854 36 55
email: ichrp@prz.edu.pl

Rzeszów, 15 stycznia, 2013 r.

OPINIA

o całokształcie dorobku naukowego dr inż. Adama ROTKEGEL
ze szczególnym uwzględnieniem osiągnięcia naukowego
pt. „Wymiana ciepła i masy w zintegrowanym procesie
niskotemperaturowej kondensacji i adsorpcji” w związku z postępowaniem
o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych
w dyscyplinie inżynieria chemiczna.

Pan dr inż. **Adam ROTKEGEL** ukończył studia w 1985 roku na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach uzyskując dyplom magistra inżyniera chemika o specjalności inżynieria chemiczna. Po ukończeniu studiów w 1985 roku podjął pracę w Instytucie Inżynierii Chemicznej Polskiej Akademii Nauk w Gliwicach, w Zespole Równoczesnej Wymiany Masy i Ciepła, gdzie pracuje do chwili obecnej. Pracę doktorską pt. „Badania doświadczalne przeciwkierunkowego nieekwimolarnego ruchu masy w nieizotermicznym układzie wieloskładnikowym” wykonał pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Romana Krupiczki i obronił w 1996 roku w Instytucie Inżynierii Chemicznej PAN w Gliwicach uzyskując stopień naukowy doktora nauk technicznych. Recenzentami pracy byli prof. dr hab. inż. Andrzej Burghardt oraz prof. dr hab. inż. Roman Zarzycki.

Osiągnięciem naukowym dr inż. **Adama ROTKEGEL** jest monotematyczny cykl publikacji pod wspólnym tytułem „**Wymiana ciepła i masy w zintegrowanym procesie niskotemperaturowej kondensacji i adsorpcji**”, w którego skład wchodzi następujące pozycje:

1. R. Krupiczka, A. Rotkegel, 1997, An experimental study of diffusion cross-effects in the multicomponent mass transfer, *Chem. Eng Sci.*, 52, 6, 1007-17.
2. R. Krupiczka, A. Rotkegel, 1998, Ruch masy w układzie wieloskładnikowym w obecności składników inertnych. I Opis matematyczny procesu, *Inż. Chem. Proc.*, 19, 4, 747-59.
3. R. Krupiczka, A. Rotkegel, 1998, Ruch masy w układzie wieloskładnikowym w obecności składników inertnych. II Porównanie wyników doświadczeń z obliczeniami numerycznymi, *Inż. Chem. Proc.*, 19, 4, 761-74.
4. H. Walczyk, A. Rotkegel, 1999, Wyznaczanie współczynników wnikania ciepła i oporów przepływu w płytowym wymienniku spiralnym, *Inż. Chem. Proc.*, 20, 3, 423-36.
5. H. Walczyk, R. Krupiczka, A. Rotkegel, 2003, Usuwanie par organicznych z gazu inertnego w procesie kondensacji niskotemperaturowej, *Polska Akademia Nauk, Działalność Naukowa (wybrane zagadnienia)*, 16, 90-1.
6. A. Rotkegel, 2006, Oczyszczanie powietrza z par związków organicznych w zintegrowanym procesie niskotemperaturowej kondensacji i adsorpcji, rozdział w monografii pt. *Ochrona Powietrza w Teorii i Praktyce* pod red. prof. Jana Konieczńskiego, tom 1, str. 217-26, Zabrze.
7. A. Rotkegel, 2008, Experimental study of low temperature condensation coupled with adsorption, *Chem. Proc. Eng.*, 29, 639-50.
8. Z. Ziobrowski, A. Rotkegel, R. Krupiczka, 2010, Influence of diffusion cross effects on selectivity in an integrated evaporation- condensation process, *Chem. Proc. Eng.*, 30, 3-14.
9. A. Rotkegel, 2010, Usuwanie lotnych związków organicznych z powietrza w zintegrowanym procesie niskotemperaturowej kondensacji i adsorpcji, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 3, 103-4.
10. A. Rotkegel, 2010, Mathematical modeling of low temperature condensation coupled with adsorption, *Chem. Proc. Eng.*, 30, 433-49.

W pracach [1-3] przedstawiono model matematyczny ruchu masy w układzie w układzie dwuskładnikowym w obecności składników inertnych oraz

przeprowadzono eksperymentalną weryfikację zaprezentowanego modelu. Badania prowadzono dla układów izopropanol–woda–powietrze oraz izopropanol-woda-hel. Na podstawie wyników z przeprowadzonych obliczeń numerycznych dla różnych modeli matematycznych transportu masy w fazie gazowej [1,2] oraz różnych sposobów uwzględniania oporów transportu ciepła i masy w filmie cieczy stwierdzono, że te z wykorzystywanych modeli, które uwzględniają w opisie dyfuzji w fazie gazowej efekty krzyżowe dają porównywalne wyniki, natomiast pominięcie efektów krzyżowych w opisie dyfuzji prowadzi do pogorszenia wyników obliczeń.

Publikacje [2,3] są w około 85% powieleniem pracy [1], a poza tym te trzy publikacje, tak mi się wydaje, prezentują materiał zawarty w rozprawie doktorskiej Habilitanta (w [3] autorzy piszą: „wszystkie wyniki pomiarów zamieszczono w pracy [doktorskiej]). Te trzy publikacje [1-3] zatem, nie powinny być brane pod uwagę przy wskazaniu osiągnięcia naukowego.

W publikacji [4] zaprezentowano wyniki badań eksperymentalnych przenikania ciepła i oporów przepływu w płytowym, spiralnym wymienniku ciepła. W oparciu o uzyskane wyniki opracowano korelacje na współczynnik wnikania ciepła oraz współczynnik oporów przepływu dla gazu w zakresie przepływu przejściowego ($2000 < Re < 6000$).

W pracy [5] omówiono wyniki badań niskotemperaturowej kondensacji par substancji organicznych zawartych w niekondensującym się gazie inertym. Opracowanie to jest typowym streszczeniem prowadzonych prac badawczych i nie zawiera ani wyników eksperymentów, ani modelu opisującego proces. Tak pisze się zazwyczaj streszczenie dla prezentacji konferencyjnej i trudno to nazwać publikacją. Uważam, że praca [5] nie jest publikacją.

W latach 2002 do 2005, a następnie 2010 do 2011 dr inż. Adam Rotkegel był kierownikiem dwóch projektów badawczych: „Usuwanie par związków organicznych z powietrza w zintegrowanym procesie niskotemperaturowej kondensacji i adsorpcji zmienno-temperaturowej” (4 T09C 022 23) i

„Modelowanie i optymalizacja zintegrowanego procesu kondensacja niskotemperaturowa – adsorpcja” (N N209 345973). W wyniku prowadzonych w ramach tych grantów prac badawczych powstały publikacje [6-10].

W pracy [7] opisano wyniki badań eksperymentalnych procesu oczyszczania gazu z par związków organicznych w zintegrowanym procesie kondensacji niskotemperaturowej i adsorpcji.

W publikacjach [6,9 i 10] przedstawiono model matematyczny zintegrowanego procesu, który składa się z dwóch odrębnych modeli: dla ciągłego procesu niskotemperaturowej kondensacji par związków organicznych oraz okresowego dla niskotemperaturowej adsorpcji. Proces kondensacji opisano za pomocą układu równań różniczkowych zwyczajnych z warunkami brzegowymi uwzględniającymi wymianę ciepła i masy w wymienniku pracującym w warunkach przeciwprądowych. Do opisu okresowego proces adsorpcji wykorzystano zlinearyzowany model Garga i Ruthvena. W oparciu o te modele przeprowadzono obliczenia numeryczne, których wyniki wykazały dobrą zgodność z wynikami uzyskanymi w trakcie pomiarów eksperymentalnych.

W pracy [8] uwzględniono wpływ dyfuzyjnych efektów krzyżowych na selektywność rozdziału ciekłej mieszaniny dwuskładnikowej izopropanol-woda, w procesie kondensacji i odparowania. Wykorzystując równania Stephana-Maxwella opisujące dyfuzję molekularną dla układów wieloskładnikowych w warunkach izotermiczno-izobarycznych przedstawiono dwa modele matematyczne procesu. W modelu (I) uwzględniono opory transportu masy i ciepła w fazie ciekłej oraz efekty krzyżowe w fazie gazowej, natomiast w modelu (II) pominięto efekty krzyżowe w fazie gazowej. Uzyskane wyniki obliczeń numerycznych dobrze zgadzały się z danymi doświadczalnymi, przy czym nieco lepszą zgodność (temperatury, ilości kondensatu) otrzymano dla modelu (I), szczególnie dla wyższej temperatury odparowania.

Po obronie pracy doktorskiej Habilitant pracował w zespole badawczym, w którym prowadził bardzo intensywne prace badawcze nad wrzeniem

objętościowym cieczy wieloskładnikowych. W ramach tych badań przedstawiono model matematyczny procesu oparty na wieloskładnikowej teorii ruchu masy, który umożliwia przewidywanie wpływu transportu masy na współczynniki wnikania ciepła w procesie wrzenia. Opracowano nową korelację na liczbę Nusselta zależną od liczby wrzenia i liczby Kapicy, która dobrze opisuje wyniki doświadczalne dla zakresu przejściowego między konwekcyjnym i pęcherzykowym odparowaniem. Podano uproszczoną metodę obliczania współczynnika wnikania ciepła w procesie wrzenia cieczy wieloskładnikowej uwzględniającą wpływ ruchu masy. Przebadano wpływ transportu masy na współczynniki wnikania ciepła w procesie wrzenia dla trójskładnikowej mieszaniny metanol-izopropanol-woda. Opracowano uproszczony sposób obliczania strumieni masowych w fazie ciekłej oparty na zlinearyzowanej teorii ruchu masy. Badano odparowanie z filmu jedno- i wieloskładnikowej cieczy spływającego po wewnętrznej stronie pionowej rury do wymuszonego przepływu gazu inertnego. Podano równania bilansowe ruchu ciepła i masy oparte na jednowymiarowym modelu przepływu strumieni. W oparciu o równania Stephana-Maxwella opracowano trzy modele procesu odparowania przy spływie filmowym w obecności inerty. W modelu (I) najbardziej ogólnym, uwzględniono opory ruchu ciepła i masy po stronie odparowania i kondensacji. W uproszczonym modelu (II) zostały pominięte opory wnikania ciepła i masy po stronie kondensatu, a w modelu (III) dodatkowo opory wnikania masy po stronie odparowującej cieczy.

Zespół ten prowadził również bardzo intensywne prace badawcze nad wymianą ciepła w aparatach z rur żebrowanych. W ramach tych prac badano wpływ kierunku ruchu ciepła na współczynniki wnikania ciepła dla przepływu powietrza w prądzie krzyżowym, prostopadłym do wiązki rur wysoko-żebrowanych w zakresie liczb Reynoldsa 2000 do 10000. Opracowano korelacje do obliczania współczynników wnikania ciepła i oporów przepływu od strony powietrza dla wymienników ciepła wykonanych z bimetalowych rur typu extruded.

W ostatnich latach Habilitant prowadził badania nad otrzymywaniem glicerynianu monostearynowego w enzymatycznym procesie estryfikacja-perwaporacja. Do opisu procesu wykorzystano model reakcji enzymatycznych (Random Bi-Bi). W latach 2010-11 zajmował się również problemami usuwania ditlenku węgla z roztworów amin: monoetanolaminy (MEA) oraz trietanolaminy (TEA) w procesie desorpcji na membranach hydrofobowych. W wyniku prowadzonych badań stwierdzono, że wielkość strumienia ditlenku węgla rośnie z temperaturą, nie zależy natomiast od stężenia aminy w roztworze.

Habilitant posiada zadowalający dorobek naukowy. Jest autorem 4 samodzielnych publikacji naukowych i współautorem 22 publikacji, 4 wystąpień na konferencjach międzynarodowych i 7 na konferencjach krajowych. Jest współautorem 3 patentów. Uczestniczył w realizacji 6 projektów badawczych: w 2 jako kierownik i w 4 jako wykonawca.

Większość publikacji, których jest autorem lub współautorem ukazała się w czasopiśmie z listy filadelfijskiej, ich sumaryczny impact factor wynosi 10,874. Suma cytowań według JCR wynosi 41 a indeks Hirscha jest równy 4 (WoS).

Podsumowując mogę stwierdzić, że Pan dr inż. Adam Rotkegel, wniósł istotny wkład w opracowanie modeli opisujących ruch ciepła i masy oraz opracowanie korelacji dla wnikania ciepła dla procesów kondensacja i odparowanie, jak również w aparatach wykonanych z rur ożebrowanych.

Uważam, że oceniany dorobek naukowy oraz rozprawa habilitacyjna odpowiadają warunkom stawianym w Ustawie o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym z dnia 14 marca 2003 roku i wnoszę o nadanie Panu dr inż. Adamowi ROTKEGEL stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna.

