

mgr inż. Zbigniew Rogala

„ANALIZA TERMODYNAMICZNA INTENSYFIKACJI PROCESÓW ADSORPCYJNEGO SUSZENIA POWIETRZA W CHŁODNICTWIE”

Promotor: **prof. dr hab. inż. Zbigniew Gnutek**
Promotor pomocniczy: **dr hab. inż. Piotr Kolasiński**

Streszczenie:

Podejmowane w ostatnim trzydziestoleciu międzynarodowe działania mające na celu ograniczanie niszczenia dziury ozonowej oraz przeciwdziałanie globalnemu ociepleniu doprowadziły do znaczącego ograniczenia możliwości stosowania węglowodoropochodnych czynników chłodniczych z grup CFC, HCFC oraz HFC. Ponadto, obserwowany jest ogólnosiwiatowy wzrost zapotrzebowania na chłód wynikający m.in. ze zmian klimatycznych oraz coraz większej dostępności społeczeństw do technologii chłodniczych. Wyżej wymienione uwarunkowania przyczyniły się do rozwoju alternatywnych w stosunku do chłodnictwa sprężarkowego technologii chłodniczych. Istotnym wyzwaniem jest również problem efektywnego zagospodarowania bezużytecznego w okresach letnich ciepła sieciowego, które wytwarzane jest w skojarzeniu z energią elektryczną w elektrociepłowniach. Przykładowo, w Polsce około 20% energii elektrycznej jest wytwarzane w skojarzeniu. Z tego względu istotna część prac rozwojowych w zakresie nowych technologii chłodniczych jest ukierunkowana na technologie umożliwiające konwersję niskotemperaturowego ciepła (np. pochodzącego z elektrociepłowni) na chłód.

Zastosowanie zjawiska adsorpcji pary wodnej na silikażelu umożliwia konwersję ciepła o temperaturze od 50 °C na chłód. Zjawisko adsorpcji fizycznej jest wykorzystywane w niskociśnieniowych chłodziarkach adsorpcyjnych oraz tzw. *Desiccant Coolers* - chłodziarkach wykorzystujących osuszanie i ponowne nawilżanie powietrza w celu jego ochłodzenia. Wyzwaniem ww. rozwiązań jest intensyfikacja procesów wymiany ciepła i masy w złożu adsorpcyjnym, co ma bezpośredni wpływ na sprawność urządzeń adsorpcyjnych, ich gabaryty oraz cenę. W stosunku do obecnie stosowanych rodzajów złożów adsorpcyjnych obiecującą alternatywą są złoża fluidalne, które dzięki wprawianiu cząstek w burzliwy, chaotyczny ruch znacząco poprawiają warunki wymiany ciepła i masy.

Adsorpcja pary wodnej z powietrza na silikażelu w złożu fluidalnym jest zjawiskiem niedostatecznie poznanym i opisanym: w literaturze brak jest danych eksperymentalnych, rzetelnych metod modelowania oraz analiz optymalizacyjnych. Niemniej jednak w ostatnich dziesięciu latach przeprowadzono szereg badań eksperymentalnych i teoretycznych nakierowanych przede wszystkim na opis podstaw zjawiska.

Celem niniejszej pracy jest analiza czynników intensyfikujących adsorpcyjne suszenie powietrza podczas fluidyzacji w zakresie eksperymentalnym i teoretycznym, a w szczególności przeprowadzenie badań eksperymentalnych oraz opracowanie modelu opisującego zjawisko. Uzyskane tą drogą dane eksperymentalne oraz rzetelne metody opisu zjawisk poszerzyłyby wiedzę w tym zakresie oraz umożliwiłyby prowadzenie dalszych prac w zakresie suszenia powietrza w złożu fluidalnym.

Badania eksperymentalne przeprowadzono dla średnicy ziaren adsorbentu od 0,6 do 5 mm, temperatury powietrza 20 – 30 °C dla adsorpcji oraz 50 – 70 °C dla desorpcji, prędkości powietrza w złożu 2-6 m/s oraz wysokości zasypania złoża 2-10 cm. Badania zostały przeprowadzone na samodzielnie zaprojektowanym w tym celu stanowisku badawczym w

Laboratorium Termodynamiki, wydziału Mechaniczno-Energetycznego Politechniki Wrocławskiej.

Na podstawie przeprowadzonych badań eksperymentalnych opracowano założenia konieczne do sformułowania modelu dotyczące dominujących mechanizmów wymiany masy podczas adsorpcji i desorpcji podczas fluidyzacji. Następnie model ten zaimplementowano w środowisku numerycznym zrealizowanym w języku PYTHON. Model został pozytywnie zweryfikowany z eksperymentem.

Następnie, w oparciu o opracowany model numeryczny, przeprowadzono dwie analizy optymalizacyjne procesu adsorpcji podczas fluidyzacji. Celem pierwszej z analiz było określenie wpływu poszczególnych parametrów sterowania układu (średnica ziaren adsorbentu, prędkość powietrza w złożu, czas przełączania złóż oraz wysokość zasypania złoża) na dynamikę procesów adsorpcji oraz efektywność chłodniczą fluidalnej chłodziarki adsorpcyjnej. Analiza koncentrowała się na samym zjawisku adsorpcji i metodach jego intensyfikacji. Wyniki analizy pozwoliły określić racjonalne zakresy parametrów sterowania i stanowią źródło informacji nt. optymalizacji efektywności chłodniczej fluidalnych chłodziarek adsorpcyjnych. Druga z przeprowadzonych analiz była analizą egzergetyczną całego systemu uwzględniającą dynamikę poszczególnych elementów układu i ich wzajemny wpływ. Wyniki tej analizy pozwoliły określić elementy systemu w największym stopniu odpowiedzialne za destrukcję egzergii.

W pracy przedstawiono również dalsze potencjalne kierunki rozwoju zagadnienia adsorpcji podczas fluidyzacji: modyfikacje kształtu ziaren sorbentu oraz zastosowanie rozwiązań wielozłożowych na przykładzie opatentowanego przez autora rozwiązania. Teoretyczna analiza wpływu modyfikacji kształtu na efektywność chłodniczą wskazuje na duży potencjał tego rozwiązania w zakresie poprawy Właściwej Wydajności Chłodniczej oraz elektrycznego COP. Analiza teoretyczna rozwiązań wielozłożowych wskazuje na znaczny potencjał w kontekście poprawy elektrycznego COP oraz obniżania temperatury chłodu poprzez lepsze osuszenie powietrza.

18.02.19 Krzysztof Rycel