

Z uwagi na postępujące zmiany klimatyczne związane z globalnym ociepleniem, obserwujemy na świecie rosnące zapotrzebowanie na chłód w różnych sferach życia człowieka: przechowywanie żywności, leków i szczepionek, klimatyzacja. Największych problemów z urządzeniami chłodniczymi doświadczamy w miesiącach letnich, kiedy intensywne prace konwencjonalnych agregatów doprowadza do przeciążeń sieci energetycznych. Dlatego na całym świecie poszukiwane są alternatywne źródła pozyskiwania chłodu, które wpisują się w koncepcję zrównoważonego rozwoju gospodarki światowej. Ponadto przemysł generuje duże ilości ciepła odpadowego, które obecnie w znacznym stopniu nie są efektywnie wykorzystywane. W tych niespożytkowanych zasobach „energii odnawialnej” upatruje się potencjalnego źródła zasilania przyjaznej środowisku technologii chłodzenia, którą stanowią adsorpcyjne układy chłodnicze.

Moc chłodnicza w agregacie adsorpcyjnym uzyskiwana jest przez wykorzystanie efektów cieplnych, które towarzyszą przeprowadzanym naprzemiennie cyklom adsorpcji i desorpcji w złożu sorbentu. Podczas parowania czynnika chłodniczego ciepło jest odbierane, a podczas skraplania oddawane. Proces roboczy urządzenia przebiega przy bardzo niskim ciśnieniu, które odpowiada ciśnieniu pary nasyconej przy temperaturze adsorbentu 10–15°C. W agregatach chłodniczych przeznaczonych do celów klimatyzacyjnych jako adsorbent wykorzystywana jest woda, która jest substancją stabilną chemicznie oraz bezpieczną dla środowiska. Jako adsorbenty stosuje się materiały porowate o silnie rozwiniętej powierzchni właściwej, na której zachodzą procesy adsorpcji fizycznej. Cząsteczki adsorbentu są wiązane z powierzchnią adsorbentu przez siły van der Waals'a, które są na tyle słabe, że ogrzewanie złoża do pewnej temperatury wyzwala desorpcję, stanowiącą proces regeneracji złoża, czyli przygotowania adsorbentu do ponownego cyklu adsorpcji. O opłacalności stosowania technologii adsorpcyjnej do produkcji chłodu, decyduje oprócz doboru efektywnej pary adsorbent-adsorbent, temperatura źródła zasilania. Przede wszystkim wydajny agregat powinien wykorzystywać do wytwarzania chłodu ciepło o możliwie niskiej temperaturze, która jeszcze pozwala na desorbowanie złoża. Dzięki temu możliwe będzie zasilanie chłodziarki wymiennym już wyżej ciepłem odpadowym, które jest niejako produktem ubocznym i występuje w nadmiarze w wielu gałęziach przemysłu. Alternatywnym źródłem zasilania może być także fotochemiczna energia słoneczna, która po konwersji w kolektorach słonecznych na ciepło użyteczne, z powodzeniem może być wykorzystywana do produkcji chłodu. Użycie energii słonecznej jako źródła zasilania chłodziarek adsorpcyjnych jest szansą dla krajów znajdujących się w strefie międzyzwrotnikowej, która charakteryzuje się najsilniejszym nasłonecznieniem, z czym wiąże się największe zapotrzebowanie na urządzenia klimatyzacyjne. Obniżenie wymaganej temperatury wody gorącej pozwala również wykorzystywać do procesu regeneracji złoża ciepło produkowane w kogeneracji. Wpłynie to pozytywnie na rozwój elektrociepłowni w Polsce, które obecnie w miesiącach letnich nie mogą efektywnie produkować energii elektrycznej z powodu braku odbiorców ciepła sieciowego. Wszystkie te możliwości posiadają jedną wspólną zaletę w postaci znaczącego ograniczenia wykorzystania energii elektrycznej do zasilania urządzeń chłodniczych. Jednak obecnie urządzenia adsorpcyjne osiągają zbyt niskie współczynniki wydajności chłodniczej (coefficient of performance – COP), a podnoszenie sprawności urządzeń wiąże się ze wzrostem masy i rozmiarów co dyskwalifikuje upowszechnienie tej technologii przy obecnym stanie wiedzy.

Szansą na wzrost efektywności chłodniczej jest opracowanie innowacyjnej konfiguracji złoża, która będzie charakteryzowała się wysokim współczynnikiem przewodzenia ciepła między adsorbentem a powierzchnią wymienników ciepła. Dlatego celem prowadzonych badań w ramach projektu jest pogłębienie stanu wiedzy na temat wymiany ciepła i masy w ośrodkach porowatych zachodzącej podczas cyklu adsorpcji/desorpcji oraz opracowanie metod intensyfikacji tych procesów. W celu poprawy wymiany ciepła wprowadzone zostaną materiały o bardzo dobrych parametrach cieplnych między innymi ziarna metali oraz nanorurki węglowe, które charakteryzują się bardzo wysokim współczynnikiem przewodności cieplnej 6000 kW/m. Zakres przeprowadzonych badań będzie dotyczył złożów adsorpcyjnych w innowacyjnej konstrukcji chłodziarki krążkowej i obejmował przede wszystkim analizę wpływu poszczególnych parametrów cyklu roboczego oraz geometrii złoża na przebieg procesów sorpcyjnych. W efekcie zdefiniowany zostanie zestaw cech złoża i sorbentu oraz warunków pracy, które są pożądane z uwagi na efektywność cyklu adsorpcji/desorpcji. Rozpatrzona również zostanie możliwość wprowadzenia materiału złoża w stan fluidalny, który zapewni lepsze warunki wymiany masy i ciepła w objętości złoża sorbentu niż usypane, stacjonarne złożo sorbentu.

Otrzymane dane empiryczne wykorzystane zostaną do walidacji modeli matematycznych opisujących procesy fizyczne zachodzące w cyklu roboczym chłodziarki adsorpcyjnej. Zwalidowany model będzie stanowił narzędzie realizacji analiz numerycznych i konstrukcyjnych. Uzyskane wyniki przyczynią się do opracowania efektywnych, innowacyjnych konstrukcji złożów sorbentu tj. kluczowych elementów roboczych adsorpcyjnych agregatów chłodniczych o wysokiej sprawności. Dodatkowym innowacyjnym aspektem projektu jest wykorzystanie do optymalizacji konstrukcji oraz parametrów cyklu roboczego metod sztucznej inteligencji, które są obecnie intensywnie rozwijane przez największe ośrodki naukowe na świecie.