

Streszczenie

Rosnące zapotrzebowanie na energię oraz szkodliwa dla środowiska działalność człowieka powoduje konieczność przeprowadzenia transformacji energetycznej w kierunku odnawialnych źródeł energii (OZE). Transformacja energetyczna wymaga wykorzystania magazynów energii, w tym zmiennofazowych magazynów energii (LHTES), które mogą magazynować m.in. ciepło z instalacji kolektorów słonecznych oraz ciepło odpadowe, a następnie wykorzystać je do wspomagania systemów ogrzewania/chłodzenia budynków, zwiększając udział OZE i ograniczając emisję gazów cieplarnianych. Organiczne materiały zmiennofazowe (PCMs), które są często stosowane jako materiały akumulujące w LHTES, zapewniają stabilność chemiczną i termiczną, ale mają niską przewodność cieplną, która ogranicza intensywność wymiany ciepła. Wynikające stąd zbyt długi czas ładowania/rozładowania magazynu może skutkować niepełnym wykorzystaniem potencjału materiału do akumulacji energii w przypadku źródeł stosunkowo krótkotrwałych (np. energia promieniowania słonecznego), a także utrudnia wykorzystanie pełnej pojemności cieplnej w celu zaspokojenia zapotrzebowania budynków na ciepło/chłodzenie. Chociaż stosowane są metody poprawiające wymianę ciepła (ożebrowania, lamelowe wymienniki ciepła, enkapsulowany PCM, materiały porowate wypełnione PCM), to nie są one zadowalające, gdyż wymagają zwiększenia masy i objętości magazynu, lub zmniejszenia ilości PCM w LHTES. W celu uzyskania lepszej odpowiedzi termicznej bez ograniczania ilości PCM w magazynie, stosuje się bezpośrednią poprawę przewodności cieplnej PCM poprzez dodanie do niego nanomateriałów o wysokiej przewodności uzyskując w rezultacie nowe materiały: nano-domieszkowane materiały zmiennofazowe (NEPCMs). Badania NEPCMs wskazują, że choć poprawiają one przewodność cieplną, to po pewnym czasie pojawia się problem sedymentacji nanodomieszek w cieczy, spowodowany różnicą gęstości „bazowego” PCM i nanomateriałów. Rozwarstwienie NEPCM powoduje zmianę dotychczasowych właściwości termofizycznych i eliminuje ich zastosowanie w LHTES. Aby temu przeciwdziałać stosuje się takie metody, jak dodawanie środków powierzchniowo czynnych, optymalizacja pH lub sonikacja. Jednak nie eliminują one całkowicie tego problemu i tracą skuteczność po kilku cyklach przemian fazowych. Metody chemiczne (surfaktanty, optymalizacja pH) utrzymują zawiesinę w cieczy, ale przemiana fazowa może niszczyć siły rządzące zawiesiną i uniemożliwić utrzymanie dalszej stabilności. Ponadto stosowanie surfaktantów powoduje zmniejszenie ciepła utajonego, a więc zdolności materiału do akumulacji energii. Z drugiej strony sonikacja pozwala na rozbicie aglomeratów cząstek, ale ma ograniczony czas trwania, którego przekroczenie może spowodować efekt odwrotny – ponowne zlepianie się cząstek. Z tego powodu konieczne jest opracowanie metody skutecznie zapobiegającej efektom sedymentacji i działającej po wystąpieniu przejścia fazowego. Nasuwa się więc pytanie: czy istnieją inne metody zatrzymujące sedymentację nanocząstek z NEPCM lub zapobiegające jej skutkom, nawet po wielu cyklach przemian fazowych?

W kontekście powyższych rozważań i problemów, celem projektu są badania nad użyciem procesu barbotażu do utrzymania stabilności NEPCM (zapobiegania sedymentacji nanomateriałów z NEPCM w stanie ciekłym) oraz poprawy wymiany ciepła w zmiennofazowych magazynach energii. Realizacja projektu pozwoli na zaproponowanie nowej metody do zapobiegania sedymentacji nanomateriałów, która może posłużyć w przyszłości do utrzymania stabilności NEPCMs oraz innych roztworów koloidalnych. Kluczowe w realizacji projektu jest sprawdzenie, czy barbotaż skutecznie zapewni stabilizację NEPCM podczas wielu cykli przemian fazowych? W ramach projektu zostaną przygotowane próbki z NEPCM – materiałem RT22 HC domieszkowanym nanocząstkami grafenu (w skrócie GNPs, o udziale wagowym 1%) i surfaktantem (SDBS). Przygotowane próbki materiału zostaną użyte w badaniach mających na celu określenie szybkości sedymentacji nanocząstek z NEPCM w oparciu o analizę teoretyczną (na podstawie prawa Stokes’a) oraz w badaniach eksperymentalnych z zastosowaniem metody odczytu granicy separacji faz. Wyniki badań pozwolą ustalić szybkość sedymentacji nanocząstek przed i po zastosowaniu barbotażu. Przygotowane zostaną dysze własnej konstrukcji, które pozwolą ocenić, jak parametry warunkujące proces barbotażu (takie, jak natężenie przepływu powietrza, rozmiar i ilość bąbelków) wpłyną na szybkość sedymentacji nanocząstek i ponowne wymieszanie nanomateriałów z PCM. W celu odpowiedzi na pytanie, jaki wpływ będzie miał proces barbotażu na wymianę ciepła w zmiennofazowym magazynie energii, zostaną wykonane pomiary eksperymentalne samodzielnie zaprojektowanego akumulatora ciepła w skali laboratoryjnej, którego budowa umożliwi inicjację barbotażu. Przeprowadzone zostaną pomiary ładowania/rozładowania przygotowanego akumulatora ciepła w wyniku procesów ogrzewania/ chłodzenia, które pozwolą określić jego charakterystyki termiczne i przepływowe. W oparciu o przeprowadzone w projekcie badania eksperymentalne powstanie model numeryczny pozwalający na odwzorowanie zachowania nanocząstek podczas przepływu pęcherzy przez PCM, a także zachowania magazynu energii z NEPCM podczas jego ładowania i rozładowania. Prace badawcze przeprowadzone w ramach projektu dostarczą wiedzy na temat intensyfikacji wymiany ciepła w magazynie z procesem barbotażu i NEPCM oraz sprawności jego magazynowania po wielu cyklach ogrzewania/chłodzenia. Oczekuje się, że przeprowadzone w projekcie badania przyczynią się do poprawy odpowiedzi termicznej (w tym czasowej) LHTES. W przyszłości spodziewa się też wpływu wyników badań na powstanie nowych konstrukcji LHTES, zwiększenie wykorzystania OZE i realizację celów klimatycznych.