

Streszczenie

W niniejszej pracy zaprezentowano kolejne etapy projektowania i wytwarzania odlewanych wymienników ciepła (dalej określanych jako inserty) do zastosowania w systemach magazynowania energii cieplnej (TES) opartych na korozyjnych materiałach zmiennofazowych PCM.

Magazynowanie energii cieplnej jest coraz powszechniej stosowane na świecie. Wykorzystuje się w tym celu energię słoneczną i odpadową z procesów przemysłowych. Jedną z najbardziej popularnych metod magazynowania energii cieplnej jest zastosowanie materiałów zmiennofazowych PCM (np. sole, ich hydraty, parafiny), które magazynują energię w postaci ciepła utajonego (w czasie przemiany fazowej). PCMy cechują się wysoką entalpią przemiany fazowej, ale do ich wad należą niska przewodność cieplna i wysoka korozyjność, szczególnie w wypadku stosowania soli i ich hydratów. W celu poprawienia przewodności cieplnej można zastosować odlewane inserty wraz z zabezpieczającymi je powłokami antykorozyjnymi.

Wybrane kształty insertów poddano symulacjom numerycznym z użyciem programu FLOW-3D w celu optymalizacji struktury możliwie najlepiej poprawiającej przepływ ciepła w jednostce TES. Na podstawie przeglądu literatury zaproponowano różne zestawy kształtów opartych na strukturach biomimetycznych: płatek śniegu, drzewko, drzewko na podporze. Zaproponowane kształty poddano badaniom numerycznym dla różnych układów TES, gdzie źródło ciepła pochodziło ze środka struktury (kanał na heat transfer fluid - HTF), z dołu zbiornika, lub z zewnątrz (boczne ścianki zbiornika, struktura umieszczona w makrokapsule). Na podstawie otrzymanych wyników określono, że dla wszystkich przebadanych struktur istotne jest zastosowanie rozbudowanej geometrii kształtu. Dopasowanie długości i ilości rozgałęzień ramion struktury bezpośrednio przekłada się na szybkość topnienia złoża (ładowanie akumulatora), a także obniża gradient temperatur w złożu.

W kolejnym etapie przeprowadzono badanie trzech stopów aluminium na potrzeby wykonania cienkościennych struktur poprawiających przewodność cieplną. Do tego celu wykorzystano technikę odlewania precyzyjnego. Wybrano do porównania trzy stopy aluminium: EN AC-44200 (AlSi12), EN AC-42100 (AlSi7), EN AW-5754 (AlMg3). Wykonano próby odlewania blaszek o grubości ścianki 2 mm, oraz w kolejnej fazie przeprowadzono próby odlania insertów na bazie drzewka. Modele wykonano w technologii fused deposition modelling (FDM), przez co wewnątrz formy pozostawiły po wypaleniu charakterystyczną, falowaną strukturę. Odpowiedni dobór parametrów odlewania pozwolił na

dokładne odwzorowanie tekstury modelu. Na powierzchni odlewów zaobserwowano zjawiska makro- i mikroskurczy, którym da się zapobiec poprzez regulację temperatury odlewania i ilości podawanego do formy metalu. Finalnie, uzyskano dobrej jakości odlewy ze wszystkich zaproponowanych stopów, jednak najlepsze wyniki otrzymano dla stopu AlMg3, który zazwyczaj wykorzystywany jest do spawania i gięcia.

Jako metodę zapobiegania korozji aluminiowych wymienników ciepła w środowisku korozyjnych PCM zaproponowano technikę plazmowego utleniania elektrolitycznego (PEO). Próbki stopu EN AC-44200 poddano procesowi PEO w celu wytworzenia na powierzchni powłoki tlenkowej. Przeprowadzono go w dwóch roztworach elektrolitu – sodowo-silikatowo-potasowym oraz sodowo-silikatowo-fosforanowym, a następnie poddano je badaniom w hydracie $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, utrzymując je w środowisku stopionego PCM (po utlenianiu w elektrolicie sodowo-silikatowo-potasowym) oraz badaniu cyklicznego obciążenia poprzez topienie i swobodne chłodzenie PCM (po utlenianiu w elektrolicie sodowo-silikatowo-fosforanowym). Zbadano zmianę masy próbek, a także wykonano obserwacje SEM i EDS oraz testy XRD w celu oznaczenia możliwych zmian. Próbki odlewane niepokryte ochronną powłoką PEO cechowały się obecnością produktów korozji oraz nieznaczną zmianą masy. Oba typy próbek poddanych procesowi PEO wykazały się brakiem zmiany masy. Nie zaobserwowano na ich powierzchni zmian związanych z degradacją w środowisku soli. W celu potwierdzenia czy powłoka tlenkowa nie ma negatywnego wpływu na przewodność cieplną układu, wykonano serię cykli ładowania i rozładowywania akumulatora w skali laboratoryjnej z zastosowaniem wymienników bez i z pokryciem, w PCM na bazie soli azotowych. Badania dowiodły, że powłoki PEO nie mają negatywnego wpływu na przebieg grzania i chłodzenia układu, ponieważ uzyskane krzywe temperaturowe dla insertów pokrytych i niepokrytych są porównywalne.