

열적 경계층 두께를 고려한 리튬 이온 배터리의 단상 액침냉각

태영규¹ · 안지원¹ · 박성준¹ · 장석필^{1,2†} · 이승욱³ · 이가은³
¹한국항공대학교 스마트항공모빌리티학과, ²한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과,
³현대자동차 체결기술엑스재료개발팀
† E-mail: spjang@kau.ac.kr

Effect of Thermal Boundary Layer on Li-ion Batteries Using Single-phase Immersion Cooling

Young Gyu Tae¹ · Ji Won An¹ · Sung Jun Park¹ · Seok Pil Jang^{2†}
Sung Uk Lee³ · Ga Eun Lee³

ABSTRACT

In this study, the effect of thermal boundary layer of natural convection on the temperature at Li-ion batteries, using single-phase immersion cooling, was theoretically and experimentally investigated. Especially theoretical model considering the natural convection such as buoyant channel-flow and external natural convection flow was developed by the lumped capacitance method for determining the battery temperature during the charging process. Moreover, to describe the heat generation with respect to State of Charge (SoC) during battery charging of the Li-ion batteries experimentally, dummy heaters were manufactured. The battery temperatures in single-phase immersion cooling were measured according to the different battery interval specified based on the thermal boundary layer. Based on the experimental data, the theoretical model was validated. It is shown that the battery spacing has a significant effect on the performance of the single-phase immersion cooling.

초 록

본 연구에서는 배터리 냉각을 위한 단상 액침냉각 시스템에서 열적 경계층 두께에 따른 자연대류 냉각성능을 이론과 실험적으로 분석하였다. 열적 경계층 두께에 따른 유동 영역을 buoyant channel-flow 와 external natural convection flow로 분류하였으며, 집중 열 용량법을 이용하여 충전 과정에서 시간에 따른 배터리 온도를 계산하는 이론 모델을 수립하였다. 리튬 이온 배터리의 충전 과정에서 SoC에 따른 발열량을 모사한 발열체를 제작하였으며, 열적 경계층 두께를 고려하여 배터리 간격 변화에 따른 배터리 온도를 실험적으로 측정하였다. 실험 결과를 바탕으로 이론모델을 검증하였으며, 배터리 간격이 자연대류의 유동형태에 영향을 주는 것을 확인하였다. 그 결과 배터리 간격이 액침냉각의 성능에 매우 큰 영향 주는 것을 확인하였다.

Key Words: Immersion Cooling (액침 냉각), Thermal Boundary Layer (열적 경계층), Flow Region (유동 영역), Li-ion Battery (리튬 이온 배터리)