

과우치형 리튬이온 배터리를 위한 단상 액침냉각

안지원*· 태영규*· 박성준*· 장석필*,**· 이승욱***· 이가은***

*한국항공대학교 스마트항공모빌리티학과, **한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과

***현대자동차 체결기술액상재료개발팀

Single-phase immersion cooling for pouch type li-ion batteries

Ji Won An*, Young Gyu Tae*, Sung Jun Park*, Seok Pil Jang*,**†,
Sung Uk Lee***, and Ga Eun Lee***

* Dept. of Smart Air Mobility, Korea Aerospace Univ. ** Dept. of Aerospace and Mechanical Engineering, Korea Aerospace Univ.

*** Fastening Technology & Liquid Materials Development Team, Hyundai Motor Group

1. 서 론

온실가스 감축을 위한 이산화탄소 배출 규제의 영향으로 전기차에 대한 관심이 증가하고 있다. 높은 주행거리를 위해 배터리 에너지 밀도는 증가해야 하며, 그에 따라 발생하는 발열량 또한 증가하는 추세이다. 이러한 발열량의 증가는 배터리의 안정성과 성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로 효과적인 냉각방식이 필요하다. 현재는 공랭식 혹은 수랭식 시스템을 사용하고 있으며, 냉각 성능의 한계로 인해 차세대 냉각기술인 Immersion Cooling 이 연구 중에 있다^(1,2).

현재 배터리 온도를 예측할 수 있는 이론적 모델 및 작동 유체의 물성치에 대해 체계적으로 분석한 연구는 매우 희박하다. 따라서 본 연구에서는 Immersion Cooling 의 성능을 예측할 수 있는 이론 모델을 수립하고, 냉각성능에 영향을 미치는 주요 인자에 대해 이론 및 실험적으로 분석하고자 한다. 최종적으로 분석결과를 통해 Immersion Cooling 시스템의 주요 설계인자를 제시하고자 한다.

2. 본 론

이론적으로 냉각성능을 예측하기 위해 배터리 간격 (D)과 열적 경계층 (δ_T)을 고려하여 자연 대류형태를 분류하였고⁽³⁾, 그에 따른 Nusselt 수 상관식과^(4,5) 발열량 식을 연립하여 유동 형상 별 이론 모델을 제시하였다.

이론 모델 검증 및 냉각 성능을 평가하기 위해 기초 실험장치를 제작하였으며, 충전 시 SoC (State of Charge) 및 C-rate 에 따른 배터리 발열량을 모사한 발열체를 제작하였다. 또한, 작동 유체 물성치에 따른 냉각성능을 파악하기 위해 현대자동차에서 제공받은 3 종의 절연 유체의 물성치 (열전도도, 점도, 밀도, 비열)를 측정하였다. 최종적으로 검증된 이론모델을 사용하여 배터리 간격과 작동 유체 물성치에 관한 Case Study 를 진행하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 Immersion Cooling 의 성능을 예측할 수 있는 이론 모델을 수립하였다. 배터리 간격 (D)과 열적 경계층 (δ_T)을 고려하여 작동 유체 별 Immersion Cooling 실험을 수행하였고 이론모델 결과와 실험결과를 비교하여 이론모델을 검증하였다. 검증된 이론 모델을 사용하여 배터리 간격과 작동 유체 물성치에 관한 Case Study 를 진행하여 Immersion Cooling 시스템의 주요 설계인자를 제시하였다.

후 기

본 연구는 현대기아차_HMCKIA 의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 202300110001)

참고문헌

- (1) Ghaeminezhad, Nourallah, Zhisheng Wang, and Quan Ouyang, 2023, "A Review on lithium-ion battery thermal management system techniques: A control-oriented analysis", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 219
- (2) Thakur, Amrit Kumar, et al., 2023, "A state-of-the art review on advancing battery thermal management systems for fast-charging.", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 226
- (3) Bejan, A., 2013, *Convection heat transfer*, John Wiley & sons., New Jersey, pp. 200
- (4) Vliet, G. C., & Liu, C. K., 1969, "An experimental study of turbulent natural convection boundary layers", *Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 91, No. 4, pp. 517-531
- (5) Bar-Cohen, A., & Rohsenow, W. M., 1984, "Thermally optimum spacing of vertical, natural convection cooled, parallel plates.", *Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 106, No. 1, pp. 116-123