

리튬이온 배터리의 온도 상태를 고려한 배터리 단락 실험 발열 분석

강태우*, 유기수**, 이평연* 김종훈*
 충남대학교*, 영남대학교**

Analysis of external short circuited lithium ion battery heat generation considering state of temperature

Taewoo Kang**, Kisooyoo**, Pyeong-Yeon Lee*, Jonghoon Kim*
 Chungnam University*, Yeungnam University**

ABSTRACT

본 논문은 리튬이온 배터리의 화재로 이어질 수 있는 전기적 위협(Electrical abuse) 상황 중 외부단락 상황을 재현하였다. 배터리의 초기 온도상태(60°C, 50°C, 25°C, 15°C)와 외부단락 상황에서 배터리의 최대 발열량과의 상관관계를 분석하였다. 초기온도 60°C 보다 50°C에서 가장 큰 발열량을 보였다. 초기온도 60°C에서 더 큰 단락전류가 측정되었으나 전류가 인가되는 시간은 50°C에서 더 길어 단락시험간 최대 발열은 온도상태 50°C에서 최대 온도 117°C로 가장 크게 측정되었다.

상태에 의한 외부단락 사고를 분석하기 위해 배터리의 초기상태 조건을 60°C, 50°C, 25°C, 15°C에서 외부단락 실험을 하였다. 본 실험을 통해 초기 온도가 배터리의 외부단락 발생 시 생기는 발열 영향 도를 분석하였다. 50°C에서의 외부단락 시 생성되는 열이 초기 온도 상태 60, 25, 15°C에서의 생성되는 열보다 크게 측정되었다.

리튬이온 배터리의 온도 상태를 고려한 배터리 단락 실험 발열 분석

2.1 리튬이온 배터리의 온도 상태에 따른 외부 단락 시험

1. 서 론

자동차에 의한 화석연료 소비는 대기오염, 지구 온난화 그리고 산성비와 같은 환경적인 문제의 주된 원인이 되어왔다. 자동차 분야에서 화석연료의 소비를 줄이기 위해서 전기자동차(EV)나 하이브리드 자동차가(HEV) 개발되어왔다. 전기자동차나 하이브리드 자동차가 기존 내연기관의 자동차의 엔진을 대체한 핵심 기술은 바로 리튬이온 배터리이다. 리튬이온 배터리는 자동차 산업뿐만 아니라 전력계통과 연결되는 재생에너지 분야에서도 널리 쓰이고 있다. 태양광(열)발전과 풍력발전과 같은 재생에너지는 에너지저장장치(ESS : Energy Storage System)과 같이 연계되어 전력계통에 연결된다. 이렇듯 환경문제와 연결되어 리튬이온 배터리의 발전은 급속도로 이루어졌다.

리튬이온 배터리는 작은 정상 동작 온도 범위와 작은 충전/방전 C-rate 범위를 갖고 있다. 높은 온도에서 리튬이온 배터리를 동작시킬 경우 배터리의 노화가 가속화되며 수명에도 악영향을 준다. 리튬이온 배터리가 정상 동작 상황 이외의 상황에서는 급격한 발열이나 폭발로 이어질 수 있다. 그리고 발열의 원인이 될 수 있다.

리튬이온 배터리의 화재의 원인이 될 수 있는 상황은 3가지로 분류 될 수 있다. 열적 위협 상황(Thermal abuse), 전기적 위협 상황(Electrical abuse), 물리적 위협 상황(Mechanical abuse)이다. 과열(Overheating)과 화재의 노출은 열적 위협 상황에 속하고, 배터리의 과 충전/방전과 내부/외부 단락은 전기적 충격 상황에 속하며, 배터리의 외부 충격에 의한 손상, 관통은 물리적 위협 상황에 해당한다.

본 논문은 리튬이온 배터리의 전기적 위협 상황 중 외부단락에 의한 전기적 고장상황을 재현하였다. 배터리의 초기 온도

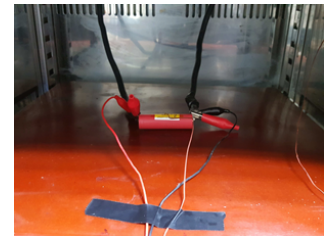
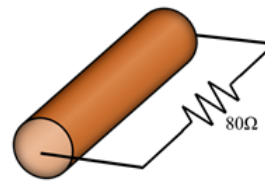


그림 1 리튬이온 배터리의 외부단락 실험 및 실험 모식도
 Fig. 1 Scheme of external circuit test of a lithium ion battery

본 논문은 4개의 18650 HE2 리튬이온 배터리를 사용하였다. 외부단락 시험에 앞서 4개의 배터리는 4.2V 까지 컷오프 전압까지 CC-CV 완전 충전을 하였다. 배터리의 온도상태(State of temperature, SOT)에 따른 외부단락 사고 시 발열을 측정하기 위해 항온 항습 챔버에서 실험을 진행하였다. 4개의 셀은 각각 60°C, 50°C, 25°C, 15°C의 온도 상태에서 외부단락 실험이 진행되었다. 배터리 내부와 외부의 온도 평형을 위해 외부단락 실험 전 2시간의 휴지시간을 부여하였다. 이후 80Ω 저항과 연결하여 외부 단락전류를 측정하였으며, 리튬이온 셀의 가운데에 온도센서를 부착하여 리튬이온 배터리의 표면온도를 측정하였다. 그림 1은 본 논문에서 진행된 리튬이온 배터리의 외부단락 실험 및 실험 모식도이다.

2.2 리튬이온 배터리의 온도 상태에 따른 외부 단락 시험 결과 및 분석

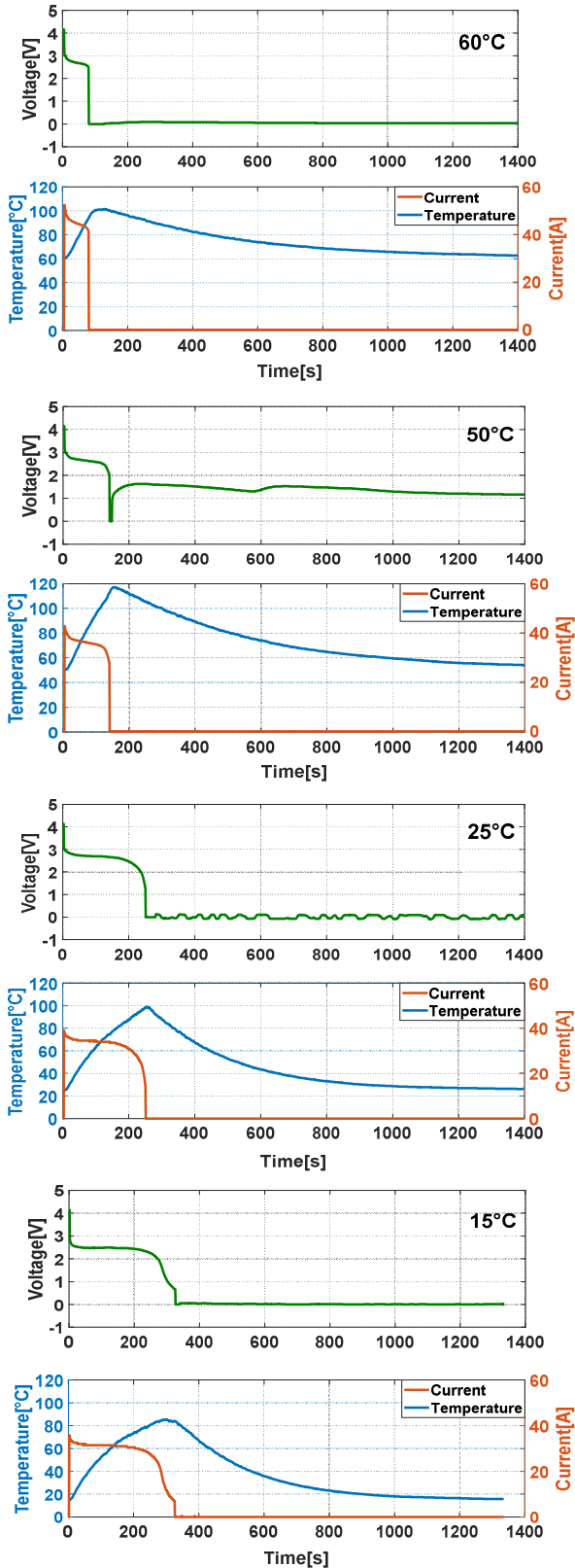


그림 2 온도 별 외부단락 실험 결과
 Fig. 2 Experiment result of external short circuit of the battery temperature

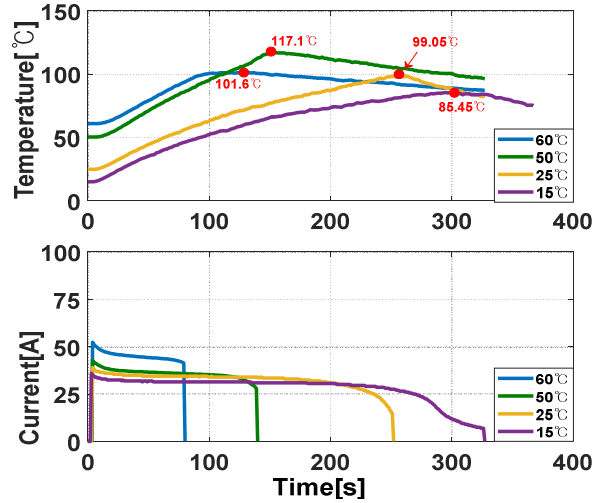


그림 2 온도 별 외부단락 전류 및 발열 실험 결과
 Fig. 2 Current and temperature result of external short circuit experiment according to temperature state

그림 2는 배터리의 각 온도상태(60°C, 50°C, 25°C, 15°C)에 따른 단락실험 결과이다. 그림 3은 각 온도상태 별 단락전류와 그에 따른 배터리의 표면온도를 측정된 결과이다. 그림 2를 보면 배터리의 온도상태가 클수록 더 큰 단락전류가 흐르는 것을 보인다. 리튬이온 배터리는 높은 온도에서 더 큰 이온 활성화도를 보여 큰 단락 전류가 흐르게 된다.^[1] 배터리의 발열은 큰 방전 전류에서 저항성 발열이 지배적이다.^[2] 저항성 발열은 전류의 제곱과 전류가 인가되는 시간에 비례한다. 60°C에서 더 큰 단락전류가 발생되지만 50°C에 비해 전류 인가시간이 짧다. 따라서 50°C에서 더 큰 발열량이 생성된다.

3. 결 론

본 논문은 배터리의 초기 온도상태에 따른 외부단락 발열 특성분석을 하였다. 초기온도 60°C, 50°C, 25°C, 15°C에서 외부 단락 실험을 진행하였다. 배터리의 온도상태는 외부단락 시, 외부 단락 전류와의 관계를 분석하였다. 60°C 온도상태의 배터리는 외부 단락 시, 50°C의 외부단락 전류에 비해 높은 외부 단락 전류가 야기되지만, 짧은 방전 시간으로 50°C에서의 발열량이 60°C에서의 발열량보다 컸다. 따라서 외부단락에 의한 배터리의 발열은 60°C보다 50°C에서 높은 발열량과 위험성을 보인다.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. NRF-2018R1C1B6004482)

참 고 문 헌

- [1] Todd M. Bandhauer, "A Critical Review of Thermal Issues in Lithium-Ion Batteries", Journal of Electrochemical Society, Vol. 158, No. 3, pp. R1-R25, 2011, Jan.
- [2] 강태우, 유기수, 이평연, 김종훈. (2019). 고출력 18650 리튬이온 배터리의 가변전류 열해석 및 추정. 전력전자학회 학술대회 논문집, (), 424-425.