

SPSPSPSP
SPSPSPS
SPSPSP
SPSPS
SPSP
SPS

SPS-C KBIA-10104-05-7488

SPS

에너지저장시스템용
리튬이차전지 셀 열폭주 유도 시험 방법
SPS-C KBIA-10104-05-7488:2022

한국전지산업협회

2022년 3월 31일 제정

심 의 : 한국전지산업협회 단체표준심사위원회

	성 명	근 무 처	직 위
(위원장)	안 상 용	비티알씨	대 표 이 사
(위 원)	남 대 호	LG에너지솔루션	팀 장
	오 성 환	에이코	대 표 이 사
	윤 해 권	SK온	P M
	남 경 완	동국대학교	교 수
	전 현 중	코캠	책 임
	이 명 훈	한국화학융합시험연구원	센 터 장
	송 준 호	한국전자기술연구원	수 석
(간 사)	조 민 영	한국전지산업협회	책 임

원안작성협력 : 한국전지산업협회 ESS 리튬이차전지 W.G

	성 명	근 무 처	직 위
(위원장)	김 범 종	한국산업기술시험원	센 터 장
(위 원)	김 재 근	한국기계전기전자시험연구원	선 임
	김 성 호	한국화학융합시험연구원	책 임
	문 종 근	한국건설생활환경시험연구원	수 석
	김 성 국	한국전기연구원	선 임
	장 재 호	에이치시티	팀 장
	박 면 후	엔시티	주 임
	박 영 호	아이씨알	센 터 장
	김 찬 휘	SK온	P M
	우 민 제	LG에너지솔루션	책 임
	정 지 한	유진에너지	부 장
	조 성 일	삼성SDI	프 로
	손 원 근	코캠	수 석
(간 사)	정 희 원	한국전지산업협회	선 임

표준열람 : e나라표준인증(<http://www.standard.go.kr>)

제 정 자 : 한국전지산업협회 등 록 : 한국표준협회

제 정 : 2022년 3월 31일

심 의 : 한국전지산업협회 단체표준심사위원회

원안작성협력 : 한국전지산업협회 ESS 리튬이차전지 W.G

이 표준에 대한 문의사항이 있을 시 e나라 표준인증 웹사이트에 등록된 표준담당자에게 연락 바랍니다.

이 표준은 산업표준화법 시행규칙 제19조 및 단체표준 지원 및 촉진운영 요령 제11조의 규정에 따라 매 3년마다 확인, 개정 또는 폐지됩니다.

목 차

머 리 말	ii
개 요	iii
1 적용범위	1
2 인용표준	1
3 용어와 정의	2
4 일반 요구사항	5
4.1 시험조건	5
4.2 시료 준비.....	9
4.3 표준 사이클	9
4.4 SOC 조절.....	10
4.5 열 안정화.....	11
5 히터에 의한 가열방법	11
5.1 외부히터 가열	11
5.2 내부히터 가열	12
6 관통방법	13
6.1 개요.....	13
6.2 절차.....	13
6.3 기록사항	14
7 과충전 방법	15
7.1 개요.....	15
7.2 절차.....	15
7.3 기록사항	15
부속서 A (규정) 히터 가열 방법 일반사항	16
부속서 B (참고) 외부히터 설계와 전력인가 승온-조건 예시	19
SPS-C KBIA-10104-05-7488 해 설	22

머 리 말

이 표준은 한국전지산업협회에서 원안을 갖추고 산업표준화법 시행규칙 제19조 및 단체표준 지원 및 촉진 운영 요령에 따라 한국전지산업협회 단체표준심사위원회를 거쳐 제정된 단체표준이다.

이 표준은 저작권법의 보호 대상이 되는 저작물이다.

이 표준의 일부가 기술적 성질을 가진 특허권, 출원공개 이후의 특허출원, 실용신안권 또는 출원공개 후의 실용신안등록출원에 저촉될 가능성이 있다는 것에 주의를 환기한다. 관계 한국전지산업협회의 장과 단체표준 심사위원회는 이러한 기술적 성질을 가진 특허권, 출원공개 이후의 특허출원, 실용신안권 또는 출원공개 후의 실용신안등록출원에 관계되는 확인에 대하여 책임을 지지 않는다.

개 요

리튬이차전지의 높은 에너지 밀도로 인해 운용 또는 시험 중 과부하 및 오작동이 발생하거나 관통이나 가열 등 외부요인에 의하여 화재가 발생 할 수 있다. 단일 셀에 또는 전지시스템에서 열 폭주가 발생하면, 제어되지 않은 화학 반응이 다른 셀로 확산되어 인명 및 재물에 피해가 갈 수 있다. 특히 기술 발전에 의하여 지속적으로 저장 용량이 증대됨에 따라 이러한 열폭주에 따른 화재사고에 대한 위험성과 위해성 검증에 대한 관심이 높아졌다. 현재 에너지저장시스템용 리튬이차전지시스템은 화재 안전성 검증에 대하여 국가로부터 안전인증을 통하여 검증하게끔 되어있지만, 아직 화재시험에 대한 정확한 방법의 부재와 국내 시험환경이 미비하여 화재 안전성이 검증되지 않은 제품이 시장에 유통되어 소비자들의 피해가 가중되고 있다. 따라서 이 문서는 에너지저장시스템용 리튬이차전지시스템에서 요구되는 화재 안전 확보에 대한 정보를 제공할 수 있도록 제조환경과 시험환경이 고려된 리튬이차전지 셀 단계에서의 열폭주 시험방법을 제시하여 열폭주의 초기단계의 화재안전성을 검증 수 있는 방법 및 절차를 제공하고자 한다.

에너지저장시스템용 리튬이차전지 셀 열폭주 유도 시험 방법

Test method for thermal runaway induce in secondary lithium cells
for energy storage system

1 적용범위

이 표준의 목적은 에너지저장시스템용 리튬이차전지시스템의 열전이 발생 상황을 모사하기 위해 전지시스템을 구성하는 단일 셀의 열폭주를 유도하여 열전이 시험을 시작하기 위한 방법을 제시하고자 함이다.

이 표준은 전지시스템 내에서의 열전이 양상에 대한 평가를 위해 사용될 수 있는 셀의 열폭주 유도 시험 방법을 제시하고 있으며, 5절 ~ 7절에 정의된 방법 중 하나를 선택 또는 제시된 방법들을 조합할 수 있다.

이 표준은 국제표준으로 열폭주 방법을 제시하고 있는 전기자동차(EV)용 리튬이차전지에는 적용하지 않는다.

2 인용표준

다음의 인용표준은 전체 또는 부분적으로 이 표준의 적용을 위해 필수적이다. 발행연도가 표기된 인용표준은 인용된 판 만을 적용한다. 발행연도가 표기되지 않은 인용표준은 최신판(모든 추록을 포함)을 적용한다.

KS C IEC 60050-482, 국제 전기 용어 - 제482장: 일차 및 이차전지 셀과 전지

KS C IEC 60079-30-1, 방폭 전기기계 기구 - 제30-1부: 전기저항 트레이스 히터 - 일반 및 시험 요구사항

KS C IEC 61434, 알칼리 또는 기타 비산성 전해질을 포함하는 이차전지 셀 및 전지 - 알칼리 이차전지 셀 및 전지의 전류 표시법

KS C IEC 62133-2, 알칼리 또는 기타 비산성 전해질을 포함하는 이차전지 셀 및 전지 - 휴대기기용 밀폐식 이차전지 셀 및 이로 구성된 전지의 안전 요구사항 - 제2부:리튬 시스템

KS C IEC 62619, 알칼리 또는 기타 비산성 전해질을 포함하는 이차전지 셀 및 전지 - 산업용 리튬이차전지 셀 및 전지의 안전 요구사항

KS C IEC 62660-2, 전기자동차용 리튬이차전지 셀 - 제2부: 신뢰성 및 오용 시험

KS C IEC 62660-4, 전기자동차용 리튬이차전지 셀 - 제4부: KS C IEC 62660-3의 내부 단락 시험에 대한 선택적 대체 시험 방법

IECEE OD-5012, Laboratory procedure for acceptance, preparation, extension and use of Thermocouple

SPS-C KBIA-10104-03-7312, 에너지저장장치용 리튬이차전지시스템 - 성능 및 안전 요구사항

3 용어와 정의

3.1

안전(safety)

받아들일 수 없는 위험으로부터의 자유

3.2

위험(risk)

유해가 일어날 가능성과 그 유해의 심각성의 조합

3.3

유해(harm)

사람의 건강에 대한 육체적 부상이나 손상 또는 재산 혹은 환경에 대한 손상

3.4

위해(hazard)

유해의 잠재적인 근원

3.5

공칭 전압(nominal voltage)

셀을 표시 또는 식별하기 위해 사용되는 고유 전압 값

비고 셀의 제조자가 공칭 전압을 제공할 수 있음

[출처 : KS C IEC 60050-482:2006, **482-03-31** 수정 - **비고 1**과 **비고 2**에 추가된 사항]

3.6

리튬이차전지 셀(secondary lithium cell)

셀(cell)

리튬 이온의 삽입/제거 반응 또는 음극과 양극 전극 사이의 리튬의 산화/환원 반응으로 발생하는 전기 에너지를 사용하는 이차전지 셀

비고 대표적으로 셀은 액체, 젤 또는 고체 형태의 리튬 염과 유기 용매 화합물로 구성된 전해액을 포함하며, 금속 또는 라미네이트 필름 케이스로 구성된다. 이는 아직 최종 케이스에 장착, 단자 배열 및 전자 제어 장치가 완성되지 않았으므로 실제 사용 준비 상태는 아니다.

[출처 : KS C IEC 62619, **3.7**]

3.7

모듈(module)

보호 장치(예: 퓨즈 또는 PTC) 및 모니터 회로가 있거나 없는 상태로 직렬 및/또는 병렬 구성으로 연결된 셀 그룹

3.8

방전종료전압(end of discharge voltage)

전지의 성능에 영향을 주지 않는 범위 내에서 방전 가능한 최대 방전 전압 또는 방전을 종료하도록 규정한 전지 전압

3.9

에너지저장시스템(energy storage system)

ESS

전기에너지를 저장하는 시스템

3.10

기준 시험전류(reference test current)

제조사에 의해 규정된 ampere-hour(Ah) 단위로 나타낸 리튬이차전지 셀 정격 용량에 시간으로 나눈 기준값

비고 KS C IEC 61434 참조

3.11

배터리시스템(battery system); 전지시스템

배터리(battery); 전지

하나 또는 그 이상의 셀, 모듈 또는 배터리 팩을 포함하는 시스템

비고 1 배터리 시스템은 과충전, 과전류, 과방전 및 과열 상황을 차단시키기 위한 배터리 관리 시스템을 가지고 있다.

비고 2 제조자와 고객 간의 합의가 있을 경우, 과방전 차단 기능은 필수 항목이 아니다.

비고 3 냉각 또는 가열 장치를 포함할 수 있다.

비고 1

[출처 : KS C IEC 62619, 3.11 수정]

3.12

전지 에너지(battery energy)

규정된 조건하에 전지가 공급할 수 있는 전기 에너지

비고 에너지의 SI 단위는 주울(joule, $1 \text{ J} = 1 \text{ W}\cdot\text{s}$)이지만 이 표준에서 전지 에너지는 Wh ($1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$)로 표현한다.

[출처 : SPS-C KBIA-10104-7312, 3.14]

3.13

정격 용량(rated capacity)

제조사가 제시한 지정된 조건에서의 셀의 용량 값

비고 정격 용량은 셀에서 지정된 조건에서 n 시간 동안 충전, 보관 및 방전할 수 있다고 제조사에서 제시한 $C_n\text{Ah}$ (암페어-시)의 전력량.

[출처 : SPS-C KBIA-10104-7312, 3.16 수정]

3.14

주변온도(ambient temperature)

(25 ± 5) °C의 범위인 일반적인 온도

[출처 : SPS-C KBIA-10104-7312, 3.17]

3.15

충전상태(state of charge)

SOC

정격 용량의 백분율로 표현되는 셀의 가용 용량

[출처 : KS C IEC 62660-2, 3.7 수정]

3.16

충전종료전압(end of charge voltage)

전지의 성능에 영향을 주지 않는 범위 내에서 충전 가능한 최대 충전 전압 또는 충전을 종료하도록 규정한 전지 전압

3.17

누출(leakage)

육안으로 확인 가능한 액체 전해질이 나오는 현상

3.18

벤팅(venting)

과열 또는 폭발을 방지하기 위한 설계에 의해 의도된 방식으로 셀, 모듈, 배터리 팩 또는 전지시스템에서 과도한 내부 압력을 배출시키는 것

3.19

파열(rupture)

내·외부의 원인에 의한 셀 케이스의 기계적 파손

비고 파손 시 내부 물질이 노출되지만 밖으로 쏟아져 나오지 않아야 한다.

3.20

폭발(explosion)

셀 케이스가 격렬하게 열리고 고체 물질이 강제 배출될 때 발생하는 고장

비고 액체, 가스, 연기가 분출될 수 있다.

3.21

발화(fire)

셀에서의 불꽃 방출

3.22

트레이스 히터(trace heater)

히터(heater)

하나 또는 다수의 금속 도체 또는 전기적 전도성이 있는 물질로 구성되어 있으며, 적절히 절연되고 전기적으로 보호되며, 전기저항의 원리에 따라 열을 발생시키려는 목적으로 설계된 히팅 패드 또는 히팅 패널 장치

[출처 : KS C IEC 60079-30-1, 3.36 수정]

3.23

히팅 패드(heating pad)

가열 대상 물체의 표면 형상에 적용할 수 있는 트레이스 히터로 충분한 유연성을 가지는 직렬 또는 병렬 연결부를 포함하는 히터류(예시: 필름히터 등)

[출처 : KS C IEC 60079-30-1, 3.12 수정]

3.24**히팅 패널(heating panel)**

가열 대상물체의 표면의 일반적 형상에 적용할 수 있도록 제조된 트레이스 히터로 유연성이 없는 직렬 또는 병렬 연결부를 포함하는 히터류(예시: 운모, 세라믹히터 등)

[출처 : KS C IEC 60079-30-1, **3.13** 수정]

3.25**가열 대상(workpiece)**

히터가 적용되는 물체

[출처 : KS C IEC 60079-30-1, **3.42**]

3.26**온도 조절 장치(temperature control device)**

지정된 범위 내에서 온도를 유지하기 위한 장치

3.27**열전이(thermal propagation)**

셀의 열폭주에서 생성된 열 에너지가 인접한 셀로 전달되어 열폭주를 발생시키는 현상

3.28**열폭주(thermal runaway)**

셀 내부의 제어되지 않는 발열반응으로 인한 급격한 열 발생 현상

비고 셀 표면 온도 상승 속도가 1℃/초로 3초 이상 또는 발화 및 폭발 발생 시 제어할 수 없는 발열반응으로 판단할 수 있다.

4 일반 요구사항**4.1 시험조건****4.1.1 일반**

측정에 사용된 기기의 상세사항은 결과보고서에 기록되어야 한다.

4.1.2 측정기기**4.1.2.1 측정기기의 범위**

사용되는 온도, 전압과 전류 측정기는 측정된 값을 잘 나타낼 수 있어야 한다. 측정기기의 범위와 측정방법은 각 시험항목에서 규정하는 정확도를 제공할 수 있어야 한다.

동등한 정확도를 제공할 수 있는 다른 측정기기를 사용하여도 된다.

4.1.2.2 전압측정

전압측정에 사용되는 전압계는 최소 1 MΩ/V 의 저항을 가져야 한다.

4.1.2.3 전류측정

전류측정에 사용되는 전류계 및 션트(shunt)는 0.5급 이상의 정확도를 가져야 한다.

4.1.2.4 온도측정

셀의 온도는 4.1.2.1에 규정되어 있는 수치 정의와 교정 정밀도를 갖는 표면 온도 측정기기를 사용하여 측정한다. 온도는 셀의 온도를 가장 잘 반영할 수 있는 위치에 근접해서 측정해야 한다.

온도 측정에 필요한 상세 조건은 제조자의 조건을 따른다.

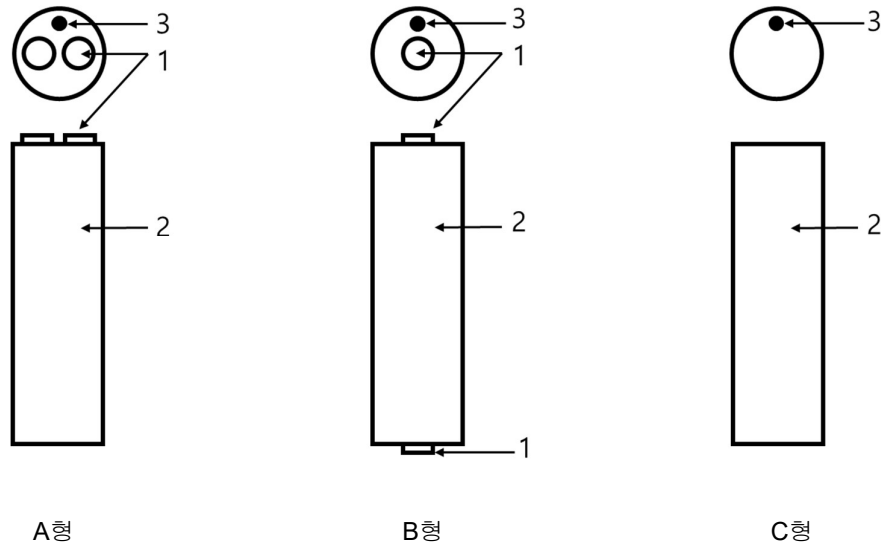
비고 열전대는 지름 0.511 mm, K타입의 와이어로 구성된 IEC EE OD-5012 기준의 열전대를 사용해야 한다.

4.1.2.5 치수측정

이 항목은 셀의 치수를 측정한다.

셀의 전체 폭, 두께 또는 지름과 셀 길이 등 치수는 4.1.3에 나타난 허용 오차에 따라 유효숫자3자리까지 표기한다.

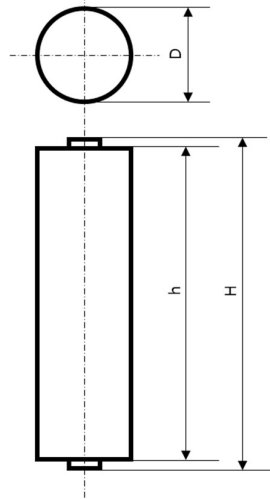
치수의 표기 예는 그림 1 ~ 6을 참조한다.



식별부호

- 1 단자
- 2 셀 외함
- 3 벤트

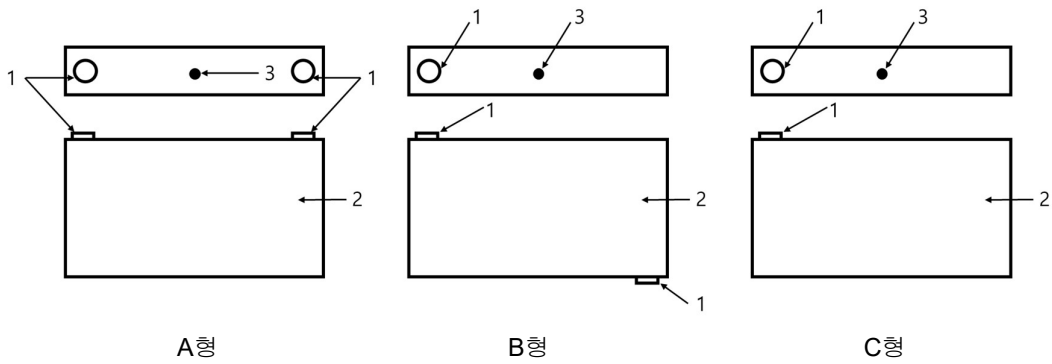
그림 1 — 원통형 셀



식별부호

- D 지름
- H 단자를 포함한 높이
- h 단자를 제외한 높이

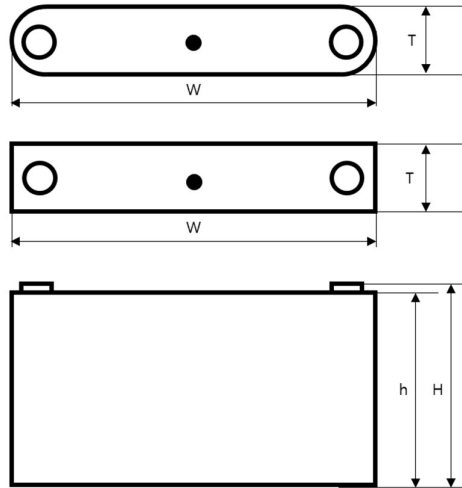
그림 2 — 원통형 셀의 치수 측정



식별부호

- 1 단자
- 2 셀 외함
- 3 벤트

그림 3 — 각형 셀



식별부호

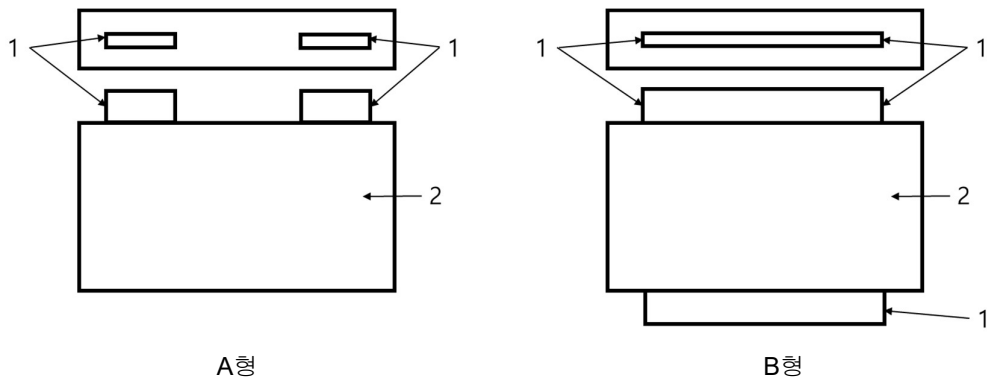
T 두께

W너비

H 단자를 포함한 높이

h 단자를 제외한 높이

그림 4 — 각형 셀의 치수 측정

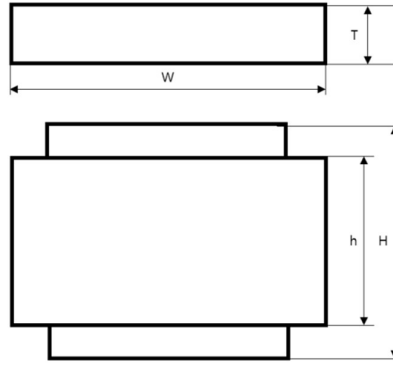


식별부호

1 단자

2 셀 외함

그림 5 — 파우치 셀



식별부호

T 두께

W 너비

H 단자를 포함한 높이

h 단자를 제외한 높이

그림 6 — 파우치 셀의 치수 측정

4.1.2.6 기타 측정

용량, 전력 등을 포함하는 다른 측정 값들은 4.1.3에 제시된 측정 기기로 측정한다.

4.1.3 허용오차

규정된 또는 실측된 값에 대한 제어와 측정의 전반적인 정확도에 대한 오차 한계는 다음과 같다.

- a) 전압 : $\pm 0.5\%$
- b) 전류 : $\pm 1\%$
- c) 온도 : $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- d) 시간 : $\pm 0.1\%$
- e) 질량 : $\pm 1\%$
- f) 치수 : $\pm 1\%$

이 오차는 측정기기의 정밀도, 측정오차와 기타 시험과정에서 발생하는 다른 모든 요소들을 포함한다.

4.2 시료 준비

특별한 언급이 없다면 최초 시료인 셀을 다음과 같이 방전한다.

셀을 주변온도 (25 ± 5) $^{\circ}\text{C}$ 에서 제조자가 제시하는 방법에 의해 방전종료전압까지 방전한다.

4.3 표준 사이클

이 표준 사이클 목적은 셀의 동일한 초기 상태를 유지하는데 있다.

4.3.1 절차

4.3.1.1 일반사항

주변온도(25 ± 5) °C에서 표준 사이클을 수행하여야 한다.

표준 사이클은 표준충전(4.3.1.2 참조)과 표준방전(4.3.1.3 참조) 순서로 수행한다.

만약, 어떤 이유로 표준 사이클의 종료 후 열폭주 방법 도입 시작 시간 간격이 24시간보다 길어지면, 표준 사이클을 반복 할 수 있으며, 최초 시료에 대해 2회 실시를 기준으로 한다.

비고 제조자가 제시한 정격용량을 확인하기 위해 표준 사이클에서 2회째 측정된 방전용량을 기록한다.

4.3.1.2 표준 충전

표준충전전류: 제조자 제시 충전전류

충전 절차 및 충전 종료 판단기준은 제조자가 지정한 조건에 따라 적용하고, 전반적인 충전 진행에 대한 제한시간을 포함해야 한다.

충전절차: 일정한 표준충전전류로 제조자가 제시하는 방법으로 충전종료전압까지 충전한다. 충전 후 안정상태에 도달하기까지의 휴지시간은 1시간 이내이다.

4.3.1.3 표준 방전

표준방전전류: 제조자 제시 방전전류

방전절차: 일정한 표준방전전류로 제조자가 제시하는 방전종료전압까지 방전한다. 방전 후 안정상태에 도달하기까지의 휴지시간은 1시간 이내이다.

4.4 SOC 조절

이 표준에서 규정하는 SOC 100% 상태를 만들기 위한 절차에 관한 것이다.

셀은 다음에 규정된 바와 같이 SOC가 조절되어야 한다.

- 제조자는 SOC 100%에 대한 개로전압(OCV) 상태를 정의하여야 한다.
- 4.3.1.2에 따라 SOC 100%로 충전한다.
- SOC 100 % 상태 시 개로전압을 측정하여 기록한다.
- 충전 후 4.5에 따라 주변온도(25 ± 5) °C에서 휴지상태로 둔다.
- 열폭주 방법 도입 전 개로전압은 SOC100% 도달 후 30분이내에 측정한다.

비고 1 셀이 적용될 전지시스템 설계와 제원이 확인 가능할 경우, 제조자는 전지시스템의 최대 작동 SOC에 대한 개로전압 상태를 정의하고 **비고 2**와 **3**에 따라 조절할 수 있다.

비고 2 4.3.1.3에 따라 방전한다. 이때 다음의 식을 적용한 시간 동안 방전하여 시험대상의 SOC를 조절하고 지정된 SOC 상태 시 개로전압을 측정하여 기록한다. $(100-n)/100 \times (1/I_A)h$ [n: 맞추고자 하는 SOC(%), I_A : 표준방전전류]

비고 3 방전 후 4.5에 따라 주변온도(25 ± 5) °C에서 휴지상태로 둔다.

비고 4 SOC100% 도달 후 시험은 3일 내에 수행되어야 한다.

4.5 열 안정화

특별한 언급이 없으면 각 열전이 방법 실시 전에 셀을 주변온도에서 최소 1시간 이상 안정화 시켜야 한다. 만약 셀의 온도변화가 분당 2 °C 미만이라면, 열 안정화가 되었다고 본다.

이 표준에서 별다른 언급이 없다면 셀은 제조자가 제시하는 방법으로 주변온도 (25 ± 5) °C에서 안정화한다.

5 히터에 의한 가열방법

5.1 외부히터 가열

5.1.1 개요

이 방법은 히터를 이용하여 외부에서 열을 가해 셀이 열폭주가 발생하는 것을 모사하기 위한 방법이다.

히터의 면적은 셀 표면의 가장 큰 면적 중 한쪽 면에 50% 이상으로, 셀 표면의 열전대 부착을 위해 셀 최대 면적보다는 작아야 한다.

비고 1 셀을 고정하기 위해 지그를 사용할 수 있다.

비고 2 히터는 셀 표면 양면에 부착할 수 있다.

5.1.2 절차

- a) 4.3에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- b) 4.4에 따라 SOC 조절 후 개로전압을 측정하고 기록한 후 전압 오차범위를 확인한다.
- c) **부속서 A.1**에 따라, 히터와 열전대를 부착한다.
- d) 온도조절장치를 이용하여 히터-셀 온도 기준으로 (5 ± 2) °C/min 의 속도로 가열, 또는 **부속서 B**를 참고하여 전력을 인가하여 셀을 가열한다.
- e) 시료가 완전 연소되고 최고 온도가 60°C 미만으로 내려간 후 1시간이 경과 될 때까지 5.1.3의 사항을 기록하고 관찰한다.
- f) a) ~ e) 단계를 새로운 시료로 3회 시험한다.

비고 만약 시료가 열폭주(완전 연소)가 발생하지 않은 경우, 셀 표면의 온도가 주변온도 (25 ± 5) °C 로 내려간 후 최소 12시간 이상이 경과된 후 폐기 처리한다.

5.1.3 기록사항

아래의 데이터를 기록해야 한다

시험 전 기록사항

- g) 셀 타입(예시: 원통형, 각형, 파우치형)
- h) 셀 화학 조성(예시: 양극활물질, 음극활물질)
- i) 셀 정격용량과 전압
- j) 셀 치수와 무게
- k) SOC 조건
- l) 셀 개로전압

m) **부속서 A.1**에 따른 히터 제원

시험 후 기록사항

- n) 셀 전압-시간 함수 그래프
- o) 승온속도 또는 인가 전력-시간 함수 그래프
- p) 히터-셀 온도, 셀 표면 온도-시간 함수 그래프
- q) 영상

5.2 내부히터 가열

5.2.1 개요

이 방법은 히터를 이용하여 셀 내부 가열에 의한 열폭주를 발생하는 것을 모사하기 위한 방법이다.

비고 1 이 방법은 각형 셀에만 적용하는 것을 권고한다. 단, 원통형 셀과 파우치형 셀의 경우, 본 방법이 가능하다면 적용 할 수 있다.

비고 2 내부히터에 전력인가를 위한 전선과 열전대 삽입을 위해 단일 홀을 셀 케이스에 타공을 할 수 있으며, 셀의 전기적 영향이 없는 내에서 히터의 크기와 부착 위치 선정과 셀 케이스가 타공되어야 한다.

비고 3 셀을 고정하기 위해 지그를 사용할 수 있다.

5.2.2 절차

r) **부속서 A.2**에 따라, 히터와 열전대를 셀 내부에 부착한다.

비고 제조자는 셀 내부에 제조자가 제시한 히터 설계사항대로 히터가 삽입되어 있음을 자료제출로 입증해야 한다.(예시 : X-ray 장비 등)

s) **4.3**에 따라 표준 사이클을 실시한다.

t) **4.4**에 따라 SOC 조절 후 개로전압을 측정하고 기록한 후 전압 오차범위를 확인한다.

u) 온도조절장치를 이용하여 히터-셀 내부 온도 기준으로 $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이상의 속도로 가열, 또는 **부속서 B**를 참고하여 전력을 인가하여 가열한다.

v) 시료가 완전 연소되고 최고 온도가 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 미만으로 내려간 후 1시간이 경과 될 때까지 **5.2.3**의 사항을 기록하고 관찰한다.

w) a) ~ e) 단계를 새로운 시료로 3회 시험한다.

비고 만약 시료가 열폭주(완전 연소)가 발생하지 않은 경우, 셀 표면의 온도가 주변온도 (25 ± 5) $^{\circ}\text{C}$ 로 내려간 후 최소 12시간 이상이 경과된 후 폐기 처리한다.

5.2.3 기록사항

아래의 데이터를 기록해야 한다

시험 전 기록사항

- x) 셀 타입(예시 : 원통형, 각형, 파우치형)
- y) 셀 화학 조성(예시: 양극활물질, 음극활물질)
- z) 셀 정격용량과 전압
- aa) 셀 치수와 무게
- bb) SOC 조건

- cc) 셀 개로전압
- dd) 부속서 A.1에 따른 히터 제원
- ee) 단일 홀 크기와 위치

시험 후 기록사항

- ff) 셀 전압-시간 함수 그래프
- gg) 승온속도 또는 인가 전력-시간 함수 그래프
- hh) 히터-셀 내부 온도, 셀 표면 온도-시간 함수 그래프
- ii) 영상

6 관통방법

6.1 개요

이 방법은 단일 셀을 외부 물체가 관통하여 단락을 일으키는 경우에 의한 열폭주가 발생하는 것을 모사하기 위한 방법이다.

6.2 절차

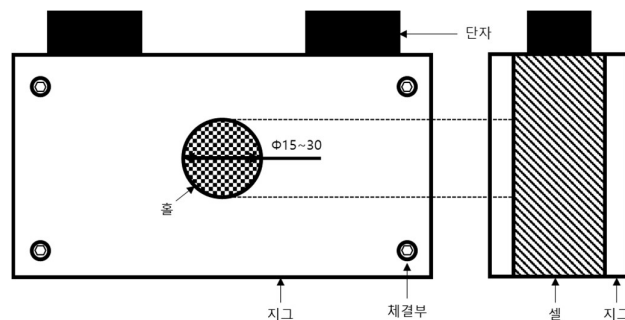
- jj) 4.3에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- kk) 4.4에 따라 SOC 조절 후 개로전압을 측정하고 기록한 후 전압 오차범위를 확인한다.

비고 1 제조자의 조건에 따라 셀 케이스에 관통을 위한 단일 홀 타공을 할 수 있으며, 셀의 전기적 영향이 없어야 한다.(그림 7a 또는 KS C IEC TR 62660-4 5.1.2.2 참조)

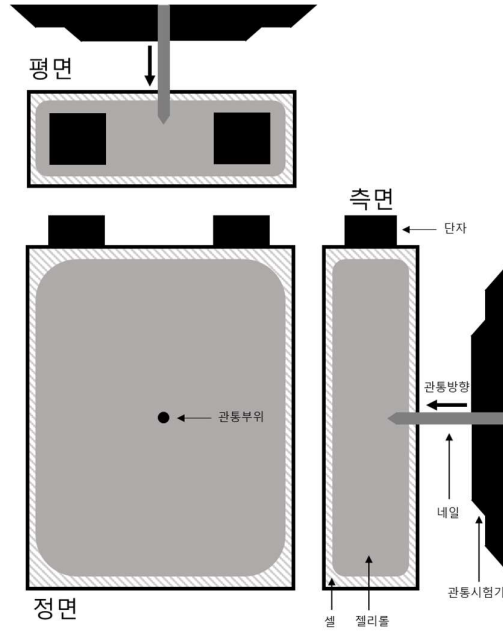
비고 2 셀을 고정하기 위해 지그를 사용할 수 있다. 단, 셀 케이스의 타공여부와 상관없이 지그는 네일이 관통하는 위치를 고려하여 타공되어야 한다.(그림 7b 참조)

비고 3 네일 관통 방향은 모듈 또는 전지시스템의 설계사항을 고려하여 셀 내부 젤리롤 면의 수직 방향으로만 진행한다.(그림 7b 참조)

II) 표 2의 조건에 따라, 단일 셀을 네일로 관통시키고 열폭주가 발생하면 네일은 정지상태로 고정한다.



(a) 지그 홀 크기 및 위치



(b) 관통 방향

그림 7 — 홀 크기, 위치와 관통 방향

표 2 — 관통 방법 조건

구분	조건
네일 지름	1mm ~ 3mm
네일 팁 형태	원추형, 각도(20~45도)
네일 재질	SUS, SKD-11, SUS 440C, SUS300, 세라믹 재질 등
관통 속도	2mm/s 이하
관통 깊이	관통 도달 종료 위치는 다음과 같아야 한다. 1. 젤리롤 구성 셀: 젤리롤 1개 두께의 50 % 2. 적층 전극 구성 셀: 수직: 적층이 세분화된 경우 적층 두께의 50 % 또는 적층이 세분화되지 않은 경우 전체 두께의 50 %

mm) 시료가 완전 연소되고 최고 온도가 60℃ 미만으로 내려간 후 1시간이 경과될 때까지 6.3의 사항을 기록하고 관찰한다.

nn) a) ~ d) 단계를 새로운 시료로 3회 시험한다.

6.3 기록사항

아래의 데이터를 기록해야 한다

시험 전 기록사항

- oo) 셀 타입(예시: 원통형, 각형, 파우치형)
- pp) 셀 화학 조성(예시: 양극활물질, 음극활물질)
- qq) 셀 정격용량과 전압
- rr) 셀 치수와 무게

- ss) SOC 조건
- tt) 셀 케이스 홀 크기와 위치(해당 시)
- uu) 네일 정보(재질, 팁 형태, 지름과 각도)

시험 후 기록사항

- vv) 셀 전압-시간 함수 그래프
- ww) 셀 표면 온도-시간 함수 그래프
- xx) 관통 조건(관통 방향, 속도, 깊이)
- yy) 영상

7 과충전 방법

7.1 개요

이 방법은 단일 셀에 과도한 충전을 의도하여 열폭주가 발생하는 것을 모사하기 위한 방법이다

비고 셀의 전류차단장치(CID)가 있는 경우, 시험 전 이를 제거하여야 한다.

7.2 절차

zz) 4.3에 따라 표준 사이클을 실시한다.

aaa) 셀을 제조자가 제시한 전류로 열폭주가 발생할 때까지 충전한다.

bbb) 시료가 완전 연소되고 최고 온도가 60 °C 미만으로 내려간 후 1시간이 경과 될 때까지 7.3의 사항을 기록 및 관찰한다.

ccc) a) ~ c) 단계를 새로운 시료로 3회 시험한다.

7.3 기록사항

아래의 데이터를 기록해야 한다.

시험 전 기록사항

- ddd) 셀 타입(예시: 원통형, 각형, 파우치형)
- eee) 셀 화학 조성(예시: 양극활물질, 음극활물질)
- fff) 셀 정격용량과 전압
- ggg) 셀 치수와 무게
- hhh) SOC 조건
- iii) 셀 개로전압

시험 후 기록사항

- jjj) 셀 전압-시간 함수 그래프
- kkk) 셀 표면 온도-시간 함수 그래프
- lll) 영상

부속서 A (규정)

히터 가열 방법 일반사항

A.1 히터

본문 5.1과 5.2의 외부 및 내부히터 가열방법에서 사용되는 트레이스 히터는 히팅 패드 또는 히팅 패널을 사용할 수 있으며, 온도조절기로 승온속도 조절 또는 전원공급장치로 출력이 인가되어 발열할 수 있어야 한다. 셀 표면과 셀 내부에 히터 부착의 용이성을 위해 히터 뒷면은 접착성분으로 도포할 수 있다.

히터의 면적 설계의 요구사항은 다음과 같다.

- 외부히터 : 셀 표면 온도측정을 위한 5mm 이내의 구역에 열전대 부착이 가능하여야 하며 모듈과 전지시스템의 설계를 고려하여 출력단자 부위의 폭(표 A.1의 c)과 높이(표 A.1의 d)를 설계한 셀 표면 50% 이상의 제조자 제시 면적
- 내부히터 : 셀 내부 설계사항(젤리롤 면적)을 고려한 제조자 제시 면적

히터 제원의 기록사항은 다음과 같으며, 표 A.1을 참조한다.

- 타입(히팅패드, 히팅패널)
- 종류(필름히터, 세라믹히터, 운모히터 등)
- 히터 제원과 도면

표 A.1 — 히터 제원

항목	구분	도면(예시)
타입		
종류		
열선 재질		
치수	a(mm)	
	b(mm)	
	면적(cm ²)	
	c(mm)	
	d(mm)	
전기적 제원	e(μm, 두께)	
	전압(V)	
	전류(A)	

	전력(W)		
	전력밀도(W/cm ²)		
	저항(Ω)		

A.2 히터와 열전대 부착 위치

승온속도 조절과 전력인가를 위한 열전대는 외부히터 방법의 경우 히터와 셀 표면 사이 온도(히터-셀 표면 온도) 또는 내부히터 방법의 경우 히터와 셀 내부 온도(히터-셀 내부 온도)를 측정하기 위해 그림 A.1에 따라 부착한다.

비고 1 온도조절을 위한 열전대는 히터 중앙 부위 열선에 부착해야 한다.

비고 2 열전대는 지름 0.511 mm, K타입의 와이어로 구성된 IECCE OD-5012 기준의 열전대를 사용해야 한다.

비고 3 외부히터의 경우 셀 표면 양면에 부착할 수 있다.

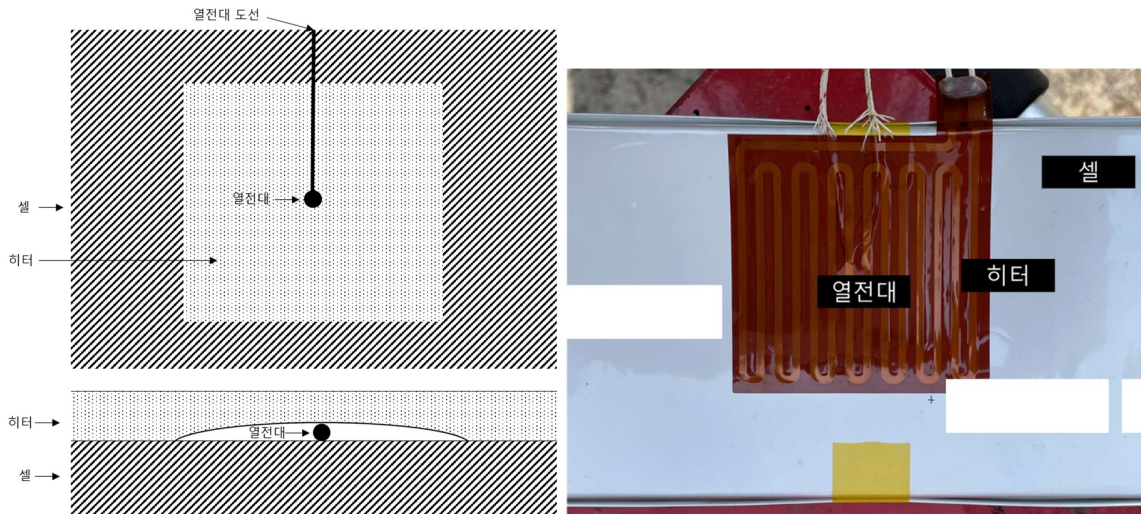


그림 A.1 - 승온속도 및 전력인가 기준 열전대 부착위치

외부히터 부착위치는 전지시스템 설계와 제원을 고려하여 간섭을 최소화하는 위치로 제조사가 정한다. 만약 전지시스템의 설계와 제원을 알 수 없는 경우, 히터는 셀의 하부를 기준으로 부착하며 셀 면적의 최대면적으로 히터를 부착 시에는 셀 표면 온도 측정을 위한 열전대 부착을 위해 셀 상부 끝 5mm의 공간은 확보해야 한다. 원통형 셀의 경우 원통면, 파우치형 셀과 각형 셀의 경우 가장 넓은 면 기준으로 부착하며, 그림 A.2를 참조한다.

내부히터 부착위치는 입출력 열선과 히터는 셀의 기능에 영향을 주지 않는 방법을 통해 삽입해야 한다. 히터의 위치는 적층 또는 와인딩된 젤리롤 외부 또는 내부에 부착 가능하다.

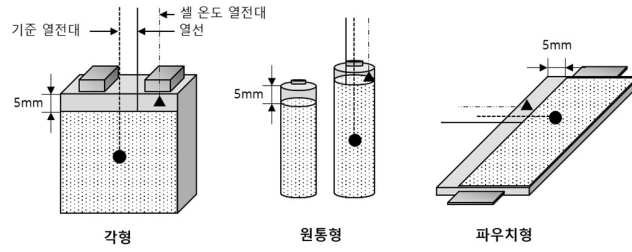


그림 A.2 - 히터 및 열전대 위치

부속서 B (참고)

외부히터 설계와 전력인가 승온-조건 예시

다음 표는 외부히터를 사용하여 열폭주를 유도할 때, 히터에 전력을 인가하여 승온속도를 조절하는 기준과 절차에 대한 예시이다. 시험자는 관련 시험 절차와 조건을 제조자와 협의할 수 있으며, 변경된 모든 사항을 결과 보고서에 기록한다.

B.1 외부가열 히터의 설계 제원

외부히터 방법을 활용하여 열폭주를 유도할 때, 사용되는 히터에 대한 제원의 예시이다. 사용되는 히터는 표B.1을 참조하여 설계할 수 있으며, 5.1.1 및 부속서 A를 고려하여 설계하여야 한다.

표 B.1 — 히터 제원 예시

항목	구분		도면(예시)
타입	히팅 패드		
종류	필름 히터		
열선 재질	SUS304 30 μ m		
치수	a(mm)	65	
	b(mm)	65.94	
	면적(cm ²)	42.88	
	c(mm)	14	
	d(mm)	20	
	e(μ m, 두께)	50	
전기적 제원	전압(V)	24	
	전류(A)	-	
	전력(W)	60	
	전력밀도(W/cm ²)	1.399	
	저항(Ω)	9.6 \pm 10%	

B.2 외부가열 히터 전력인가 예시

원통형 셀 기준

표 B.2 — 히터출력 60W 이하에서의 전력인가 승온조건 예시

단계	누적시간 s	전압 V	히터저항 Ω	누적열량 J
1	60	2	≤ 10	24 \pm 5
2	120	4	≤ 10	192 \pm 5

3	180	6	≤10	648 ± 5
4	240	8	≤10	1 536 ± 5
5	300	10	≤10	3 000 ± 5
6	360	12	≤10	5 184 ± 5
7	420	14	≤10	8 232 ± 5
8	480	16	≤10	12 288 ± 5
9	540	18	≤10	17 496 ± 5
10	600	20	≤10	24 000 ± 5
11	660	22	≤10	31 944 ± 5
12	720	24	≤10	41 472 ± 5
13	780	26	≤10	52 728 ± 5
14	840	28	≤10	65 856 ± 5
15	900	30	≤10	81 000 ± 5

파우치형 셀 기준

표 B.3 — 히터출력 60W 이하에서의 전력인가 승온조건 예시

단계	누적시간 s	전압 V	히터저항 Ω	누적열량 J
1	60	2	≤10	24 ± 5
2	120	4	≤10	192 ± 5
3	180	6	≤10	648 ± 5
4	240	8	≤10	1 536 ± 5
5	300	10	≤10	3 000 ± 5
6	360	12	≤10	5 184 ± 5
7	420	14	≤10	8 232 ± 5
8	480	16	≤10	12 288 ± 5
9	540	18	≤10	17 496 ± 5
10	600	20	≤10	24 000 ± 5
11	660	22	≤10	31 944 ± 5
12	720	24	≤10	41 472 ± 5
13	780	26	≤10	52 728 ± 5
14	840	28	≤10	65 856 ± 5
15	900	30	≤10	81 000 ± 5
16	960	32	≤10	98 304 ± 5
17	1 020	34	≤10	117 912 ± 5
18	1 080	36	≤10	139 968 ± 5
19	1 140	38	≤10	164 616 ± 5
20	1 200	40	≤10	192 000 ± 5
21	1 260	42	≤10	222 264 ± 5
22	1 320	44	≤10	255 552 ± 5
23	1 380	46	≤10	292 008 ± 5
24	1 440	48	≤10	331 776 ± 5
25	1 500	50	≤10	375 000 ± 5
26	1 560	52	≤10	421 824 ± 5
27	1 620	54	≤10	472 392 ± 5

28	1 680	56	≤ 10	526 848 \pm 5
29	1 740	58	≤ 10	585 336 \pm 5
30	1 800	60	≤ 10	648 000 \pm 5
31	1 860	62	≤ 10	714 984 \pm 5
32	1 920	64	≤ 10	786 432 \pm 5
33	1 980	66	≤ 10	862 488 \pm 5
34	2 040	68	≤ 10	943 296 \pm 5
35	2 100	70	≤ 10	1 029 000 \pm 5

각형 셀 기준

표 B.4 — 히터출력 400W 이하에서의 전력인가 승온조건 예시

단계	누적시간 s	전압 V	저항 Ω	누적열량 J
1	60	10	≤ 3	4 167 \pm 5
2	120	20	≤ 3	33 333 \pm 5
3	180	30	≤ 3	112 500 \pm 5
4	240	40	≤ 3	266 667 \pm 5
5	300	50	≤ 3	520 833 \pm 5
6	360	50	≤ 3	625 000 \pm 5
7	420	50	≤ 3	729 167 \pm 5
8	480	50	≤ 3	833 333 \pm 5
9	540	50	≤ 3	937 500 \pm 5
10	600	50	≤ 3	1 041 667 \pm 5
11	660	50	≤ 3	1 145 833 \pm 5
12	720	50	≤ 3	1 250 000 \pm 5
13	780	50	≤ 3	1 354 167 \pm 5
14	840	50	≤ 3	1 458 333 \pm 5
15	900	50	≤ 3	1 562 500 \pm 5

SPS-C KBIA-10104-05-7488

해 설

이 해설은 이 표준과 관련된 사항을 설명하는 것으로 표준의 일부는 아니다.

1 개요

1.1 제정의 취지

리튬 이차 전지는 높은 에너지 밀도와, 우수한 수명 특성으로 소형전자기기부터, 전기자동차, 에너지 저장시스템 등 우리 생활과 밀접한 응용분야에 빠른 속도로 보급되었다.

이처럼 리튬 이차 전지의 보급 사례가 늘어나면서 운용 또는 시험 중 과부하 및 오작동이 발생하거나 관통이나 가열 등 외부요인에 의한 화재 사고 또한 지속적으로 발생하고 있다.

현재 리튬 이차 전지에 대한 화재 안전성 검증에 대하여 국가로부터 안전인증 등을 통하여 검증하게끔 되어있지만, 그 시험 방법에 대한 정확한 방법의 부재와 기존 해외 규격들의 경우 국내 환경이 반영되지 않았으며 해당 규격에 대한 시험 환경이 국내에 조성되지 않아 검증 인프라가 미비한 상황이다. 따라서 본 단체표준은 셀의 제조공정 상의 불량 또는 전지시스템 내에서 안전장치의 오작동에 의해 셀이 열폭주가 발생한 경우를 가정하여 전지시스템 내의 열전이를 모사할 수 있는 구체적인 셀 열폭주 유도 시험 방법의 제시를 통하여 전지시스템의 화재로부터 안전성 확보 가능성을 확인하고 안전한 리튬 이차 전지 시장환경을 조성하고자 제정하였다.

2 제정 내용

2.1 주요사항

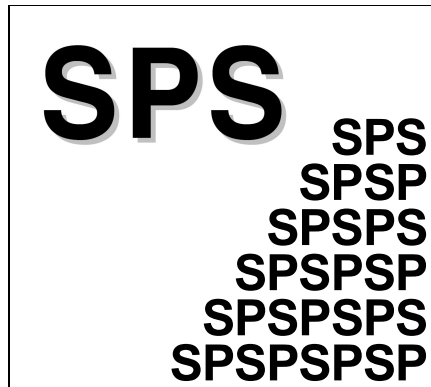
본 표준의 시험방법과 기록사항은 아래의 표준을 참고하여 제정하였다.

시험항목	참고 표준	항목 기입 근거	제정 표준과 참고 표준 차이점
3 용어와 정의	KSC IEC 60079-30-1를 참고하여 삽입	셀 열폭주 발생을 위해 사용되는 히터와 시험조건 수립에 대한 표준용어 사용을 위해 삽입	히팅패드와 히팅패널은 트레이스 히터의 종류로 각 용어에 대한 일반적으로 사용하는 히터 제품의 예시(필름히터, 온도, 세라믹 히터 등)를 삽입함
4 일반 요구사항	SPS-C KBIA-10104-03-7312를 참고하여 삽입	열폭주 유도를 위한 초기 시료 상태를 동일하게 유지하고 열전대 부착 후 열안정화 조건과 히터 면적 계산을 위한 셀의 치수 측정 등 열폭주 시험 전 사전 요구사항에 대한 명시 필요	초기 시료에 대해 완전방전 후 열폭주 유도를 위한 SOC 100%로 조절하는 조건으로 제조사 제시 조건으로 실시하고 치수 측정을 통한 히터의 면적 계산 등 활용에 따라 각 시험항목에서 요구하는 SOC 조건이 다른 점과 에너지밀도 계산

			을 위한 치수 측정 부분에 대해 참고 표준과 차이점이 있음
5 히터에 의한 가열 방법	KS C IEC 62619 기반, UL9540A를 참고하여 시험방법 개발	KS C IEC 62619 부속서B.3 열폭주를 발생시키기 위한 방법 내 “히터에 의한 가열” 내용을 근거로 삽입함 “대용량 이차전지 화재안전성 시험 평가 기술개발 및 검증센터 구축” 과제로 총 5차의 셀 타입 및 히터 크기별 시험과 데이터를 바탕으로 해당 시험방법 및 데이터를 도출하고 해당 내용은 과제 진도실적보고서의 별첨 12 열폭주 시험 데이터 분석 및 표준화에 수록	기존 KS C IEC 62619 부속서B.3 열폭주를 발생시키기 위한 방법에서 제시된 “히터에 의한 가열”에서는 구체적인 시험방법이 없음 UL9540A를 참고하여 외부 히터 시험 시 결과에 영향을 미칠 수 요인인 열전대와 히터의 부착 위치, 히터의 크기 및 기록사항 등에 대한 상세 내용을 본 표준에 기입함 UL9540A에 없는 내부 히터 시험을 추가함으로써 에너지밀도가 높은(대형 크기) 셀도 열폭주를 발생시킬 수 있는 시험방법을 개발하고 도입함
6 관통 방법	KS C IEC 62619 기반, KS C IEC TR 62660-4를 참고하여 시험방법 개발	KS C IEC 62619 부속서B.3 열폭주를 발생시키기 위한 방법 내 “단전지의 못 관통” 내용을 근거로 삽입함 “대용량 이차전지 화재안전성 시험 평가 기술개발 및 검증센터 구축” 과제로 총 3차의 각형 셀 시험과 데이터를 바탕으로 해당 시험방법 및 데이터를 도출하고 해당 내용은 과제 진도실적보고서의 별첨 12 열폭주 시험 데이터 분석 및 표준화에 수록	기존 KS C IEC 62619 부속서B.3 열폭주를 발생시키기 위한 방법에서 제시된 “단전지의 못 관통”에서는 구체적인 시험방법이 없음 KS C IEC TR 62660-4 제정 시 한국에서 제안한 못(네일)의 제원, 관통 속도 및 기록사항 등에 대한 상세 내용을 본 표준에 기입함
7 과충전 방법	KS C IEC 62619, SPS-C KBIA-10104-03-7312 참고 시험방법 개발	KS C IEC 62619 부속서B.3 열폭주를 발생시키기 위한 방법 내 “과충전” 내용을 근거로 삽입함 “대용량 이차전지 화재안전성 시험 평가 기술개발 및 검증센터 구축” 과제로 총 2차의 셀 타입별 시험과 데이터를 바탕으로 해당 시험방	기존 KS C IEC 62619 부속서B.3 열폭주를 발생시키기 위한 방법에서 제시된 “과충전”에서는 전류 차단 장치(CID) 기능 상실 내용만 있으며 구체적인 시험방법이 없음 SPS-C KBIA-10104-03-7312의 셀의 과충전 시험을 바

		법 및 데이터를 도출하고 해당 내용은 과제 진도실적보고서의 별첨 12 열폭주 시험 데이터 분석 및 표준화에 수록	탕으로 셀 타입별 목표 전압 지정 시 열폭주가 발생하지 않을 가능성을 고려하고 기록사항에 대한 상세 내용을 본 표준에 기입함
--	--	--	---

SPS-C KBIA-10104-05-7488:2022



**Test method for thermal runaway induce
in secondary lithium cells for energy
storage system**

ICS 29.220.30