



2019年

2 月

碩士學位論文

Li-ion 배터리 대용량 패키지 제작을 위한 전기적 특성 분석

鄭

昌

權

[UCI]I804:24011-200000267071

2019年 2月 碩士學位論文

# Li-ion 배터리 대용량 패키지 제작을 위한 전기적 특성 분석

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

电米仅侧脚口上字件	電氣技	<i>術融</i>	合工	學利
-----------	-----	-----------	----	----

權 鄭 昌



# Li-ion 배터리 대용량 패키지 제작을 위한 전기적 특성 분석

Analysis of electrical characteristics for manufacturing Li-ion large-capacity battery packs

2019年 2月 25日

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

## 鄭昌權

Collection @ chosun



# Li-ion 배터리 대용량 패키지 제작을 위한 전기적 특성 분석

### 指導教授 曺 錦 培

## 이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

2018年 10月

# 朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

## 鄭昌權





# 鄭 昌 權의 碩士學位論文을 認准함

委員長	朝鮮大學校	教授	김 용 재	_印
委員	朝鮮大學校	教授	_ 고 필 주	_印
委員	朝鮮大學校	敎授	조금배	_印

#### 2018年 11月

# 朝鮮大學校 産業技術融合大學院

Collection @ chosun



목 차

1. 서 온1
Ⅱ. 이론적 고찰
A. 리튬이온 전지2
1. 리튬이온 전지의 역사2
2. 리튬이온 전지의 특징4
B. 국내·외 관련 기술 현황5
1. 국내 기술 동향
2. 국외 기술 동향7
C. 기술 개발의 필요성9
*** 기위 미 거리 ㅋㅋ
111. 실엄 및 결과 고잘
111. 실업 및 결과 고찰       14         A. Cell Screening 장비       14
III. 실업 및 결과 고찰14A. Cell Screening 장비14B. Cell Sensor Test16
111. 실업 및 결과 고잘       14         A. Cell Screening 장비       14         B. Cell Sensor Test       16         C. Unit 구조 설계 및 성능 평가       18
<ul> <li>III. 실업 및 결과 고잘</li></ul>
III. 실업 및 결과 고잘       14         A. Cell Screening 장비       14         B. Cell Sensor Test       16         C. Unit 구조 설계 및 성능 평가       18         1. 내부저항 Test       19         2. 60P Unit 방전시 온도 편차 측정       20
<ul> <li>III. 실업 및 결과 고잘</li></ul>
III. 실업 및 결과 고잘       14         A. Cell Screening 장비       14         B. Cell Sensor Test       16         C. Unit 구조 설계 및 성능 평가       18         1. 내부저항 Test       19         2. 60P Unit 방전시 온도 편차 측정       20         3. 24P Unit (20S-24P Unit) 베터리 성능 시험절차       22         D. 결과 고찰       24

Collection @ chosun



## List of Tables

Table 1. 에너지 저장용 리튬 이차전지 시장	·6
Table 2. Sensor 전압 측정 정확도 결과 ······	16
Table 3. Sensor 내부저항 측정 정확도 결과	17
Table 4. Sensor 내부저항 측정 결과 ······	20
Table 5. Sensor 방전 시 온도편차 결과 ······	21
Table 6. 인증기관 TEST 시험 설비 ······	22
Table 7. Unit 정격용량 측정 결과	23



# List of Figures

그림. 1. 리튬이온 전지 ( Li-ion Battery)4
그림. 2. 해외 원통형 소형 Cell을 이용한 에너지저장시스템용 Battery Pack 8
그림. 3. ESS용 이차전지 시장현황 및 전망8
그림. 4. 전기저항용접 기반과 레이저 접합기술 기반의 Pack 공정도 비교…11
그림. 5. 리튬 이차전지 적용 산업 분야
그림. 6. 적용 가능한 전기에너지 저장 기술과 소형/대형 리튬 이차전지 13
그림. 7. Cell Screening기 Layout 3D 도면
그림. 8. Cell Screening 설비 사진15
그림. 9. 60P Bus-bar 도면
그림. 10. 60P Unit Holder 도면 및 조립 가상도
그림. 11. 60P Unit Holder, 60P Busbar
그림. 12. 레이저접합 22F-60P Unit 사진
그림. 13. 내부 저항 측정 위치
그림. 14. Sensor 내부저항 측정 결과
그림. 15. 방전 시 온도편차 그래프
그림. 16. 정격용량 비교 시험 충방전 그래프



조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY



## ABSTRACT

# Analysis of electrical characteristics for manufacturing Li-ion large-capacity battery packs

Jung Chang-Gwon

Advisor : Prof. Geum-Bae Cho, Ph.D. Electrical Engineering Technology Convergence Industrial Technology Convergence Graduate School of Chosun University

In the current society, greenhouse gas regulations in the automotive sector are being tightened to address climate change and energy problems. The automobile sector accounts for about 20% of the total greenhouse gas emissions of the prefecture. Governments are striving to reduce CO2 emissions through reduction of emissions through the regulation of fuel efficiency and the development of environmentally friendly vehicles.

As the use of electric vehicles and ESS (Energy Storage System) increases, the demand for lithium secondary batteries is rising rapidly, but it is becoming a stumbling block due to the high price of lithium secondary batteries.

A battery system using a small lithium-ion secondary battery, which is





cost competitive, has been proved as an alternative to solve the price problem. It is urgent to develop differentiated package manufacturing technology to reduce the cost of manufacturing a pack using a small lithium secondary battery. The electric resistance welding method used to increase the capacity (100Ah class) of a secondary battery (2 ~ 3Ah) is required to be improved because of complicated process and difficult quality control.

In this paper, because of the high electrical resistance, the Ni-Plate is removed because of the high resistance of the Ni-Plate, and the Cu Bus-bar To make a battery pack.





### I.서 론

현 사회에서는 기후 변화 및 에너지 문제 해결을 위해 자동차 부문 온실가스 규제를 강화하는 추세이다. 전체 온실가스 배출량 중 자동차 분야가 차지하는 비중은 약 20%에 달한다. 각국 정부에서는 파급효과가 산업적으로 크며 생활과 밀접한 자동차 분야를 이산화탄소배출 저감 우선 분야로 정하고 친환경 차량의 개발 및 연비 규제 등을 통해 이산화탄소 배출량의 저감을 목표로 정책을 강화 하고 있다[1]. 그 해결방안 중 전기자동차 및 ESS (전기저장장치 : Energy Storage System)의 활용이 증대됨에 따라 리튬이차전지의 수요가 급격히 상 승하고 있으나 리튬이차 전지의 높은 가격으로 인해 보급에 걸림돌이 되고 있다. 가격 경쟁력이 있는 소형 리튬이차전지를 이용한 Battery시스템은 가격 문제를 해소할 수 있는 대안으로 증명되고 있다. 소형 리튬이차전지를 이용 한 Pack 제조비용 절감을 위한 차별화된 패키지 제작 기술 개발이 절실하다. 소형의 이차전지(2~3Ah)를 대용량화(100Ah급)하기 위하여 사용했던 전기저 항 용접방식은 공정이 복잡하고 품질관리가 어려워 위해 개선이 필요하다.

본 논문에서는 리튬이온 전지(Cell)로 대용량으로 제작하기 위해, Package 작업을 할 때 Ni-Plate를 이용한 전기저항용접 방식은 전기 저항이 높기 때 문에 Ni-Plate를 제거하고, 전도성이 뛰어난 Cu Bus-bar를 적용한 Battery Package 제작 기술 제안하고자 한다. 이는, 접촉 및 연결저항 감소를 통한 Battery Module의 전력 손실을 줄이고, 최종 배터리 시스템의 효율 향상에 기여하고, 공정 단순화 및 작업자 수작업 공정의 자동화를 통한 작업성 향상 을 통한 혁신적 생산성 개선 통한 Battery Pack 제조 원가 절감과 성능 향상 및 가격 경쟁력 증가를 통하여 시장 확대하고, 신규 시장을 열 수 있을 것으 로 사료된다.



#### Ⅱ. 이론적 고찰

#### A. 리튬이온 전지

#### 1. 리튬이온 전지의 역사

리튬이온전지는 전이금속산화물을 양극소재로 사용하고, Li 이온을 가역적 으로 삽입과 탈 리가 가능한 전지의 총칭이라고 할 수 있다. 특히, Li 이온은 자연계에서 속한 금속 중 가장 가벼우며, 가장 낮은 3 V 이상의 표준 산화와 환원 전위를 가지고 있음으로 인해 높은 기전력을 얻을 수 있으며, 중량 및 에너지 밀도가 높아. 소형 & 경량화 된 전지를 만들 수 있는 장점을 가지고 있다[2]. 초기에 개발된 리튬 2차 전지는 금속전지로 방전 시, 리튬 금속 표면 에서 리튬 이온의 용해가 일어난 후, 전해질을 통하여 리튬이온의 삽입이 양 극의 활물질 안에서 일어나며, 전해질 사이와 리튬 금속표면의 고체 전해질 계면이 형성되고 리튬 금속표면에서 일어나는 부반응을 억제시켜 리튬이온 전지를 안전하게 사용할 수 있었다. 하지만, 이러한 부동태 피막의 형성은 충 전과 방전이 가능한 리튬이온 전지를 상용화시키는데 있어서는 커다란 장애 로 작용하였다. 즉, 충전과정에서 전해질 용매가 금속리튬의 표면에서 반응하 여 그 일부를 고체 전해질 계면 형성에 사용함으로써 리튬 금속의 용해가 불 균일하게 일어나게 된다. 그 때문에 방전의 효율이 낮아지며, 전지의 내부저 항도 높아지고, 표면적 증가 및 리튬 금속의 표면에 수지상(dendrite)이 생성 되어 가역성 및 안전성에 큰 문제가 발생되었다[3].

1980년대 말 리튬 금속 전지의 안전성에 대한 문제를 해결하기 위해, 리튬1 차전지의 음극으로 리튬 대신 탄소를 사용하여 리튬 이온전지가 개발되었다. 리튬 이온 전지는 충전 & 방전 효율성과 안전성 면에서 리튬 금속 전지에 비해 월등히 우수한 특성을 나타낸다. 1991년초에 일본 Sony 社에서 양극 재 료로 LiCoO<sub>2</sub>를, 음극 활물질로 탄소 재료를 사용하여 리튬 이온전지를 상용





화됨으로써 전극활물질에 대한 많은 연구가 시작되었다. LiCoO<sub>2</sub>를 양극으로 사용하는 리튬 2차전지의 경우 탄소 내부로 리튬 이온이 삽입되면서 LixC<sub>6</sub> 화합물을 형성하기 때문에 리튬을 음극으로 사용할 경우에 발생하는 리튬의 수지상 증감에 의한 내부 단락 문제가 해결되었다[4].

리튬 이온전지의 상용화는 리튬 2차 전지 개발의 기폭제가 되었고, 휴대폰, 노트북, 카메라 등의 소형 기기의 배터리로 영역을 확대되었다. 리튬 이온전 지 뿐만 아니라 고분자 전해질로 대체하여 안정성을 높인 리튬폴리머전지와 음극을 리튬으로 양극을 황 화합물로 사용하는 리튬/황전지 등에 대한 연구 도 리튬 2차전지의 고용량 및 안정성 확보 차원에서 개발이 진행되고 있다 [5,6].



#### 2. 리튬이온 전지의 특징

그림 1의 리튬이온 전지는 흑연 층간화합물을 이용한 전지로써 전기화학적 으로 리튬을 적층할 수 있는 양극과 음극 재료로 리튬이온을 전이하는 비양 자성 극성 유기용매를 사용한다. 리튬이온 전지는 금속리튬이 충·방전 반응에 개재하지 않기 때문에 금속 리튬 덴트라이트로 인한 문제는 생기지 않는다. 상용 리튬이온 전지는 리튬에 대하여 4V급인 니켈, 망간 또는 코발트의 산화 물을 기본으로 하는 양극재료를 사용하며, 리튬에 대해 0~1 V급인 Lithium intercalated Carbon을 생성할 수 있는 탄소를 음극재료로 사용하여 평균적인 전위차가 3.6~3.7 V로 전지 전압이 높게 나타난다. 단점으로는 내부에 액체 로 된 전해액 물질이 일반적으로 폭발의 위험이 있어 팩 형태로 보호 회로를 장착하여 유통되는 것이 일반적이다.



그림. 1. 리튬이온 전지 (Li-ion Battery)





Collection @ chosun

#### B. 국내·외 관련 기술의 현황

#### 1. 국내 기술 동향

4차 산업혁명이 몰고 올 스마트화시대의 가장 중요한 기술로 이차전지 산업이 주목받고 있으며, 리튬이차전지가 기술 표준으로 자리매김하고 있다. 19세기 중반 납축전지를 시작으로 급속한 휴대전자기기의 보급과 함께 이차 전지 시장을 니켈수소전지가 주도했으나, 최근 들어 에너지저장밀도 소형화, 가격경쟁력 및 경량화가 확보된 리튬이차전지로 급속히 대체되고 있다. 전기 자동차 및 에너지저장 등 중대형 리튬이차전지 시장 개화의 선결조건은 가격 문제 해결이 필요하며, 리튬이차전지의 용도는 IT기기에서부터 전기 자동차 및 에너지저장에 이르기 까지 다양하고 많이 개발되고 있으나, 수요 확대의 가장 큰 걸림돌으로는 가격문제로 전기 자동차 및 에너지저장 등 새로운 수 요 창출 속도는 결국 가격하락 속도에 비례해 커질 전망이다.

2015년 기준 전기차용 리튬이차전지 가격은 \$384/kWh이며, 비용 구성을 살펴보면 이차전지 소재비용 44%, 패킹비용 24%, 운영비 16%, 자본비용 15%, 기타 1%로 구성된다. 중대형 리튬이차전지 제조단가 중 가장 높은 비 중으로 소재비용이 차지해 소재비용의 절감으로 제조단가를 낮추는 것이 반 드시 필요하다. 리튬 이차전지 시장은 에너지저장장치 및 전기자동차 등의 중대형 이차전지 시장 형성으로 2020년까지 높은 성장세를 기록할 전망이다. 23조원 규모의 리튬 이차전지 시장 규모가 2020년 64조원으로 성장할 전망이 며, 수요 증가의 가장 큰 동인은 중대형 이차전지의 수요 증가 때문이다. 친 환경 자동차로 주목받고 있는 전기자동차의 리튬 이차전지 시장은 2014년 5.7조원에서 2020년 15.8조원으로 연평균 20%씩 성장할 전망이다. 에너지저장 용 리튬 이차전지 시장은 2013년 1.4조원에서 2015년 5.3조원 2020년 29.7조 원 규모로 급성장할 전망이다.



구 부		현재	예상					
1	٦.	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	
해외	규모	176,000	204,800	241,280	291,840	352,000	409,600	
시장	성장율	-	15%	15%	18%	18%	14%	
국내	규모	99,000	115,200	135,720	164,160	198,000	230,400	
시장	성장율	-	15%	15%	18%	18%	14%	
하게	규모	275,000	320,000	377,000	456,000	550,000	640,000	
11 게	성장율	_	15%	15%	18%	18%	14%	

Table 1. 에너지 저장용 리튬 이차전지 시장 (단위 : 억원)

※ 산출근거 : 대용량 리튬이온전지 모듈을 이용한 대용량 저장장치의 세계 시장규모는 매리츠 증권 의 세계 리튬 이차전지 조사자료를 참조하여 작성하였다. 국내 시장 규모는 2014년 기준 삼성SDI와 LG화학의 리튬이차전지 세계시장 점유율이 36%로 세계 1위인 점을 가만하여 이와 같은 시장점유율 이 지속적으로 유지된다고 가정하여 추정하였음.

LG화학, 삼성SDI 등 세계적인 수준의 완성 업체와 소재의 경쟁력 및 부품 을 공급하는 중소기업들이 포진하고 있어 리튬이차전지 산업은 세계 최상위 권 경쟁력을 확보하고 있다. 2015년 기준 소형 IT기기용 리튬이차전지 시장 점유율은 삼성SDI(27%)와 LG화학(15%)이 세계 1, 2위를 차지하고 있으며, 에너지저장 분야 및 전기자동차에서도 경쟁력을 확보하고 있다. 전 세계 전 기자동차 리튬이차전지 경쟁력 평가 결과 LG화학이 세계 1위로 평가됐으며, 삼성SDI는 3위를 기록하고 있으며, LG화학은 파우치형 배터리의 세계 선두 주자이며, 삼성SDI는 한번의 충전으로 600km까지나 주행할 수 있는 제조 기 술을 확보하고 있다. SK에너지도 배터리 폭발 사고의 위험성을 대폭 낮출 수 있는 세계 특허 기술을 확보하고 있으며, IT기기용 수요 감소로 정체기에 진 입했던 리튬이차전지 산업이 에너지저장장치 및 전기자동차 등으로 응용분야 가 확대되면서 새로운 성장기에 진입하고 있다. 전기자동차용 수출이 2017년 부터 서서히 늘어날 것으로 예상됨에 따라 리튬 이차전지 수출도 상승세를





Collection @ chosun

탈 것으로 전망하고 있으며, 규모의 측면에서 확대가 지속될 것으로 예상되 나, 리튬이차전지 가격이 빠르게 하락해 금액 측면에서는 증가세가 완만할 전망이다.

#### 2. 국외 기술 동향

2015년 기준 지역별 전기차용 리튬이차전지 생산비용(\$/kWh)을 살펴보면 중국 301, 한국 331, 일본 377, 미국 384, 유럽 393 순으로 전기차용 리튬이차 전지의 제조단가가 가장 낮은 지역은 중국이며, 중국은 거대 내수시장까지 확보했을 뿐만 아니라 가격 측면에서도 경쟁력을 확보하고 있다. 그 뒤를 한 국이 중국보다 10% 정도 가격경쟁력이 떨어지나 생산의 효율성과 품질은 세 계적인 수준을 확보하고 있으며, 일본, 미국 등은 원천기술을 확보하고 있으 나, 가격경쟁력 측면에서 열세를 보이고 있다. 2020년 전기차용 리튬이차전지 가격은 \$260/kWh 대로 하락할 것으로 예상되며, 이 가격대까지 하락할 경우 연료가격이 \$3.5/갤론 이상에서는 전기차가 가격 경쟁력을 확보할 수 있을 전망이다. 현재 리튬이차전지 가격하락 추이를 살펴보면 연 10%씩 하락할 경 우 2024년경에는 목표치인 \$200/kWh 달성이 가능할 전망이다.[1] 에너지저장 장치용 리튬이온전지는 주로 대형 Cell을 이용하여 제작되고 있으며, 대형 Cell의 경우 소형 Cell에 비해 에너지밀도가 낮고 가격이 비싸기 때문에 가격

일본의 Sony 社, Panasonic 社, Sanyo 社, 프랑스의 Saft 社, 미국의 Tesla motors 社의 경우 소형 Cell의 가격경쟁력의 우수성을 인식하여 이를 이용한 대용량 Battery Pack 또는 ESS를 개발하여 시판 중에 있다.





그림. 2. 해외원통형 소형 Cell을 이용한 에너지저장시스템용 Battery Pack

2016년 기준 세계 에너지저장용 리튬이차전지 시장규모는 1.8GWh이며, 현 재 높은 성장성을 가지며 초기 시장단계의 분야는 신재생에너지 보급 확대로 인해 에너지저장을 위한 전력망 안정의 필요성이 높아지고 있으나, 보급 확 대에 비용의 문제가 가장 큰 문제이다. 신재생에너지 보급이 전세계적으로 빠르게 증가하고 있어 전력망 안정화를 위해서는 에너지저장 시스템 보급은 필수적이며, 에너지저장 보급의 가장 큰 걸림돌인 비용문제만 해결된다면, 수 요는 폭발적으로 증가할 전망이다. 2019년 이후 세계 에너지저장 시장은 본 격적인 성장단계 진입할 전망이며, 2020년 세계 에너지저장용 리튬이차전지 시장규모는 2016년 대비 4배 이상 증가한 8.5GWh를 형성할 것으로 예상되 며, 2024년에는 16.2GWh에 달할 전망이다.[1]



그림. 3. ESS용 이차전지 시장현황 및 전망 (출처: 블룸버그)



#### C. 기술 개발의 필요성

전력의 안정적인 공급, 전력의 고품질 확보, 효율적인 전력 활용 측면에서 에너지저장시스템 필요성이 증대되고 있으며, 현재 전력시스템은 피크타임의 전력수요에 따라서 전력용량을 증설해야 하는 구조로, 전력 수요와 공급간 불일치가 발생한다. 발전소를 건설하는데 많은 비용이 필요되며, 심야 시간때 에 과다 잉여 전력 등의 비효율적인 상황 발생하고 있으며, 에너지저장 시스 템을 활용하여 전력 수요와 전력 공급의 불일치를 해소하여 전력 활용의 효 율성을 증대가 필요하다.

전력수요가 적은 심야시간에 유휴전력을 저장하고 수요가 급증하는 낮 시 간에 전력을 공급해 전력시스템의 효율을 개선하고, 태양광, 풍력 등 신재생 에너지 보급이 확대됨에 따라 전력의 품질 및 전력망의 안정성 문제가 대두 되고 있다. 신재생에너지의 가장 큰 문제점은 태양빛 및 바람 등 기후변화에 따라 전력생산량의 차이가 크다는 단점을 가지고 있으며, 또한 신재생에너지 발전에서 생산되는 전기의 경우 전압 및 주파수도 일정하지 않음으로 전력품 질도 문제가 되고 있다. 신재생에너지 이용 확대 및 문제 해결을 위해서는 에너지저장 기술이 필요하며, 2010년 전 세계 발전 포트폴리오 중 신재생에 너지 비중이 5%에 불과하여 현재의 전력망에는 큰 문제가 발생하고 있지 않 지만 신재생에너지의 비중이 높아질수록 여러 가지 문제가 발생할 가능성이 높아질 것이다. 전력품질의 감소 문제로 산업체 가동이 중단되며 전자기기의 고장 등의 많은 문제를 야기할 가능성이 높으며, 이와 같은 문제를 해결하기 위해 발전 능력과 소비 수요 사이 완충장치 역할을 할 전력 저장장치의 도입 이 확대될 전망이다. 정전 피해의 최소화를 위해 단기정전 방지를 위한 비상 전원으로의 중요성이 확대되고 있으며, 일본의 경우 후쿠시마 원전사고로 인 한 정전사태로 위기상황 대처를 위한 비상전원의 필요성이 증대되고 있다. 우리나라도 예비전력의 하락으로 인한 정전사태 우려가 있었으며, 특히 병원, 데이터센터, 반도체 공장 등 정전 우려로 전력 공급이 꼭 필요한 기관들의





비상전원으로써 에너지저장시스템의 중요성이 커지고 있다. 현재의 원통형 Cell 패키지 제작에 적용 중인 전기저항용접 기술은 일반적인 Battery 접합 기술로 널리 사용 중인 저항발열을 이용한 프로젝션 용접 (Projection welding) 방식으로 기본적으로 전기저항이 크고 소형 Cell과 점용접이 용이 한 니켈 Plate를 적용 중이다. 하지만 니켈는 전기저항이 알루미늄에 3배, 구 리에 6배에 달하여, 대용량/고효율용 Battery 시스템 구성에 적합하지 않은 근본적인 문제를 가지고 있다.

Battery Pack을 구현할 때 니켈 Plate 용접 후 구리로 구성된 Bus-bar을 추 가로 연결하여 전체적인 전기 저항을 낮추고 기술이 필요하다. 기존 전기저항용 접 기술로는 다수의 소형 Cell을 대형화 할 경우 용접 품질 관리가 매우 어렵 고, 용접 품질에 문제가 발생시 Cell loss율이 높아 제조 단가가 증가하는 문제 가 있으며, 소량의 소형 Cell(8개)로 용접 후 작은 Unit을 만든 후 이들을 다시 묶어 대형 Unit을 제작하고 있는 실정이다. 작은 Unit로 대형 Unit화 할 경우 Bus-bar 연결은 볼트 체결방식으로 하고 있는데, 이 공정은 자동화가 불가하여 수작업으로 진행할 수밖에 없고 체결 점수가 너무 많아 생산성이 크게 떨어지 고, 제품 성능 편차 및 불량 발생의 원인이 되고 있는 문제를 가지고 있다.

본 논문을 통해 제안한 Cell 용접 방식은 레이저를 이용한 LED 칩의 고방 열 접착 기술은 접착이 이루어지는 부분에 레이저를 이용하여 매우 짧은 시 간에 열 에너지를 주입하여, 고전도성/고방열 접착제를 활성화 시켜 접착하는 방식이다. 1kW 이상의 고가의 고출력 레이저 시스템을 사용하여, 금속 전극 을 순간 용해시켜 용접하는 통상적인 레이저 용접과는 달리, LED 칩 접착 기술은 30W 미만의 저가의 반도체 레이저를 사용하여, 표면 온도를 순간 증 가시켜 접착제를 용융 후 접합하는 기술이다. 일반적인 레이저 용접 방식은 출력이 매우 커서 리튬 이차전지 접합에 적용이 불가능 한 상황이며, 접착 소재를 이용한 레이저 접합 기술은 전도성이 높은 전극 적용이 가능하고, 고 전도성 접착제를 적용하기 때문에 접촉 저항 감소 및 접합 신뢰성이 크게 향 상 시킬 수 있다.





그림. 4. 전기저항용접 기반과 레이저 접합기술 기반의 Pack 공정도 비교

이러한 특징으로, Battery Pack 공정에 적용 시, 전기저항용접 방식 대비 접착제 도포 공정이 추가 되지만 구리 Bus-bar를 직접 소형 Cell과 접합이 가능하기 때문에 공정이 매우 단순해지고 연결저항을 감소시킬 수 있다.

또한 대형 Pack 제조 공정이 작업자 수작업에서 자동화 공정으로 전환이 가능하기 때문에, 생산성 향상 및 불량 발생 요인 감소로 최종 제품의 가격 경쟁력이 혁신적으로 증가한다. 이와 같이, 성능 향상 및 제조 단가 절감이 동시에 가능하므로 현재 국내 시장은 물론 세계 시장 확대에 크게 기여가 가 능할 것으로 사료된다.

리튬 이차전지 산업은 전기자동차 및 에너지저장시스템용 등의 중대형 이 차전지 수요 증가로 새로운 성장기에 접어들고 있다. 리튬 이차전지는 주로 휴대폰 등 모바일 IT 기기의 전원으로 사용되고 있지만, 대용량화 기술이 발 전함에 따라 자동차 및 에너지저장 등의 용도로 사용이 확대되고 있는 중이 다. 21세기 전력망을 구현을 위해선 전력의 생산과 소비의 불일치 문제를 해 결할 수 있는 완충적 역할을 할 수 있는 에너지저장기술이 필수적이며, 스마 트 그리드로 대변되는 21세기 에너지 혁명에서 리튬 이차전지가 최선의 대안 이다. 전기 자동차 및 전기저장장치용 이차전지에서 특히 요구되는 저가격,



Collection @ chosun

장기 신뢰성을 궁극적으로 만족시킬 수 있는 리튬 이차전지 시스템 수요 증 가하고 있다.

에너지저장시스템 혹은 전기자동차에 적용하기 위한 Battery 기술은 휴대 용 전원장치로 활용되는 이차전지와는 매우 다른 특성이 요구되며, 이러한 응용분야에는 긴 수명과 낮은 가격뿐만 아니라 우수한 안전성이 중요하다. 전력에너지저장장치 대형화로 고출력과 고에너지밀도, 안정성 그리고 구조의 유연성이 확보된 이차전지 개발을 위한 혁신적인 기술이 요구되고 있다. 중 대형 리튬 이차전지를 활용한 에너지저장 기술이 주목을 받고 있으나 가격 문제로 인해 아직까지 보급이 크게 확대되고 있지 않고 있다. 중대형전지의 수요 확대 위해선 가격절감 및 핵심부품의 성능개선이 필요하다.

이 중 소형 리튬이차전지를 이용한 중대형 Battery 시스템 성능 및 제조 단가 하락을 위한 차별화된 패키지 및 모듈 제작 기술 개발이 필요하다. 이 미 국내에는 삼성/LG화학 등이 중대형 이차전지 판매를 진행 중이나, 가격 경쟁력을 위해서는 기술 성숙도가 높고 단가가 저렴한 소형 Cell 기반의 패 키지 및 모듈 적용이 유리하다. 하지만 현재의 단순히 소형 Cell 여러 개를 연결하여 용량을 키우는 기술은 성능 및 한계가 있으며, 기존 업체와 차별화 된 소형 리튬 전지 패키지 기술을 확보한다면 중대형 이차전지 시장의 세계 시장을 선점할 수 있다. 저가의 소형 리튬전지를 바탕으로 한 패키지 공정 단순화 및 비용 절감 기술 개발을 통해 가격 경쟁력이 뛰어난 제품 개발이 가능할 것으로 사료된다. 상기와 같은, 소형 리튬이온전지를 이용하여, 중 대형 배터리 시스템 구축을 위한 패키징 기술개발과 제작 비용 절감을 위 하여, 본 논문에서는 Cell Screening 검사 장치를 제작하여 자동화 검수 과정을 거쳐, 고전도성 접착제와 레이저를 이용한 대용량 전지 Unit제작 방법을 제안하고자 한다.





그림. 5. 리튬 이차전지 적용 산업 분야



그림. 6. 적용 가능한 전기에너지 저장 기술과 소형/대형 리튬 이차전지





### Ⅲ. 실험 및 결과 고찰

#### A. Cell Screening 장비

Cell Screening란, 소형 Cell Type의 리튬이온전지를 대용량화 하기 위하여 패키징 하기 전에, Cell 전압 및 내부저항 측정기를 자동화 라인을 구축하기 위해 라인의 흐름에 맞게 Cell Screening기 설계 및 제작하였다. Cell Screening기의 구성 내용은 다음과 같다.

- ① Touch Monitor : Cell의 기준 값 설정 , 측정결과 모니터링.
- ② 투입부 Magazine : Cell Box 투입, Cell을 검사부까지 이동.
- ③ 이송부 : Cell을 양품과 불량으로 구분하여 이송.
- ④ 배출부 : Holder 작업 공정으로 이동하도록 양품 배출.
- ⑤ 불량 배출부 : 불량 Cell을 구분하여 적재.
- ⑥ Tester : 자체 개발한 전압, 내부저항 측정기를 이용하여 설치.
- ⑦ 검사부 : Cell 감지Sensor와 Probe를 이용하여 전압과 내부저항을 측정
- ⑧ 제어PC : Data 저장 및 설비 제어.
- ⑨ 제어 Panel(Control Box) : 제어를 위한 설비 내장.
- ⑩ Main Regulator : 설비의 Air 조절.







그림. 7. Cell Screening기 Layout 3D 도면



그림. 8. Cell Screening 설비 사진





#### B. Cell Sensor Test

제작된 자동화 설비 내, Cell Sensor의 전압과 내부저항 값의 정확도를 측 정하였으며, 전압 측정 정확도는 검 교정 된 전압 계측 장비의 측정값과 개 발 된 Sensor의 측정값 간 편차를 비교 하여야 한다. 단위는 mV이며 비교 포인트 수는 10 EA이다. 전압 측정 정확도 결과 ±10 mV 이며, 0.0001~0.0002 [V]의 오차를 나타내고 있다. Cell Sensor의 내부저항 값의 정확도는 검교정 된 내부저항 계측장비의 측정값과 개발 된 Sensor의 측정값 간 편차를 비교 하여야 한다. 단위는 mQ이며 비교 포인트 수는 10 EA 이다. 내부저항 측정 목표치는 ±1mQ 이며 목표를 달성 하였다.

시험기기 No.	개발된 센서 (Model:Cell Sensor-IC-01)	교정된 계측기 (Model:BT3563)	비고
	전압 [V d.c]	전압 [V d.c]	
# 1	3.6749	3.6750	
# 2	3.6751	3.6753	
# 3	3.6747	3.6748	
# 4	3.6744	3.6746	
# 5	3.6750	3.6751	
# 6	3.6747	3.6748	
# 7	3.6743	3.6745	
# 8	3.6749	3.6751	
# 9	3.6749	3.6750	
# 10	3.6747	3.6748	
※ 전압 측	허결과 샘플간 편차는	= ± 10mV 이하임.	

Table 2. Sensor 전압 측정 정확도 결과





시험기기 No.	개발된 센서 (Model:Cell Sensor-IC-01)	교정된 계측기 (Model:BT3563)	비고
	내부저항[Ω]	내부저항[Ω]	
# 1	0.0464	0.0463	
# 2	0.0457	0.0465	
# 3	0.0460	0.0459	
# 4	0.0461	0.0460	
# 5	0.0461	0.0459	
# 6	0.0469	0.0468	
# 7	0.0465	0.0465	
# 8	0.0467	0.0465	
# 9	0.0465	0.0465	
# 10	0.0456	0.0456	
※ 내부저	항 측정결과 샘플간	편차는 ± 1mΩ 이ㅎ	·임.

Table 3. Sensor 내부저항 측정 정확도 결과





#### C. Unit 구조 설계 및 성능 평가

기존 4P UNIT Holder에서 용량 증대와 빠른 생산성을 위해 60Cell용 Busbar를 개발 하여 공정시간을 20%이상 단축하도록 제작 하였다. 60P Bus-bar는 레이저접합 시 하기 그림과 같은 구조 사용하여 설계 하였다. 60P Unit Holder는 제품의 안전성과 성능을 고려하여 60P Busbar에 맞춰 설계 하였고, 도면과 조립 가상도는 그림 10과 같다.



그림. 9. 60P Bus-bar 도면



그림. 10. 60P Unit Holder 도면 및 조립 가상도







그림. 11. 60P Unit Holder, 60P Busbar



그림. 12. 레이저접합 22F-60P Unit 사진

60P Unit와 24P Unit을 의뢰 제작 된 Unit을 시험소에 가기 전 자체 평가 를 실시하였으며, 자체 평가는 기존 사용하던 전기용접 방식을 적용한 Unit과 비교 Test 하였다. 그 결과 각 Unit의 전압과 내부저항을 측정하여 비교 값 결과 레이저접합이 배터리에 충격을 주지 않았음을 확인 하였고, 용량 값 및 효율을 측정하여 성능의 차이가 없음을 확인 하였다.

#### 1. 내부저항 Test

60P Unit은 내부저항 편차 및 각 부의 온도 편차 측정, 24P Unit은 4C -Rate 성능 평가를 공인인증기관에 의뢰 하였다. 60P Unit의 내부저항은 전지 의 Unit을 충전 한 후, 아래 그림과 같이 3개의 포인트의 내부저항을 측정하 여 내부저항의 편차를 비교하였다. 시험 결과 최대 차이가 나는 구간이 0.18mΩ이하 인 것을 확인 하였다. 설계 편차 목표치인 1mΩ 이하였다.







Table 4. Sensor 내부저항 측정 결과

내부저항 측정 위치	내부저항 [mΩ]	전 압 [ V d.c ]	비 미	
1 - 4	2.014	4.190		
2 - 5	1.877	4.190		
3 - 6	2.062	4.190		
※ 내부저항 측정결과 각 지점간 편차는 ± 10mΩ 이하임.				

2. 60P Unit 방전 시 온도 편차 측정

Cell Type의 전지를 에너지 밀도를 높이기 위하여, 60P Unit화 하여 본 논 문에서 제시한 레이져 가공을 통하여, 시험을 진행하였다. 진행된 시험 기준 은 전지 Unit을 25℃ 챔버에 넣고, 만 충전 한 후, 1C-rate의 전류로 30분간 방전하였을 때 측정된 최대 온도 편차가 5℃ 이하일 것, 측정 위치는 (+)극성 의 윗면 4개의 지점, (-)극성의 아래면 4개의 지점으로 총 8개의 지점의 온도 를 측정하였다. 60P Unit의 방전 시 온도편차 결과는 최대 편차가 나는 구간 측정 결과 양 극성 4개의 지점 편차 5℃ 이하를 만족 하였으며, 1℃이하의 차이를 확인 할 수 있었다.







그림. 15. 방전 시 온도편차 그래프

온도 측정 위치	방전 시 최대 측정온도[℃]	비고
1	29.50	
2	29.10	
3	29.75	
4	30.10	
5	29.75	
6	29.65	
$\bigcirc$	29.75	
8	29.30	
※ 방전시 온도 측정결과 각 지점간 편차는 5℃이하임.		

Table 5. Sensor 방전 시 온도편차 결과





No.	시험 설비명	모델명	제조사
1	Humi./Baro/ Temp.data recordr	MHB-382SD	Lutron
2	PEC 충방전기시험기	SBTL-1000	PEC
3	Temperature Chamber	TH-G	JEIO TECH
4	Midi logger	GL840	GRAPH TEC

Table 6. 인증기관 TEST 시험 설비

인증기관을 통하여 측정 진행 된 60P 내부저항과 방전시 온도 편차를 측정 한 장비는 표 6과 같다.

3. 24P Unit (20S-24P Unit) 베터리 성능 시험절차

24P unit의 배터리 성능 다음 절차에 의해 수행하였다.

가) 챔버 온도를 25℃ 세팅 후 Battery Unit를 챔버 안에 놓는다.

나) 30분 동안 안정화 시킨 뒤 Battery Unit를 4C-Rate의 전류로 방전 시킨다. 제품 사양 : 48 Ah

방전 조건 : CC mode 4 C-rate(192 A), 방전종지 전압 : 2.5 V

다) 10분 동안 안정화 시킨 뒤 Battery를 만 충전 시킨다.

만충전 조건 : CC/CV mode, 4.2 V, 4 C-rate(192 A), Cut off 1.2 A

라) 10분 동안 안정화 시킨 뒤 Battery를 방전 시킨다.

방전 조건 : CC mode 4 C-rate(192 A), 방전 종지 전압 : 2.5V

마) 최종 방전 시 측정 된 용량(Ah)을 정격용량과 비교 한다.

상기와 같이 정격용량과 비교 결과정격용량 48 Ah, 시험 제품 용량 48.092 Ah로 목표치를 달성 하였다.









그림. 16. 정격용량 비교 시험 충방전 그래프

Table 7. Unit 정격용량 측정 결과

시료	정격	방전	ਸੀ ਹ
번호	용량(Ah)	용량(Ah)	11-12
1	48	48.092	정격용량 대비 100.19 %(정격 용량 만족)





#### D. 결과 고찰

본 논문에서는 리튬이온 전지(Cell)로 대용량으로 제작하기 위해, Package 작업을 할 때 Ni-Plate를 이용한 전기저항용접 방식은 전기 저항이 높기 때 문에 Ni-Plate를 제거하고, 전도성이 뛰어난 Cu Bus-bar를 적용한 Battery Package 제작 기술 제안하였다.

소형리튬이온 전지를 대용량화 하기 위한 공정기술 개발로, Cell 별 전압 및 내부저항을 자동화 설비인 Cell Screening 장치 제작을 통하여, Cell 검수시 간을 줄이면서 불량 검출을 할 수 있는 원자재(리튬이온 전지) 검수 Full Proof 구축 할 수 있게 되었다. 이로 인해, 휴먼 에러를 제로화 할 수 있을 것으로 사료되며, 이에 따른 생산 공정 시간 단축으로 인해, 중대형 리튬이온 Package 제작 단가를 줄일 수 있음으로, 가격 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 사료된다.

또한, Cu Bus-bar를 적용한 Battery Package 제작된 제품의 온도 평가 시, 각 셀별 온도 편차는 ±1℃미만을 확인 할 수 있었고, 배터리 성능 테스트 진 행 시, 이론값과 근접한 시험 결과를 확인 할 수 있었다.





Collection @ chosun

#### Ⅳ. 결 론

4차 산업혁명이 몰고 올 스마트화시대의 가장 중요한 기술로 이차전지 산 업이 주목받고 있으며, 리튬이차전지가 기술 표준으로 자리잡고 있다. 에너지 저장 기술이 핵심인 스마트 그리드 시스템 등 전기 수요를 능동적으로 조절 할 수 있는 핵심기술로 이차전지인 리튬이온전지가 주목받고 있다. 최근 들 어 에너지 저장밀도의 소형화, 경량화 및 가격경쟁력을 확보한 리튬이차전지 로 급속히 대체되고 있는 시점에서, 리튬이차전지의 제조 단가 및 소재비용 이 높은 비중을 차지하고 있어, 제조단가를 낮추기 위해선 소재비용의 절감 이 반드시 필요하다.

본 논문에서는 리튬 전지(Cell)로 대용량으로 제작하기 위해, Pack을 제조할 때 Ni-Plate를 이용한 전기저항용접 방식은 전기 저항이 높기 때문에 Ni-Plate를 제거하고, 전도성이 뛰어난 Cu Bu-sbar를 적용한 Battery Pack 제작 기술 개발하였다.

Cell 및 모듈 Screening 기술 개발을 통해 제작된 검사설비를 양산라인에 적용 완료하였다. 이로 인하여 검사에 소요되는 시간을 1/10로 단축되어 생산 성이 크게 향상되었으며, 검사 이력 Excel 파일로 자동저장 기능을 통한 이 력관리를 철저히 가능할 수있으며, 계측 및 불량 선별을 자동화를 통하여, 휴먼 불량 검출 에러율 0% 실현을 통한 제품 품질 향상 및 고객 만족도 향 상에 기여할 것으로 사료된다.

추가적으로, 고전도성 접착제와 레이저를 이용한 접합방식을 이용하여 다수 의 원통형 소형 Cell을 구리 Bus-bar를 이용하여 제조공정 시간 단축이 가능 하고, 구리 Bus-bar의 두께 및 접촉 면적을 키울 수 있고, 그 신뢰성이 확보 된다면 제품 성능향상 및 공정 간소화에 크게 기여할 것으로 예상된다.



## 참 고 문 헌

- Business Information Research, Actual condition andprospect of eco-friendly electric vehicle market, Business Information Rdsearch, 2009, pp. 19–42.
- [2] M. Arakawa, S. Tobishima, Y. Nemoto, and M. Ichimura, J. Power Source, 43, 27(1993).
- [3] E. Peled, J. Electrochem. Soc., 126, 2047(1979).
- [4] N. Ravet, Y. Chouinard, J. F. Magnanm, S. Besner, M. Gauthier, and M. Armand, J. Power Sources, 97–98, 530 (2001).
- [5] F. M. Gray, RSC materials monographs, The Royal Society of Chemistry, Cambridge (1997).
- [6] T. Nagaura and K. Tozawa, Prog. Batteries Solar Cells, 9, 209(1990).

