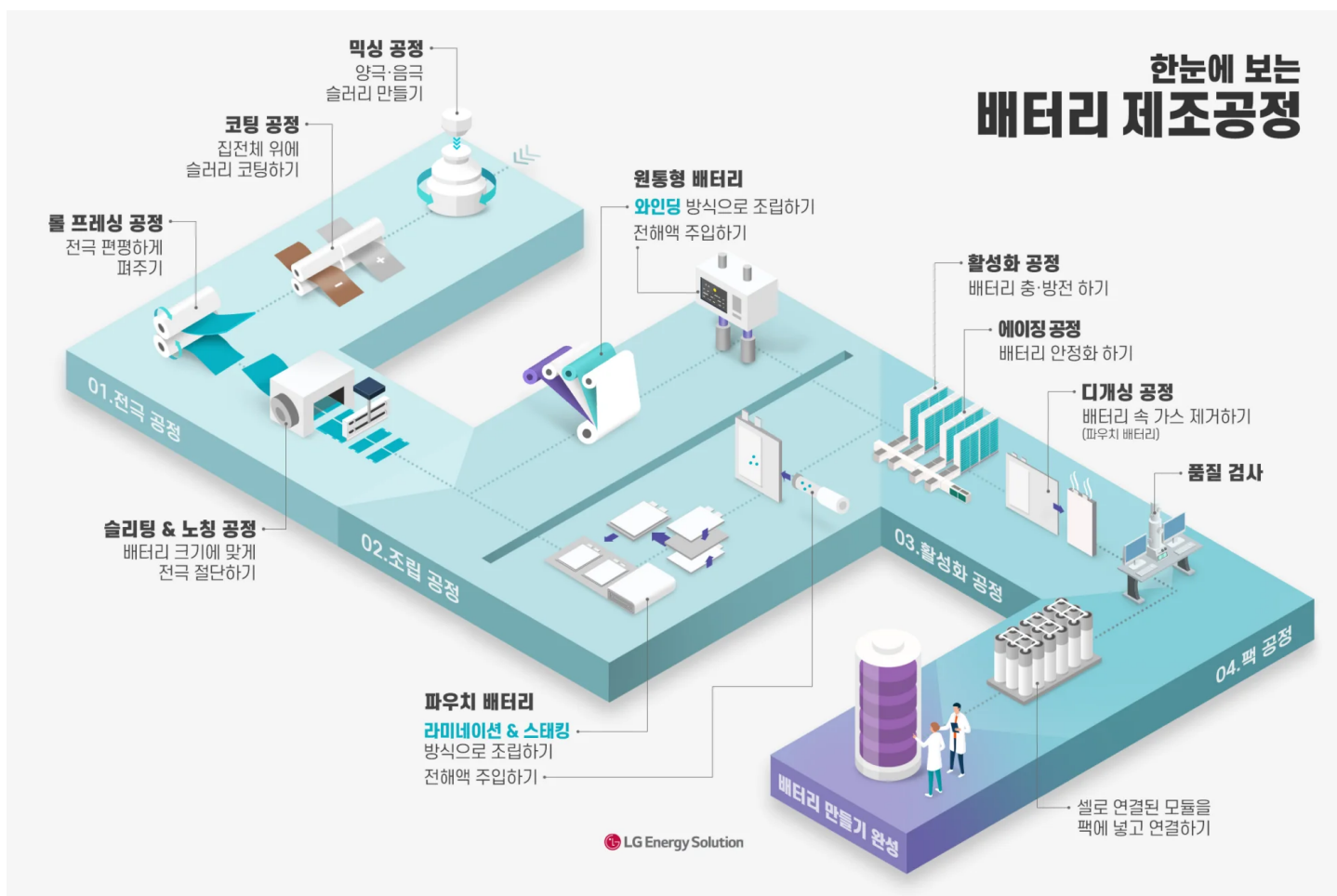


(LG엔솔) 한눈에 보는 배터리 제조과정

2022.12.08 | Battery LAB

리튬이온배터리의 제조 과정은 <전극 공정 → 조립 공정 → 활성화 공정 → 팩 공정>으로 이르는 4개의 큰 STEP으로 이루어져 있습니다. 그 안에는 고도의 공정 기술들이 집약되어 있는데요. 배터리 탄생 과정의 흐름을 일목요연하게 파악할 수 있도록 한 것에 담아보았습니다.



▶STEP1. 전극 공정 - 배터리의 양극과 음극 만들기

① 믹싱 공정 : 배터리 소재의 기초가 되는 양극, 음극 활물질과 용매 등을 섞어 중간재인 슬러리를 만듭니다. 이때 활물질 입자 간 접착력을 높이기 위해 '바인더'를 첨가하고, 사이의 빈틈들로 인해 용량이 줄어들 수 있어 이를 메꿔주는 '도전재'를 함께 넣습니다.

*믹싱 공정에 대해 더 알아보기

② 코팅 공정 : 완성된 양극 슬러리를 알루미늄 포일에, 음극 슬러리를 구리 포일에 얇게 코팅합니다. 바 인더를 전극에 골고루 배치해 성능과 수명을 향상시킬 수 있습니다. LG에너지솔루션은 슬러리를 집전체에 동시 코팅하는 더블 레이어 코팅(DLD, Double Layer Slot Die Coating)을 업계 최초로 도입했습니다.

*코팅 공정에 대해 더 알아보기

③ 롤 프레싱 공정 : 코팅이 완료되면, 두 개의 커다란 압연 사이로 전극을 통과시켜 일정하고 편평하게 펴줍니다. 이때, 전극 표면은 활물질과의 결합력이 좋아지고 리튬 이온이 원활히 이동할 수 있어 전지의 출력과 성능을 향상시킵니다.

*롤 프레싱 공정에 대해 더 알아보기

④ 슬리팅과 노칭 공정 : 납작해진 전극들을 설계된 배터리 규격에 맞춰 절단합니다. 슬리팅 공정을 통해 전극 폭을 세로 방향으로 잘라내고, 노칭 공정에서 전극을 가로로 재단하여 V자 홈과 양극음극 탭(Tab)을 만들어주면 전극 공정이 완료됩니다.

*슬리팅과 노칭 공정에 대해 더 알아보기

▶STEP2. 조립 공정 - 배터리 형태 만들기 (파우치/원통형)

조립 공정은 우리가 흔히 알고 있는 배터리의 모양을 갖추는 단계입니다. 조립 공정은 배터리 형태별(원통형, 파우치형, 각형)로 제조 순서가 다르며, 제조사마다 적용하는 기술도 차이가 있습니다.

파우치 배터리: 먼저 7개 레이어의 파우치 필름을 압착해 파우치 케이스를 만들어 줍니다. 이 과정에서 양극, 음극, 분리막, 전해질로 구성된 소재를 넣을 전극 포켓과, 전해질을 주입하고 가스를 보관하는 공기 포켓을 제조합니다. '라미네이션&스태킹' 공법으로 소재를 층층이 쌓아 전극 포켓에 넣고 공기 포켓을 통해 전극 포켓의 기공까지 전해질을 주입합니다.

*파우치 배터리 조립 공정에 대해 더 알아보기 (1편)

*파우치 배터리 조립 공정에 대해 더 알아보기 (2편)

원통형 배터리: 양극과 음극, 분리막을 마치 휴지를 감듯 '와인딩' 방식으로 돌돌 말아줍니다. 양극 무지부에 알루미늄 탭을, 음극 무지부에 구리 탭을 붙인 젤리롤을 만들어 원통형 배터리 캔 안에 넣습니다. 캔 속의 젤리롤을 고정시키고 전해액을 주입합니다. 조립이 끝난 뒤 전극의 쇼트 방지를 위해 절연 튜브를 씌워 양극과 음극을 구분시키면 원통형 배터리의 모습을 갖추게 됩니다.

*원통형 배터리 조립 공정에 대해 더 알아보기

▶STEP3. 활성화 공정 - 전기 에너지 활성화 및 안정화 시키기

전기 에너지를 활성화시키고 안정성을 확인하는 활성화 공정에 돌입합니다. 이 과정은 에이징과 충방전을 반복하며 진행합니다. 먼저, '에이징'을 통해 전해질이 양극과 음극에 스며들도록 상온에 보관합니다.

전해액이 배터리 내부에 분산되고 양극-음극 간 이온 이동이 원활해지면, 배터리를 일부 충전해 줍니다.
 (*활성화 공정은 제조사마다 진행 순서가 다름)

파우치 배터리의 경우 에이징과 충·방전을 반복하면 내부에 가스가 생길 수 있는데, '디개싱' 공정을 통해 가스를 제거합니다. 디개싱 이후 에이징과 충전을 반복하여 용량을 테스트하고 불량 배터리를 선별합니다.

[*활성화 공정에 대해 더 알아보기](#)

▶STEP4. 팩 공정 - 사용 모델에 맞게 모듈화 시키기

팩 공정은 제조된 배터리 셀을 모듈화하여 팩에 넣는 과정입니다. 배터리를 전기차에 탑재할 때는 모델에 맞게 모듈화 시켜야 하는데요. 먼저, 배터리 셀 여러 개를 Cell To Cell의 형태로 만들어 모듈 케이스에 고정시킵니다. 이후 셀들을 연결시키고 모듈 상부 커버를 조립하여 모듈을 완성합니다. 마지막으로, 배터리 팩에 완성된 모듈을 넣고 Module To Module로 연결하면 팩이 완성됩니다.

[*팩 공정에 대해 더 알아보기](#)

한눈에 빠르고 간결하게 살펴본 배터리 제조 공정. 각 단계 속에는 더 디테일한 과정들이 숨어있습니다. 다음 시간에는, STEP별 주요 공정과 특징적인 기술을 인포그래픽을 통해 알아보겠습니다.

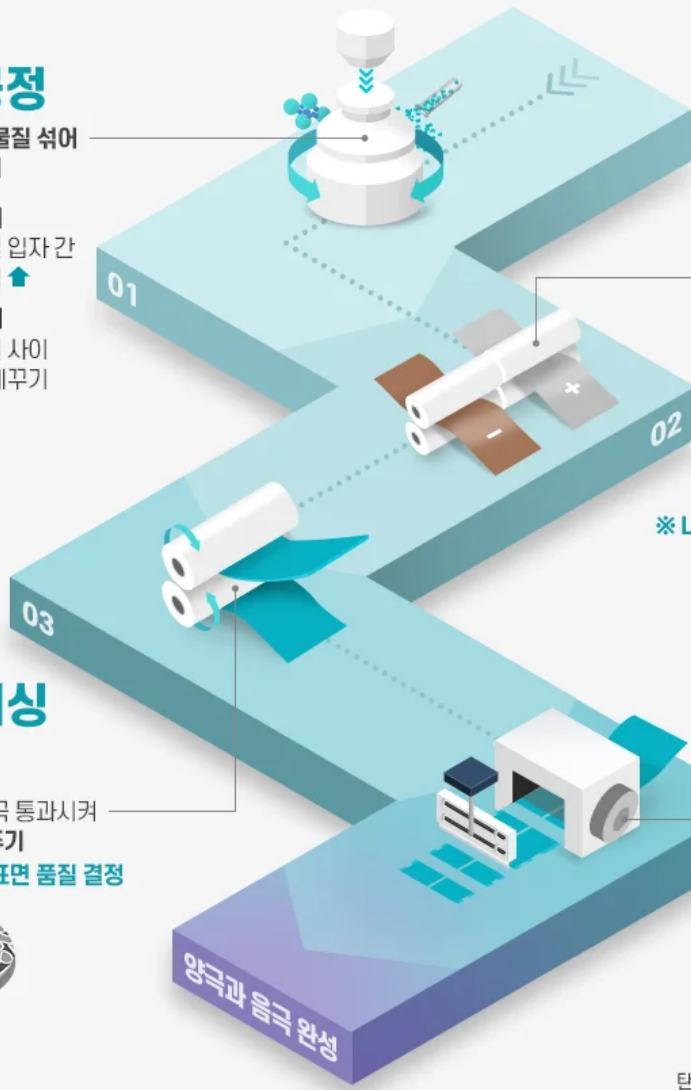
배터리 만들기 전극공정 STEP.1

믹싱 공정

양극·음극 활물질 섞어
슬러리 만들기

바인더
활물질 입자 간
접착력 ↑

도전재
활물질 사이
빈틈 메꾸기



코팅 공정

양극·음극 슬러리를
집전체 위에 얇게 코팅하기

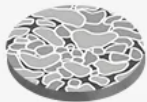
더블 레이어 코팅 (DLD)



2종 전극 슬러리 동시 코팅
※ LG에너지솔루션 업계 최초 도입

롤 프레싱 공정

롤 사이로 전극 통과시켜
편평하게 펴주기
전극 밀도 & 표면 품질 결정



슬리팅 & 노칭 공정

배터리 크기에 맞게
전극 절단하기



코팅 처리 안된 무지부에서
탭(Tab) 접지 부분만 남기고 절단



믹싱 공정 - 활물질을 혼합하여 슬러리를 생성하는 과정

배터리의 기본이 되는 양극과 음극을 만드는 과정인 전극 공정은 믹싱 공정 - 코팅 공정 - 롤 프레싱 공정 - 슬리팅 & 노칭 공정으로 이루어져 있습니다. 그중 첫 번째 공정인 믹싱 공정은 양극과 음극을 만드는 데 필요한 각종 원자재를 계량 및 혼합하여 슬러리를 만드는 단계입니다.

슬러리를 만들기 위해서는 전극 활물질의 입자 간 접착력을 높이기 위해 바인더가 첨가됩니다. 그다음, 활물질 사이의 빈틈을 메꾸는 도전재를 추가합니다.

코팅 공정 - 슬러리를 집전체 위에 얇게 코팅하는 과정

코팅 공정에서는 믹싱 공정에서 생성된 양극과 음극 슬러리를 알루미늄 포일과 구리 포일에 각각 얇게 코팅합니다. 그다음 코팅된 전극들을 100도 이상의 오븐에 건조해 주는데요. 이 과정을 통해 배터리의 성능과 수명을 향상시킵니다.

특히, LG에너지솔루션이 2018년에 세계 최초로 도입한 '더블 레이어 코팅 (Double Layer Slot Die Coating, DLD)' 기술은 두 가지 종류의 전극 슬러리를 집전체에 동시에 코팅할 수 있는 기술로, 상층, 하층 기능을 선택적으로 부여해 전극을 강화하며, 빠른 충전 속도와 배터리 성능 향상을 비롯하여 생산성을 높여주는 장점이 있습니다.

롤 프레싱 공정 - 전극을 일정하고 펴주는 과정

롤 프레싱 공정은 압연 공정이라고도 불리며, 두 개의 롤 사이로 전극을 통과시켜 일정하게 펴주는 과정입니다. 커다란 롤이 전극을 얇게 만들면서 밀도를 향상시켜주면, 전극 표면과 활물질의 결합력은 높아지게 되는데요. 이때, 전극과 잘 결합된 활물질 사이로 리튬 이온의 이동이 원활해지면서 전지의 출력과 성능이 향상됩니다.

한편, 롤 프레싱 공정에서 전극의 밀도를 정하는 데에는 '합제 밀도'가 결정적인 역할을 합니다.

*합제 밀도란 합제 소재가 잘 눌리는 정도를 의미함

슬리팅 & 노칭 공정 - 배터리 크기에 맞춰 전극을 절단하는 과정

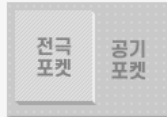
롤 프레싱 공정을 거쳐 얇게 펴진 전극은 배터리 크기에 맞춰 절단하는 슬리팅 & 노칭 공정에 돌입합니다. 이 공정은 두 단계로 나뉘는데, 먼저 배터리 설계 규격에 맞춰 전극을 세로 방향으로 자르는 슬리팅 (Slitting) 공정 후, 가로로 재단해 V홈과 탭을 만들어 +, - 단자 전극을 생성하는 노칭(Notching) 공정이 진행됩니다. 노칭 공정에서 양/음극 활물질이 코팅 되지 않은 빈 공간인 '무지부'에서 탭(Tab)을 접지하기 위한 부분을 남겨두면 노칭 장비를 사용해 그 외의 부분을 절단합니다.

이렇게 믹싱 공정과 코팅 공정, 롤 프레싱 공정, 그리고 슬리팅과 노칭 공정까지 4단계를 거치고 나면 전극 공정은 마무리됩니다. 지금까지 배터리의 양극과 음극을 만드는 전극 공정에 대해 알아보았습니다.

배터리 만들기 STEP.2 조립공정 파우치 배터리

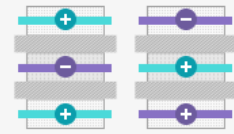
파우치 케이스 만들기

파우치 필름 압착해 케이스 만들기



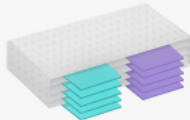
바이 셀 만들기

여러 층의 전극/분리막 결합 기본단위 셀 만들기



라미네이션 & 스택킹 공법 적용

바이 셀에 하프 셀(분리막+음극)을 붙인 후 층층이 쌓기



공간 효율 극대화 에너지 밀도 ↑

전해질 주입

공기 포켓을 통해 전극 포켓 기공까지 전해질(액) 주입



파우치 케이스 만들기

파우치 배터리 조립에는 양극과 음극, 분리막, 전해질로 구성된 배터리 소재를 넣을 파우치 케이스가 필요합니다. 먼저, 7개의 레이어로 구성된 파우치 필름을 금형 위에 놓고 프레스로 압착해 줍니다. 이 과정을 통해 배터리 소재를 넣은 전극 포켓과 가스를 보관할 수 있는 공기 포켓을 만듭니다.

바이 셀(Bi-Cell) 만들기

배터리 소재를 만들기 위해서는 먼저 '바이 셀(Bi-Cell)'이 필요합니다. 바이 셀은 전극과 분리막 여러 개가 결합한 배터리의 기본 단위 셀로, <양극/분리막/음극/분리막/양극> 또는 <음극/분리막/양극/분리막/음극>과 같이 가장 외곽 자리가 서로 같은 전극인 적층 구조를 가지고 있습니다.

*'바이 셀' 더 알아보기

라미네이션&스태킹 공법 적용하기

바이 셀에는 LG에너지솔루션이 독자 개발한 '라미네이션&스태킹' 공법이 적용됩니다. 이 공법은 배터리 소재를 빈틈 없이 쌓아 케이스 안의 공간 효율을 극대화하고, 배터리의 에너지 밀도와 안전성을 높여줄 수 있는 기술입니다.

먼저, 만들어 둔 바이 셀에 분리막과 음극으로 구성된 하프 셀(Half-Cell)을 붙여 정렬하는 '라미네이션(Lamination)' 작업이 진행됩니다. 그 후 분리막을 기준으로 음극과 양극을 쌓는 '스태킹(Stacking)' 작업을 반복하면 극판과 분리막이 층층이 쌓인 배터리 소재가 만들어집니다.

전해질 주입하기

라미네이션&스태킹 공법을 통해 만든 배터리 소재를 전극 포켓에 넣으면, 공기 포켓을 통해 전극 포켓의 기공까지 전해질(액)을 주입합니다. 이 과정에서 공기 포켓에 불필요한 가스가 모이게 되는데, 이는 이후 단계에서 디개싱(Degassing) 공정을 통해 제거하게 됩니다.

지금까지 파우치 배터리의 조립 공정을 빠르게 살펴보았는데요!

LG에너지솔루션은 라미네이션&스태킹의 차별화된 제조 공법을 바탕으로 파우치 배터리의 생산성과 품질을 업그레이드 해나가고 있습니다.

배터리 만들기 STEP.2 조립공정 원통형 배터리

와인딩 공법 적용

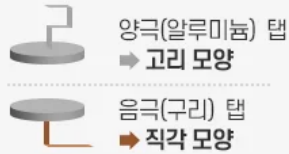
양극/음극 롤과 분리막 롤 2개를 맨드릴에 감아 말기



젤리롤 탭 용접

양극에 알루미늄 탭, 음극에 구리 탭 붙이기

탭 가공 & 캔 삽입



탭 모양 가공 후, 젤리롤을 원통형 캔 안에 넣고 위아래 단자에 용접하여 고정

전해질 주입

진공 상태의 캔 안에 전해질(액) 주입, 전극에 스며들 수 있게 압력 가한 후 밀봉



와인딩 공법 적용

먼저, 와인더(Winder)라는 기계를 사용해 전극 공정을 마친 양극 롤과 음극 롤, 그리고 분리막 롤 2개, 총 4개의 롤을 장착한 후 맨드릴(Mandrel)에 감습니다. 그리고 적당한 크기로 잘라 젤리롤 형태를 만들어 줍니다.

젤리롤 탭 용접

와인딩 공법을 적용한 젤리롤이 만들어지면 양극 무지부에는 알루미늄 탭을, 음극 무지부에는 구리 탭을 붙여 용접합니다.

탭 가공 & 캔 삽입

이후 원통형 배터리 캔 안에 젤리롤을 넣어주는데, 이때 양극(알루미늄) 탭은 갈고리 모양으로, 음극(구리) 탭은 직각 모양으로 가공합니다. 그리고 양극 탭은 캔 상단의 캡 밑에 붙도록, 음극 탭은 캔의 바닥에 붙도록 용접해 줍니다. 용접 후에는 *비딩(Beading)으로 캔 속의 젤리롤을 고정시켜 줍니다.

*비딩(Beading): 저항 용접, 용접 비드(bead)가 점 모양으로 된다고 해 스폿 용접(Spot Welding)이라고도 부른다.

전해질 주입

이제 캔 속을 진공 상태로 만들고, 노즐을 통해 정량의 전해질(액)을 주입합니다. 그리고 전극의 기공을 통해 전해액이 잘 스며들 수 있도록 압력을 가합니다. 전해액 주입이 끝나면 *크림핑(Crimping)으로 상단 캡과 캔을 밀봉하여 공정을 마무리합니다.

*크림핑(Crimping): 기계적으로 밀봉하는 것

이렇게 조립이 끝난 원통형 배터리는 전극의 쇼트를 방지하기 위해 절연 튜브를 씌워, 캔의 양극과 음극을 구분시켜 줍니다. 그럼 비로소 우리가 생활 속에서 흔히 접하는 원통형 배터리의 모습을 갖추게 되는 것이죠. 다음 시간에는 조립이 끝난 배터리에 전기 에너지를 부여해주는 활성화 공정을 자세히 살펴보도록 하겠습니다.

배터리 만들기 STEP.3 활성화공정

충·방전하기

전기 에너지 특성 부여
대규모의 자동화 진행



최초 충전 시,
리튬이온 음극 이동 후
음극 표면에 SEI 막 형성
· 배터리 내부 안전성 ↑

에이징 공정

전해액의 고른 분산과
SEI 안정화를 위해
일정 온도·습도에서
배터리 보관

충·방전 & 에이징 반복

디개싱 공정

Only For 파우치 배터리
에이징 과정에서 생긴 가스 제거



* LG에너지솔루션 개발

수직으로 진행하는 디개싱 기술
· 전해질 누수 최소화
· 장비 길이 축소 ▶ 효율적 공간 활용

품질 검사

충전 용량 테스트 및
불량 배터리 선별

※ 활성화 공정은 제조 형태/제조사에 따라
진행 순서가 다를 수 있음



충전과 방전

배터리 제조 과정에서 전기 에너지의 특성을 부여하려면 배터리를 충전하고, 방전하는 단계를 거쳐야 합니다.

처음 충전할 때에는 음극과 전해질(액) 사이에 'SEI(Solid Electrolyte Interphase)'란 얇은 막이 생깁니다. 리튬이온이 전해질을 통해 음극으로 이동하고, 전해질(액) 속 물질이 전기 분해되면서 음극 표면에 얇은 고체막이 형성되는 것인데요.

SEI는 전해질(액)의 추가 분해 반응을 방지하는 데 일조합니다. 전자의 이동을 막고 리튬이온만 통과하는, 또 하나의 분리막 역할도 하기 때문에 배터리 수명과 성능에 영향을 미치는 중요한 요소라 할 수 있습니다.

* 'SEI' 더 알아보기

에이징 공정

충방전된 배터리가 안정되려면 어느 정도 숙성이 필요합니다. 이 단계에서는 전해질이 양극과 음극 모두 고르게, 잘 스며들도록 하는 게 핵심인데요.

배터리를 30분 내지 3시간가량 상온에 두어 전해질(액)을 배터리 내부에 고르게 분산시키고, 리튬이온이 양극과 음극을 원활하게 이동할 수 있도록 합니다.

디개싱 공정 * 파우치 배터리에만 해당

충방전과 에이징 공정을 거치면 조립 공정에서처럼 가스가 배터리 내부에 발생할 수 있습니다. 이때도 가스를 없애기 위해 '디개싱(Degassing)' 공정을 가동합니다.

LG에너지솔루션은 자체 개발한 '세워서 하는' 디개싱 기술로 가스 제거 시 전해질이 흘러나오는 것을 최소화하고, 작업 장비의 길이를 축소시키며 공정을 효율적으로 운영하고 있습니다.

* '디개싱 공정' 더 알아보기

품질 검사

반복 작업을 거친 배터리는 최종적으로 용량을 테스트하고, 불량률 선별하는 품질 검사가 이뤄집니다. 배터리 출하 직전 0.1~1C(Crate)로 방전하면, 활성화 공정이 마무리됩니다.

활성화 공정은 제조사에 따라 진행 순서가 다를 수 있습니다. 다음 시간에는 배터리 만들기의 마지막 순서, '팩 공정'을 알아보겠습니다.

배터리 만들기 STEP.4 팩공정

배터리 셀 연결

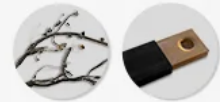
제조된 셀 표면의 이물질 제거 후,
배터리 셀 여러 개 연결하기
(cell to cell)

※ 애플리케이션 모델에 따라
탑재되는 셀과 모듈 수가 다름



모듈화

- 연결한 셀들을 모듈 케이스에 고정
- 와이어링 하네스 또는 버스 바로 연결 후 커버를 씌워 조립하기



팩 조립

배터리 팩 크기에 맞게
모듈 여러 개 넣고 연결하기
(module to module)



BMS 적용

배터리 팩에 BMS 장착하기

배터리 관리 시스템

- 배터리 모니터링 통해 충전 상태와 수명 예측
- 셀 밸런싱 관리 및 제어



배터리 셀 연결

먼저, 활성화 공정이 끝난 배터리 셀 표면의 이물질을 제거한 후 여러 개의 셀을 Cell to Cell의 형태로 연결합니다.

모듈화

연결한 셀들은 접착제를 도포한 모듈 케이스에 고정시킵니다. 이어 고정된 여러 개의 셀을 와이어링 하네스(Wiring harness) 혹은 버스 바(Bus bar)로 묶은 후 모듈 상부 커버를 씌워 조립하면 모듈이 완성

됩니다.

팩 조립

마지막으로 배터리 팩에 모듈 여러 개를 넣고 Module to Module로 연결하면 하나의 팩을 완성하게 됩니다. 이렇게 완성된 배터리 팩이 다양한 애플리케이션에 탑재되는 것이죠. 이때, 배터리 셀과 애플리케이션 모델에 따라 배터리 팩에 들어가는 셀과 모듈의 수량은 각각 달라지기도 합니다.

BMS 적용

팩 조립이 끝나고 나면, BMS(Battery Management System, 배터리 관리 시스템)를 통해 배터리의 충전 상태와 수명을 예측해 볼 수 있는데요. BMS 내부의 CMU(Cell Monitoring Unit)가 셀의 상태를 측정해 밸런싱 작업을 수행하며 배터리를 안전하게 사용할 수 있도록 도와줍니다. 이러한 기능을 바탕으로 배터리의 성능은 최적의 상태로 유지하며, 수명은 더 늘릴 수 있게 되는 것이죠.

* 'BMS' 더 알아보기

* '셀 밸런싱' 더 알아보기

지금까지 배터리가 만들어지는 순서에 대해 자세히 알아보았는데요! LG에너지솔루션은 각 제조 공정마다 품질 향상은 물론, 배터리의 안전성까지 확보하기 위해 노력해나가고 있습니다.