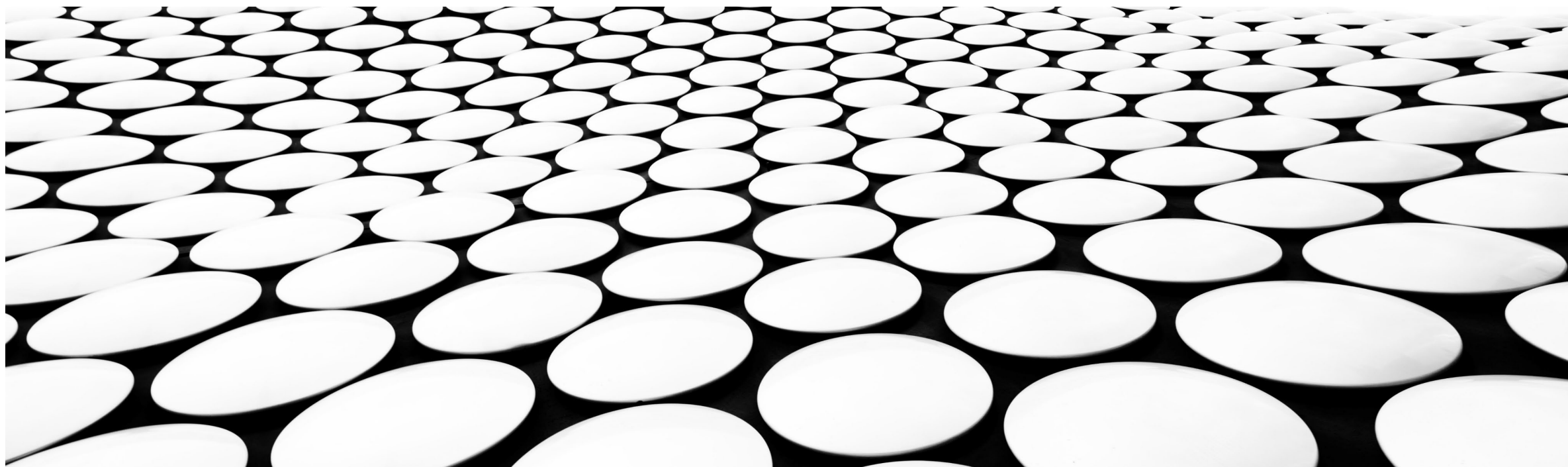

ABOUT BATTERY



CH. 0 INTRO

강사 소개

개발 → 증설 → 생산 → 생산관리 → IT 직무 경험

- 2005년 고려대 화공 생명 공학과 공정 시스템 석사 과정 수료
- 2006년 입사
 - 자동차용 Battery 연구소 팩 공정 개발팀 (대전)
- 2008년 자동차 Battery Pack 증설PJT → 팩 생산P (오창)
 - 자동차 Battery Pack 양산 라인 증설 (품질 Sys. 생산 Sys.)
 - 팩 생산관리 및 기획
- 2009년 자동차 Battery 생산관리 P (오창)
 - 자동차 Battery 생산 시스템 구축, 관리
- 2010년 자동차 Battery Global SCM 팀 (오창)
- 2011년 Battery PI(Process Innovation) 팀 (오창)
- 2013년 남경 소형 Battery PI팀 (남경, 주재원)
- 2018년 폴란드 자동차 배터리 PI 팀 (폴란드, 주재원)
- 2024년 ~ 현재 남경 자동차 배터리 PI팀 (남경, 주재원)
“업무의 잔머리” 유튜브 & 블로그 운영 중

※ 저서 : 업무의 잔머리, 나는 땡땡이다. 공돌이 선배들의 해외생활 이야기, 일잘러의 UiPath 업무 자동화, AI 코딩을 위한 최소한의 파이썬



CH. 0 INTRO

강의 순서

날짜	Chapter명	시간(분)	주요 내용
Day 1	1. 전기	10:00~10:45	배터리를 이해하기 위해 먼저 알아둬야 하는 전기에 대한 상식
	2. Battery 원리와 종류	11:00~11:45	1차전지에서 부터 2차 전지까지 각 Battery 의 원리와 종류
	점심	12:00~13:00	
	3. Battery 제조 공정 1	13:00~13:45	생산 공정의 이해 (전극)
	4. Battery 제조 공정 2	14:00~14:45	생산 공정의 이해 (조립)
	5. Battery 제조 공정 3	15:00~15:45	생산 공정의 이해 (활성화 / 팩)
	6. Battery 상식	16:00~16:45	알아두면 유용한 Battery 관련 상식과 실제 사용되는 응용처
	7. Battery 중요 지표	17:00~17:30	Battery의 성능을 평가하는 중요 지표와 각 지표별 의미 (저항, 출력, 용량 등)

CH. 0 INTRO

강의 순서

날짜	Chapter명	시간(분)	주요 내용
Day 2	1. 통계란?	10:00~10:45	통계에 대한 기본 이해, 사용되는 도구
	2. 기초 통계	11:00~11:45	기초 통계 지식
	점심	12:00~13:00	
	3. 통계 응용	13:00~13:45	데이터 시각화, 머신러닝
	4. 통계 실습	14:00~14:45	통계 분석 실습
	5. 통계 분석시 유의점	15:00~15:45	통계 분석시 유의점

강의에 앞서

구글 드라이브 링크 :

<https://drive.google.com/drive/folders/1cmagzHRbEWkUwqFlbNHBFMwJuW27Gf5I?usp=sharing>

Orange Datamining : <https://orangedatamining.com/>

R :

R : <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>

R Studio : <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>

시각화 갤러리 : <https://r-graph-gallery.com/>

Python :

Python : <https://www.python.org/downloads/>

VC : <https://code.visualstudio.com/download>

PyCharm : <https://www.jetbrains.com/pycharm/download>

Colab : <https://colab.research.google.com/?hl=ko>

시각화 갤러리 : <https://python-graph-gallery.com/>

색상표 : <https://color.adobe.com/>

AI :

ChatGPT : <https://chatgpt.com/>

Claude : <https://claude.ai/new>

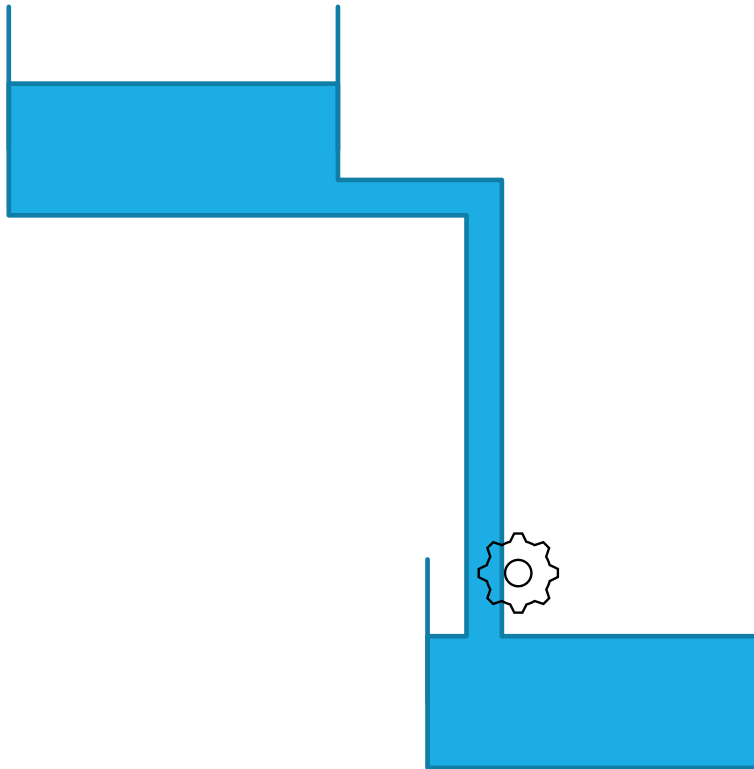
Cursor : <https://www.cursor.com/>

Perplexity : <https://www.perplexity.ai/>

Genspark : <https://www.genspark.ai/>

CH.1 전기

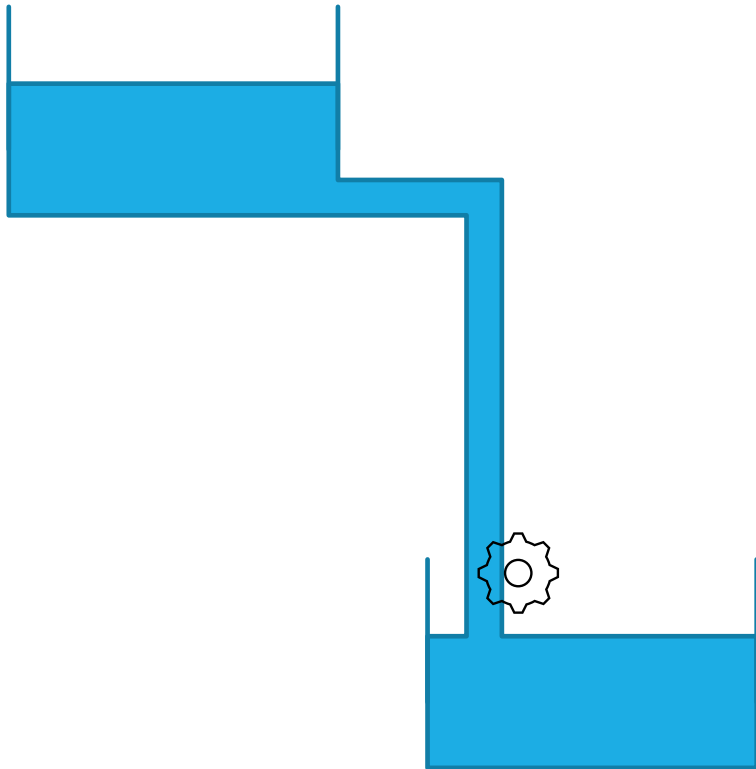
전압/전류/저항



- **전기는 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르는 물로 이해하면 이해가 빠릅니다.**
 - ✓ **전압 : 높은 곳과 낮은 곳의 높이차이**
 - ✓ **전류 : 흐르는 물의 양**
 - ✓ **저항 : 물이 흐르는 것을 방해하는 요소**
- **전기를 사용하는 기기는 이 높이 차이가 나는 물이 가진 에너지를 이용하는 것이라고 할 수 있습니다.**

CH.1 전기

기본 공식



- 전기를 다룸에 있어서 가장 기본적인 공식은 다음과 같습니다.

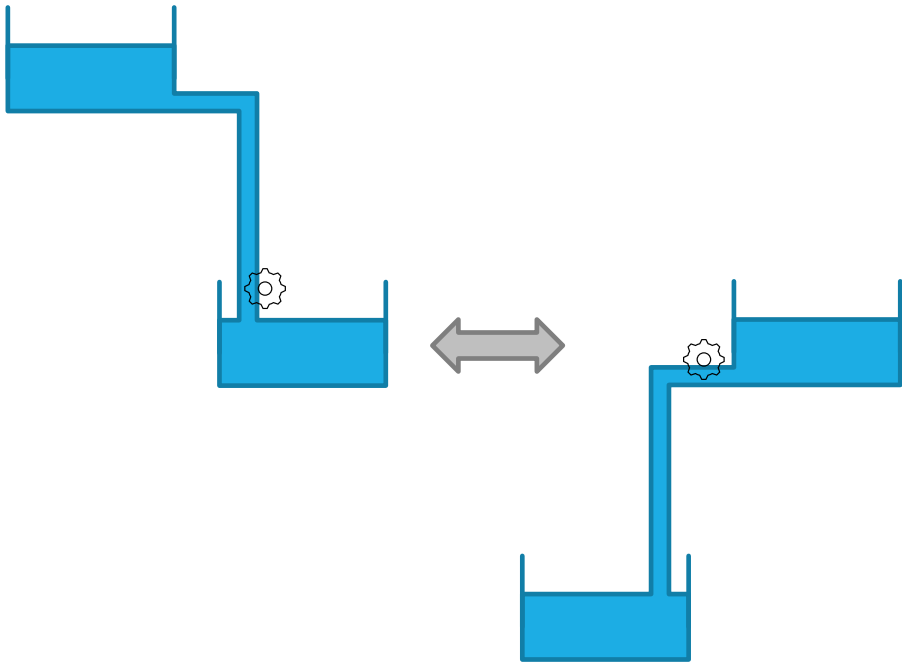
$$V = IR \rightarrow \frac{V}{R} = I$$

$$W = VI \quad VI = \frac{V^2}{R}$$

- 물의 흐름으로 생각하면 다음과 같이 정리할 수 있습니다.
 - 물의 높이 차이(또는 흐르고자 하는 힘)와 물의 흐름을 막는 저항의 크기를 알면 흐르는 물의 양을 알 수 있습니다.
 - 물의 높이 차이와 흐르는 물의 양에 비례하여 큰 일을 합니다.

CH. 1 전기

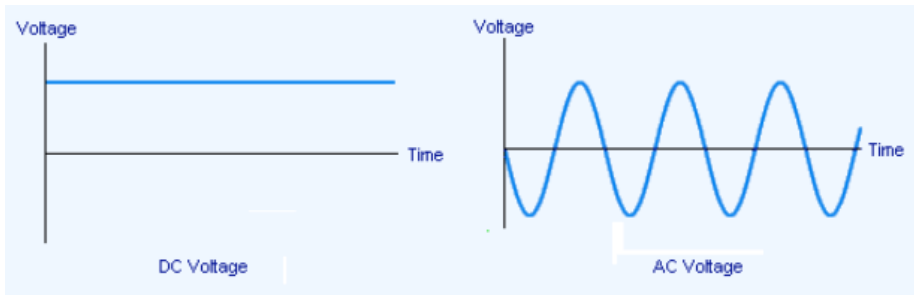
직류와 교류(1)



- 전기가 흐르는 방식은 직류와 교류의 두가지가 있습니다.
- 직류는 우리가 흔히 생각할 수 있는 한쪽 방향으로 전기가 흐르는 현상입니다.
- 교류는 전압이 + -로 번갈아 반대 방향으로 흐르는 현상입니다.
- 물의 흐름으로 생각한다면 한쪽 물그릇의 높이가 높아졌다 낮아졌다 하는 현상입니다.

CH. 1 전기

직류와 교류(2)



- 일반적으로 집에서 사용하는 전기는 교류입니다.
※ 콘넥터의 구멍 중 한쪽 구멍만 접촉할 경우 운이 좋으면 감전이 되지 않을 수도 있습니다.
- 가정에서 사용하는 전기기기의 경우 교류를 그대로 사용하는 경우도 있고, 직류로 변환하여 사용하는 경우도 있습니다.
- 노트북과 같은 대부분의 정교한 IT 기기는 전원을 직류로 전환하여 사용합니다.
※ 흔히 말하는 아답터가 교류 → 직류로 변환해주는 장치입니다.

CH.1 전기

직류와 교류(3)



- **아답터의 정보를 잘 읽어보면 생각보다 많은 정보를 얻을 수 있습니다.**

✓ ~ : 교류를 의미합니다.

✓ ≡ : 직류를 의미합니다.

✓ Hz : 주파수를 의미합니다. 교류에만 표시됩니다.

✓ ⊖ ⊕ : 아답터 커넥터 구조를 의미합니다.

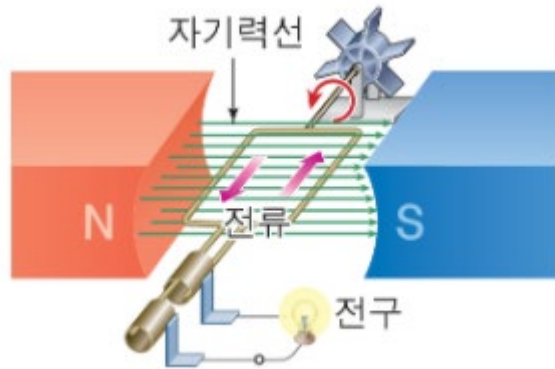
안쪽이 +극 겉이 -극이라는 의미입니다.

INPUT (輸入/輸入) : 100-240 V ~ 1.2 A 50-60 Hz
OUTPUT (輸出/輸出) : 19 V ≡ 2.1 A ⊖ ⊕ LPS

CH. 1 전기

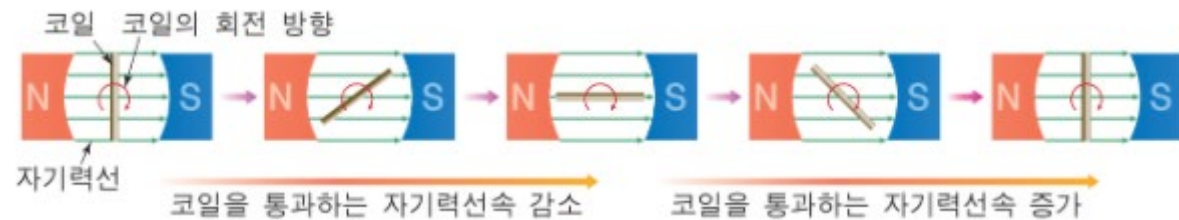
직류와 교류(4)

- 대부분의 발전기는 회전 운동을 이용해 전기를 생산합니다.
→ 이렇게 생산된 전기는 교류 전기를 생산합니다.



※ 발전기 & 모터 구동원리 (DC 모터)

- 발전기의 원리는 반대로 적용하면 모터의 원리로도 적용 됩니다.
→ 이는 차량 운영에 필수 기술로 응용됩니다.



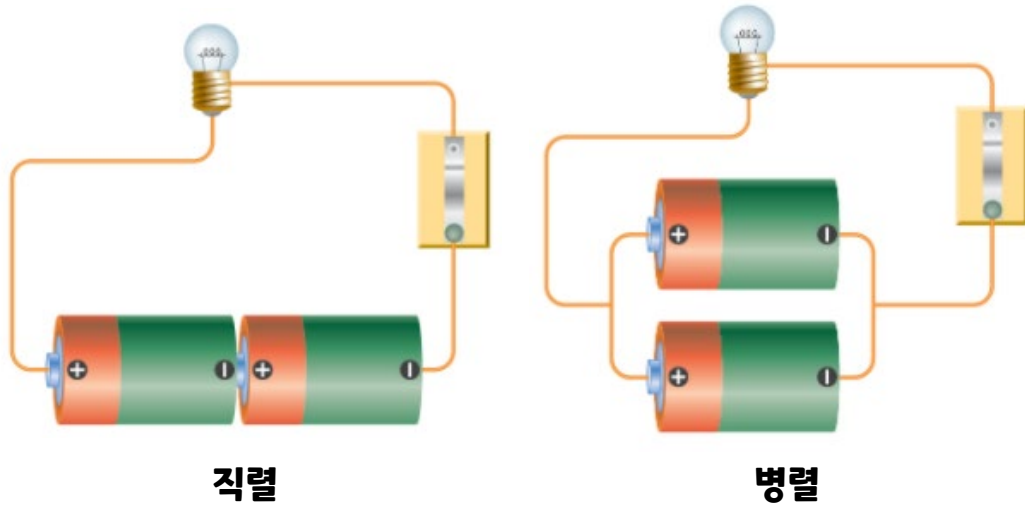
※ AC 모터 구동 원리

※ 직류 교류 전환

CH. 1 전기

직렬 연결과 병렬 연결

전지의 직/병렬

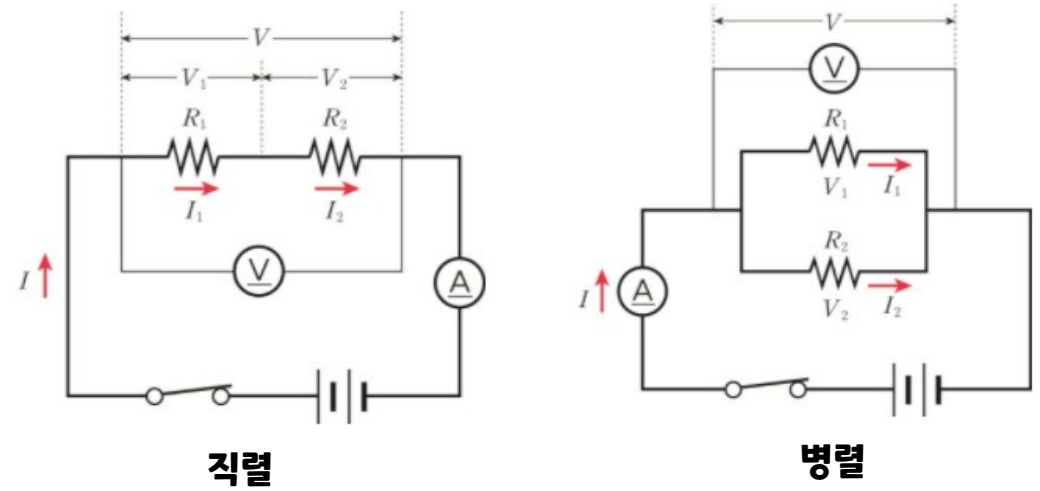


$V \rightarrow 2V$

$V \rightarrow V$

수명 2배

저항의 직/병렬

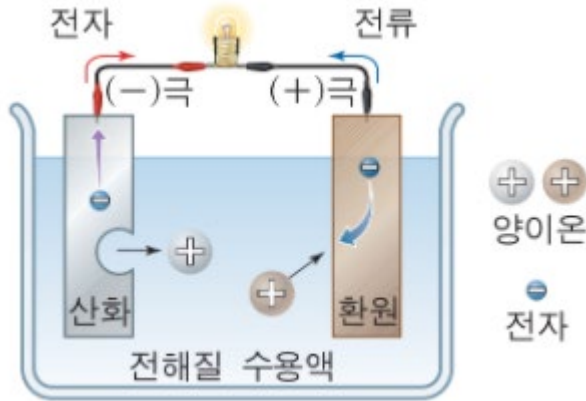


$R \rightarrow 2R$

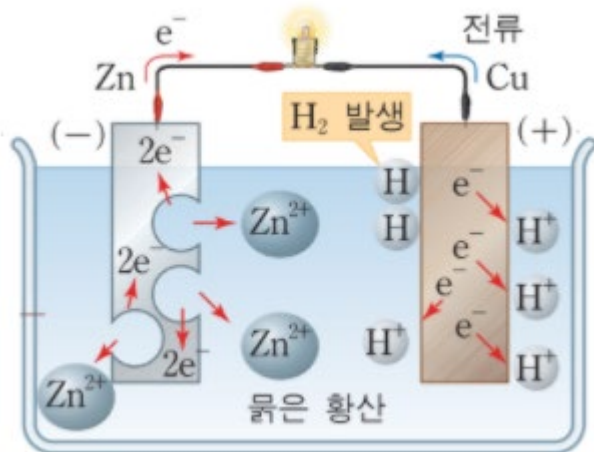
$\frac{1}{R} \rightarrow \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

CH. 2 배터리

배터리의 구조



배터리 기본 원리



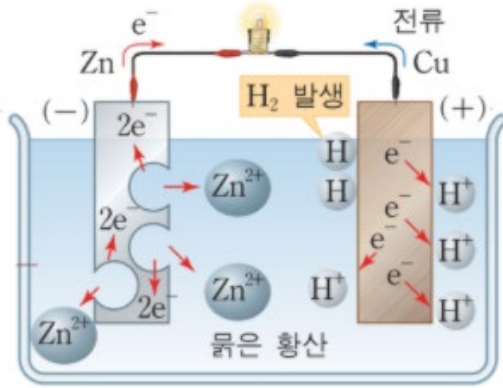
볼타 전지

- 배터리의 기본 원리는 전기 화학 반응을 이용하는 것입니다.
- 물질마다 이온이 되려고 하는 힘의 크기가 다릅니다.
- Zn(아연)과 Cu(구리), H(수소)을 비교해 볼 때 Zn이 이온이 되려고 하는 힘이 가장 강합니다.
- 이 힘의 차이를 이용한 것이 볼타 전지입니다.
- 배터리는 크게 전자를 내어놓으려고 하는 음극, 전자를 받으려고 하는 양극, 이온이 흐를 수 있는 통로 역할을 하는 전해질의 3가지 요소로 이루어집니다.
※ 양극과 음극이 직접적으로 닿으면 안되기 때문에 이를 막는 분리막까지 포함하여 양극/음극/전해질/분리막을 전지의 4대요소라고 합니다.

※ 건전지의 원리

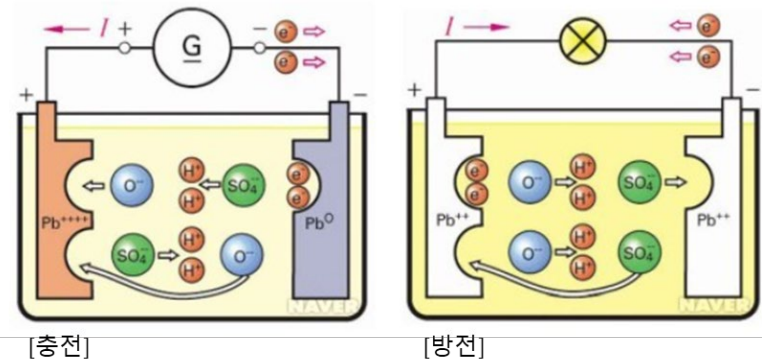
CH. 2 배터리

배터리 비교



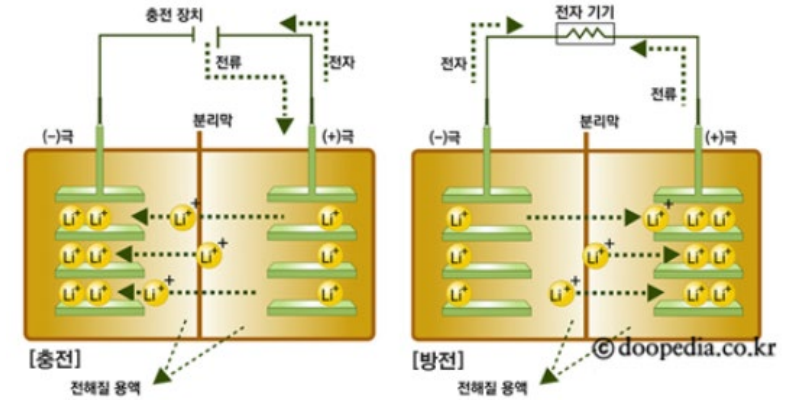
몰타 전지

- 가장 오래된 1차 전지
- 구리 표면에 수소가 붙으며 점점 전기 발생량이 줄어듦
- 충전, 재활용이 불가능함



납축 전지

- 가장 오래된 2차 전지
- 충전, 재활용이 가능함



Li-ion 전지

- 가장 가볍고, 에너지가 높음
- 에너지 밀도가 높은 만큼 가장 다루기 어려움

※ 2차 전지의 원리

※ Li-ion Battery 원리

※ Li-ion Battery 원리 2

CH. 2 배터리

상용화된 배터리 비교



구분	전지 종류	양극	음극	전해질	사용 전압	주 사용처
1차 전지	망간전지	C	MnO ₂	NH ₄ Cl, ZnCl	1.5V	범용
	알카라인 전지	Zn	MnO ₂	KOH	1.5V	
2차 전지	납축전지	PbO ₂	Pb	H ₂ SO ₄	2V	자동차 시동, 보조
	NiCd	2NiO(OH)	Cd	KOH	1.3V	범용
	NiMH	2NiO(OH)	MH	KOH	1.3V	
	Li-ion	LiMO _x	C	Li-Salt	3.8V	고사양

※ 1차 전지는 한번 사용하면 재활용이 불가능한 전지를 뜻하고, 2차 전지는 충전하여 재사용이 가능한 배터리를 의미합니다.

※ M는 특정한 금속을 뜻하기보다는 일반적인 금속인 뜻합니다.

CH. 2 배터리

Li-ion Battery

The image shows a standard periodic table of elements. The elements are arranged in rows (periods) and columns (groups). The first two columns are labeled 1 and 2, and the last column is labeled 18. The rows are labeled 1 through 7. The element Lithium (Li) is located in the second row, first column, and is circled in red. Other elements are color-coded: Group 1 (H, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) is red; Group 2 (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra) is yellow; Groups 13-18 are various shades of green and blue; Groups 3-12 are various shades of pink and purple; and the lanthanide and actinide series are in light blue boxes at the bottom.

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Period 1	1 H																	2 He
Period 2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
Period 3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
Period 4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
Period 5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
Period 6	55 Cs	56 Ba	57 La	* 72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
Period 7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	* 104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
				* 58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
				* 90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

- **Li-ion Battery는 주기율표 상에서 가장 가볍고 반응성도 큰 금속입니다.**
- **단일 물질로는 금속 중에서는 가장 반응성이 크다고 봐야 하겠습니다.**

CH. 2 배터리

Li-ion Battery 외형에 따른 종류



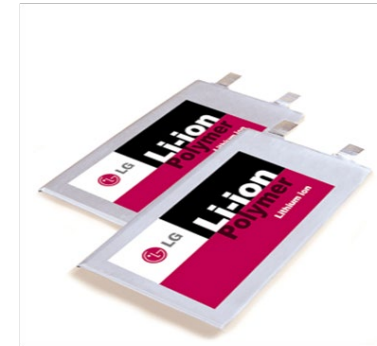
원통형

- 원통형태의 알루미늄 캔 안에 내용물을 채워 넣은 형태입니다.



각형

- 각형태의 알루미늄 캔 안에 내용물을 채워 넣은 형태입니다.



파우치형

- 얇은 파우치 안에 내용을 채워 넣고 밀봉한 형태입니다.

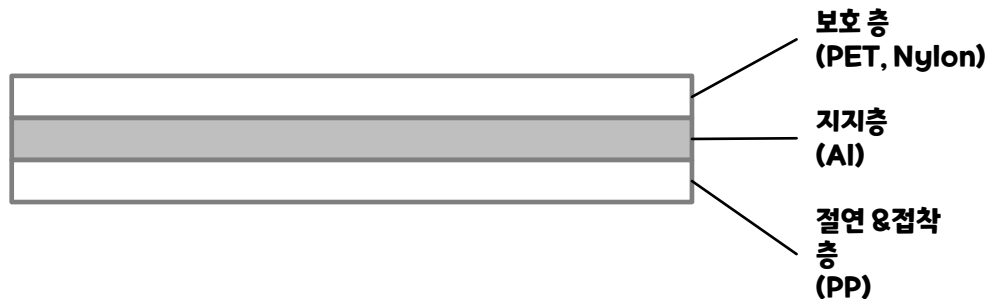


※ 각형 vs. 파우치(엔지니어 TV)

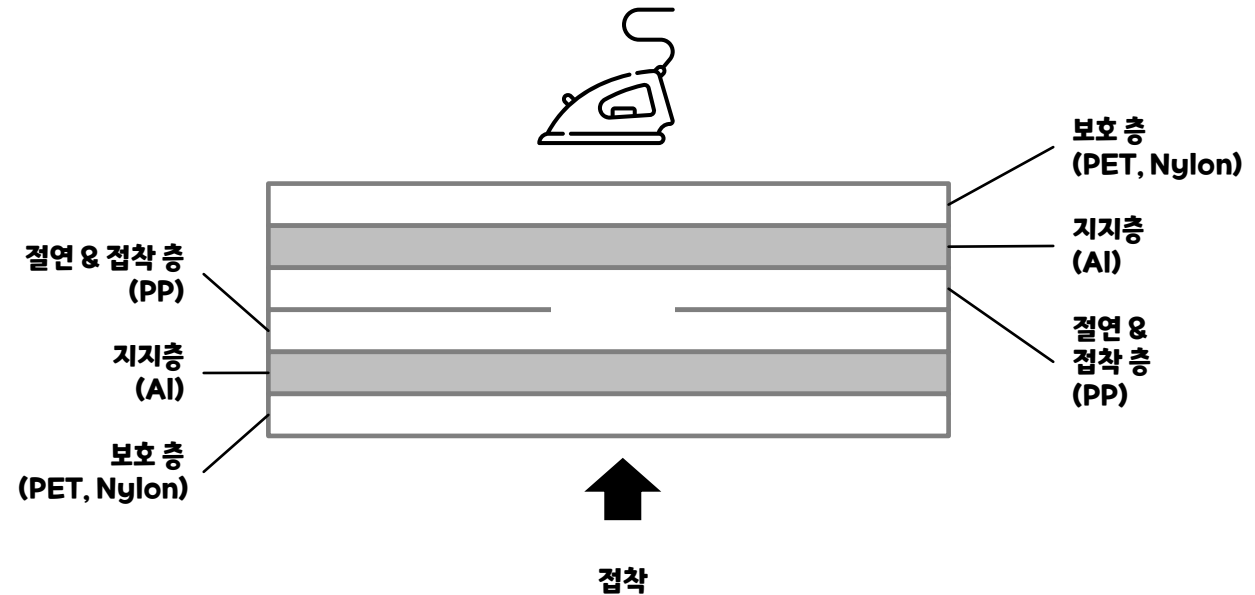
CH. 2 배터리

About 파우치

- 일반적으로 파우치는 3개 또는 그 이상의 층으로 코팅되어 만들어 집니다.



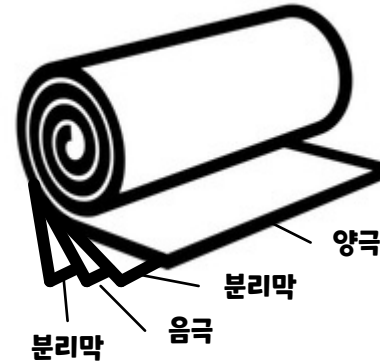
- 밀봉할 때는 접착층끼리 마주보게 한 상태에서 열을 가하면서 눌러 접착층이 녹아 섞이게 만든 후 식혀서 굳힙니다.



CH. 2 배터리

- Battery는 주어진 공간 안에 얼마나 많은 음극 – 분리막 – 양극 – 분리막 – 음극-분리막... 층을 적재해 넣느냐가 관건입니다.
- 크게 Winding(Folding) 방식과 Stacking 방식이 있습니다.
(2가지 방식이 모든 방식은 아닙니다.)
- Winding 방식은 원통형, 각형, 파우치형 모두에 사용되며, Stacking 방식은 주로 파우치형에 사용됩니다.

Li-ion Battery 공정 형태에 따른 종류



Winding 방식

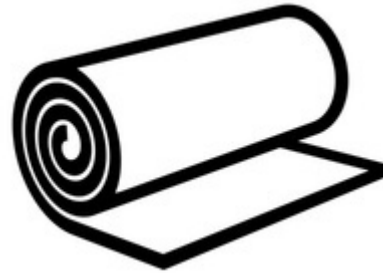


Stacking 방식



CH. 2 배터리

Li-ion Battery 공정 형태별 특징



Winding 방식



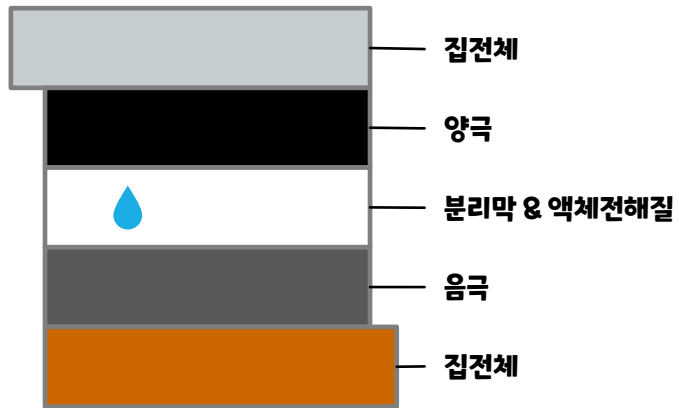
Stacking 방식

	Winding (Folding)	Stacking
가공성	Good	Bad
수명	Bad	Good
순간 출력	Bad	Good
형태 자율성	Bad	Good
추적성	Good	Mid
고질 불량요소	중앙부 미접촉 현상 사행	Mismatch 이물

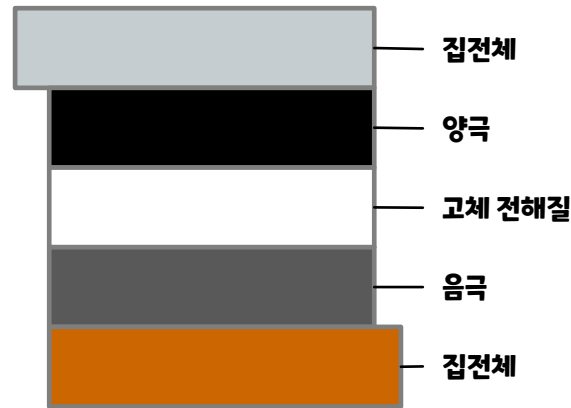
CH. 2 배터리

Li-ion Battery 구성물질에 따른 종류

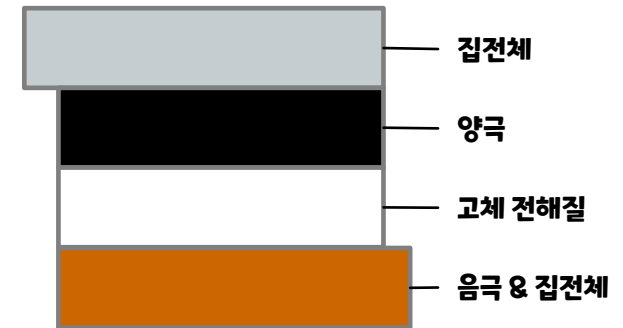
• 분리막 & 전해질에 따른 구분



Li-ion 전지



전고체 전지



• 양극 활물질에 따른 구분(LiMO_x)

- ✓ LCO : Co 첨가
- ✓ NCM : Ni, Co, Mn 첨가
- ✓ NCA : Ni, Co, Al 첨가
- ✓ LFP : Fe, P 첨가

※ 양극재 음극재 구조와 작동

• 음극 활물질에 따른 구분(S)

- ✓ 리튬황 배터리

※ 리튬황 배터리는 전해질 성분이 달라집니다.

※ 전고체 전지 원리

CH. 3 배터리 제조 공정

전체 공정

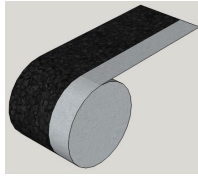
전극



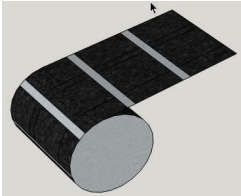
Mixing



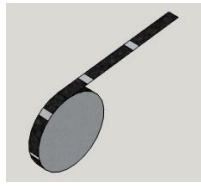
Coating
Roll Press



Slitting

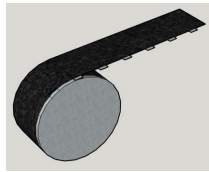


※ Strip 코팅

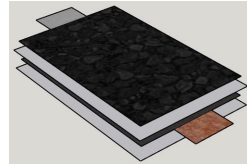


※ 패턴 코팅

셀



Notching



Stacking



Packaging



Winding



Assy.



Formation

팩



Module



Pack



ESS Pack



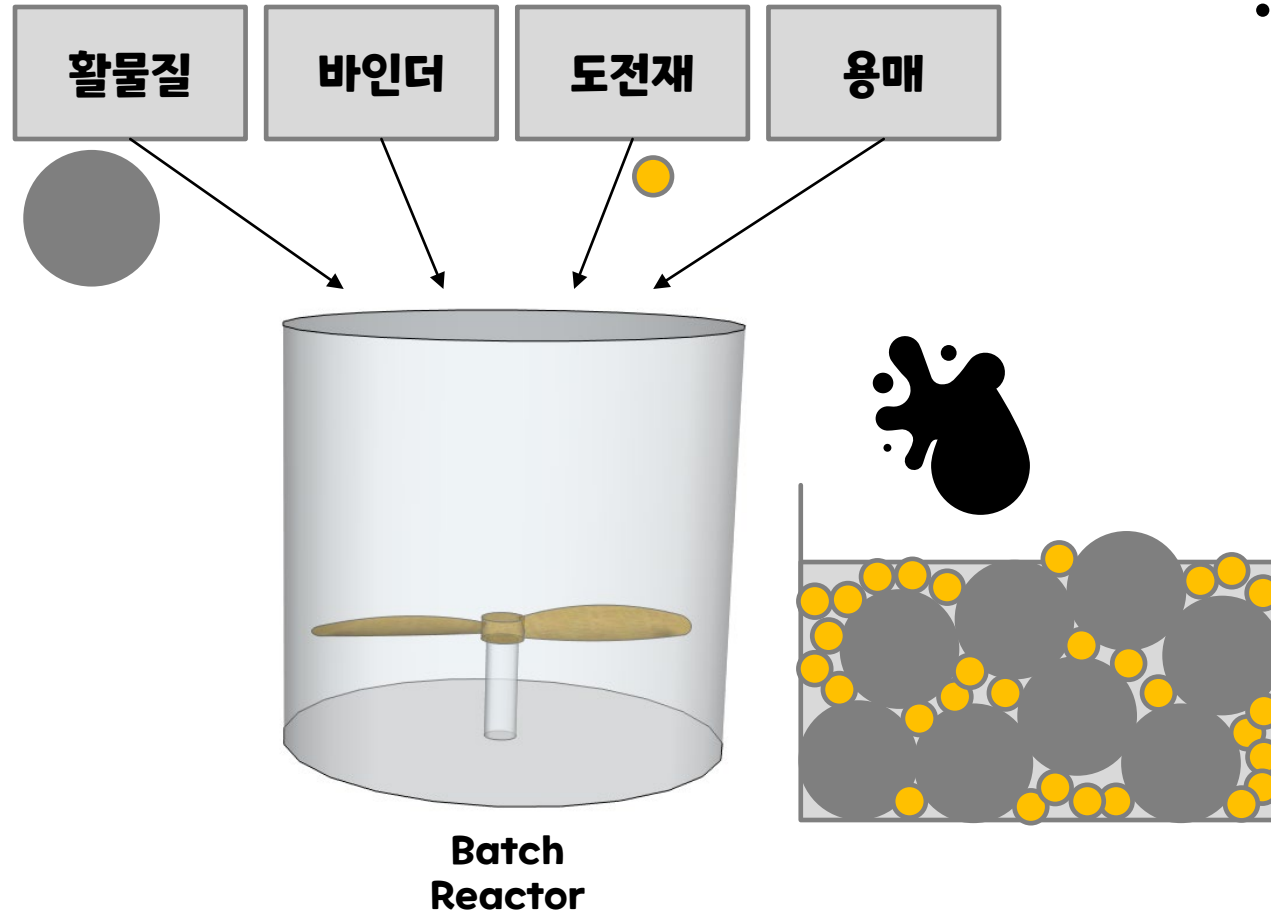
Notebook
Battery Pack



전동툴
Battery Pack

CH. 3 배터리 제조 공정 (전극)

Mixing

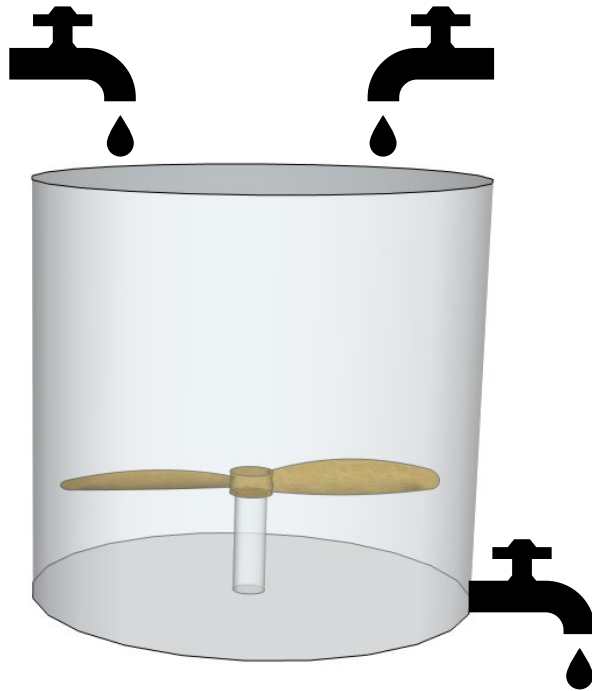


• Mixing 공정

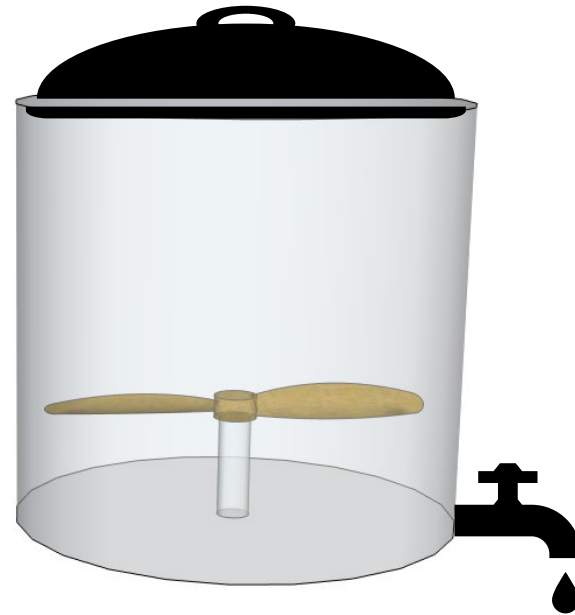
- ✓ 활물질, 바인더, 도전재, 용매를 균일하게, 섞습니다.
- ✓ 이때 점도, 온도, 배율을 정해진 운전 조건에 정확히 맞춰야 합니다.
- ✓ 활물질 : 전지의 산화 환원 반응을 일으키는 물질로 전극의 핵심 자재입니다.
- ✓ 바인더 : 활물질을 집전체에 접착시키기 위한 접착제입니다.
- ✓ 도전재 : 활물질에서 전자가 집전체로 흘러갈 수 있는 통로 역할을 하는 자재입니다.
- ✓ 용매 : 활물질, 바인더, 도전재는 균일하게 잘 섞여야 합니다. 이를 잘 섞기 위한 매개체입니다.

CH. 3 배터리 제조 공정 (전극)

Mixing



연속 반응기
(CSTR)



Batch 반응기

- **Mixing 공정은 화학 반응기를 기반으로 접근하면 이해가 편합니다.**

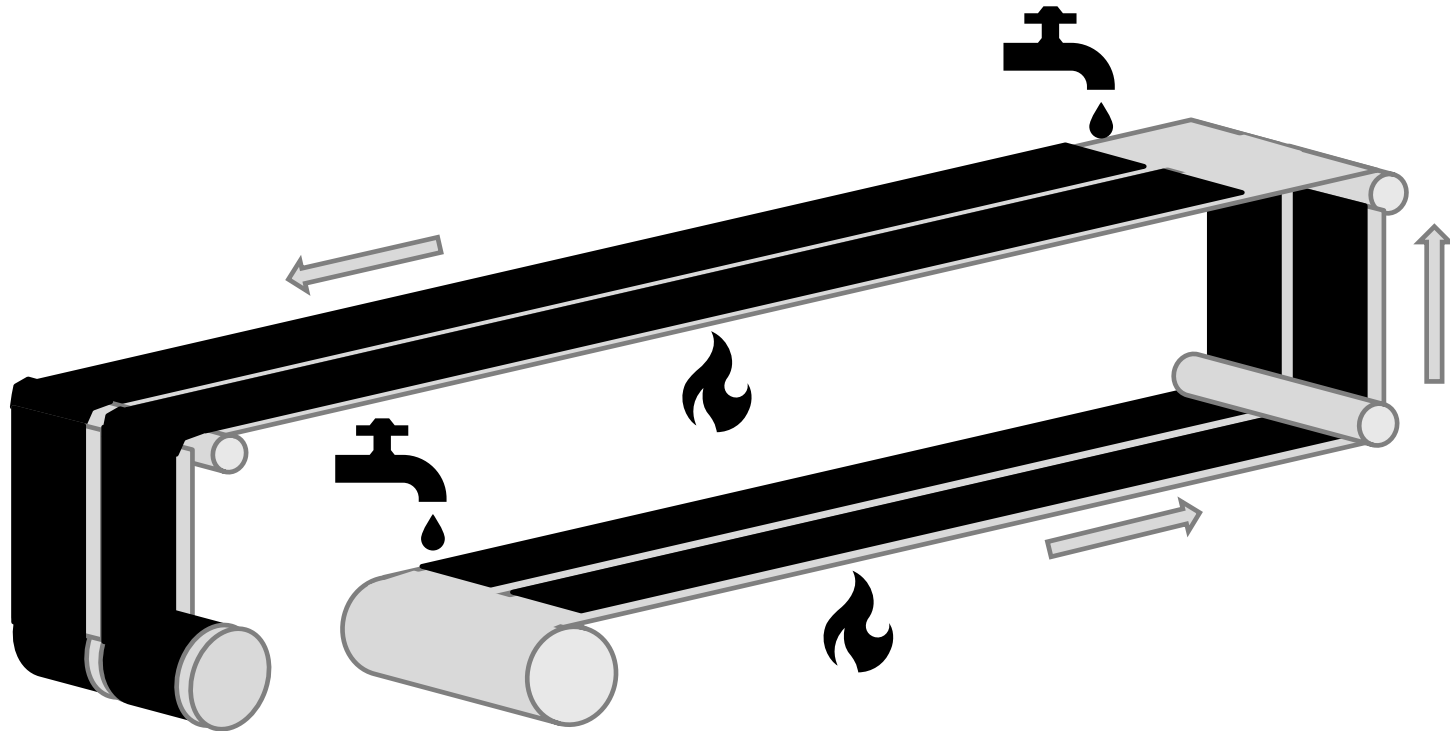
- ✓ 대표적인 화학공정 반응기는 연속 반응기와 Batch 반응기가 있습니다.
- ✓ 연속 반응기는 원료를 계속 공급하면서 생산품을 계속 빼내는 방식으로 보통 대량생산에 유리하나 품질 균일성에서는 불리합니다.
→ 일반적인 화학 공정에 많이 사용됩니다.
- ✓ Batch 반응기는 원료를 한번 넣고, 반응이 끝난 다음 제품을 빼내는 방식으로 품질 균일성은 좋으나 생산성에서는 불리합니다.
→ 일반적으로 의약품이나 식품과 같이 **균일한 품질이 필수인 높은 제품을 만들 때** 사용됩니다.

※ CSTR

※ Batch Reactor

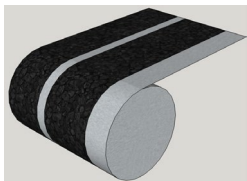
CH. 3 배터리 제조 공정(전극)

Coating

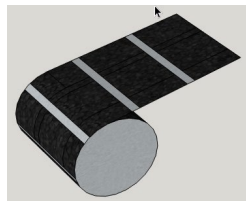


- Coating 공정은 앞서 Mixing 공정에서 만들어진 Slurry를 집전체 (극판)에 균일한 두께로 코팅하는 공정입니다.

- ✓ 쿨링 호일과 같은 얇은 금속 박막에 점도가 높은 Slurry를 코팅합니다.
- ✓ 양면 코팅이 되어야 하므로, 앞/뒷면에 연속 코팅한 후 롤 형태로 되감습니다.
- ✓ 최종 제품의 형태에 따라 Strip 코팅과 패턴 코팅의 두 종류의 제품이 코팅됩니다.



Strip 코팅



패턴 코팅

※ Coating 예시

※ Coating

※ Coating D사

CH. 3 배터리 제조 공정(전극)

Coating



- Coating 공정에서 핵심은 균일한 두께로, 전극 활물질이 잘 점착되어 있어야 하고, 얼룩이나 구멍이 없어야 합니다.

- ✓ 온도, 속도, 점도 모두에 영향을 받으며, 코팅시 온도/점도, 건조시 온도/속도 등에 종합적인 영향을 받습니다.
- ✓ 코팅 두께의 관리 범위가 μm 단위로 코팅시 온도에 의한 열팽창에도 영향을 받는 세밀한 공정입니다.
- ✓ 공기방울이 섞여 있어도 코팅 두께에 편차가 생겨 품질에 큰 영향을 줍니다.

CH. 3 배터리 제조 공정(전극)

Coating



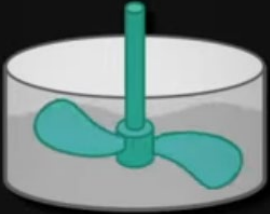
인쇄소(코팅공정과 유사 컨셉)

- Coating 공정은 신문의 인쇄소와 유사한 요소가 많습니다.
- 전극에서 생산의 기준으로 잡는 공정입니다.
- 생산의 기준이 된다는 의미는 다음의 두가지 중 하나 이상의 의미를 가집니다.
 - ✓ 해당 공정이 완제품 실적과 직결
 - ✓ 핵심 공정으로 전체 생산량/수율을 결정

CH. 3 배터리 제조 공정(전극)

건식 전극이란?

습식 전극 공정

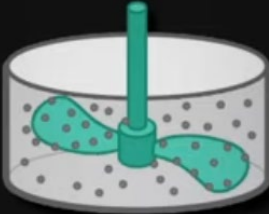


믹싱공정

활물질, 도전재, 바인더
+ 용매 혼합 (Solvent)

Vs.

건식 전극 공정



믹싱공정

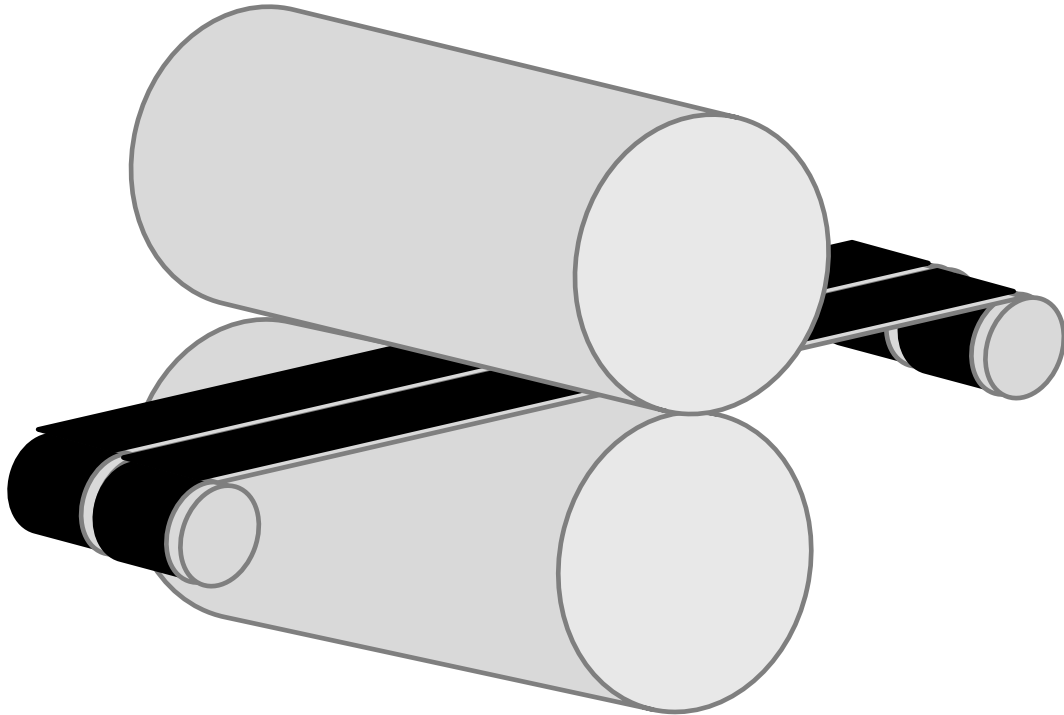
활물질, 도전재,
바인더 혼합

- Mixing 공정에서 사용되는 자재 중 용매를 사용하지 않고 코팅하는 전극을 말합니다.
 - ✓ 비용 절감의 효과가 있습니다.
 - 용매 비용이 절감됩니다.
 - 건조에 의한 유틸리티 비용이 절감됩니다.
 - 설비가 차지하는 공간이 작아집니다.
 - ✓ 균일한 코팅이 기대 됩니다.
 - 건조 과정이 없으므로,
처음 코팅한 상태 그대로 유지 됩니다.
 - ✓ 하지만, 공정 난이도가 높습니다.

※ 건식 전극

CH. 3 배터리 제조 공정

Roll Press



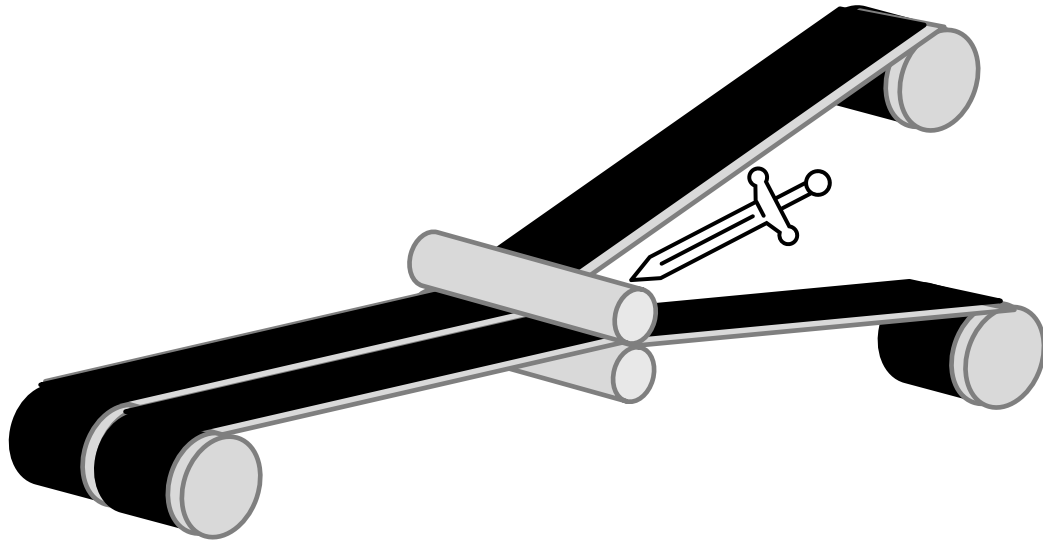
- Coating 공정에서 아무리 균일하게 코팅이 잘 되었다고 하더라도 건조 후 표면이 균일하지 않고, 두께 편차도 있을 수 있습니다.
- Roll Press 공정은 대형의 Roll이 열을 가하면서 눌러서 전체적인 표면이 균일해 지면서 두께 편차도 줄이는 과정입니다.



※ Roll Press 공정

CH. 3 배터리 제조 공정

Slitting



- 처음 코팅을 할 때 효율성을 위해 우리가 원하는 규격보다 2배~10배 큰 폭의 점보롤을 만듭니다. 코팅을 마치고 나서 원하는 두께로 다시 쪼개는 것이 효율적이기 때문입니다.
- Slitting 공정은 조립공정에서 실질적으로 사용될 제품의 크기에 맞게 점보롤을 원하는 규격으로 쪼개는 작업을 의미합니다.

※ Slitting Machine

CH. 3 배터리 제조 공정

Slitting

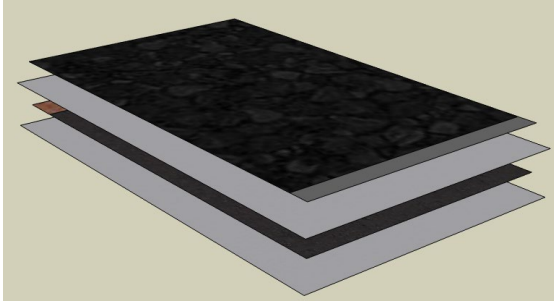


롤휴지(Slitting 과 유사 컨셉)

- **Slitting** 공정과 유사한 공정을 찾아본다면 롤휴지를 만드는 과정과 비슷하다고 볼 수 있습니다.
- 전극 공정의 최종 완제품을 내보내는 공정이기 때문에, 품질 검사가 정교하게 이루어집니다.
- 제품 특성상 불량률이 있더라도 표식을 하고 다음공정으로 넘깁니다.

CH. 3 배터리 제조 공정(조립)

Winding



원통형 용 Winding

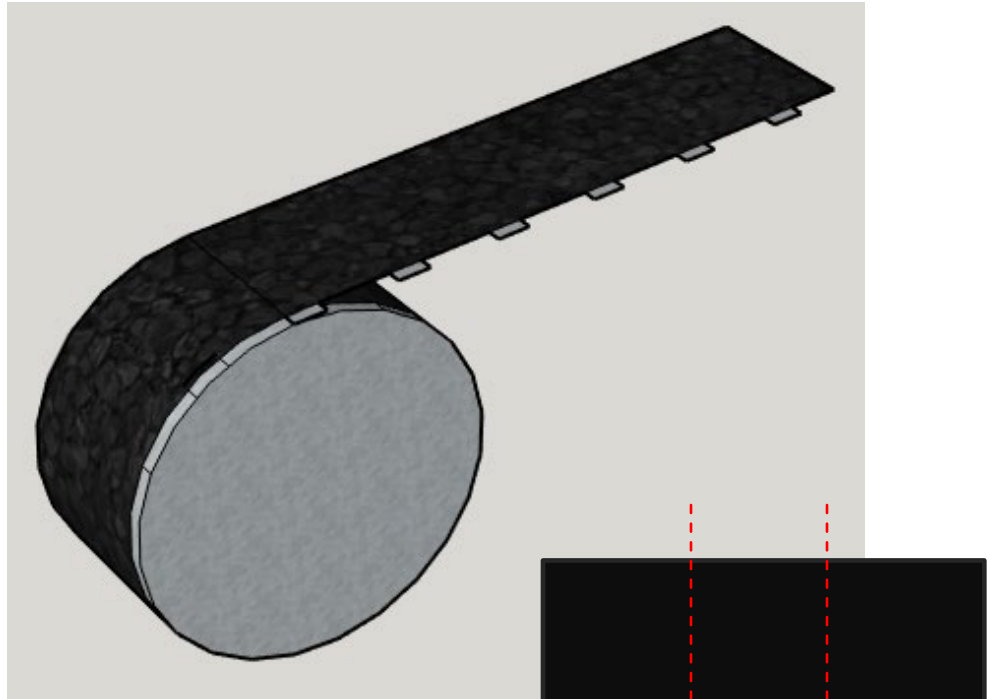


각형 & 파우치형 용 Winding

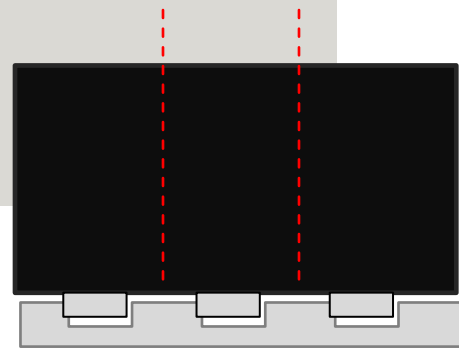
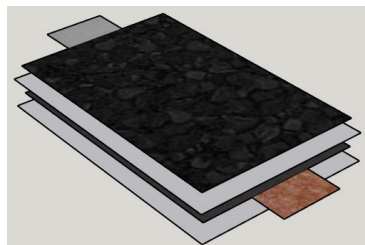
- Winding 공정은 양/음극 전극과 분리막을 겹쳐 놓은 다음 김밥을 말듯이 동그랗게 말아 원통의 형태를 잡는 공정을 의미합니다.
- 각형 또는 파우치형에 사용하기 위한 Winding 공정에서는 권심을 넓적하게 만들어서 타원형태로 말아서 만듭니다.
- 양극과 음극의 끝부분에는 활물질이 코팅되지 않은 부분이 있으며, 이 영역은 조립시 Battery의 리드 부분에 용접이 됩니다.

CH. 3 배터리 제조 공정

Notching



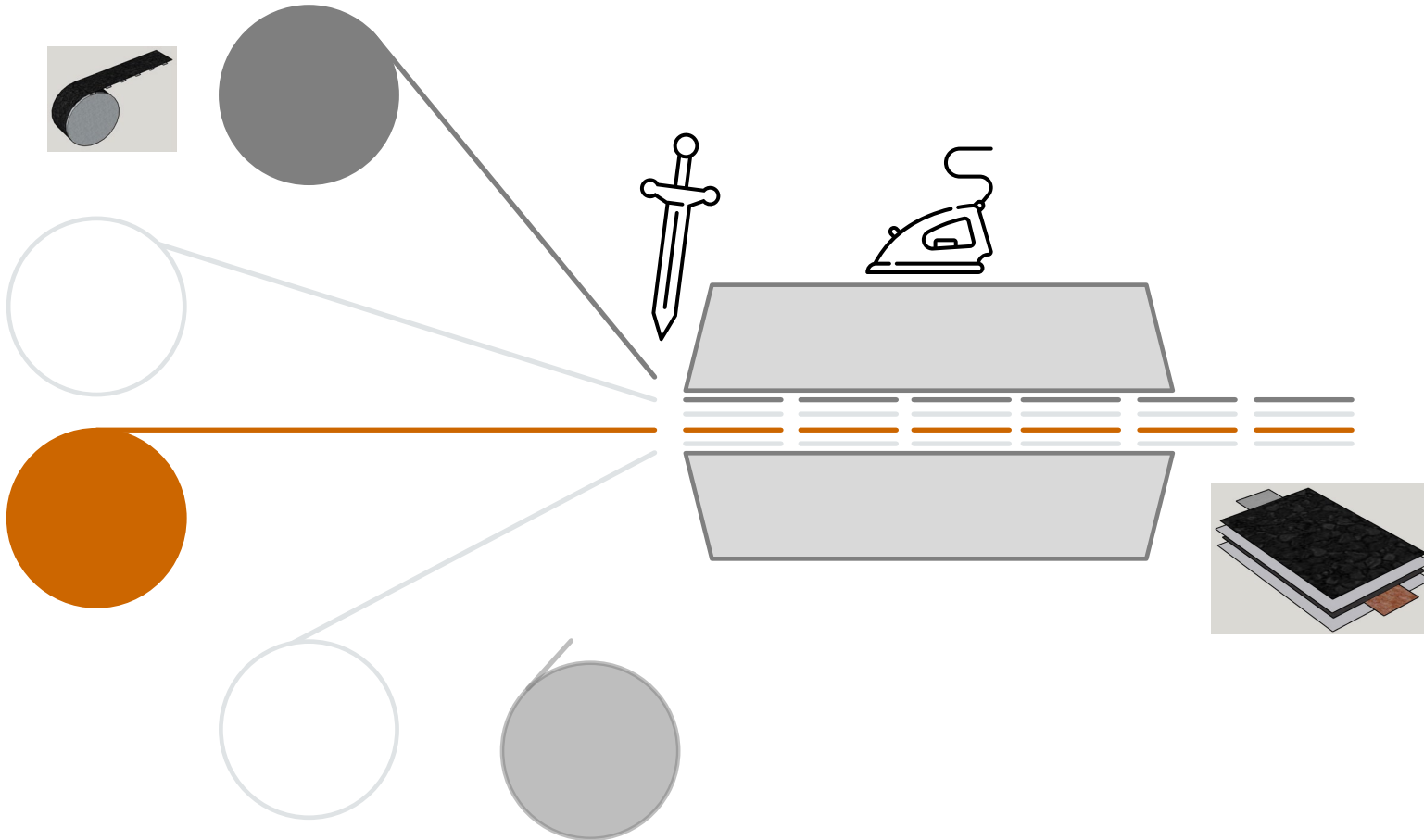
- Notching 공정은 Stacking 형태의 Cell을 만들기 위한 전처리 과정으로 일정한 패턴으로 사용하지 않는 부분을 잘라내는 공정을 뜻합니다.
- 다음 공정에서 원하는 Cell의 폭에 맞게 잘라서 낱장으로 사용하게 됩니다.



※ Notching Machine

CH. 3 배터리 제조 공정

Lamination

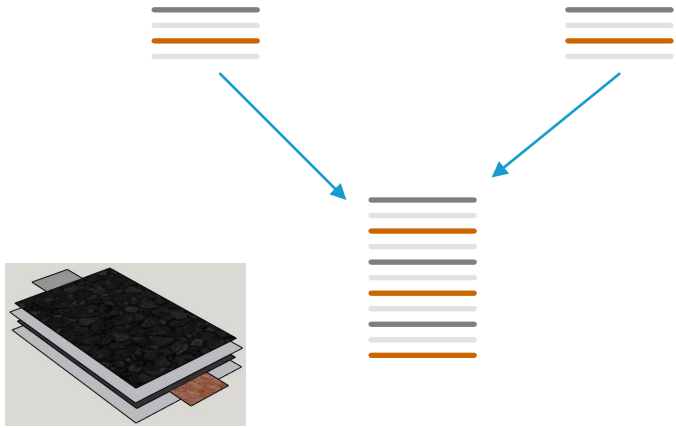


※ Lamination 공정

- Lamination 공정은 Stacking 또는 Folding 하기전에 단위 bi-cell 형태의 반제품을 만드는 공정입니다.
- 이후 Stack 형태로 쌓거나 Folding의 형태로 제품을 만들게 됩니다.
- 다음 공정의 방식에 따라 2개의 극판을 적재하는 방식, 3개의 극판을 적재하는 방식, 1개의 극판을 적재하는 방식이 사용됩니다.

CH. 3 배터리 제조 공정

Stacking

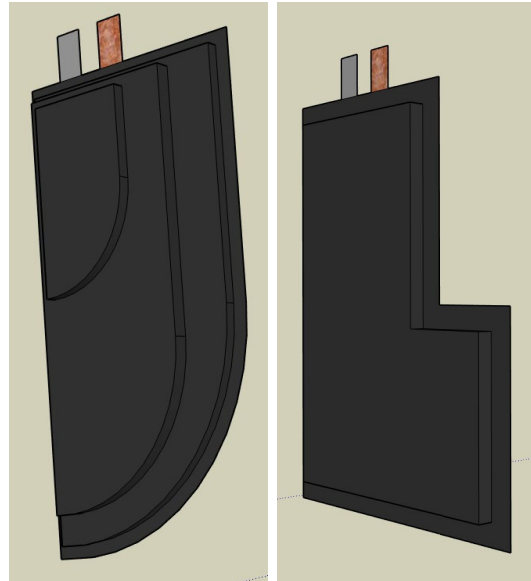


※ 여러가지 Stacking 방식

용량을 높이는 방법(엔지니어TV)

Z-Folding (1)

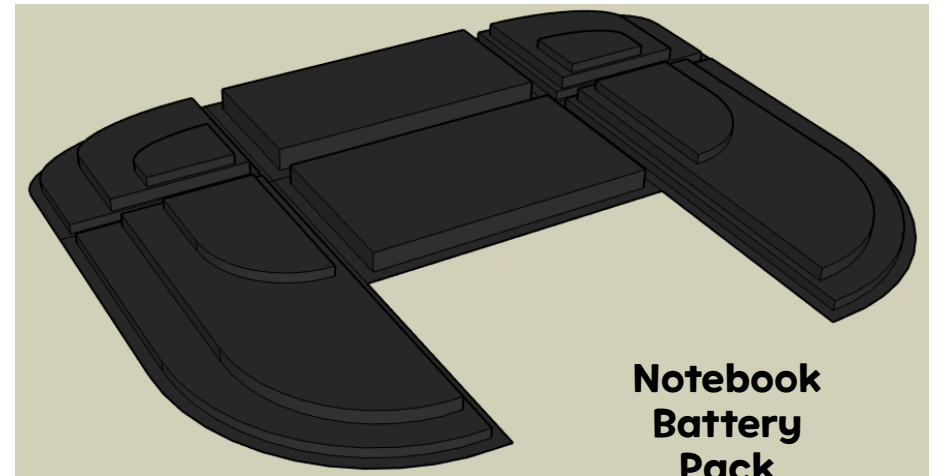
Z-Folding (2)



3D Cell
(Notebook)

2D Cell
(핸드폰)

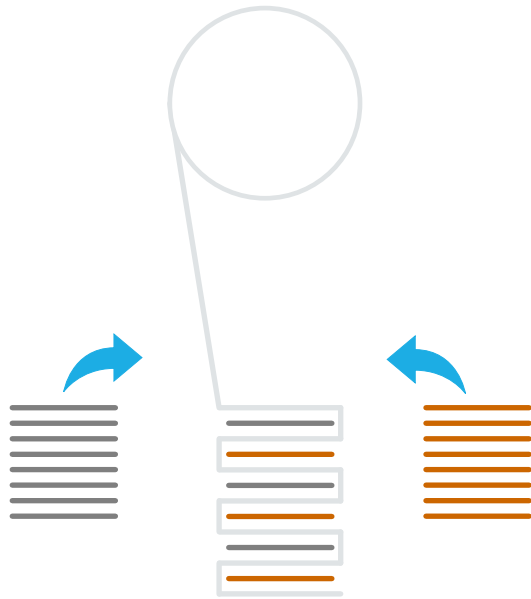
- Lamination 된 bi-Cell을 또는 낱장의 전극을 분리막과 함께 적재하는 방식입니다.
- 형태 자율성이 가장 높습니다. 특이한 형태의 셀을 만들 수 있습니다.



Notebook
Battery
Pack

CH. 3 배터리 제조 공정

Zig-Zag Stacking



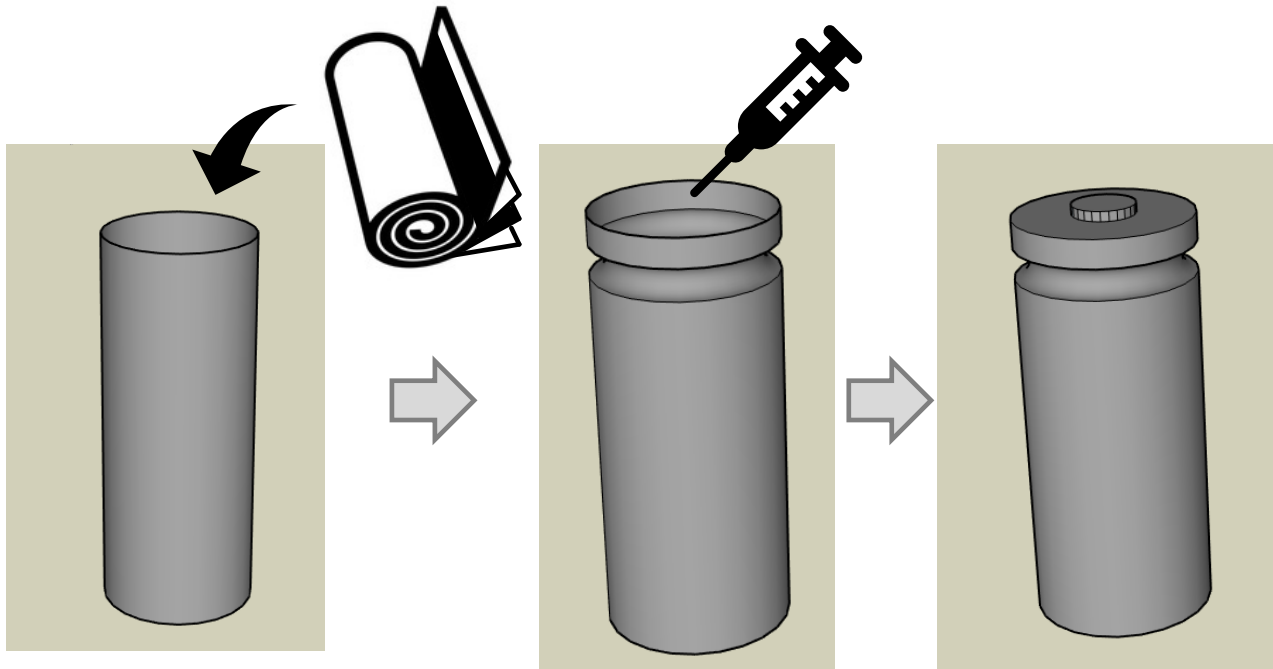
※ Zig-Zag Staking 1

- 분리막을 Zig-Zag로 움직이며 양극, 음극을 교차로 적층하는 방식입니다.
- 분리막을 경계로 양극과 음극이 완전히 분리됩니다.
- 단위 설비의 동작은 상대적으로 느리지만, 라미 공정이 필요 없고, 공간을 적게 차지해서 여러 대의 Unit을 병렬로 배치, 생산성을 극대화 할 수 있습니다.

※ Zig-Zag Staking 2

CH. 3 배터리 제조 공정

Assembly

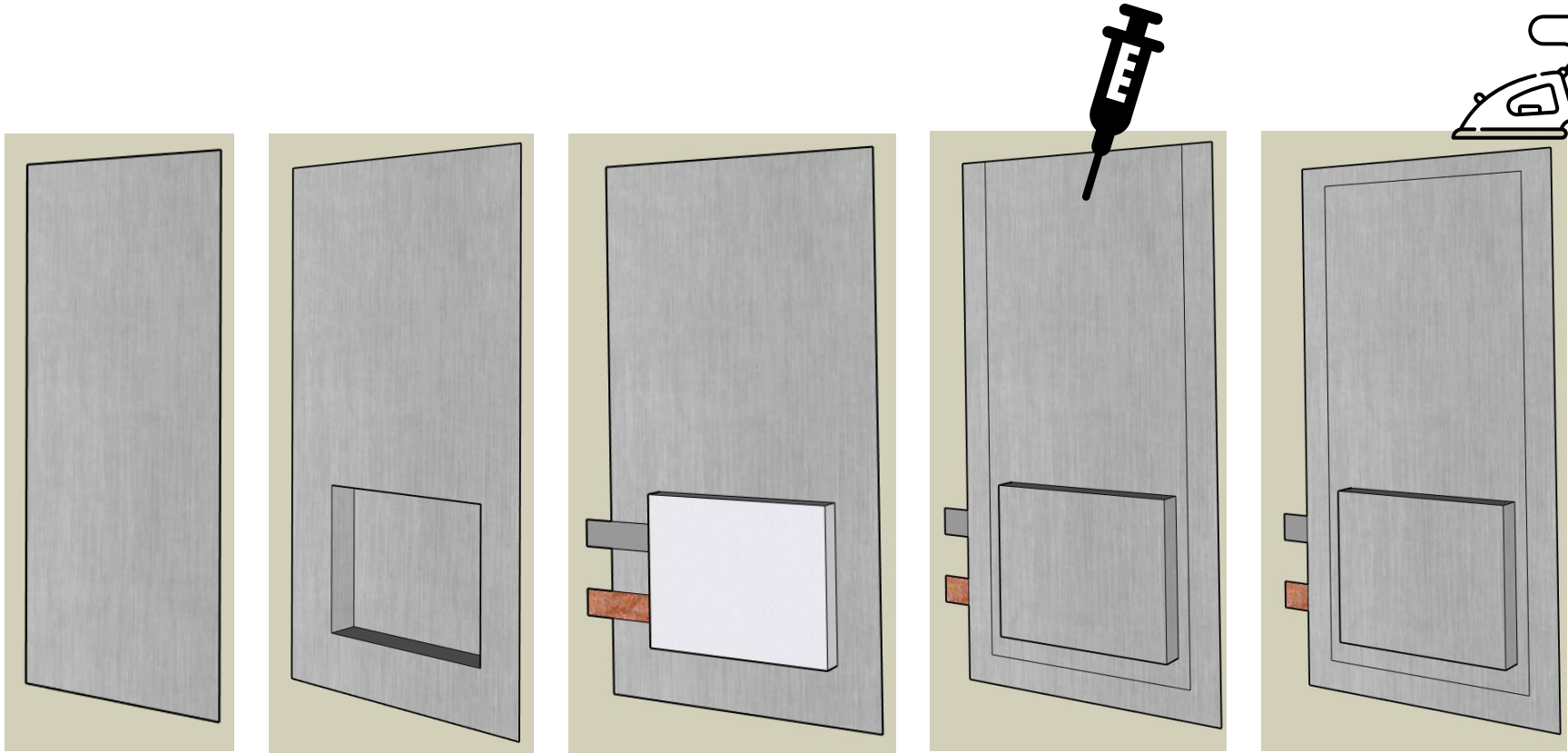


- **Assembly** 공정은
알루미늄 캔에 만들어진 Cell 내용물을 넣고
위치를 고정시키고
전해액을 삽입한 후
뚜껑을 덮고
밀봉하는 방식으로 조립합니다.

※ 원통형 Assembly

CH. 3 배터리 제조 공정

Packaging

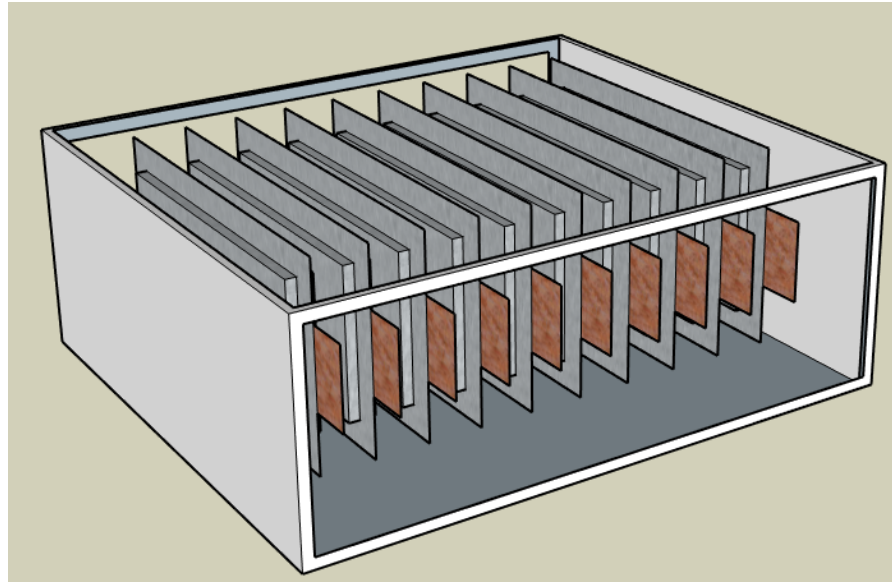
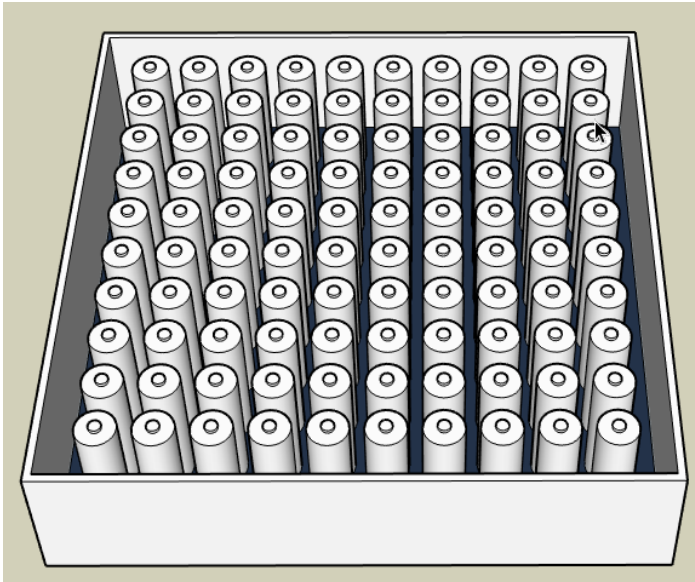


- Packaging 공정은 파우치에 내용물을 넣을 홈을 만들고 내용물을 넣은 후 3면을 실링하고 전해액을 넣은 후 마지막 면을 실링합니다.
- 나중에 가스를 빼기 위한 공간을 남겨둡니다.

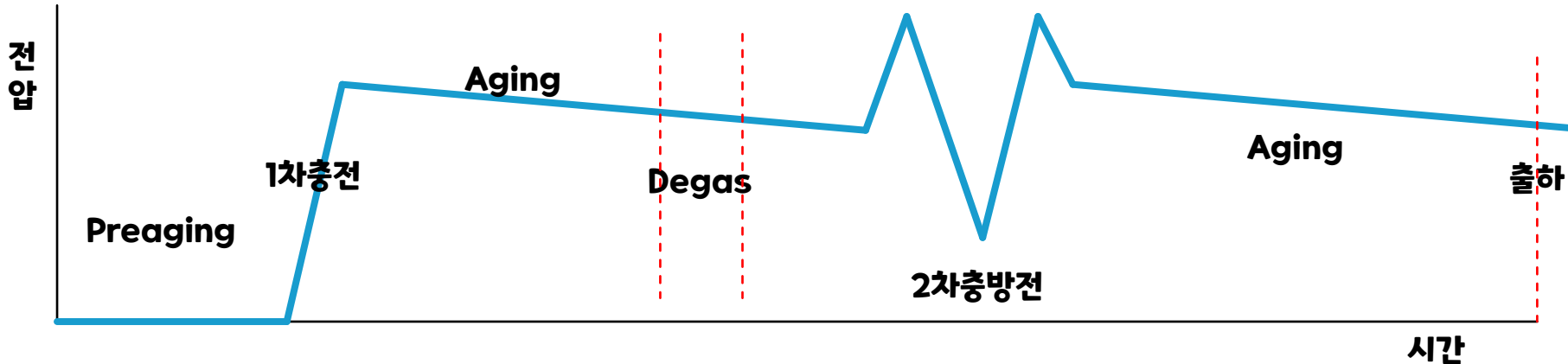
※ Packaging

CH. 3 배터리 제조 공정

Formation

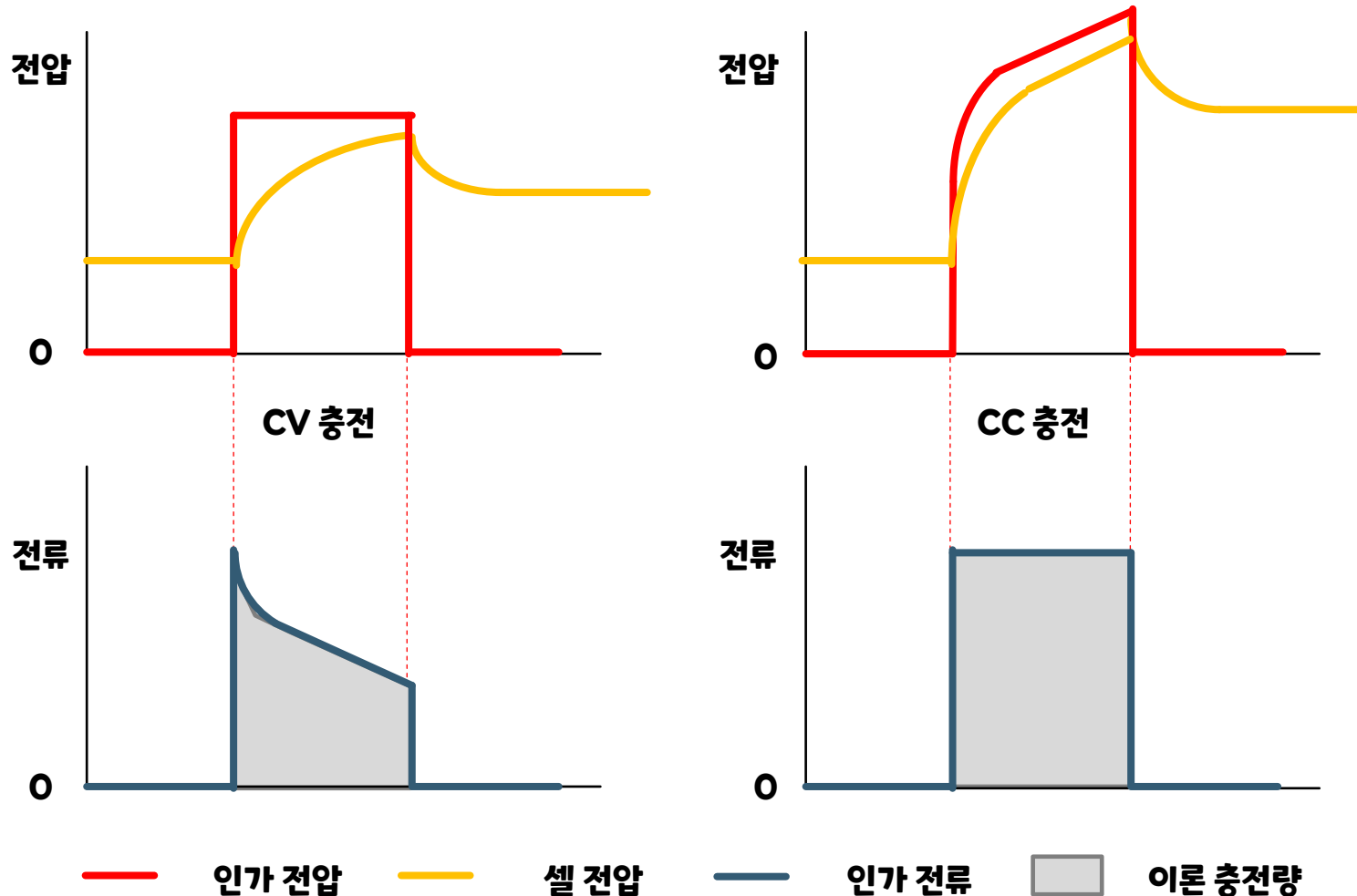


- Formation 공정은 물리적으로 조립이 완료된 Battery 들을 정해진 순서에 따라 전기를 흘려주며 충/방전을 하여 배터리로서 생명을 가지게 만듭니다.



CH. 3 배터리 제조 공정

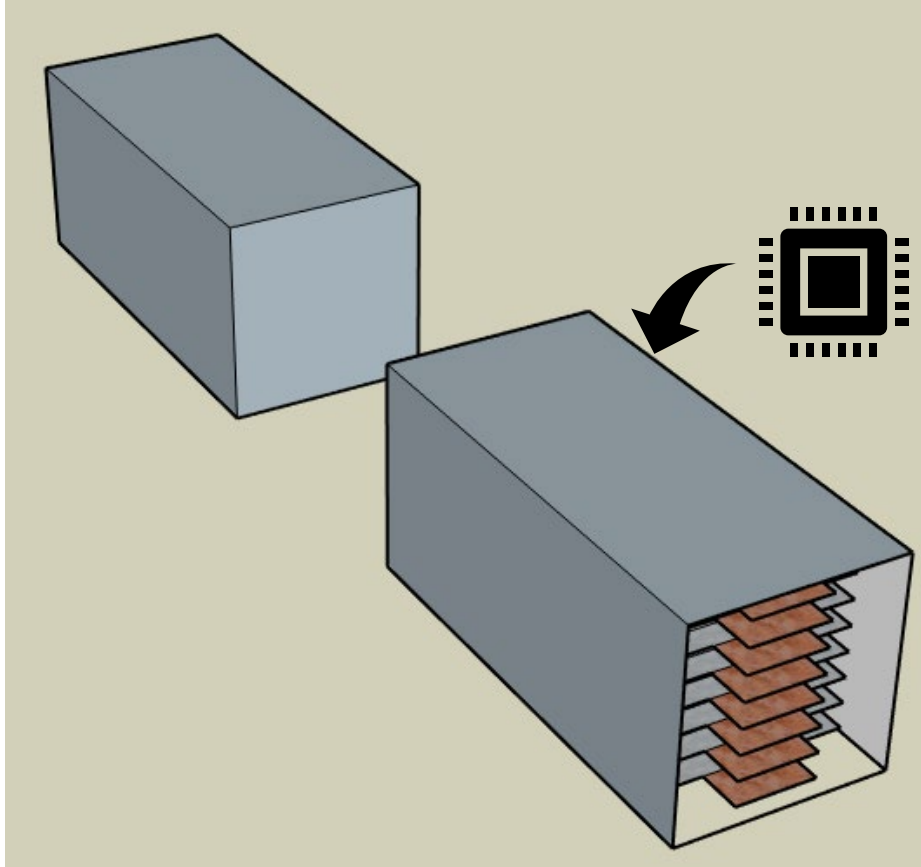
Formation(충전)



- 배터리를 충전하기 위해서는 배터리의 전압보다 높은 전압을 걸어주면 됩니다.
- 충전 방식에는 크게 CV(Constant Voltage) 방식과 CC(Constant Current)방식이 있습니다.
- 일반적으로 CC 충전이 CV 충전에 비해 일반적으로 더 빠른 충전이 가능한 반면 과충전의 위험이 있습니다.

CH. 3 배터리 제조 공정

Module 조립

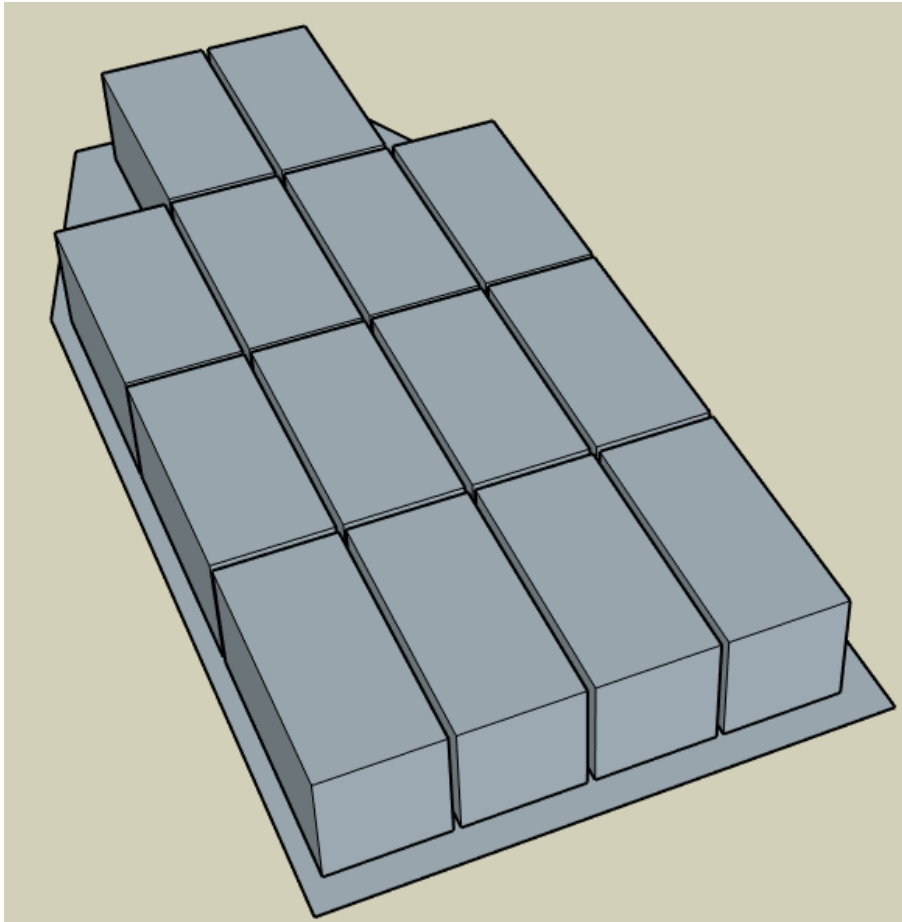


- 모듈 조립 공정은 여러 개의 배터리를 연결하여 하나의 단위 부품을 만드는 공정입니다.
- 배터리 이외에도 온도 및 전압을 측정할 수 있는 센서와 데이터를 수집하고, 안전한 운영을 보조하는 회로 부품도 같이 조립됩니다.
- 내부 저항을 최소화 하기위해 용접 공정이 포함되고, 사용 중 발생하는 열을 효과적으로 발산하기 위한 여러가지 장치도 같이 적용됩니다.

※ Module 조립 구조

CH. 3 배터리 제조 공정

Pack 조립



- 팩 조립 공정은 여러 개의 모듈을 연결하여 하나의 팩부품을 만드는 공정입니다.
- 모듈 이외에도 온도 및 전압을 측정할 수 있는 센서와 데이터를 수집하고, 안전한 운영을 보조하는 회로 부품도 같이 조립됩니다.
- 직류 ↔ 교류 전원을 바꿔주는 인버터 / 컨버터가 포함되기도 하는 등 대형 조립이 이루어 집니다.

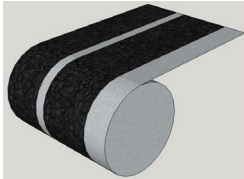
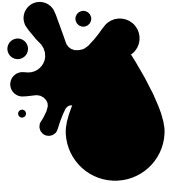
※ Module & Pack 조립(엔지니어 TV)

CH. 3 배터리 제조 공정

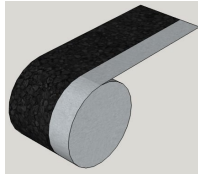
전극



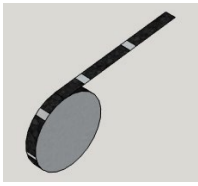
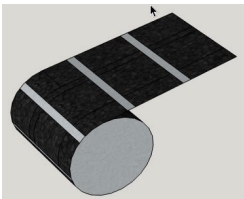
Mixing



Coating
Roll Press

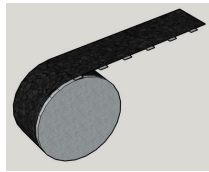


Slitting

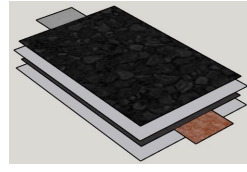


- ※ Manz Machines
- ※ BMW Battery
- ※ LG Chem Manufacturing
- ※ 엔지니어 TV 참고영상

셀



Notching



Stacking



Packaging



Winding



Assy.



Formation

Total

팩



Module



Pack



ESS Pack



Notebook
Battery Pack

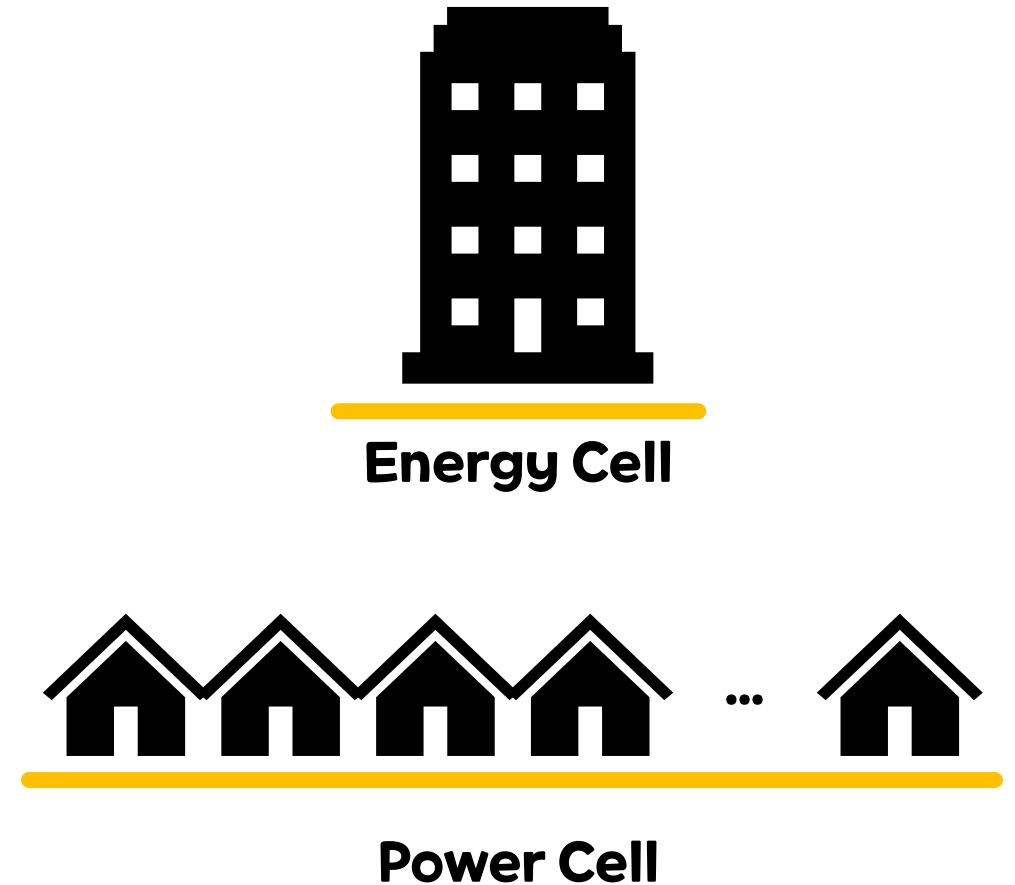


전동차
Battery Pack

CH. 4 배터리 상식

- 배터리에서 흔히 보는 지표인 전압, 용량이 외에도 중요한 요소로 출력이 있습니다.
- 출력에 초점을 맞춘 배터리를 Power Cell, 용량에 초점을 맞춘 배터리를 Energy Cell 이라고 부릅니다.
- 보통 용량 출력은 Trade-Off관계에 있습니다.
- 용량을 높이기 위해서는 일반적으로 전극의 집전판 위에 활물질을 두껍게 코팅해야 합니다.
- 활물질의 코팅 두께가 두꺼우면 순간 출력을 내는데 불리합니다.

Power Cell과 Energy Cell



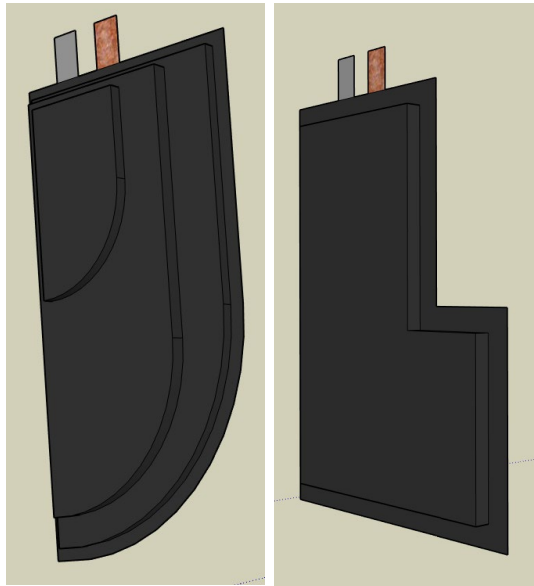
CH. 4 배터리 상식

Power Cell과 Energy Cell(2)

- 오늘날 사용되는 배터리에의 Needs는 Power Cell과 Energy Cell의 경계가 모호해 졌습니다.
- **핸드폰** : 한번 충전했으면 하루는 써야지(Energy Cell). 다른 Needs는 글썄...
 - 하루 쓰는건 당연하고, 게임을 하면 속도가 느려지거나 먹통이되는 현상은 없어야...
 - (※ 연산이 많아지면 전력 소모가 커집니다.)
 - (Energy & Power Cell)
- **자동차** : (Hybride) 가속페달을 밟으면 밟는대로 힘이 딸리면 안되지.
주 동력이 가솔린(디젤)인데 배터리 용량이 무슨 상관이야?
 - (EV) 차가 힘이 좋은것은 당연하고,
최소한 서울 ↔ 부산은 한번에 갈수 있어야 하지 않아?
 - (Power & Energy Cell)
- **그외...** : 노트북, 드론, 전동공구, e-bike, 나인봇, 전동 스쿠터 등

CH. 4 배터리 상식

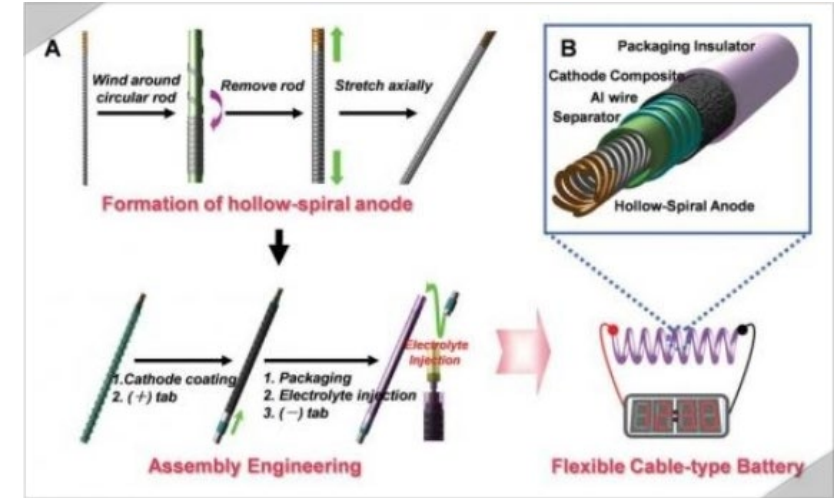
- 스마트폰의 고도화 이외에도 블루투스 이어폰, 스마트와치 등과 같은 다양한 Mobil IT 기기의 등장은 다양한 형태의 Special Battery에 대한 Needs가 발생하고 있습니다.



Special type Battery



Flexable Battery



Cable Battery

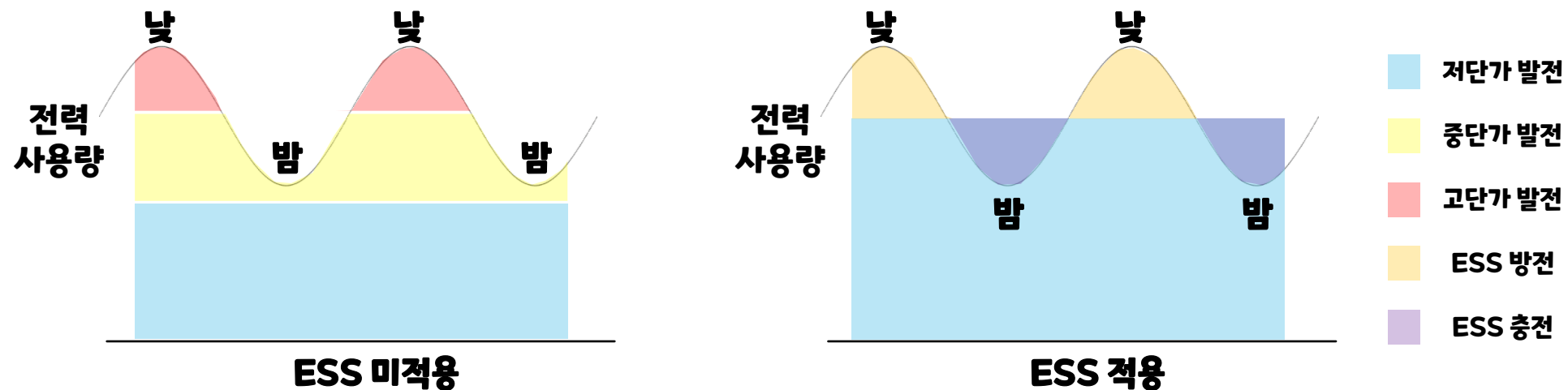


초소형 Battery

CH. 4 배터리 상식

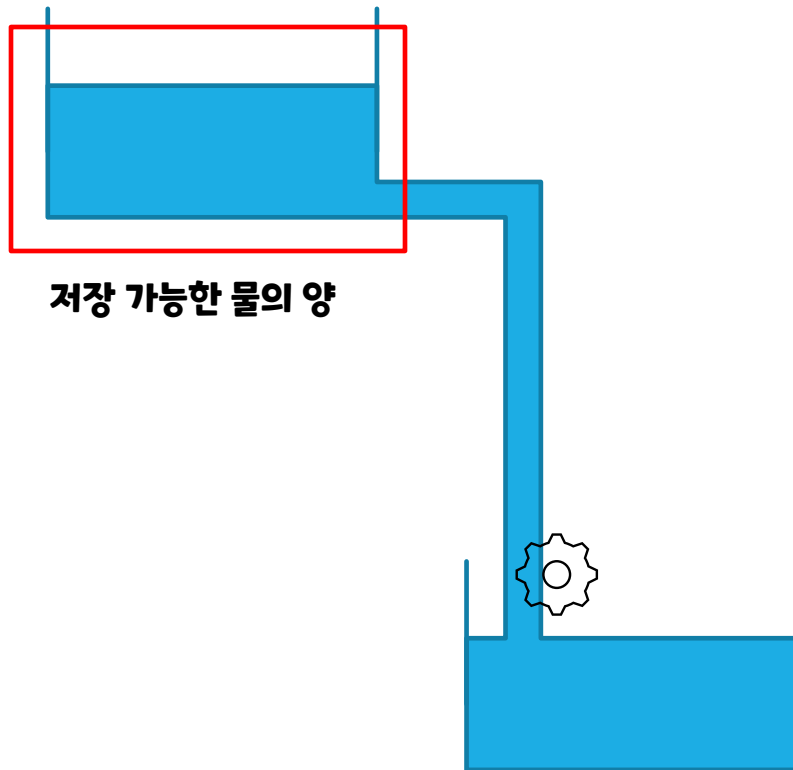
Battery의 사용처(ESS)

- ESS(Energy Storage System)는 중요한 배터리 시장 중 하나입니다.
- 발전소에서 생산한 전기는 사용하지 않으면 버려집니다.
- 전력 사용량에 맞춰 다양한 포트폴리오로 발전소를 준비해야 하며, 사용량에 맞춰 가동합니다.
- 잉여 발전량을 비축해 두었다가 사용이 가능하면 발전 비용을 절약할 수 있습니다.
- ESS 적용시 에너지 절약 뿐만 아니라 안정적인 전력 공급의 장점도 있습니다.



CH. 5 배터리 주요 성능 지표

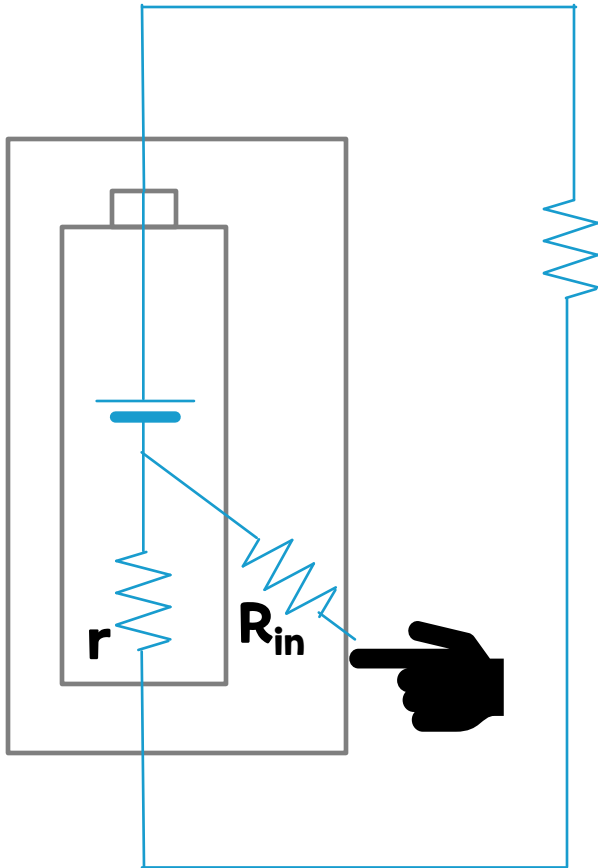
용량



- 전기의 기본 개념으로 다른 전압(V), 전류(I), 저항(R) 외에도 전지에서 가장 중요한 개념중 하나는 용량입니다.
- 용량은 얼마나 많은 전기를 저장할 수 있느냐 라는 관점에서 볼 수 있습니다.
- 앞서 살펴본 물의 개념으로 보면 저장 가능한 물의 양으로 설명이 가능합니다.
- 특정 시간(1h) 동안 어느 정도의 유량(전류)을 흘려 보낼 수 있는 양이냐 라는 개념으로 사용됩니다.
- 일반적으로 배터리 용량의 단위는 Ah (또는 mAh)로 표시됩니다.

CH. 5 배터리 주요 성능 지표

저항



- 모든 물건에는 전기 저항이 있습니다.
- 일반적으로 전기가 통하지 않는다고 알려진 부도체는 굉장히 큰 전기 저항으로 인해 전기가 흐르지 않는 물질이라고 보면 됩니다.
- 배터리의 주요 성능지표로 중요한 저항은 내부저항(r)과 절연저항(R_{in})입니다.
 - ✓ 내부저항 : 전지 내부에서 정상적인 경로로 전기가 흐르는 것을 막는 저항으로 용량에 안좋은 영향을 미칩니다. 작을수록 좋습니다.
 - ✓ 절연저항 : 전지 외부로 비정상적인 경로로 전기가 흐르는 것을 막는 저항으로 안전과 직결됩니다. 클수록 좋습니다.

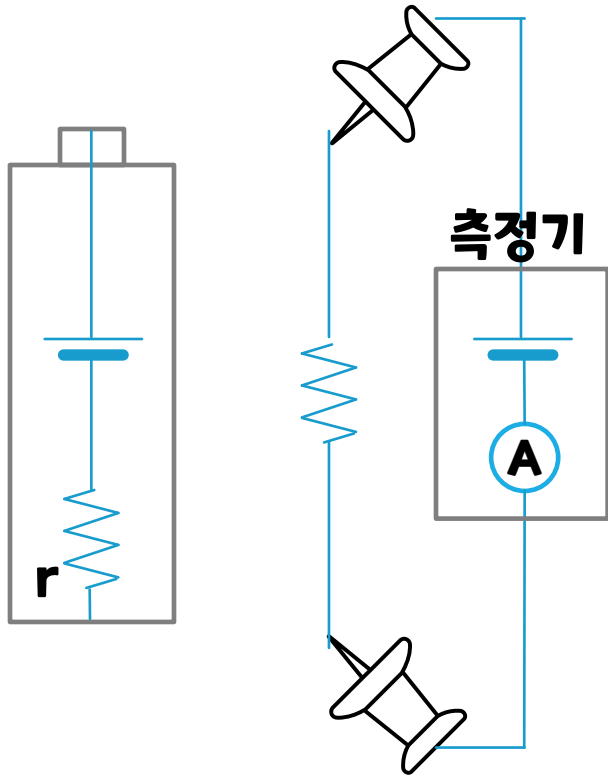
CH. 5 배터리 주요 성능 지표

내부 저항

- 일반적으로 저항을 측정하는 측정기는 정확히 인가되는 전압을 아는 상태에서 흐르는 전류량을 측정하여 산출해 냅니다.

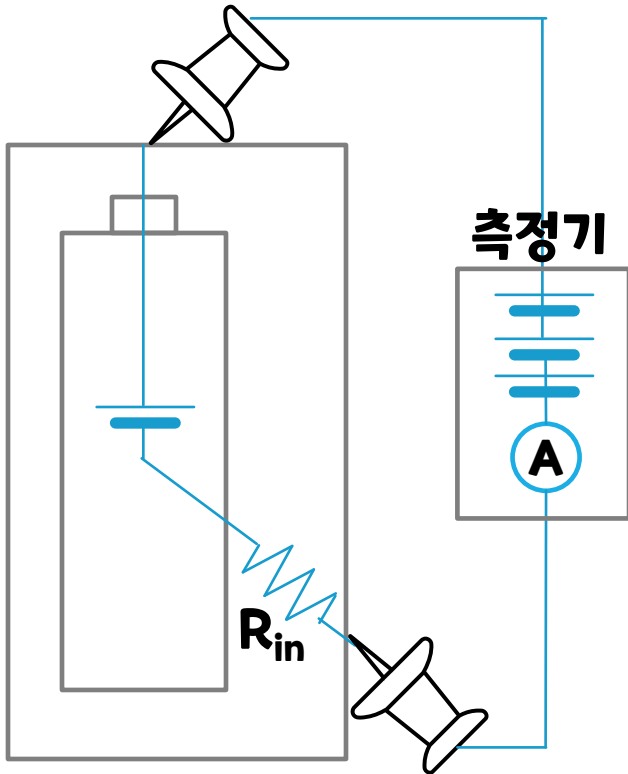
$$\frac{V}{I} = R$$

- 그런데, 배터리의 경우 배터리가 자체적으로 전압을 가지고 있어서 정확히 인가된 전압값을 알 수 없습니다. 따라서 저항의 측정이 불가능합니다.
- 내부 저항을 측정하는 방법으로는
 - ✓ 교류 저항을 측정한다 → 상관관계가 명확하지 않습니다.
 - ✓ 충/방전시 전압의 변화를 통해 산출한다 → 많은 시간이 걸립니다.



CH. 5 배터리 주요 성능 지표

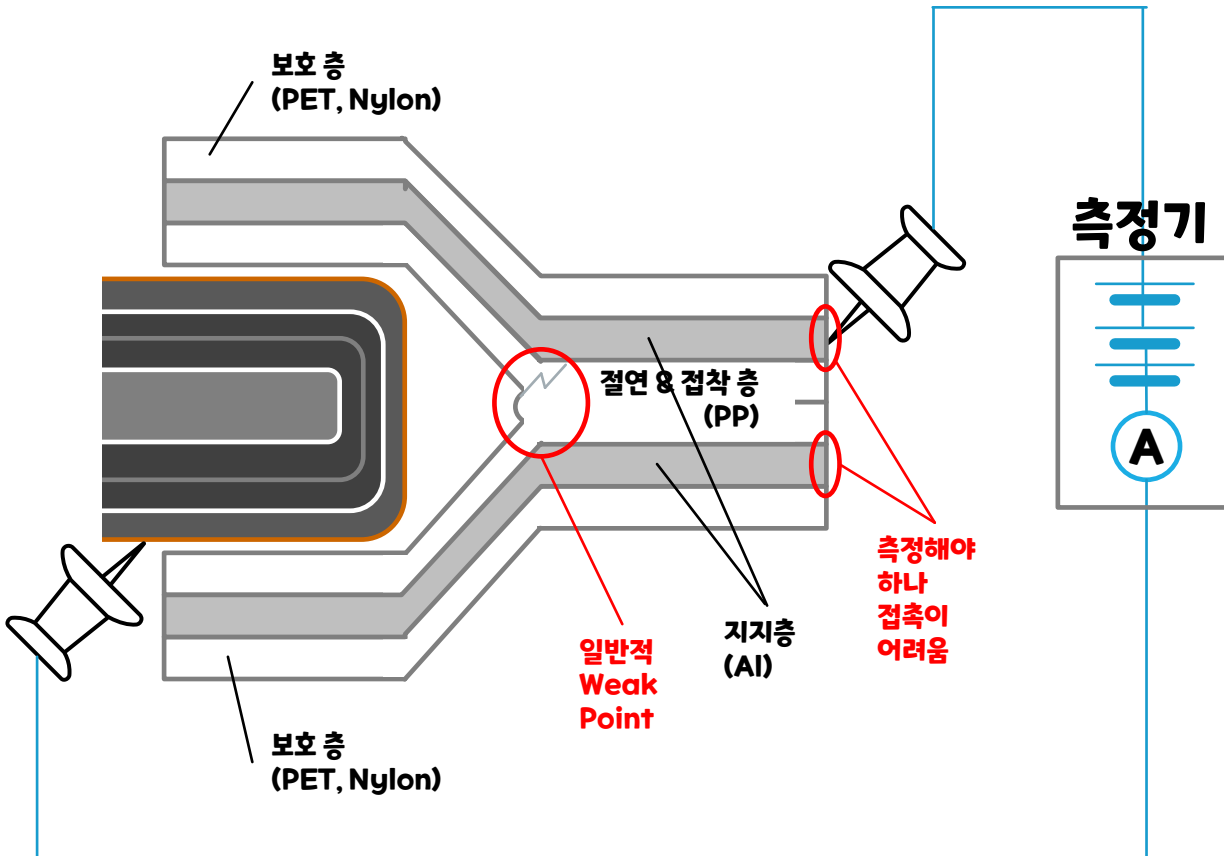
절연 저항



- 절연 저항은 일반적으로 매우 높은 값을 가져 일반적인 측정 방법으로는 아예 검출이 되지 않습니다.
- 이를 측정하기 위해 순간적으로 매우 높은 전압을 인가하여 이때의 저항을 측정하는 방법을 취합니다.
- 너무 높은 전압을 인가할 경우 절연층이 깨지며 양품을 불량으로 만들 수도 있습니다.

CH. 5 배터리 주요 성능 지표

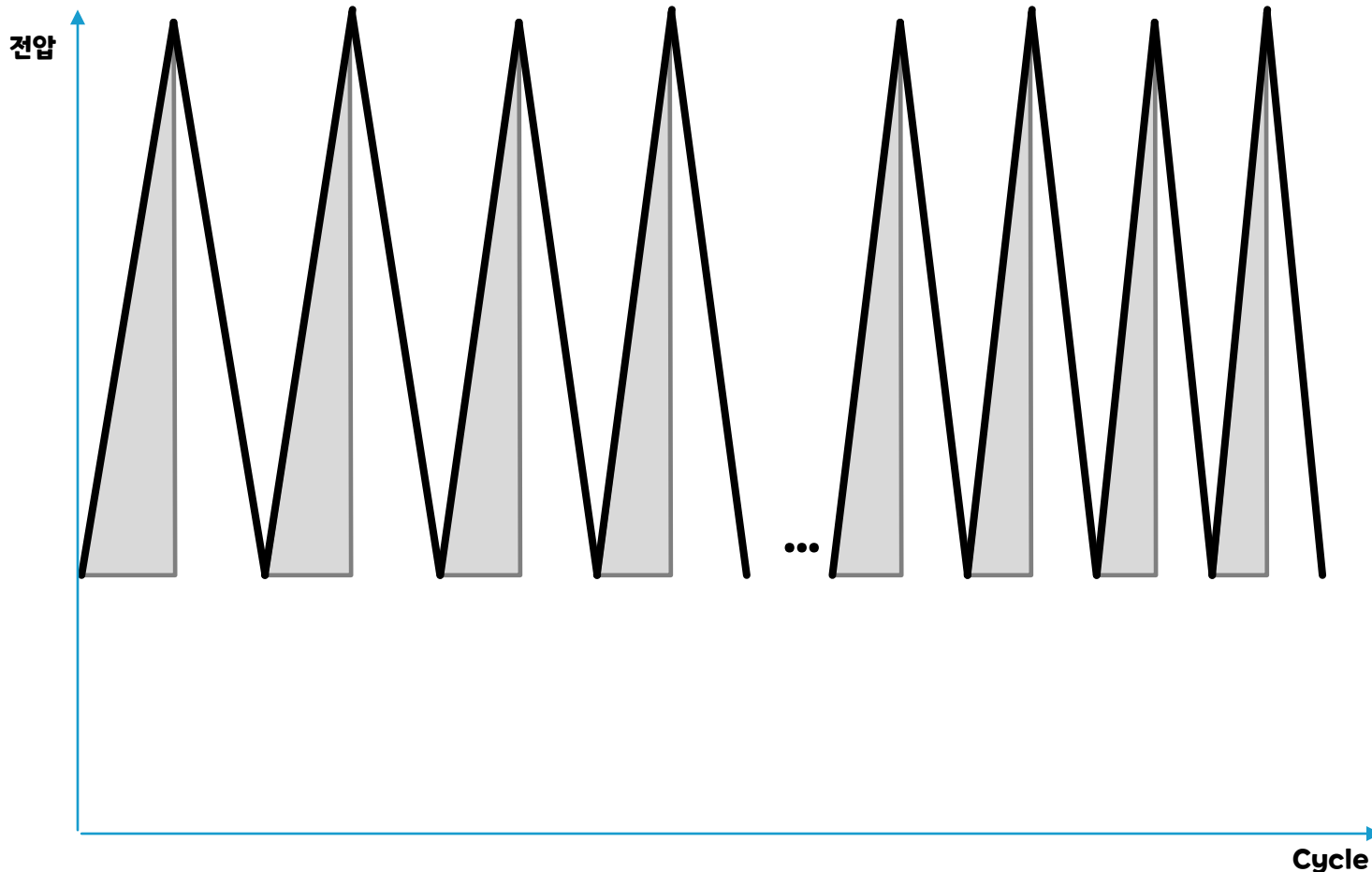
절연 저항



- 배터리를 감싸는 외곽 자재는 기본적으로 절연 처리가 되어 있습니다.
- 단, 가공 과정에서 절연층이 손상될 수 있습니다.
- 파우치형 배터리의 경우 지지층이 거의 드러나지 않아 측정에 어려움이 있습니다.
- 일반적으로 전도성 고무를 접점으로 사용합니다.

CH. 5 배터리 주요 성능 지표

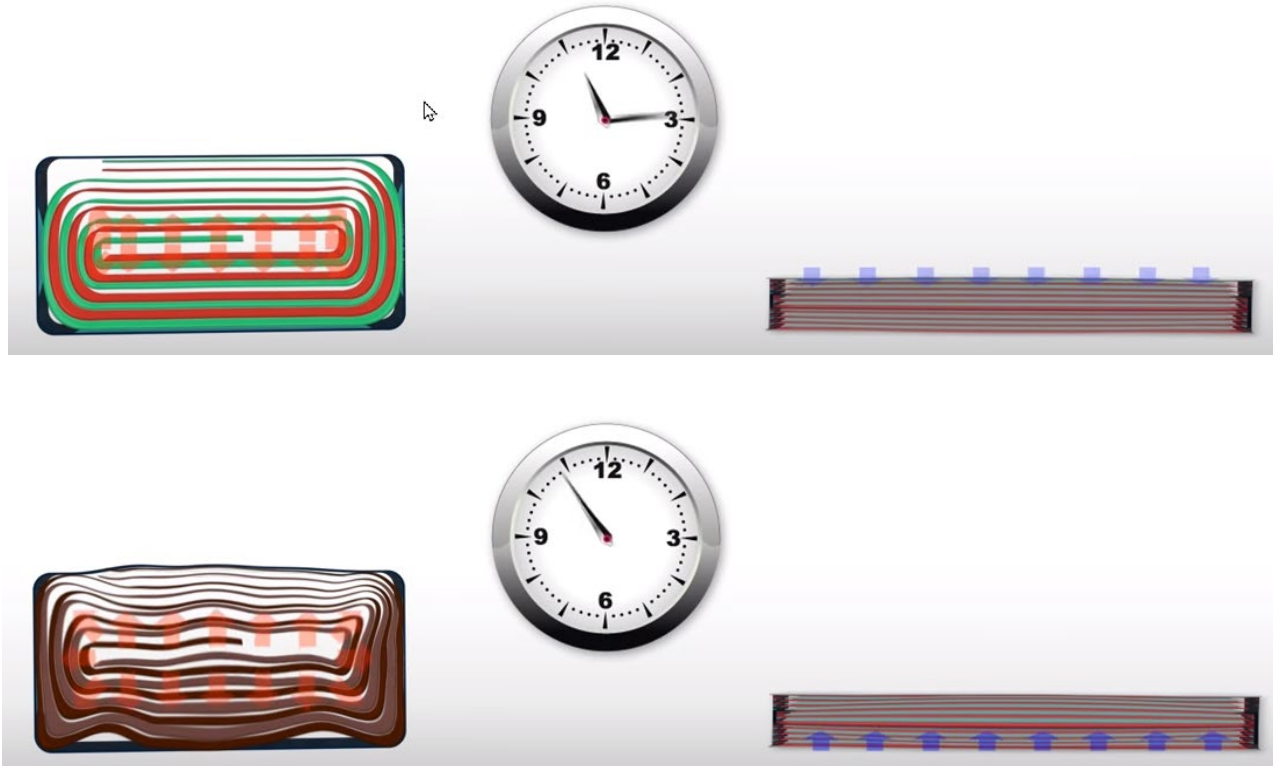
Cycle 수명



■ 충전 용량

- 배터리는 충/방전을 반복함에 따라 용량이 조금씩 줄어들게 됩니다.
- 배터리 내에서 우리가 의도하지 않은 부반응이 일어나면서 불순물이 생기게 되고, 그만큼 용량이 줄어들기 때문에 발생하는 현상입니다.
- 일반적으로 완충 / 완방을 몇 번 반복하면 처음 용량의 80% 수준이 되는지를 Cycle 수명 으로 표기합니다.

CH. 5 배터리 주요 성능 지표



※ LG Chem 배터리 홍보 영상(2013)

Cycle 수명(내부열화)

- 배터리는 충/방전을 반복함에 따라 두께 변화가 생기는 현상이 있습니다.
- Winding 방식으로 배터리를 만들 경우 곡면에서의 팽창을 차이로 인해 내부에 주름이 생기면서 내부 열화가 가속됩니다.
- 이에 비해 Stacking 방식의 배터리는 전 면이 고르게 두께 변화가 발생하여 보다 안정적인 상태를 유지할 수 있습니다.

CH. 5 배터리 주요 성능 지표

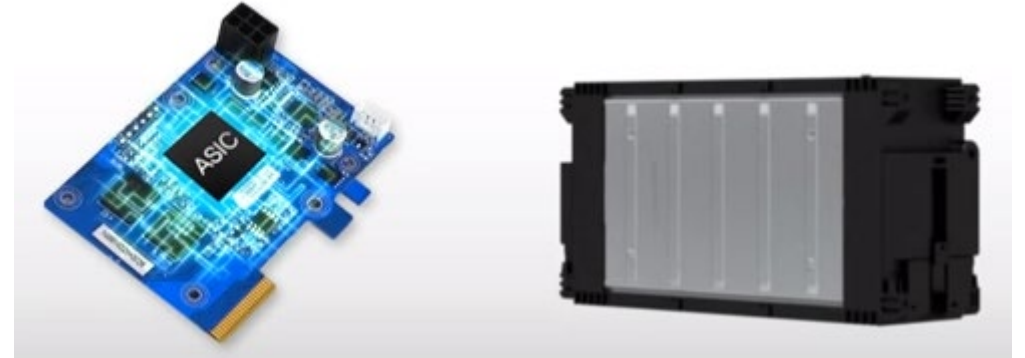
안전성

- 배터리를 논할 때 가장 Hot 한 주제 중 하나가 바로 안전입니다.
- 배터리에서 가장 위험한 것은 합선입니다.
- 합선은 크게 외부 합선과 내부 합선이 있습니다.
 - ✓ 외부합선 : 배터리 외부의 전기 회로상의 문제로 합선
 - ✓ 내부합선 : 배터리 내부의 분리막 손상으로 합선
- 한번 합선이 발생하면 합선이 발생한 지점은 순식간에 1,000 °C 이상으로 온도가 상승하는 열 폭주 현상이 발생합니다.
- 열폭주 현상이 일어나면 전해액이 기화하면서 부피가 크게 팽창하고 폭발로 이어질 수 있습니다.

CH. 5 배터리 주요 성능 지표

- 배터리의 4대 구성요소 (양극/음극/분리막/전해질) 못지 않게 중요한 부품이 BMS (배터리 관리 시스템) 입니다.
- 배터리 모듈 내의 전압, 온도, 전류 등을 측정하며 모니터링하여 현재 배터리의 충전상태, 안전 상태를 보고 동작을 제어합니다.
- 외부 합선으로 인한 대형사고를 예방하기 위한 Fuse도 부품에 포함됩니다.

안전성(외부 합선 보호)

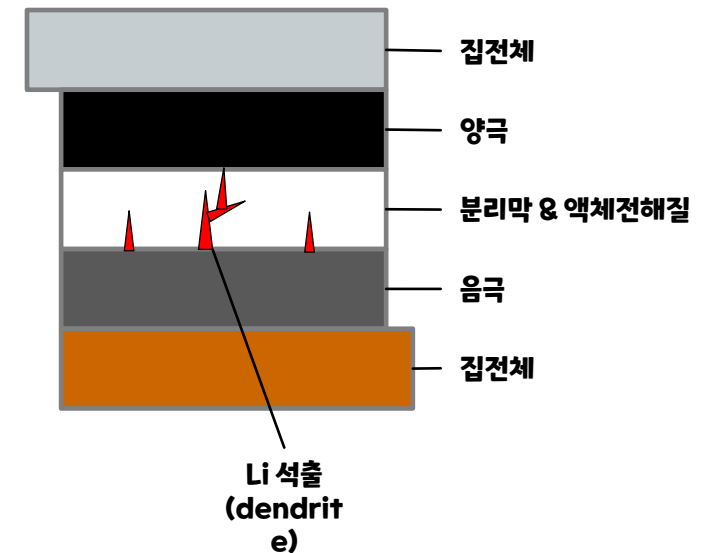


CH. 5 배터리 주요 성능 지표

- 분리막은 보통 다공성 폴리머로 만들어지며, 고온이 가해질 경우 녹아 내릴 수 있습니다.
- Li 이 석출 될 경우 Li 결정은 길쭉한 막대 형상을 가지고 있어서 결정이 성장하여 분리막을 뚫을 수 있습니다.
- 결정이 성장하지 못하게 막는 코팅, 분리막이 뚫리더라도 녹아서 눌러 붙지 않게 하는 소재 개발, 뚫리면 뚫린 곳을 녹아 내리면서 막아내는 소재 개발 등 다방면의 안전 장치가 고려되고 있습니다.

※ 화재 메커니즘 (엔지니어TV)

안전성(내부 합선 보호)



CH. 6 주요 전공별 필요 역량

- **화학공학 / 재료공학 :**
신소재 개발 → 용량 / 수명 / **안전성** / **Cost**
신 공법 개발 → 리튬황, 전고체 등
- **기계공학 :**
설비의 **운영 속도** / 정확도 향상
조립이 용이하면서도 **안전성**과 성능이 뛰어난 모듈 / 팩 제품 설계
조립, 용접 등 자동차용 핵심 부품 조립 기술
- **전기 / 전자공학 :**
배터리 관리 시스템부의 정밀 설계
전기 제어부에 대한 정밀 설계, **운영 효율화**
보호 회로 및 배터리 **안전장치** 설계, 구현

※ 배터리 누구나 만들 수 있다. (엔지니어TV)

CH. 6 주요 전공별 필요 역량

배터리 유관 사업 영역

- 활물질, 파우치, 분리막 등의 핵심 소재 가공
- 충전 인프라 (전기차 충전소)
- ESS 등의 신시장 개척
- 인버터 / 디버터 등 배터리와 밀접한 대용량 전기 제품
- 기존 전기 제품의 Wireless화에 따른 부수적 변화
(스텐바이미고)

나의 경험담

개발 → 증설 → 생산 → 생산관리 → IT 직무 경험

- 2005년 고려대 화공 생명 공학과 공정 시스템 석사
- 2006년 LG화학 입사
 - 자동차용 Battery 연구소 팩 공정 개발팀 (대전)
- 2008년 자동차 Battery Pack 증설PJT → 팩 생산P (오창)
 - 자동차 Battery Pack 양산 라인 증설 (품질 Sys. 생산 Sys.)
 - 팩 생산관리
- 2009년 자동차 Battery 생산관리 P (오창)
 - 자동차 Battery 생산 시스템 구축, 관리
- 2010년 Battery PI(Process Innovation)팀 (오창)
 - System 구축/관리
- 2013년 남경 소형 Battery PI Part (남경, 주재원)
- 2018년 폴란드 자동차 배터리 PI 팀 (폴란드, 주재원)
- 2024년 남경 자동차 배터리 PI 팀 (남경, 주재원)

화공생명공학을 전공으로 했으나
지금은 IT 시스템 전문가로
일을 하고 있습니다.

전공 / 직무경험과 별개로
내가 스쳐 지나간 일에 대해서는
필요 수준의 깊이와 최대한의 넓이의
지식을 가지고 있다고 자부하고 있습니다.

남들보다 조금 더 호기심이 많다는 점
그리고, 계속 도전해 본다는 점이
지금의 나를 만들고 있지 않나
생각해 봅니다.

마치면서

엔지니어의 핵심 역량은 **문제 해결 능력**입니다.

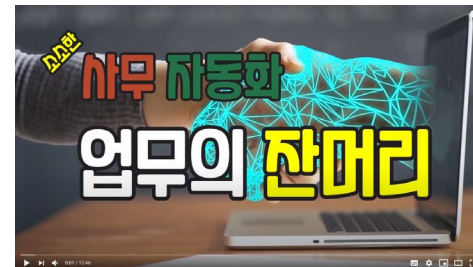
이점을 잊지 마시고,

- 나 자신에게 **자신감**을 가지는
- 동시에 **다름을 인정**하는
- 언제나 **호기심** 넘치는
그런 사람이 되시길...

추천 영상



※ 이렇게 만들죠



※ 업무의 잔머리



※ 엔지니어 TV