

음극재료의 탭밀도 개선은 리튬이온 배터리의 더 많은 에너지를 저장한다

Perfil Liu
Application Research Lab, Bettersize Instruments Ltd.

개요 : 탭 밀도는 전극 재료의 두 가지 중요한 물리적 특성 중 하나이며 리튬 이온 배터리 (LIB) 의 에너지 밀도에 영향을 미칩니다. 또 다른 중요한 물리적 특성은 입도 분포인데, 이는 생산 중에 분쇄 파라미터를 최적화하기 위해 적절한 정보를 제공하기 위함입니다. 탭 밀도를 개선하면 LIB 제조 중에 고에너지 밀도를 최적화 할 수 있습니다. 따라서, LIB 생산자는 가장 최적의 달성 가능한 탭 밀도가 얼마인지 사전에 결정해야 하며, 이 파라미터를 "골드 표준" 으로 사용하여 생산 공정에서 샘플이 "골드 표준"과 일치하거나 근접할 때까지 측정해야 합니다. 사용이 간편한 BeDensi T Pro 시리즈는 원칙에 타협하지 않는 뛰어난 성능을 제공하는 경제적인 장치로 이상적인 탭 밀도 테스터입니다.

키워드 : 탭 밀도 ; 에너지 밀도 ; LIB; LiFePO₄ 재료 .

I 1. 소개

리튬 이온 배터리 (LIB) 는 " 정보 가전 " 이라고도 하는 3C 제품 (컴퓨터, 통신 및 소비자 가전 제품) 에 널리 사용됩니다. 3C 제품은 사이즈가 크지 않기 때문에 종종 " 3C 소형 가전 " 으로 불리기도 합니다. 그림 1a 에서 볼 수 있듯이 LIB 를 사용하는 다른 장치에는 전자 차량 및 고정 에너지 저장 시스템이 포함됩니다. 그림 1b 의 그래프에 나타난 것처럼 실제 충전식 배터리 중 에너지 밀도가 가장 높기 때문에 다른 모든 선택지 중에서도 LIB 가 사용됩니다.

이러한 부피가 제한된 애플리케이션으로 인해 배터리의 부피 에너지 밀도는 고려해야 할 필수 매개변수입니다.

체적 에너지 밀도는 단위 체적당 저장된 에너지의 양이며 일반적으로 리터당 와트시 (Wh/L) 로 표시됩니다. 체적 에너지 밀도가 높은 리튬 이온 배터리는 에너지 밀도가 낮은 유사한 부피의 배터리보다 더 많은 에너지를 보유합니다. 또한, 적절한 제품에 LIB 를 설치할 때 크기 제한이 있기 때문에 더 작은 크기의 고에너지 밀도 LIB 는 부피가 제한된 시스템에서 확실한 이점이 있습니다. 지금까지 LIB 의 에너지 밀도와 전력을 늘리기 위한 광범위한 연구가 있었지만, 달성된 에너지 저장 능력은 여전히 증가하는 시장 수요를 충족하기에 충분하지 않습니다. ^[1]

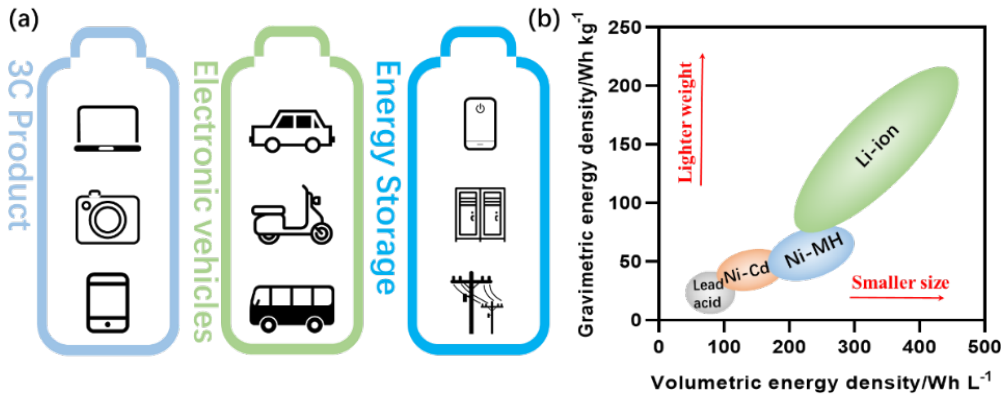


그림 1. 리튬 이온 배터리의 적용 (a), 충전식 배터리의 에너지 밀도 (b)

표 1. 음극 재료의 이론적 밀도와 탭 밀도

음극 재료	Li (Ni _x Co _y Mn _z)O ₂	LiFePO ₄	LiMn ₂ O ₄	LiCoO ₂
이론적 밀도 (g/cm ³)	4.85	3.60	4.31	5.10
탭 밀도 (g/cm ³)	2.6-2.8	0.80-1.10	2.20-2.40	2.80-3.00

높은 체적 에너지 밀도를 달성하기 위해, LIB 음극 전극의 활성 물질은 높은 탭 밀도를 가져야 합니다. 표 1은 일반적인 음극에서 활성 물질의 이론 밀도와 탭 밀도의 차이를 보여줍니다. 이러한 활성 물질로는 LiCoO₂(LCO), Li(Ni_xCo_yMn_z)o₂(NCM), LiFePO₄(LFP) 및 LiMn₂O₄가 포함됩니다. 일반적으로, 탭 밀도는 입도, 입도 분포, 형태 등과 크게 관련이 있습니다.^[2] 생산 공정을 최적화함으로써 밀도를 개선할 수 있을 것으로 예상됩니다. 전구체 준비, 석회화 및 분쇄와 같은 몇 가지 파라미터가 특별히 최적화될 수 있습니다. 음극 활성 물질은 바인더 또는 전도성 제제와 혼합되며 알루미늄 집전체에 코팅한 후 롤 프레스됩니다. 전극의 포장 밀도는 동일한 부피로 더 많은 에너지를 보유하도록 개선될 것입니다.

분쇄 시간은 음극 분말 재료의 입도 분포 (PSD)에 직접적인 영향을 미칩니다. PSD는 탭 밀도에 큰 영향을 미칩니다. 이 애플리케이션 노트의 주요 목표는 LIB 음극 재료의 탭 밀도에서 PSD의 관계를 확인하는 것이었습니다.

I 2. 실험

서로 다른 분쇄 시간 하에서 제조된 두 개의 LiFePO₄(LFP) 샘플의 탭 밀도는 두 개의 워크스테이션이 있는 BeDensi T2

를 사용하여 특성화되었습니다. 실험은 ASTM B527-20 표준에 따라 테스트되었으며, 각 실린더에는 50g의 샘플이 사용되었습니다.^[3] 사용한 낙하 높이는 3mm, 탭핑 속도는 200 탭 / 분이었고 총 탭 시간은 8분 동안 지속되었습니다. 샘플의 입도 분포는 Bettersizer ST를 사용하여 레이저 회절에 의해 1분 이내에 측정하였습니다.

I 3. 결과

3.1 탭 밀도

그림 2a는 LFP-1 및 LFP-2 분말의 탭 부피가 각각 55.5ml 및 46.0ml임을 보여줍니다. 기기 디스플레이에서의 계산 결과 탭 밀도는 LFP-1이 0.89(g/cm³)였고, LFP-2가 1.08(g/cm³)였습니다. 그림 2b에 각 샘플에 대한 10회 반복 실험이 나와 있으며, 이는 테스트 결과가 매우 재현성이 좋다는 것을 확인시켜 줍니다. 정확하고 반복 가능한 결과에 대한 세 가지 이유가 있습니다. a) 시험 방법은 ASTM B527-20 표준을 충족합니다. b) 테스트는 실린더를 회전시켜 탭핑 중 발생할 수 있는 질량 분리를 최소화하는 장치를 가지고 있습니다. c) 실린더에는 눈금이 매겨지고, 그림 3과 같이 3개의 다른 각도에서 읽습니다. 그런 다음 세 가지 판독치로 평균을 구해 탭 밀도를 계산하는 데 사용되는 평균 값을 확인합니다.

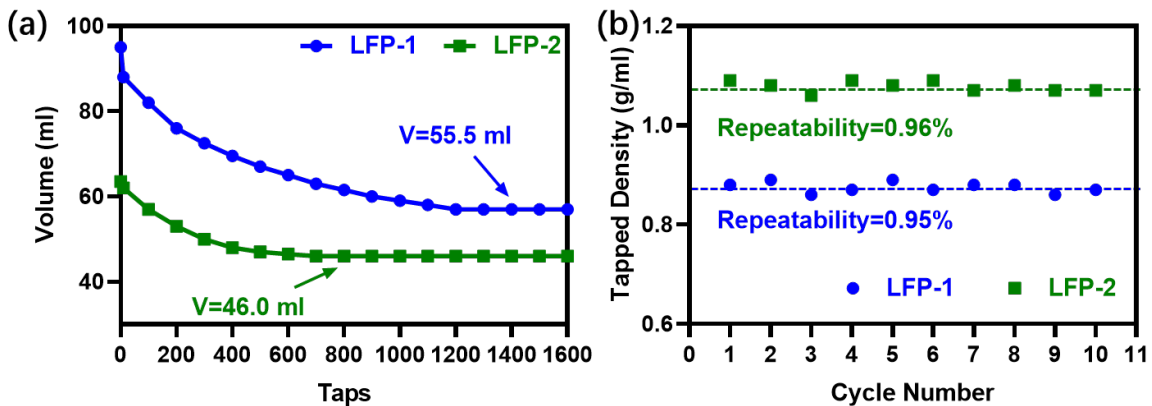


그림 2. (a) 탭핑 중 샘플 볼륨 변화, (b) 탭 밀도의 10회 반복 샘플 측정

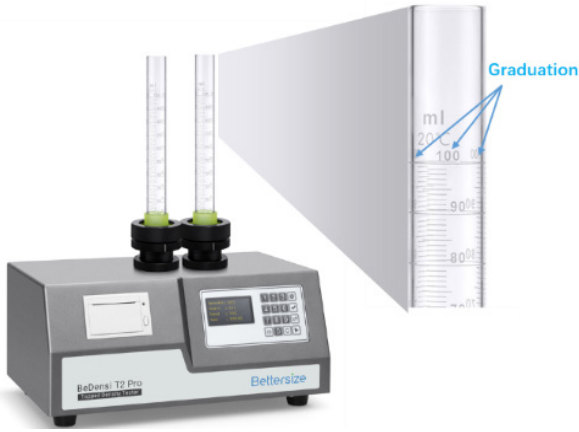


그림 3. 읽기 쉬운 눈금 실린더가 있는 BeDensi T2 Pro

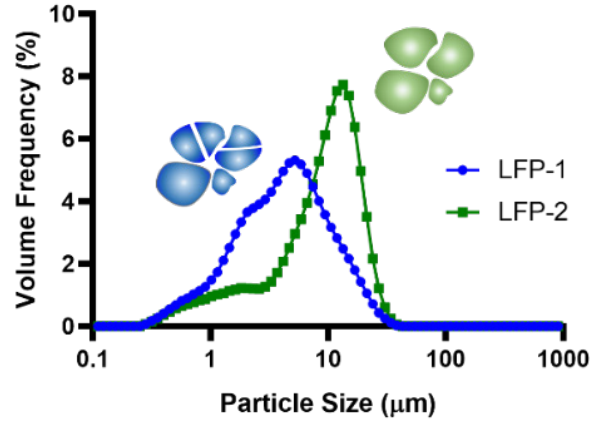


그림 4. 0.28 에서 38.41 에 이르는 두 가지 샘플의 PSD

표 2. 두 샘플의 일반적인 크기 값

샘플	D _{최소} (µm)	D ₁₀ (µm)	D ₅₀ (µm)	D ₉₀ (µm)	D _{최대} (µm)
LFP-1	0.28	1.10	4.08	12.21	38.41
LFP-2	0.28	1.46	9.21	18.07	38.41

3.2 입도 분포 (PSD)

탭 밀도 측정 후, 두 LFP의 입도 분포(PSD)를 연구했습니다. 그림 4에 표시된 바와 같이, 두 샘플의 PSD는 0.28 ~ 38.41 µm로 동일하지만, LFP-2의 D50은 9.21 µm로 LFP-1의 4.08 µm보다 높습니다.

따라서 두 샘플 모두 PSD 범위가 동일한 반면 LFP-1의 D50은 LFP-2보다 작아 탭 밀도가 낮습니다. Ying J, et al은 평균 입도가 작을수록 탭 밀도가 낮아진다고 보고했습니다. [4] 이 경우, 분쇄 시간을 늘리면 그림 4의 LFP-1과 같이 입자 크기가 줄어듭니다.

이러한 크기 감소로 인한 효과는 샘플에서 더 큰 부피를 차지하는 밀도 감소로 이어집니다. 탭 밀도와 PSD의 관계를 이해하기 위해, 그리고 생산 공정을 최적화하고 고품질 LIB를 제조하기 위해서 탭 밀도 테스터와 레이저 회절 분석기가 필요합니다.

4. 결론

BeDensi T Pro 시리즈 기기가 나타내는 보고서로 입도 분포를 조정하여 최적의 탭 밀도에 도달했음을 확인합니다. 음극 전극 재료의 중요한 특성 중 하나로서, 리튬이온 배터리가 동일한 부피의 재료에서 더 많은 에너지를 보유하도록 준비

과정에서 탭 밀도가 향상되어야 합니다. 따라서, LIB 제조 업체는 신속하게 전극 재료의 탭 밀도를 특성화 하기 위해 사용하기 쉽고 매우 효율적인 탭 밀도 테스터를 사용할 필요가 있습니다. BeDensi T Pro 시리즈는 연구개발단계 테스트부터 생산관리까지 전극 재료를 측정하는데 이상적이고 적합한 기기입니다.

5. 참조

[1] El Kharbachi, A., et al. Exploits, advances and challenges benefiting beyond Li-ion battery technologies. *J. Alloys Compd.*, 817 (2020)

[2] Yang, S., et al. High Tap Density Spherical Li[Ni_{0.5}Mn_{0.3}Co_{0.2}] O₂ Cathode Material Synthesized via Continuous Hydroxide Coprecipitation Method for Advanced Lithium-Ion Batteries. *Int. J. Electrochem.*, 9 (2012).

[3] ASTM B527-20 Standard: Test Method for Tap Density of Metal Powders and Compounds.

[4] Ying J, et al. Preparation and characterization of high-density spherical LiNi_{0.8}Co_{0.2}O₂ cathode material for lithium secondary batteries. *J. Power Sources*, 99 (2001)

Bettersize

BETTER PARTICLE SIZE SOLUTIONS

Bettersize Instruments Ltd.

Website: <https://www.bettersizeinstruments.com>

Email: info@bettersize.com

Address: No. 9, Ganquan Road, Lingang Industrial Park, Dandong,
Liaoning, China

Postcode: 118009

Tel: +86-415-6163800

Fax: +86-415-6170645

Download Our Application Notes:



Visit Our BeDensi T Pro Series Site:

