



**Malvern
Panalytical**
a spectris company

배터리 연구 및 품질 관리 솔루션

물리적, 화학적, 구조적 통찰력 활용



배터리 품질의 새로운 지평을 열다

고급 분석 솔루션으로 연구 및 생산 역량 강화

최근의 배터리 수명은 상당히 향상되었습니다. 예를 들어 리튬이온 배터리는 스마트 모바일 기기부터 무공해 전기 자동차 및 지능형 전원 관리 솔루션까지 이미 우리의 일상 생활을 혁신했습니다. 또한 배터리는 대용량의 에너지 저장을 위한 경제적인 솔루션을 제공하고 전력망 분야를 위한 재생 에너지 자원을 보완할 수 있는 잠재력을 갖고 있습니다.

이러한 성공에도 불구하고 안전과 성능 면에서 배터리 기술의 차이는 여전합니다. 게다가 전기 자동차와 같은 분야에 대규모로 도입하기 위해서는 큰 비용 절감이 필요할 것입니다. 실제로 규제기관이 더욱 엄격해지고 소비자의 요구가 많아짐에 따라 이러한 핵심 사안은 새로운 배터리 물질에 대한 연구뿐만 아니라 생산 비용을 최소화하기 위해 생산 효율을 개선하는 원동력이 되고 있습니다. 그러한 미세한 차이에 의해 성공이 결정되기 때문에 오늘날의 제조업체는 매번 모든 품질과 성능을 보장할 수 있어야 합니다.

Malvern Panalytical은 분석 장비의 설계, 제조, 공급에 있어 60년 이상의 경험을 활용하여 모든 종류의 실험실 및 온라인 분석 솔루션을 제공해왔습니다. 공정 효율과 품질 관리를 개선하고자 하는 배터리 부품 제조업체나 새롭게 등장한 배터리 물질의 성능 파라미터를 파악하려는 연구자 등을 위해 Malvern Panalytical의 솔루션은 우수한 품질의 배터리 생산에 필요한 새로운 수준의 정보와 통제력을 제공합니다.

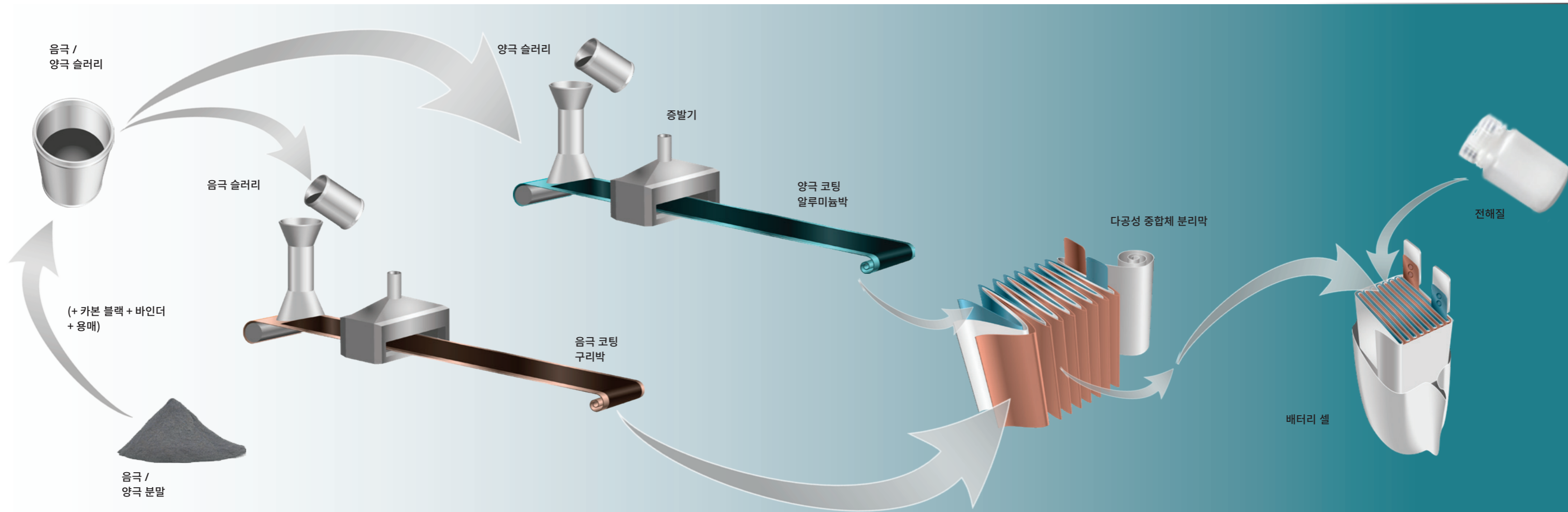
모든 단계의 모니터링 및 최적화

배터리 부품 제조업체는 전반적으로 품질이 일정해야 할 뿐만 아니라 제조 공정 전반에 걸쳐 높은 품질을 달성해야 합니다. 제조 공정의 연속성은 초기 단계의 오류나 불순물이 축적되는 것을 의미하며, 생산 라인의 결과를 훨씬 더 크게 저하시킵니다. 생산 효율을 유지하고 낭비를 최소화하기 위해서는 원료에서부터 셀 조립까지 모든 단계에서 품질을 모니터링할 필요가 있습니다. 마찬가지로 새로운 배터리 물질에 대한 연구는 배터리 성능에 영향을 미칠 수 있는 모든 중요한 파라미터를 전체 제조 공정 수준에서 분석해야 합니다.

Malvern Panalytical에서는 제조업체가 배터리 제조 공정의 모든 부분을 모니터링하고 최적화할 수 있도록 다양한 연구 및 품질 관리 솔루션을 개발했습니다. 당사의 기술이 제공하는 특별한 물리적, 화학적, 구조적 분석 솔루션은 다양한 배터리 부품 생산 단계에서 활용할 수 있습니다. 전극 물질의 품질 개선에서부터 새로운 고성능 배터리 물질의 성공적인 개발까지, 최고 성능의 배터리를 개발하고 생산할 수 있도록 보장해 드립니다.

표 1 배터리 물질 및 배터리 공정 전반 따른 분석 솔루션

배터리 물질	중요 파라미터	분석 기술	제품 및 솔루션
양극전구체 및 전극 물질	입도 입자 형상 화학 조성 결정상	레이저 회절(Laser diffraction) 자동 이미징 X선 형광 X선 회절	Mastersizer 3000 Morphologi 4 Epsilon 4 / Zetium XRF Aeris 컴팩트 XRD
배터리 슬러리	입도 입자 형상	레이저 회절(Laser diffraction) 자동 이미징	Mastersizer 3000 Morphologi 4
전극 코팅	코팅 무게 코팅 두께	광자 센서 마이크로 캘리퍼 두께 센서	NDC 기술의 광자 및 마이크로 캘리퍼 센서
배터리 셀	사이클링 중 성능 저하 메커니즘	In operando XRD	Empyrean XRD



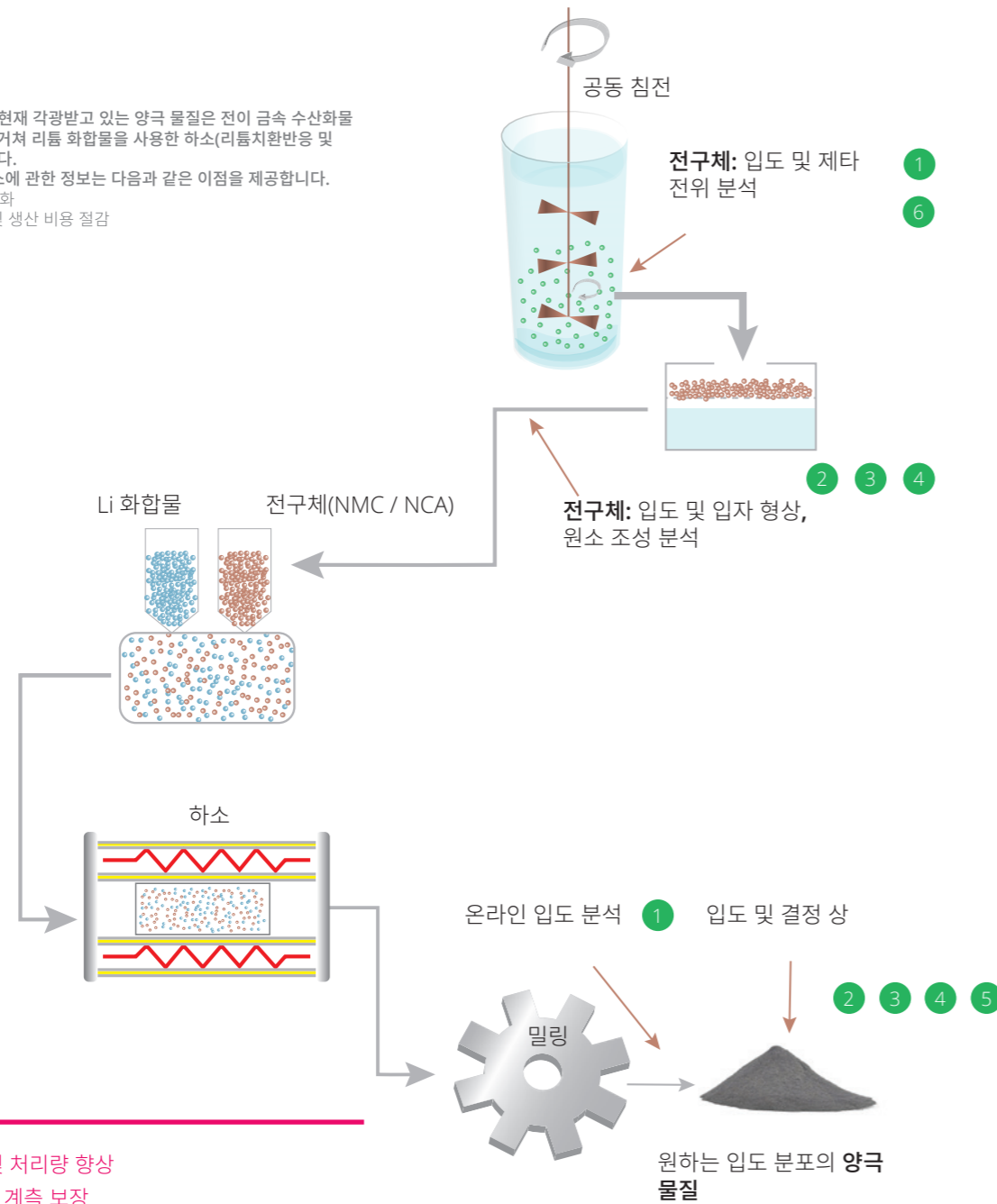
양극 물질 최적화

양극 물질 생산은 제조 공정의 모든 단계에서 Malvern Panalytical의 솔루션이 품질을 어떻게 보장하는지를 보여주는 수많은 예시 중의 하나입니다. 배터리 생산의 첫 단계 중 하나인 품질 관리는 양극 제조에 특히 중요하며 배터리 제조업체는 비용을 최소화하면서 이 모든 것을 구현 가능하도록 해야 합니다.

당사의 솔루션은 공동 침전 및 전구체 품질 관리에서 하소 및 최종 물질 최적화에 이르기까지 양극 생산 공정의 여러 단계에서 양극 특성 분석 도구로 사용될 수 있습니다. 이러한 솔루션은 제조업체에 형상, 구조, 원소에 관한 정보를 제공함으로써 공정 파라미터를 최적화하고 최고의 양극 품질을 보장할 수 있도록 합니다.

NCA 및 NMC와 같이 현재 각광받고 있는 양극 물질은 전이 금속 수산화물 전구체의 공동 침전을 거쳐 리튬 화합물을 사용한 하소(리튬치환반응 및 산화)를 통해 생산됩니다. 이러한 형태, 구조, 원소에 관한 정보는 다음과 같은 이점을 제공합니다.

- 공정 파라미터 최적화
- 일관된 품질 보장 및 생산 비용 절감

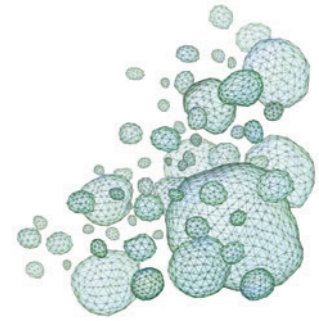


- 전구체 품질 및 처리량 향상
- 올바른 화학량 계측 보장
- 하소(Calcination) 공정 최적화
- 입도 및 입형 관리

특성 분석 도구

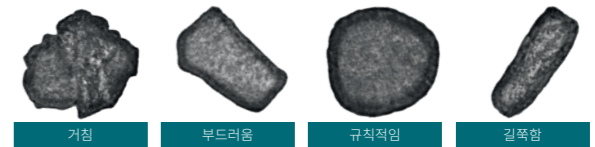
입도

- 1 양극 물질의 일관된 입도는 전구체로부터 시작합니다. **Insittec** 온라인 툴을 통해 제조업체는 전구체 또는 밀링 단계에서 입도를 실시간으로 분석할 수 있습니다.
- 2 입도 분포를 정밀하게 제어하는 것은 전구 코팅의 품질에 중요한 역할을 합니다. **Mastersizer 3000**을 사용하면 입도를 정확하고 쉽게 분석할 수 있습니다.



입자 형상

입자 형상은 전극 슬러리 유동 특성 및 패킹 밀도와 같은 중요한 파라미터에 영향을 미칩니다. 전구체 단계의 입도 및 형상 분석은 높은 통계적 정확도로 수천 개의 입자를 자동으로 분석하는 **Morphologi 4** 이미지를 통해 수행할 수 있습니다.



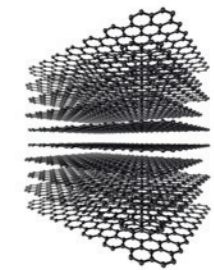
원소 조성

용융 샘플 전처리 레시피를 결합한 **Epsilon 4** 벤치탑 X선 형광 (XRF) 분광기 또는 최고급 **Zetium** 분광기는 전극 물질의 화학 조성 및 원소 불순물 분석을 단순화할 수 있습니다.

H																	He		
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne		
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
Cs	Ba	L	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
Fr	Ra	A															A		
		L	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		A	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

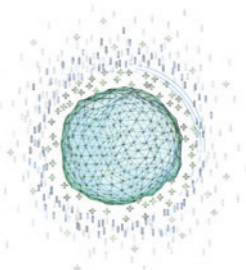
결정질 상

결정질 상과 결정립 크기는 전극 물질의 품질을 결정짓는 핵심적인 특성입니다. Malvern Panalytical의 **Aeris** 컴팩트 X선 회절계는 결정질 상 조성 분석에 있어 업계를 대표하는 제품으로서 하소 공정을 최적화하는 데 사용할 수 있습니다.



제타 전위

제타 전위는 슬러리 안정성, 응집성, 침전 거동을 제어하기 위해 pH 및 농도 같은 공정 파라미터를 최적화하는 데 사용될 수 있습니다. **Zetasizer**는 분산된 물질의 제타 전위는 물론 나노 크기 물질의 입도와 응집 상태를 분석할 수 있습니다.



MALVERN PANALYTICAL의 연구 및 품질 관리 솔루션

우수한 입도 분포 측정

최적의 입도 분포를 일관되게 달성하는 것은 단순히 전극 물질에 가치를 더하는 것뿐만 아니라 최종적인 제품 품질을 보장하기 위한 핵심 요소입니다. 이를 통해 제조업체는 슬러리 점도와 흐름 거동, 코팅 패킹 밀도 및 기공률, 배터리 셀 충전 속도 용량, 사이클링 내구성을 최적화할 수 있습니다.

이러한 요구를 충족하기 위해 Malvern Panalytical은 Mastersizer 3000이라는 업계 표준의 입도 측정 솔루션을 제공하고 있습니다. 레이저 회절을 기반으로 산업용 수준의 성능을 제공하며 보다 안정적인 성능을 보여줍니다.

또한 사분 방식이나 침전 방식보다 측정 속도가 빠르며 현미경법에 비해 통계적으로 우수한 정보를 제공합니다. Mastersizer 3000 레이저 회절 입도 분석기는 최소한의 노력으로 습식 및 건식 분산 시료에 대해 빠르고 정확한 입도 분포를 제공합니다. 나노미터에서 밀리미터 입도 범위에 걸쳐 측정할 수 있으며, 콤팩트 크기의 장비에서 모든 사용자가 작업자에 의한 편차 없이 신뢰할 수 있는 측정 결과를 얻을 수 있습니다.

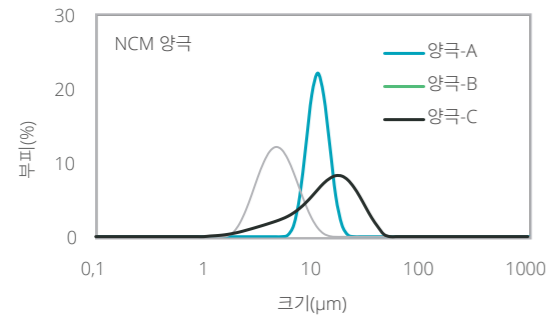


그림 1 서로 다른 공정 파라미터로 합성된 NCM811 양극 물질 3개 배치의 입도 분포

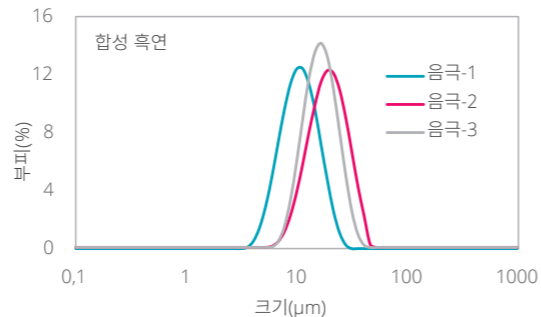


그림 2 다양한 가열 조건으로 합성된 3개의 합성 흑연 배치의 입도 분포

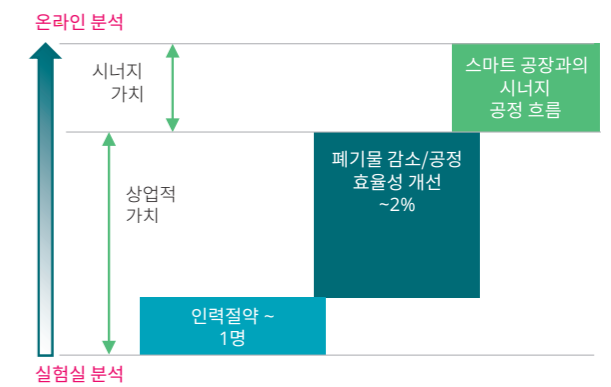


실시간 공정 자동화

공정 파라미터 최적화

또한 제조업체는 생산 공정 내내 지속적으로 입도를 모니터링해야 합니다. 그리고 한정된 인력으로 산업체 규모의 제조를 하고 있다면, 입도를 실시간으로 분석하는 효율적인 방법을 찾는 것이 어려울 수 있습니다. 일반적으로 실험실 분석은 약 1시간 내에 피드백을 제공하지만, 최적의 품질 관리를 위해서는 수분 내의 피드백 루프가 필요합니다.

자동화된 온라인 분석기인 Insitac 입도 분석기는 생산 환경에서 이러한 요구를 충족시키는 데 이상적이며 피드백 루프를 사용하여 몇 초마다 실시간 분석을 제공합니다. 이 제품은 시간이 지남에 따라 전극 입도가 커지는 것을 제어하거나, 밀링 직후 전극 입도를 제어하여 낭비를 줄이고 스마트 공장 제조 흐름에 공정을 맞추는 데 사용할 수 있습니다.

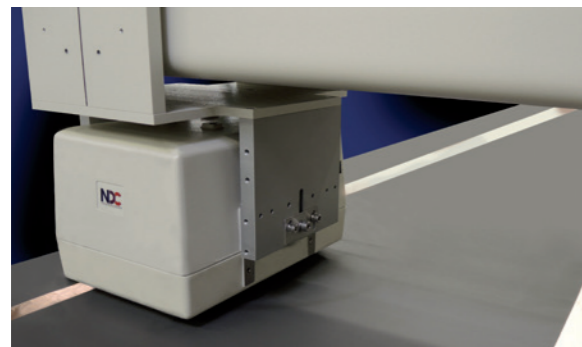


전극 슬러리의 Insitac 온라인 입도 분석을 사용하는 양극 제조 공장의 일반적인 가치 증가

우수한 엔드투엔드(END-TO-END) 측정 솔루션

새로운 공정 관리 가능성을 열다

전극 코팅의 경우 코팅 무게와 두께의 일관성이 매우 중요합니다. 코팅 무게 또는 두께 균일성이 약간이라도 일치하지 않을 경우 공정 효율과 최종 배터리 성능에 큰 영향을 미칠 수 있습니다. 또한 측정치가 매우 중요한 부분을 차지할 때 부품 제조업체는 이러한 변화를 빠르고 효율적으로 측정할 수 있는 방법이 필요합니다. 이러한 문제를 해결하고 탁월한 공정 가시성과 통제를 달성하기 위해



광자 센서 비교 불가한 코팅 무게 정확도 제공

양극 또는 음극 무게 측정에서는 작은 불일치도 큰 차이를 만들 수 있습니다. 코팅이 너무 얇거나 두껍거나, 알루미늄 및 동박기제가 불규칙한 경우 최종 배터리 성능이 심각하게 저하될 수 있습니다.

그러나 NDC의 전용 광자 센서 덕분에 이러한 문제는 과거의 일이 되었습니다. 특히, 이 혁신적인 솔루션은 업계 최고의 코팅 무게 정확도를 제공하며 패치, 영역, 연속 코팅 라인에서 초고속 측정을 제공합니다.

자세한 내용은 다음 사이트를 방문하십시오.
www.ndc.com/film-extrusion-and-converting/industry-solutions/battery

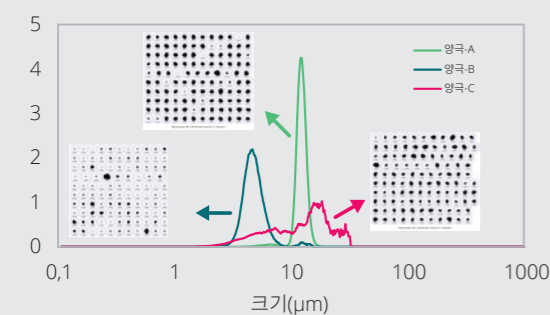
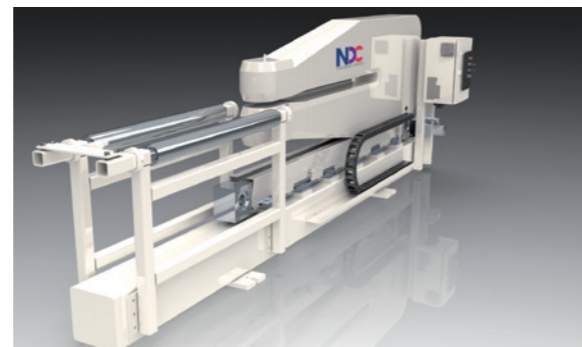


그림 3

양극 물질 Circular Equivalent 예시 Morphologi 4에서 얻은 세 가지 NCM 양극 물질의 크기 분포(그림 3). 그림 1의 Mastersizer 3000으로 측정된 샘플과 동일합니다. 이러한 샘플의 원형도는 그림 4와 비교할 수 있습니다. 원형도 지수 1은 완전한 구에 해당하며, 값이 낮을수록 원형도의 편차가 더 큰 것을 의미합니다. 원형도의 분포가 좁으면 입자 형상이 균일한 것을 의미하지만, 분포도가 넓으면 입자 형상의 변화가 더 큰 것을 의미합니다. 양극 A는 원형의 입자를 가지고 있는 반면, B와 C는 형상 변화가 큰 불규칙한 형상으로 되어 있습니다.

Malvern Panalytical과 자회사 NDC가 협력해 공정 전반에 걸친 측정 시스템을 마련했습니다. 전극 배터리 코팅의 기본 중량 측정부터 롤 압착 라인을 따라 이루어지는 최종 제품 두께 측정까지, 이러한 도구를 통해 뛰어난 공정 신뢰성을 바탕으로 업계 최고의 품질의 배터리를 제공하는 새로운 차원의 제어 및 정밀도를 달성할 수 있습니다.



MicroCaliper 두께 시스템 롤 압착 공정 품질 관리

롤 압착 공정은 매우 빈번하게 배터리 부품 코팅 품질에 영향을 미칠 수 있습니다. 이는 결국 공정 효율성, 처리량, 최종 제품 품질을 떨어뜨릴 수 있습니다.

NDC의 특수 MicroCaliper 두께 센서는 두께 변동을 더욱 잘 식별하기 위해 일관된 마이크로 이하의 정확도를 제공하여 이 문제를 해결합니다. 이로써 배터리 제조업체는 시장에서 가장 일관된 최고 품질의 제품을 생산할 수 있습니다.

그림 4

3양극 물질의 HS 원형도

입자 형태

전극 물질 형태에 대한 통찰력 향상

배터리 전극 물질에서 입자 형상의 역할은 일반적으로 무시되거나 과소평가됩니다. 그러나 이는 배터리 물질의 잠재력을 최대한 발휘하여 최고의 성능을 보여주는 배터리를 만드는 데 있어 중요한 열쇠입니다. 입자 형상은 패킹 밀도, 기공률, 균일성 측면에서 전극

코팅뿐만 아니라 슬러리 유동 특성에도 영향을 미칩니다. 최고의 배터리 성능을 달성하려면 제조업체도 입자 형태학을 이해하고 최적화해야 합니다.



입자가 올바른 형태를 가지고 있습니까?

제조업체에서 이러한 중요한 문제를 해결할 수 있도록 Malvern Panalytical은 강력한 광학 이미징 도구인 Morphologi 4를 제공합니다. 완전히 자동화된 이미지 분석을 통해 제조업체는 원형도, 연신률/중형비, Circular Equivalent 직경, 투명도 등의 파라미터를 측정할 수 있습니다.

제조업체는 0.5µm 이상의 10,000 -500,000개 입자를 기반으로 한 분석을 통해 아주 작은 입자의 형상에 대한 통계를 매우 정확하게 분석할 수 있습니다. 또한 Morphologi 4-ID는 Morphologi 4의 자동화된 정적 이미징 기능과 Raman 분광학을 적용한 개별 입자의 화학적 식별 기능을 결합하여 하나의 플랫폼에서 입도, 입자 형상, 화학적 정체성을 자동으로 측정할 수 있습니다.

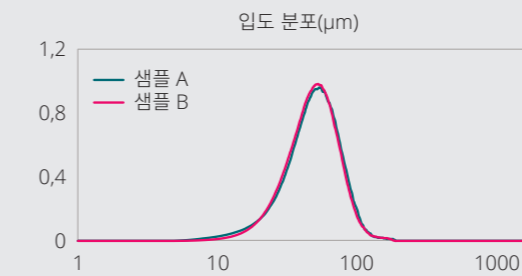


그림 5

흑연 전극 물질의 예: Mastersizer 3000으로 측정된 두 샘플의 크기 분포(그림 5) 및 Morphologi 4로 측정된 동일한 샘플의 원형도(그림 6). 두 샘플은 유사한 Circular Equivalent 입도 분포를 갖지만 샘플 A는 모양이 더 불규칙함.

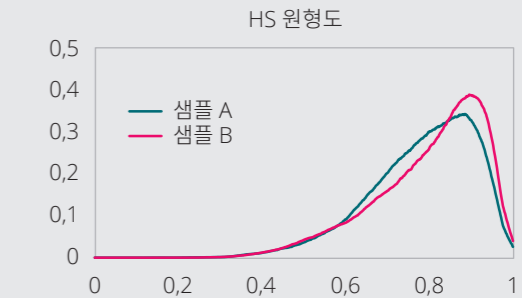


그림 6

원소 조성

간단한 화학 조성 및 불순물 분석

전국 물질의 화학 조성이나 불순물의 편차는 최종 배터리 성능에 상당한 영향을 미칠 수 있습니다. 그렇기 때문에 화학 조성과 원소 불순물 분석은 배터리 제조 공정의 필수 요소입니다. 그러나 종종 사용되는 유도결합 플라즈마(ICP) 분석이 항상 최선의 도구는 아닙니다. 샘플 소화와 잦은 교정이 필요한 ICP는 대부분의 원소 분석 요구에서 비효율적이고 비용이 많이 듭니다.

X선 형광(XRF) 솔루션은 원소 구성을 분석하고 불순물을 ppm 수준에서 검출하는 과정을 보다 간단히 하는 것은 물론 샘플 소화와 빈번한 교정이 필요 없고 샘플 분석당 비용이 최대 3 배 저렴합니다. 특히 낮은 원소 농도(%)에서는 X선 형광법을 사용하여 양극 물질의 화학 조성 분석을 보다 신뢰성 있게 수행할 수 있습니다.

Malvern Panalytical의 Epsilon 4 벤치탑 에너지 분산 XRF 분광기는 단 몇 분 만에 원소 조성을 정확하게 측정할 수 있습니다. 더 나은 광원 감도를 원하는 경우, Zetium 파장 분산 XRF 분광기를 사용하는 것이 좋습니다. 이러한 솔루션을 통해 제조업체는 비용과 인적 자원의 사용을 최적화하는 동시에 매우 낮은 수준의 불순물 감지를 위한 ICP 사용 빈도를 줄일 수 있습니다.

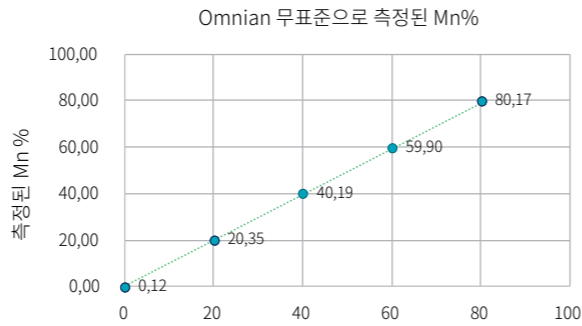


그림 7

Epsilon 4에서 측정된 $LiFe_xMn_{1-x}PO_4$ 의 샘플 5개에 대한 조성 및 불순물 분석이 아래 표에 나와 있습니다. 측정된 Mn 조성(그림 7)은 이러한 샘플에서 표적 Mn 조성에 관하여 직선의 교정 곡선을 보여줍니다.

표 XRF를 이용한 LFMP 양극 물질의 일반적인 원소 조성 분석

샘플	표적 물질	측정된 조성 및 불순물													
		Mn %	Zr	Al	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Ni	S	Si	Ti	Y	Zn
SMP1	$LiFe_{0.2}Mn_{0.8}PO_4$	80,2	0,11	0,011	0,014	0	0	0,017	0	0,026	0,008	0,022	0,009	0,006	0
SMP2	$LiFe_{0.4}Mn_{0.6}PO_4$	59,9	0,19	0,012	0	0	0,001	0,024	0,018	0,013	0,004	0,02	0,01	0,009	0,006
SMP3	$LiFe_{0.6}Mn_{0.4}PO_4$	40,2	0,117	0,041	0	0	0,003	0,034	0,011	0,023	0,006	0,024	0	0,007	0,005
SMP4	$LiFe_{0.8}Mn_{0.2}PO_4$	20,4	0,161	0,008	0,014	0,037	0	0,042	0,009	0,015	0	0,02	0	0,006	0,006
SMP5	$LiFePO_4$	0,1	0,155	0,015	0	0	0	0,055	0,009	0,024	0,007	0,024	0	0,009	0,004



XRF를 위한 샘플 준비

보다 정확한 분석 보장

샘플 준비는 원소 조성 분석에서 오류가 발생하는 주요 원인입니다. 압축 펠릿(XRF) 또는 산 처리(ICP)와 같은 준비 방법은 금속 샘플의 광물학적 요인이나 입도의 영향을 받아 결과의 정확도가 떨어지는 경우가 굉장히 많습니다.

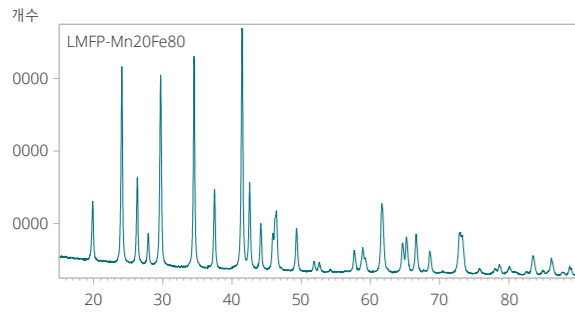
Malvern Panalytical은 XRF 또는 ICP에 대한 신뢰성 있는 샘플 준비 요구를 충족시키기 위해 고성능 용융액을 제공합니다. 용융에는 백금, 지르코늄, 흑연 도가니의 적절한 용제(플렉스)에서 고온으로 완전히 산화된 샘플을 용해하는 과정이 수반됩니다. 용해된 혼합물을 잘 섞고 금형에 부어 XRF 분석을 위한 유리 디스크를 만듭니다. 또한 비커에 부어서 원자흡수분광분석(AAS) 또는 ICP 분석을 위한 용액을 만들 수 있습니다.

Malvern Panalytical은 40년 이상 동안 축적된 전문지식을 활용해 다양한 종류의 복잡한 샘플을 위한 신뢰할 수 있는 용융 레시피를 고안하고 제공하고 있습니다. 또한 두 개의 용융 장비를 제공합니다. 강력한 LeNeo 장비는 배터리 샘플 용융에 이상적입니다. 이 자동 전자 장비는 XRF 분석용 유리 디스크는 물론 AA 및 ICP 분석용 분산염 및 과산화물 용액도 준비할 수 있습니다. 하나의 용융 포지션을 가진 이 제품은 실험실에서 탁월한 사용 편의성, 작업자 안전성, 우수한 분석 성능을 제공하며, 신뢰도를 높이고 고정밀의 품질 관리를 실현합니다. 높은 샘플 처리량을 얻으려면 6개의 용융 포지션을 가진 TheOx 고급 장비를 사용할 수도 있습니다.



결정질 상 조성

원자 수준의 탐색 지원



리튬망간철인산염(LFMP) 양극 물질의 대표적인 XRD 패턴



결정질 상은 배터리 전극 물질에서 중요한 요소이며, 원자 수준에서 리튬 이온 수송을 제어합니다. 합성 분말 물질의 결정질 상 조성과 품질을 분석하는 데는 일반적으로 X선 회절(XRD)을 사용합니다.

대한 요구사항을 충족하며, 일반적인 샘플 측정에 단 몇 분밖에 걸리지 않습니다. 샘플은 수동으로, 또는 자동 벨트를 통해 공급할 수 있습니다.

배터리 양극 물질에서 XRD는 하소 공정 중에 반응 물질이 원하는 안정적인 결정질 상으로 완전히 용융되도록 하는 데 사용할 수 있습니다. 또한 (결정립 크기의 측정값으로부터) 화학 조성을 측정하거나 1차 입자의 크기를 추정하는 데 사용할 수 있으며, 이는 이온 이동에 중요한 역할을 합니다. 양극 물질에서 XRD는 양극 에너지 밀도에 상당한 영향을 미치는 합성 흑연의 흑연화 정도를 측정할 수 있습니다.

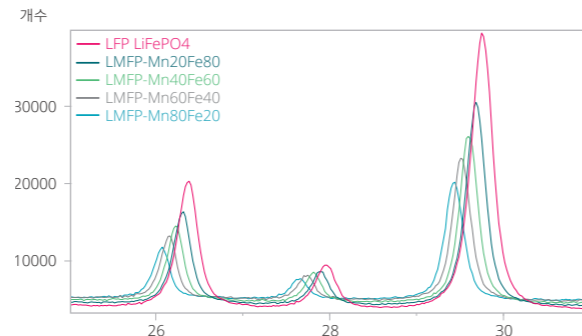


그림 8

LMFP 양극 물질의 예: XRD 패턴의 섹션(그림 8)에는 Mn 함량이 증가함에 따라 낮은 각도로 피크가 이동하는 것이 보이며, 이는 c축을 따른 격자 확장을 의미합니다.

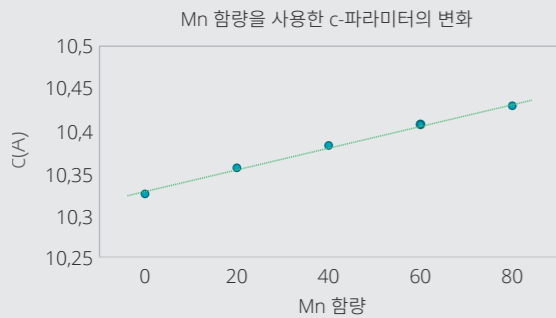


그림 9

다양한 Mn 함량을 가진 LMFP 양극 물질의 예: Mn 함량이 증가하는 c축(그림 9)을 따라 격자가 확장됩니다. 알 수 없는 배치 샘플의 경우 c-파라미터를 측정하고 보정 그래프를 사용하여 조성을 추론할 수 있습니다(그림 9). 또한 XRD는 결정립 크기가 Mn 함량(그림 10)에 따라 증가하는 것을 보여줍니다. 즉, Mn 함량이 높을수록 결정립 크기가 큼니다. 결정립 크기는 보통 1차 입도와 밀접한 관계를 가집니다.

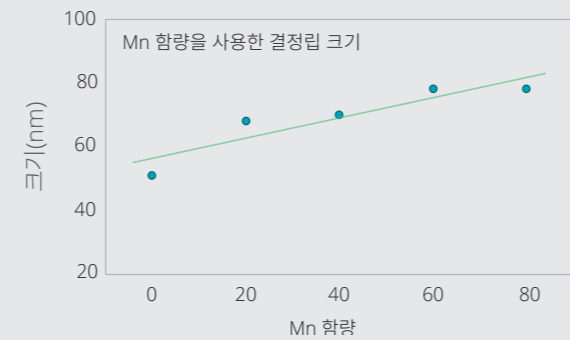
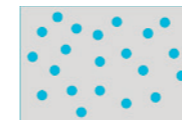


그림 10

제타 전위 분석

슬러리 안정성에 대한 식별력 제공

전극 슬러리 생산에서 제타 전위는 슬러리 안정성에 중요한 역할을 합니다. 제타 전위가 낮으면 입자가 응집되고 집합되어 슬러리의 입자가 불안정해지고 배터리 품질이 저하될 수 있습니다. 따라서 제타 전위를 정확하게 모니터링하고 최적화할 수 있다는 것은 배터리 제조업체에게 유용할 뿐만 아니라 필수적입니다.



이러한 요구를 충족시키기 위한 제품이 Zetasizer입니다. 이 도구는 탁월한 정확성, 반복성, 일관성으로 제타 전위를 측정하여 전극 슬러리의 응집 및 침전을 파악하거나 전극 슬러리의 안정성을 보장하고 평평한 표면에서 슬러리 습윤 거동을 파악할 수 있도록 합니다. 또한 고농도 및 고전도 샘플을 위해 특수 셀과 정전류 모드가 적용되어 있어 제조업체는 pH와 농도를 최적화한 안정적인 슬러리를 얻고 고품질 전극을 제조할 수 있습니다.

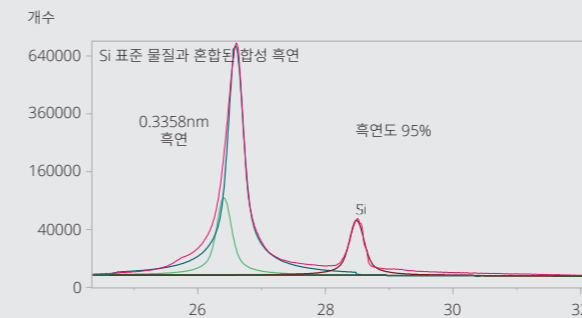


그림 11

합성 흑연의 예: 흑연도 및 배향 지수는 합성 흑연의 중요한 특징으로서, 천연 흑연에 비해 우수한 일관성과 순도로 인해 널리 사용되는 음극재입니다. AERIS는 흑연도와 배향 지수를 모두 측정할 수 있습니다. 그림 11은 그러한 물질의 흑연도를 측정하는 것을 보여줍니다.

배터리 셀 특성 분석

In operando X선 회절 제공

에너지 밀도가 높은 새 배터리 소재를 개발할 때 직면하는 가장 큰 문제는 반복된 충방전(Cycling)에 따른 용량 저하입니다. 용량 저하의 원인으로는 입자 균열, 전극 내 리튬 체류, 전해질 저하, 수지상 형성 등이 있습니다. 따라서 이러한 성능 저하 메커니즘을 이해하는 것은 새로운 배터리 물질의 성공적인 개발을 위한 중요한 단계입니다.

In operando X선 회절(XRD)은 배터리 사이클링 중 기저 결정 구조 변화를 분석하여 이러한 결함 메커니즘을 조사할 수 있습니다. Empyrean XRD 플랫폼은 코인 셀과 전기화학 셀부터 파우치 셀과 각형 셀에 이르기까지 다양한 유형의 배터리 셀을 In operando 사이클링에 사용할 수 있는 옵션을 제공합니다.

코인 및 전기화학 셀

비상온(non-ambient) 탐색의 가능성을 열다

최소 한 면이 X선 투영 윈도우로 된 모든 유형의 코인 셀은 Empyrean XRD에서 연구할 수 있습니다. Malvern Panalytical은 충방전 사이클링에 사용할 수 있는 특수 코인 셀 홀더를 제공합니다.

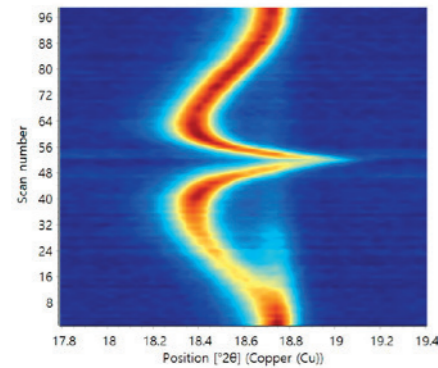


그림 12

전기화학 셀에서 NCM 양극 및 흑연 음극의 In operando 사이클링의 예. 그림 12는 003 피크가 사이클링 중에 어떻게 변화하는지 보여줍니다. 그림 13은 충전 및 방전 중에 c와 a의 격자상수가 어떻게 변화하는지 보여줍니다. 상수 파라미터의 갑작스러운 변화는 일반적으로 결정질 상 변화와 관련되어 있으며, 입자 균열을 일으킬 수 있습니다.

또 다른 솔루션은 베릴륨 또는 유리탄소로 만들어진 X선 투영 윈도우의 전기화학 셀입니다. Empyrean XRD에 장착하는 가열/냉각 옵션이 있는 전기화학 셀도 제공합니다.

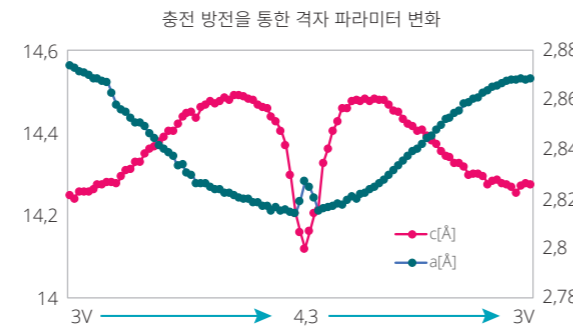
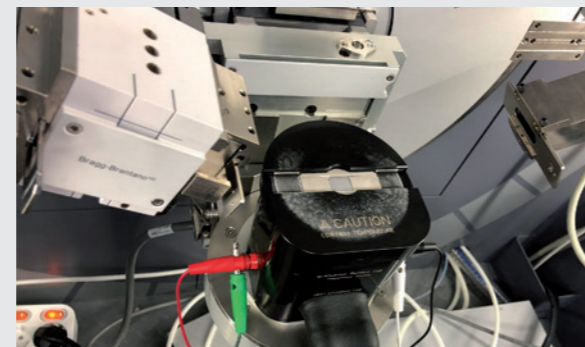


그림 13



Empyrean XRD 플랫폼에서 지원하는 전기화학 셀: 또한 셀을 가열 또는 냉각하고 비상온에서 사이클링 내구성을 조사할 수도 있습니다.

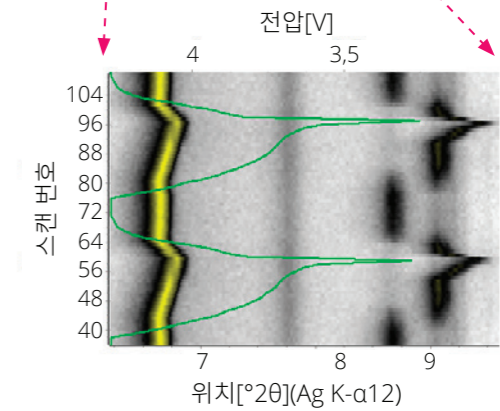
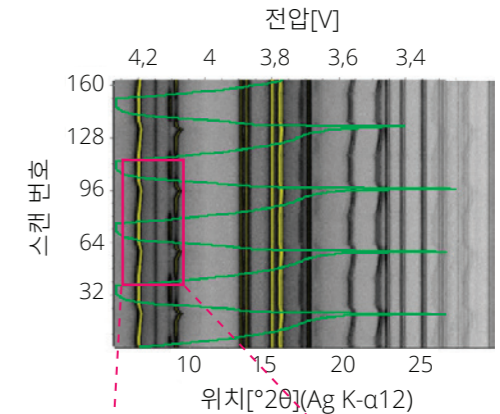
파우치와 각형셀

고에너지 방사선 투과로 완벽한 분석 제공

이에 더해 최대 5mm 두께의 다층 파우치 셀은 고에너지 Ag 방사선 및 GaliPIX^{3D} 검출기가 장착되어 있다면, Empyrean XRD 플랫폼에서도 분석할 수 있습니다. Empyrean은 60kV의 여기를 지원하며, 파우치 셀 연구에 적합한 고강도 22.16keV Ag 방사선을 지원합니다. 특수 다층 포커싱 미러는 고해상도, 고광도 X선 빔을 제공하여 측정 시간을 더욱 단축시킵니다.

파우치 셀의 In operando 사이클링 예시에서 측정된 Ag K α 방사선과 GaliPIX^{3D} 검출기로 구성된 Empyrean XRD 플랫폼에서 수행되었습니다. 5-30 2 θ 범위에 걸친 모든 XRD 스캔은 단 5분 만에 측정되었습니다. 총 166번의 스캔이 다섯 번의 완전한 충방전 사이클에 걸쳐 측정되었습니다.

전위 변화(방전된 상태에서 3.2V ~ 완충 상태에서 4.3V)는 녹색선으로 표시되어 있습니다. 등치선 도표는 셀이 충전 또는 방전될 때 음극 및 양극의 피크 위치를 보여 줍니다. 약 6.8° 2 θ 의 피크는 NCM 양극의 003 피크이며, 위치 변경은 사이클링에 따른 c-파라미터의 변화를 나타냅니다. 9° 2 θ 전후의 불연속적 피크는 흑연 음극에서 발생하며, 충전 주기 동안 C에서 LiC₆ 또는 LiC₁₂로 변화했다가 방전 주기 동안 다시 LiC₁₂로 바뀐 후 C로 되돌아갑니다.



Empyrean XRD에 파우치와 각형형 셀이 장착된 모습. 파우치 셀에 압력을 가하는 메커니즘도 지원됩니다.



Cu- Ag 방사선으로 100% 효율을 자랑하는 Malvern Panalytical의 GaliPIX^{3D} 검출기는 최대 5mm 두께의 셀에서 빠르게 측정할 수 있습니다.

왜 MALVERN PANALYTICAL 을 선택해야 하는가?

Malvern Panalytical은 물질 특성 분석 분야의 글로벌 리더로서 화학적, 물리적, 구조적 분석을 통해 실질적인 경제적 효과를 제공하는 우수한 고객 중심 솔루션과 서비스를 만들고 있습니다.

당사의 목표는 고객이 더 나은 품질의 제품을 개발하고 더 빨리 시장에 출시할 수 있도록 돕는 것입니다. Malvern Panalytical의 솔루션은 우수한 연구 환경을 뒷받침하고 생산성과 공정 효율성을 극대화할 수 있도록 지원합니다.

Malvern Panalytical은 Spectris의 자회사입니다. Spectris는 생산성을 높이는 계기와 제어 장비를 생산하는 기업입니다.

www.spectris.com

서비스 및 지원

Malvern Panalytical은 분석 프로세스를 최고 수준에서 지속적으로 운영하는 데 필요한 글로벌 교육, 서비스, 지원을 제공합니다. 또한 고객의 투자 수익을 높이는 데 도움을 주고 있으며, 실험실과 분석 수요가 증가함에 따라 고객을 지원하고 있습니다.

당사의 전 세계 전문가 팀은 응용분야 전문지식, 신속한 응답, 최대의 시스템 가동 시간을 보장함으로써 고객의 비즈니스에 가치를 더하고 있습니다.

- 현지 직접 지원 및 원격 지원
- 전체 또는 선택적 지원 협의
- 규정 준수 및 검증 지원
- 현장 또는 강의실 교육 과정
- 원격 교육 과정 및 웹 세미나
- 샘플 및 실제 적용 컨설팅



MALVERN PANALYTICAL

Groewood Road, Malvern,
Worcestershire, WR14 1XZ,
United Kingdom

전화: +44 1684 892456
팩스: +44 1684 892789

Lelyweg 1,
7602 EA Almelo,
The Netherlands

전화: +31 546 534 444
팩스: +31 546 534 598

info@malvernpanalytical.com
www.malvernpanalytical.com

www.malvernpanalytical.com/batteries