

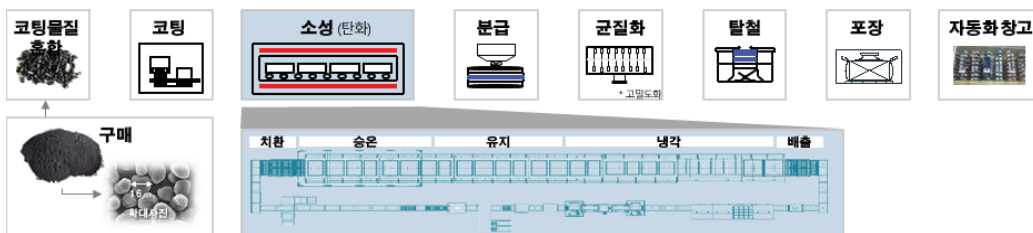
흑연 분진 화재·폭발 위험성 평가 (1/2)

■ 흑연 특성

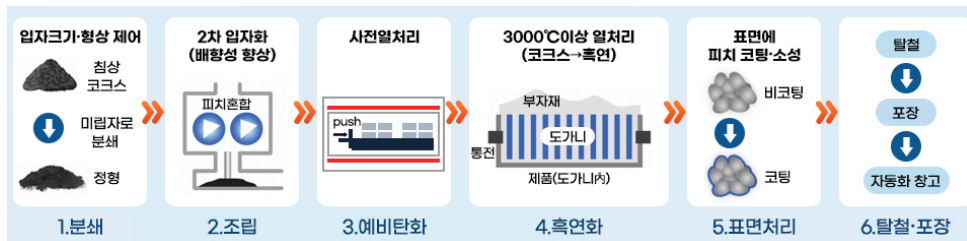
- 이차전지를 구성하는 핵심 요소인 음극재는 흑연을 주로 사용하고 있으며, 음극재 세계시장 규모는 급격하게 성장할 것으로 전망
- 음극재(천연 및 인조흑연)는 이차전지 충전 때 양극에서 나오는 리튬이온을 음극에 저장했다가 외부회로를 통해 전류를 흐르게 하는 역할을 함
- 흑연은 높은 열전도도 및 우수한 전기 전도성과 높은 열안전성을 가지고 있으며 700 °C 이상의 온도에서 산화됨

■ 흑연 분진의 제조과정

- **(천연흑연)** 광산이나 채석장에서 추출한 천연흑연은 기계적 및 화학적 처리를 거쳐 불순물을 제거하고 입자 크기와 분포를 조정하여 제조
- **(인조흑연)** 석유 코크스나 콜타르 피치와 같은 탄소질 재료를 3,000 °C를 초과하는 온도에서 흑연화하여 열 및 전도성이 뛰어난 고결정 구조로 만듦



[그림1] 천연흑연 음극재



[그림2] 인조흑연 음극재

■ 흑연 취급 공정의 화재·폭발 사고 위험성

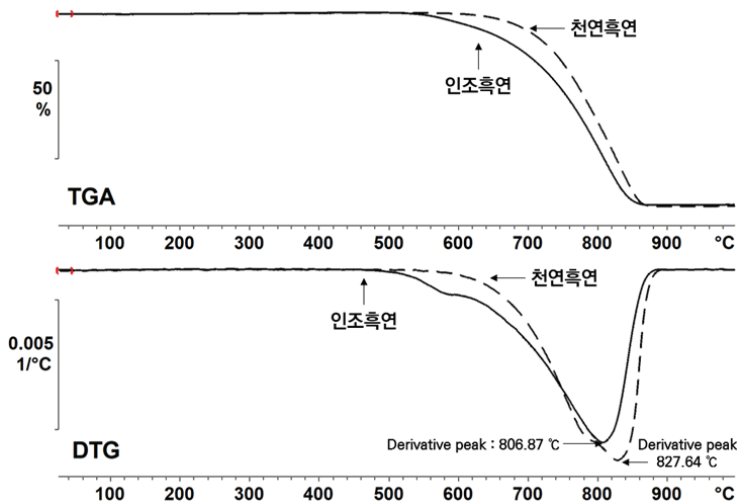
- 흑연의 직접적인 연소는 발생하기가 쉽지 않으며 공기 중 산화 메커니즘은 복잡하고 온도가 상승함에 따라 화학속도, 가스 확산 및 물질 전달에 의해 달라짐
- 흑연과 공기 사이에서 산화반응이 일어나기 위해서는 900 °C의 최소온도, 연소열 또는 외부 에너지원에 의한 온도 유지, 산소공급이 충족되어야만 화재·폭발 위험성이 증가함
- 흑연 분진은 반응성(폭발성)이 낮으며 이는 화학적 순도와 입자 크기의 조합으로 다른 불순 탄소 분진 간의 거동 차이에서 발생하고 매우 최적화된 입자 크기가 존재하는 경우에만 약하게 폭발성(weakly explosible)이 있음

흑연 분진 화재·폭발 위험성 평가 (2/2)

화재·폭발 특성 평가 결과

열중량(TGA) 분석 결과

- ✓ 천연흑연 및 인조흑연 모두 약 520 °C 부근에서부터 연소로 인한 중량감소가 시작되었으며 880~890 °C에서 완전히 연소되어 잔유물이 남지 않았음



[그림3] 천연 및 인조흑연의 TGA 곡선

분진폭발 위험성 분석 결과

- ✓ 천연흑연과 인조흑연 분진의 분진폭발등급은 모두 "St 1" 등급으로 평가됨
- ✓ 인조흑연 분진보다는 천연흑연 분진이 최대폭발압력과 최대폭발압력상승속도가 높아 폭발 위험성이 약간 높은 것으로 확인됨

물질명	입도(D50) [μm]	최대폭발압력 [bar]	최대폭발압력 상승속도 [bar/s]	분진폭발지수 [bar·m/s]	폭발하한농도 [g/m ³]	최소점화에너지 [mL]
천연흑연(A)	8.27	6.1	135	37(St 1)	110	MIE>1,000
인조흑연(B)	1.853	5.6	78	21(St 1)	측정 불가	MIE>1,000

유사 사고 발생 방지를 위한 안전대책

- 흑연 분진의 분산을 최소화하려면 통제된 환경에서 작업하고 국소배기장치와 같은 적절한 환기시스템을 구현하여 공기 중 입자를 효과적으로 포집하고 제거해야 함
- 흑연 분진과 관련된 잠재적 위험을 파악하려면 정기적인 위험성평가를 통해 사고 가능성을 크게 줄일 수 있음
- 설비와 작업구역의 정기적인 유지관리와 청소로 흑연 분진이 쌓이는 것을 방지
- 해당 공정 작업자에게 흑연 분진의 물리적 위험성에 대한 정보 제공과 교육 실시