

042 스마트 인슐레이션 기술

초전도연구센터 | 김석환

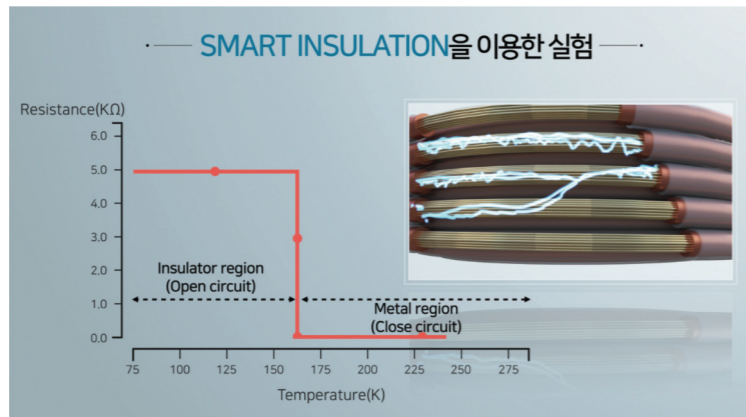
○ 본 기술은 기준 온도 이하의 온도에서는 절연체이지만, 기준 온도 이상의 온도에서는 통 전체로 동작하는 절연 코팅 기술이다. 이 동작은 V₂O₃ 등과 같은 MIT(Metal-Insulator Transition)에 의해 이루어진다.

기술개념 및 구성

기술개념

- ▶ 초전도체에 발열이 있을 때 초전도선을 둘러싼 절연이 통전체로 변신한다면 전류를 여러 개의 인접한 선이 나누어 감당할 수 있으므로 구리의 양을 줄일 수 있다.
- ▶ 이 동작은 MIT(Metal Transition Transition) 물질에 의해 가능하다. KERI는 V₂O₃를 사용하여 smart insulation을 제작했다.

기술의 구성도



1. 기술 개요

기술개발의 필요성

- ▶ 초전도체는 구리에 비해 훨씬 많은 전류를 흘릴 수 있으므로 초전도선을 사용하면 훨씬 강한 전자석을 만들 수 있다.
- ▶ 그런데 초전도체에는 알 수 없는 원인에 의해 초전도성을 벗어나는 현상이 발생할 수 있다. 이 현상이 발생하면 초전도선이 타게 된다.
- ▶ 그래서 초전도선은 초전도체 주위를 구리가 감싸고 있는 형태로 만들어진다. MRI 전자석의 경우 초전도체의 7~11 배 정도의 구리를 감싸서 만일의 경우에 대비하는 것이다.
- ▶ 많은 양의 구리는 초전도체가 초전도성을 잃은 경우 전원 차단 회로가 동작할 때까지 전류를 감당하는 역할을 한다.
- ▶ 구리는 만일의 경우에 대비한 보험과 같은 역할을 하지만, 구리로 인해 초전도체 간의 간격이 멀어지게 되어 자기장 증가가 어려워진다.
- ▶ 또한 많은 양의 구리는 장치의 크기와 무게를 증가시킨다.
- ▶ 구리의 양을 줄일 수 있으면 장치의 크기와 무게를 줄일 수 있고, 더 강한 전자석을 만들 수도 있다.

2. 기술 내용

기술의 특징

- ▶ 기술의 특징점
 - 센서와 액추에이터를 사용하지 않고 물질의 고유 특성에 의해 동작하므로 오동작이나 고장의 가능성이 현저히 낮다.

• 현재 KERI가 개발하고 있는 기술은 초전도 전자석을 위한 것이지만, 다른 물질을 사용하면 상온 이상 등 다른 온도에서 동작하는 온도 스위치 코팅을 만들 수 있다.

- ▶ 기술의 상세 규격
 - 스마트 인슐레이션 코팅 기술
 - 스마트 인슐레이션 필름 제조 기술

경쟁기술과 차별성

- ▶ 국내외 유사·경쟁 기술 현황

구분	기술명	무절연 권선 기술
국내	기술 내용	• 절연을 하지 않고 초전도 전자석을 제작하여, 초전도체가 초전도성을 벗어나더라도 타지 않게 한다.

• 정확히 말하면 무절연 기술은 경쟁 기술이라기 보다는 이전 기술이라고 할 수 있다.

- ▶ 경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
무절연 권선 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 무절연 기술은 초전도체가 초전도 상태를 벗어난 경우 타지 않게 하는 능력은 탁월하지만, 정상 동작 상태에서의 자기장 제어에 시간 지연이 생긴다. • 또한 무절연 전자석은 외부 자기장 변화에 의해 생기는 전자석 내외의 와전류 발열을 방지할 방법이 없다.

3. 기술의 시장성

기술 응용분야 및 제품

- MRI, NMR 등 고자기장 초전도 전자석 (High field superconducting magnets for MRI, NMR, ...)
- 고온 초전도 전자석 (High temperature superconducting magnets)

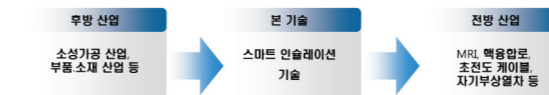


시장이슈

- 고자기장을 발생시키는 초전도 자석은 자기공명 영상장치(MRI) 등의 의학분야가 전체 시장의 90% 를 차지함
- 최근 핵융합로, 자기부상열차, 초전도 케이블 등 극저온 기술이 적용되는 활용 분야가 다양해짐에 따라 관련 수요가 증가하고 있음
- 국내 초전도 자석은 아직까지 수입에 의존하고 있는 실정인 반면, 중국의 초전도 자석 저가 제품 등장 및 연구개발이 활발해짐에 따라 관련 시장이 성장 중임
- 따라서 국내에서도 초전도 자석 국산화에 대한 필요성이 요구되고 있음

Supply chain

- 본 기술은 스마트 인슐레이션 기술로, ΔMRI Δ핵융합로, 고자기장 자석 Δ초전도 케이블 Δ자기부상열차 등에 적용이 가능하며, 의학, 거대과학, 수송 및 운송, 전력 전송 분야 등에 공급됨



수요전망

- 세계 초전도체 응용 분야 시장은 2017년에서 2022년까지 7.5%의 연평균 성장률로 2022년 94억 달러 규모의 시장이 형성될 것으로 전망됨
- 향후 의료, 전력에너지, 통신, 운송, 우주 등 다양하게 활용됨에 따라 관련 시장이 지속적으로 성장할 것으로 예측됨



4. 주요 연구성과

특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
등록	스마트 인슐레이션을 구비하는 고온 초전도 코일, 그에 사용되는 고온 초전도 선재 및 그 제조 방법	한국	10-2016-0106247	2016
		유럽	16842265,7	2018
		중국	201680051362.0	2018
		미국	757,048	2018
등록	낮은 안정화 모재 비율을 갖는 저온 초전도 선재, 이를 포함하는 초전도 코일	한국	10-2016-0114596	2016
		유럽	16915817,7	2019
		중국	201680088749,3	2019
		미국	16,330,745	2019

기술의 완성도

- ▶ TRL 3 수준의 기술완성도 단계

5. 기대 효과

기술 도입 효과

- ▶ 경제적인 효과
 - 현재 가장 많이 제작되고 있는 1.5T, 3T MRI의 크기와 무게를 대폭 감소하여 운송과 설치를 간단하게 할 수 있다
 - 타지않고 제어 가능한 고온 초전도 전자석을 제작할 수 있게 된다.

기술·산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
 - 타지않고 제어 가능한 고온 초전도 전자석을 만드는 것은 전 세계적으로 해결하지 못하고 있는 난제이다.
- ▶ 우리가 세계 최초로 개발함으로써, 향후 세계의 기술을 우리가 선도해 나갈 수 있게 된다.