

BSCCO 전기영동 전착막의 현탁용매 영향

전용우*, 박정철**, 소대화***
성덕대학*, 경원전문대학**, 명지대학교***

Influence of Suspension Solution on BSCCO EPD Film

Jeon Yong-Woo*, Park Jung-Cheol**, and Soh Dea-Wha***
Sungduk College*, KyungWon College**, Myongji University***

Abstract

In the electrophoresis for fabrication of a superconducting wire and film, the enough deposition and formal sustain of a film condition affect to superconducting state of samples. In this paper, a superconducting film was fabricated with various suspension solution such as acetone, buthanol, and ethanol. As a results, the best deposition condition with d.c 250 V and a.c 25 V of applied voltage, and 90 sec of applied time for BSCCO superconducting film by electrophoresis was investigated.

Key Words : electrophoresis, superconducting wire, suspension solution, BSCCO

1. 서 론

고온 초전도재료의 실용화 대상으로 테이프 또는 선재(wire) 형태의 가공기술 개발 노력이 활발하게 진행되고 있으며^[1,2], 일부 상품화 되고있다. Bi계 고온 초전도체의 선재 제조를 위한 여러 가지 제작 기법 중, 비교적 간단한 제조장치를 사용하여 균일하고 치밀한 전착후막을 형성할 수 있으며, 다양한 크기와 형태 및 두께 제어가 용이하고, 장 선재의 양산공정에 적합한 가공기술로 전기영동전착(Electrophoretic deposition)법의 기술개발 노력이 꾸준히 시도되고 있다.^[3-8]

전기영동전착법을 이용한 초전도 막의 제작공정에서 요구되는 중요한 핵심기술은 전착시스템과 더불어 전해액 및 현탁액의 조성에 있다.

현탁액내의 초전도 분말 전착시 현탁액과 조성에 따른 입자의 전착 특성을 일정하게 유지시킴으로써 초전도 특성을 향상시키는 것이다[9].

본 논문은 전기영동법을 이용하여 초전도성 분말재료를 금속(Ag)선 위에 전착시킨 후막선재와 테이프 형태의 선재 제작을 위하여 BSCCO의 분말재료를 아세톤, 에탄올 및 부탄올 등의 전착용

현탁 용매를 사용하여 전착한 후, 그에 따른 전착성과 전착후막의 현상을 분석, 고찰하였다. 전착후막은 공기 중에서 예열, 건조시킨 경우와 진공 중에서 예열, 건조시켜 각각 열처리한 후, 각 시편의 표면 및 단면의 전착상태를 분석 관찰하였다. 또한 절단면으로부터 전착분포를 확인하여 현탁액에 따른 초전도 후막 제작에 적용하였다.

2. 실험

2.1 전착시료 및 실험장치

전기영동전착을 위한 기본 장치는 현탁용매와 전해액을 위한 전착조내의 전극 형성 그리고 제어시스템으로 이루어진다[10].

본 실험에서 사용된 전기영동전착장치로는 직류와 교류를 동시에 인가 할 수 있는 전착장치를 사용하였으며 교류 보조전계를 사용하여 현탁입자들을 정렬시켜 전착시키는 방법을 사용하였다.

전기영동전착을 위한 현탁액은 무질서하게 현탁 부유되어 있는 초전도 분말(평균 2 μm 의 입자분포를 갖는 BSCCO분말)과 용액(아세톤, 부탄올, 에탄올 등)으로 구성되며 외부로부터 전계가 가해지면

전계의 방향으로 힘을 받은 현탁입자들이 끌려가서 결국 금속전극의 표면에 부착되어 전착막을 이루게 된다.

이 과정에서 분말 입자들의 대향 접촉면과 요철(凹凸) 상태가 정렬되지 못하고 무질서하게 부착되는 까닭에 입자들 사이의 대향 접촉면이 감소되고 약연접(weak link) 발생의 원인이 될 뿐만 아니라 입자의 배향전착(oriented deposition)도 불가능하게 된다.

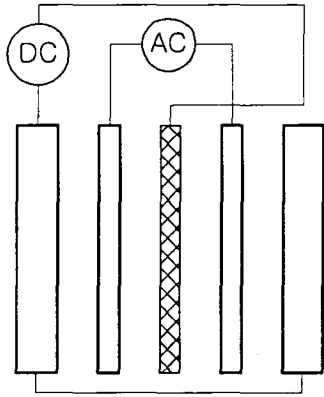


그림 1. 보조전계 전기영동전착 장치의 개략도

따라서 이들의 문제를 해소하고 동시에 입자의 배향전착을 가능하게 하기 위하여 판상의 현탁입자들의 무질서한 전착 거동을 강제로 정렬하여 부착시키기 위한 방법으로 직류 전착전계와 수직방향으로 교류 보조전계를 병행 인가하는 방식을 채택하였다. 즉, 전착전계 방향으로 판상입자들이 이동하는 흐름을 보조전계를 사용하여 입자들이 정렬되도록 그림 1과 같은 입자거동을 갖는 시스템을 제안, 구성하였다.

전착조는 기존의 방식을 유지하였으며, 그림 1에서와 같이 두 쌍의 전극 기판을 설치하여 동시에 직류 전착전계와 교류 보조전계를 인가하여 입자를 유도, 전착시킬 수 있는 전기영동전착 장치를 설계, 제작하여 실험을 수행하였다

2.2 현탁용매의 선정

실험에 사용된 전착용 용매는 표 1에서와 같이 현탁 상태에서 제타퍼텐셜, 전기이동도, 점도, 유전상수 등을 고려하여 전착조건에 적합한 에탄올과

톨루엔 및 부탄올을 선정하여 실험에 사용하였다.

표 1. 전착용 용매의 물리적 특성

용매	제타퍼텐셜 (mV)	전기이동도 ($\text{m}^2\text{s}^{-1}\text{V}^{-1}$)	점도 (10^{-3}Pas)	유전상수
아세톤	+27.5	1.56×10^{-8}	0.322	20.7
에탄올	+39.1	7.06×10^{-9}	1.19	1.19
부탄올	+50.9	2.02×10^{-9}	3.95	3.95

2.3 실험방법

BSCCO 초전도 분말을 각각의 용액에 현탁시켜 원형 및 테잎형태의 Ag 모체에 직류 250 V의 전착전압을 인가하여 전착방향으로 125 V/cm의 전착전계를 형성하고, 동시에 교류 25볼트를 전착전계와 수직방향으로 인가하여 25 V/cm의 교류 보조전계를 형성하여, 설계한 전기영동전착 장치에 각각 설치, 인가하여 초전도 전착막 샘플을 제작하였으며 표면 분석 결과를 바탕으로 현탁용매에 따른 전착 상태 및 효과를 비교 분석, 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

첨가제를 첨가하지 않은 순수한 용매를 사용하여 동일한 전계인가 조건에서 BSCCO초전도 분말의 전착막의 형성 및 균일도에서 아세톤 용매에서 가장 양호한 것으로 확인되었다. 이는 현탁용매에 PEG 및 요오드를 첨가하여 전착된 시편과 비교될 수 있다.

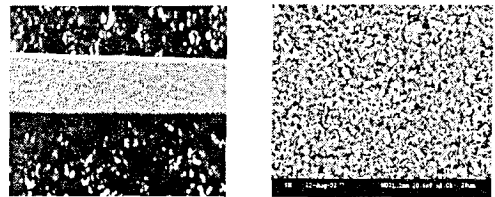


그림 2. 순수 아세톤 현탁 용매에서의 전착시편의 표면 관찰 사진

순수 아세톤 용매에서 전착된 시편의 경우 그림 2에서와 같이 입자의 방향성과 밀도가 타 용매보다 우수한 것으로 나타났으며 매우 균일한 표면 현상을 확인할 수 있다.

그림 3에서는 순수 부탄을 용매를 현탁액으로 전착한 시편표면 사진으로 점도가 큰 용매의 특성상 비교적 크기가 큰 입자들이 전착된 현상을 볼 수 있으나 전체적인 면의 전착은 전착정도가 불균형 현상과 함께 미량 전착됨과 동시에 표면 형태도 고르지 못하며 미세한 기공현상을 관찰 할 수 있다.

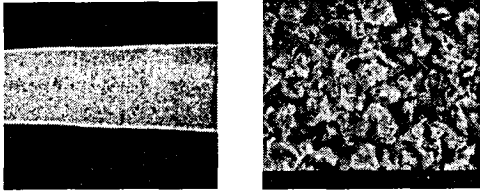


그림 3. 순수 부탄을 현탁 용매에서의 전착시편의 표면 관찰 사진

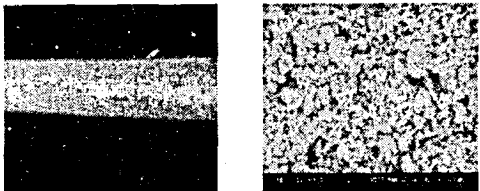


그림 4. 순수 에탄올을 현탁 용매에서의 전착시편의 표면 관찰 사진

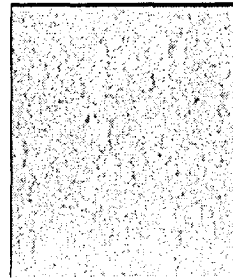
에탄올 용매에서의 전착은 거의 전착이 되지 않는 현상을 띄고 있으며 크기가 작은 입자가 주를 이루고 있는 특징을 보이고 있다. 에탄올의 경우 입자의 부유력이 아세톤이나 부탄을 보다 떨어지는 결과로 볼수 있으며 이로 인하여 상대적으로 큰 입자는 용매아래로 가라 앉는 것으로 판단된다.

그림 3의 부탄을 용매의 경우 분말이 매우 얇게 전착되어 모재인 Ag 표면이 관찰되는 현상을 볼 수 있으며 그림 4의 에탄올 용매의 경우 전착된 입자표면의 크랙 현상과 함께 균일하지 못한 표면 형태를 관찰 할 수 있다. 특히 순수용매에서의 경우는 부탄올과 에탄올용매에서 전착이 거의 이루어지지 않는 공통점을 확인 할 수 있다.

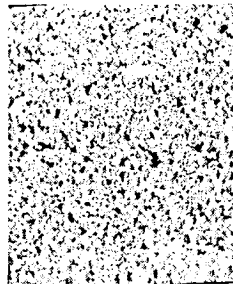
그림 2, 3, 4의 경우 순수한 용매를 사용하여 전

착시킨 시편의 표면 사진으로 경우 평균 $2\mu\text{m}$ 이하의 입자의 부유형태를 유지할 수 있고 전기전도도 역시 I_2 를 첨가하지 않아도 충분한 특성으로 인하여 아세톤에서 가장 균일한 전착형태를 관찰 할 수 있으며 전착량에 있어서도 타 용매와 비교하여 월등하게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있다.

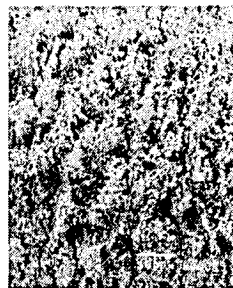
따라서 순수한 용매에서의 BSCCO초전도 분말의 전착은 아세톤 용매에서 가장 양호한 것을 확인할 수 있다.



a) 아세톤



b) 에탄올



c) 부탄올

그림 5. PEG 1 ml를 첨가한 현탁 용매에서의 전착 시편의 표면 관찰 사진

그림 5의 경우 폴리머를 첨가한 시편의 표면 사진으로 폴리머를 첨가하지 않은 순수용매에 비

하여 표면 형태가 매우 거친 형태를 볼 수 있다.

폴리머를 첨가한 경우 순수 용매에서 전착시킨 경우에 비하여 전착량의 형태가 양호한 것을 볼 수 있으나 기공과 크랙현상을 나타내고 있으며 특히 부탄올의 경우 표면이 고르지 못한 현상을 나타내고 있다. 이는 폴리머의 첨가로 인하여 바인더 역할을 기대할 수는 있으나 열처리시 두께와 관계없이 기공현상과 이로 인한 크랙발생을 유발하는 것으로 판단된다.

4. 결 론

전기영동전착법을 이용한 선재 및 막의 제조 방법은 초전도 분말의 특성을 유지시키는 상태에서 충분한 양의 전착과 양호한 전착상태를 유지시키는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 사용되는 알코올계 현탁용매의 적절한 선택을 위한 본 실험의 결과는 다음과 같다.

BSCCO 초전도 분말을 전기영동법으로 전착시킬 때 각 용매의 물리적 특성에 따라서 전착조건이 동일하지 않으며, 전착된 막의 특성도 다르게 나타났다.

에탄올 용매에서는 전기전도율이 낮은 이유로 인가전압에 관계없이 전착이 매우 어려웠으며, 점도가 비교적 큰 부탄올 용매를 사용한 경우에는 점도의 지배적인 영향으로 유사한 전착조건에서 전착막의 형성이 충분치 못하며 높은 전착전압이 요구되었다. 따라서 각각의 용매가 지니고 있는 고유의 특징으로부터 상승효과를 얻기 위하여 혼합용매를 현탁액으로 구성하여 전착특성을 조사하였다. 그 결과, 아세톤 용매에서의 전착 특성이 가장 우수하게 나타났으며 표면의 균일성 및 입자의 배양성에서도 매우 우수한 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 KISTEP에서 시행한 국제공동연구사업(과제번호: M6-0011-00-0043)의 지원으로 수행되었음을 밝히며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

- [1] M. K. Wu, J. Ashburn, C. W. Chu, et al, *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 58, No. 908, 1987.
- [2] 조용준, "전기영동 전착에 의한 고온 초전도체 YBCO 후막 제조에 관한 연구", 명지대학교 대학원 석사학위논문, 1999년.
- [3] T. Kiyoshi, K. et al. NRIM R&D program on HTS coils for 1GHz NMR spectrometer, ICEC16/ICMC Proc., p. 1099.
- [4] Nobuyuki KOURA, Takeyo TSUKAMOTO, Hiromasa SHOJI and Touru Hotta ; "Preparation of Various Oxide Films by Electrophoretic Deposition Method : A study of the Mechanism" *Appl. Phys.*, Vol. 34. p. 1643, 1995.
- [5] 소대화, "전기영동법에 의한 YBCO 고온초전도체 후막제조", 산업기술연구소논문집, 제18집, p. 600, 1999.
- [6] Deawha Soh, N. Korobova, "Pure Thin Film from Ba/Ti Alkoxides", *한국전기전자재료학회지*, 11권, 11호, p. 46, 1998.
- [7] Deawha Soh, "Superconductor Thick Film Wire by Electrophoresis Method", *The 2nd Int'l Workshop, Non-equilibrium Many-body Systems*, October, 1999.
- [8] Cheng-Feng J. Yue, D. Kumar, Rajiv K. Singh, "Fabrication of Ag-sheathed Bi-Sr-Ca-Cu-O thick films by a novel a.c-electric field assisted electrophoretic deposition method", *Physica C*, p. 291, 1999.
- [9] 소대화, 박정철, 이영매, 조용준, 코로보바, "전기영동 초전도 후막선재의 현탁용매 영향", *한국전기전자재료학회 1999 추계학술대회논문집*, p. 81, 1999.
- [10] Deawha Soh, "Superconductor Thick Film Wire by Electrophoresis Method", *The 2nd Int'l Workshop, Non-equilibrium Many-body Systems*, October, 1999.