

A Study on Lamination Property of Superconducting Coated Conductor

김태형, 오상수, 하동우, 김호성, 고락길, 송규정, 하홍수, 양주생, 박유미, 오재근, 정규동*
한국전기연구원, 고려제강*

A Study on Lamination Property of Superconducting Coated Conductor

T. H. Kim, S. S. Oh, D. W. Ha, H. S. Kim, K. J. Song, R. K. Ko, H. S. Ha, J. S. Yang, Y. M. Park, J. K. Oh, K. D. Jung*
Korea Electrotechnology Research Institute, Kiswire*

Abstract : 2G HTS coated conductor wire consists of textured substrate, buffer layer, superconduct layer, Ag cap layer, stabilizer. For practical application filed, coated conductor have mechanical and electrical stability and environment protection properties. This property Cu and stainless steel strip is laminated to Ag cap layer as stabilizer materials. Lamination process join stabilizer material strip and Ag cap layer with soldering method. we have laminated HTS with continuous dipping soldering process different stabilizer Cu and stainless steel strip and changed lamination process condition. The effect of lamination stabilizer and process condition has been investigated mechanical and electrical properties.

Key Words : Lamination, stabilizer, dipping,

1. 서 론

2세대 고온초전도 Coated Conductor(CC)는 1세대 BSCCO선재를 대체할 수 있는 최적의 대안으로 인식되어 세계적으로 연구개발이 활발히 진행되고 있다. BSCCO PIT선재보다 고자기장 및 액체질소온도에서 현저하게 좋은 비가역자기장 특성을 가지며, 액체질소온도에서 마그네트 응용이 가능하다 장점이 있다. 또한, 제조비용에서도 상당부를 차지하는 Ag를 사용하는 BSCCO PIT선재보다 비용 및 경제성에서도 우수하다. 현재, 2세대 고온초전도 선재는 필수적으로 2축 배향된 완충층 및 금속기판위에 초전도층을 증착하는 것으로 각각 장단점을 가지는 두 가지 대표적인 방법으로 IBAD와 RABiTS방법이 주로 연구가 진행되고 있다. 금속기판위에 증착된 고온초전도선재의 박막 초전도선재의 구조는 결정이 배향된 금속기판위에 완충층($Y_2O_3/YSZ/CeO_2$)/초전도층(YBCO)/보호층(Ag)의 구조로 되어 있으며, 최종적으로 기계적, 전기적 안정성을 위해 안정화층을 solder를 이용해서 라미네이션을 하고 있다. 초전도 선재에 접합한 안정화층은 응용기기 적용에서 발생하는 변형에 대해 초전도층을 보호하고, 한류기등의 응용분야에 사용 중 발생하는 사고전류에 대한 전기적 안정성을 목적으로 하고 있다. 안정화층의 소재로는 구리, 스테인레스 강등이 사용되어지고 있으며, 초전도층은 금속기판과 안정화층의 중심에 위치하여 외부변형에 대해 역학적으로 neutral-axis위치하도록 하여 외부 변형에 대한 손상을 최소화 하고 있다.

본 연구에서는 사용한 초전도 선재는 Ni-W합금의 결정이 배향된 금속기판위에 $Y_2O_3/YSZ/CeO_2$ 의 복합 완충층을 증착한 후 초전도층으로 YBCO를 PLD공정으로 초전도층을 증착하고 최종적으로 Ag를 보호층으로 증착한 고온 초전도 선재와 Pb-free 솔더(Sn-Ag-Cu계)를 이용하여 안정화층(Cu/SUS)과 연속 접합 라미네이션을 하였다. 이에 초전도 선재와 안정화

층간의 연속 접합 공정에 관한 연구 및 다른 안정화 소재에 따른 의 접합 특성 및 공정 조건에 따른 고온 초전도 선재와 안전화재간의 라미네이션 특성에 관한 연구를 하였다.

2. 실험

초전도선재는 결정이 배향된 Ni-W합금을 기판으로 사용하였으며, 완충층 증착은 DC reactive sputtering 장비를 이용하여 Y_2O_3 (seed layer)/YSZ(diffusion barrier layer)를 증착하였으며, 다음으로 PLD방법으로 CeO_2 (lattice-matching layer)/YBCO(conductor layer)를 증착한 후 Ag(protecting layer)를 증착하였다.

증착한 고온초전도 선재와 안전화층과의 solder dipping 방식의 연속 라미네이션을 하였다. 안정화 소재로는 구리와 스테인레스 스틸로 초전도선재와 같은 크기로 두께는 $50\mu m$ 로 압연하였다. solder는 고신뢰성과 높은 공정 수율을 나타내는 Sn-3.0Ag-0.5Cu조성의 Pb-free solder를 사용하였다. 또한, 접합시 젖음성 향상과 표면 산화층을 제거하기 위해 전용 크리너와 플럭스를 안정화 소재의 표면을 전처리하여 solder bath에 침지하여 안정화층의 표면에 일정두께의 솔더와 초전도선재의 Ag표면과의 라미네이션 접합을 하였다. 이때는 접합을 위한 열원으로는 초전도선재의 열영향을 최소화 할 수 있는 고주파 유도가열로 솔더를 용융하여 상하압착방식으로 라미네이션하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 구리와 스테인레스 스틸로 라미네이션한 선재를 박리시험한 후 파단면을 나타낸 것으로 안정화제로 사용한 스테인레스 스틸이 구리보다 솔더의 젖음성이 불량하여 전체 파단면적에 대한 접합면적이 구리의 경우에는 47%이고 스테인레스 스틸은 36%를 나타내었다.

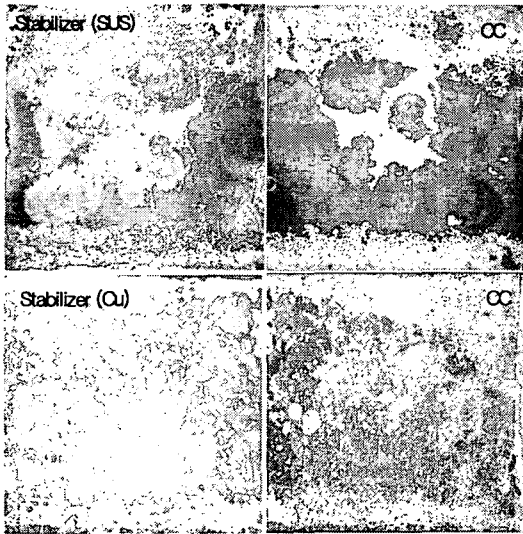


그림 1. Stabilizer와 Coated conductor 파단시험면.

그림 2는 라미네이션 공정에서 solder두께에 따른 박리강도, 인장/전단강도를 나타낸 것으로 안정화로 사용한 구리가 전반적으로 스테인레스 스틸보다 우수한 강도를 나타내었다.

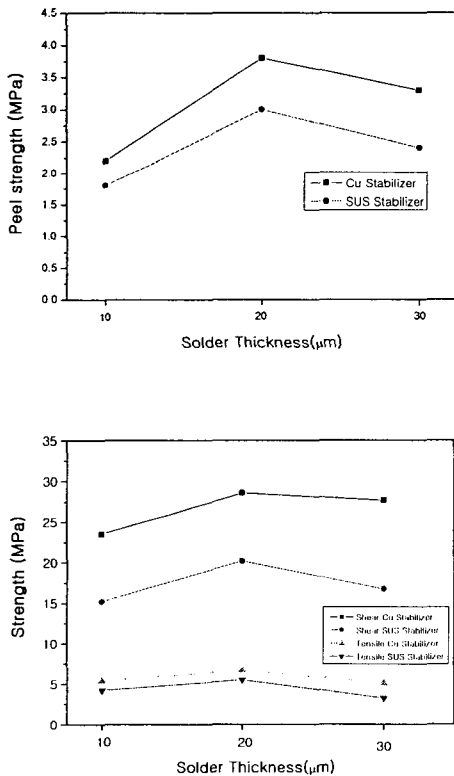


그림 2. Solder thickness vs. peel, tensile and shear strength.

박리강도는 인장 및 전단강도보다 낮은 값을 보였는데 이것은 접합에 있어서 응력방향에 대한 접합강도의 집중으로 상대적으로 강도가 저하되는 것으로 판단된다. solder 두께를 10 μ m에서 30 μ m까지 변화시켜 강도시험 결과를 나타낸 것으로 10 μ m두께에서는 접합부 전체에 균일하게 젖음성을 나타내지 못하여 접합부의 가장자리에 완전한 접합이 되지 않아서 강도가 저하되는 것으로 보이며, 30 μ m에서는 충분히 접합부를 채워졌으나 라미네이션시에 압착력에 의한 플럭스가 완전히 제거되지 못하여 접합부내에 공동이 발생하여 강도가 저하되었다.

4. 결론

본 연구에서는 안정화소재에 따른 라미네이션 접합강도를 비교하였으며, 라미네이션 조건에서 solder 두께의 영향을 연구하였다. 안정화 소재에 있어서는 젖음성이 상대적으로 양호한 구리 안정화 소재가 우수한 특성을 보였으며, 접합두께에 있어서는 20 μ m두께에서 우수한 접합강도를 나타내었다. 이는 라미네이션 공정시 접합부 압착효과에 영향으로 적절한 조건을 설정할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 21세기프런티어 차세대초전도응용기술개발(CAST) 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] Verebelyi D.; Harley E.; Scudiere J; Thieme C. "Practical neutral-axis conductor geometries for coated conductor composite wire", Superconductor Science and Technology, vol. 16, no. 10, pp. 1158-1161(4), 2003
- [2] Howard H. Manko "Solder and Soldering" McGraw-Hill, Vol. 4, p. 225, 2003.
- [3] B.Salam, N.N. Ekere and J.P. Jung. "A Study on the comparison of Solderability Assessment" Journal of the Korean Institute of Surface Engineering. Vol.35, No2. p129 ~ 137, 2002.