

PIT법으로 제조된 Ag/Bi-2223 초전도선재내 Bi-2223 세라믹코어의 냉간변형
Cold Deformation of Bi-2223 Ceramic Core in Ag/Bi-2223 Superconducting
tape made by PIT Process

성균관대학교 금속공학과 이민형, 박현순
한국원자력연구소 초전도팀 이희균, 홍계원

Ag/Bi-2223 초전도선재를 다심의 형태로 제조함에 있어 선재내 산화물코어들의 개별적인 특성에 대한 정보를 안다면 보다 향상된 물성을 갖는 선재를 제조할 수 있을 것이다. 본 실험에서는 다심선재내 각 세라믹코어의 특성파악에 기초적인 자료가 될 수 있도록 코어의 위치를 달리한 단심선재의 특성을 살펴보았다.

$\text{Bi}_{1.89}\text{Pb}_{0.41}\text{Sr}_{2.01}\text{Ca}_{2.23}\text{Cu}_{3.03}\text{O}_x$ 의 최종조성을 갖는 precursor 분말을 PIT(powder-in-tube)법으로 은 튜브에 충전시키고 스웨이징, 인발을 통해 1mm ϕ 의 단심선재로 만들었다. 또한 1mm ϕ 의 pure-Ag 선재를 만들었다. 단심선재 1개와 pure-Ag 선재 18개를 합하여 은튜브에 넣었다. 이때 단심선재의 위치를 3가지로 달리 넣었다. 이들을 스웨이징 및 인발을 반복적으로 하여 최종 1mm ϕ 의 단심으로 각각 제조하였다. 한편 19심을 갖는 1mm ϕ 의 다심선재도 제조하였다. 이들 선재를 압연을 통하여 Tape형태로 만들었다. Bi-2223세라믹코어의 위치를 고정시키기 위하여 먼저 groove rolling을 13%의 압하비로 하였으며, 그후 약 10%의 reduction/pass로 최종 두께 약 180 μm 가 되도록 flat rolling을 하였다. 이때 각 세라믹코어의 위치를 8가지로 달리하여 압연을 하였다. 압연 두단계마다 단면을 관찰하여 Bi-2223세라믹코어의 변형양상을 관찰하였고, 세라믹코어의 면적률(fillfactor)을 Image Analyzer를 사용하여 각각 구하였다.

압연에 의한 두께의 감소와 폭증가의 정도는 tape전체보다는 세라믹코어의 변형이 더 큼을 알 수 있었다. 위치에 따른 세라믹코어의 변형정도는 두께방향으로 중앙부에 위치한 코어들이 표면의 즉 불과 인접한 위치에 있는 것들보다 더 크게 나타났다. 또한 폭방향으로도 역시 중앙부에 위치한 코어가 바깥부분에 위치한 코어보다 변형이 더 많이 되었다. 19심의 경우에도 tape의 변형보다도 코어들의 변형이 더 크게 나타났지만 각 코어들간의 차이는 위치를 달리한 단심선재들보다는 적었다. 은과 세라믹코어간 면적률의 변화는 중심부에 위치한 코어가 가장 많이 감소하였으며, 둘에 인접한 부분과 바깥쪽부분은 상대적으로 면적률의 변화가 적었다. 19심의 경우 최종 압연후의 면적률은 약 22.4%이었으며, 위치를 달리한 단심선재들의 면적률을 19심의 형태로 적용하였을 경우 약 26.3%로 차이가 있었다. 위와 같이 위치에 따른 코어들의 차이는 각코어가 받는 응력상태가 서로 다르기 때문에 발생하는 것으로 생각된다. 한편, 19심선재와 위치를 달리한 단심선재들간의 차이는 각 코어를 둘러싼 매질이 단심의 경우 은만으로 이루어져있고, 다심의 경우는 은과 세라믹코어의 복합체들로 이루어져있기 때문에 발생된다고 생각되어진다.