

전기적 방법에 의한 Bi-2223/Ag테이프의 은비 예측에 관한 연구

박권배, 김혜림, 황시돌, 류경우*
한전 전력연구원, 전남대학교*

Study for prediction of Ag ratio by an electrical method in Bi-2223/Ag tape

Kwon-Bae Park, Hye-Rim Kim, Si-Dole Hwang, Kyung-Woo Ryu*
KEPRI, Chonnam National Univ.*

pkb22000@hanmail.net

Abstract - In this paper, we propose an electrical method which is to estimate Ag ratio to Bi-2223/Ag tape.

1. 서 론

Bi-2223테이프는 초전도 전송케이블, 변압기, 발전기 및 한류기 등의 응용에 가장 적합한 선재로 알려져 있어 Bi-2223테이프의 응용과 관련된 특성이 연구되어지고 있다. 특히, Bi-2223의 교류 손실 특성 및 과임계전류의 특성을 보다 정확하게 이해함으로써 그 시스템의 설계 및 제작에 중요한 자료가 되어준다.

본 연구는 Bi-2223테이프가 길이 방향으로 갖는 재료의 불균일을 고려하여 사용하고자 하는 영역의 실제 은비(Ag ratio)가 어느 정도인지를 전기적 방법으로 예측함으로써 Bi-2223테이프의 특성연구를 하는 연구자들에게 참조 자료로서 제공하기 위한 것이다.

2. 샘플 및 실험 방법

본 연구를 위해서 사용된 샘플의 사양 및 샘플에 대한 개략도를 Table 1 및 Fig. 1에 각각 나타내었다. Table 1의 Bi-2223테이프는 BICC사의 제품으로 조성에서 알 수 있듯이 모재인 은비가 77%이다. Fig. 1과 같이 길이가 100 mm인 두 개의 샘플을 동일하게 준비하였으며, Bi-2223테이프의 온도 측정을 위해 E형 열전대를 사용하였다. Bi-2223테이프와 열전대 사이에는 반드시 전기적 절연이 필요하므로 수 μm 두께의 IMI 7031 varnish로 코팅하였으며, 테이프와 안정한 접합을 위하여 동일한 varnish로 열전대를 도포하였다. 또한 저항의 측정은 4 단자법을 이용하였다.

본 연구에서 모든 실험은 액체질소(LN₂)에서 하였으며, 테이프의 온도가 임계온도 이상이 되도록 200 A 이상의 직류전류를 통전하였다. 전압 및 전류는 X-Y기록계, 온도는 디지털 스코프

의 온도모듈을 통해서 기록하였다. 이때 온도와 전압이 충분히 안정한 상태에 도달했을 때의 값을 기록하여 측정의 오차를 최소화하였다.

Table 1. Specifications of the Bi-2223 tape

항 목	특 성
조 성 (Bi-2223/모재)	23/77
모 재	Ag
단면 사이즈	3.5 mm × 0.3 mm
임계 전류	20 A at 77 K, 0 T

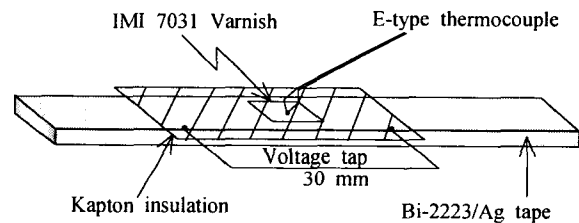


Fig. 1. Schematic of the sample.

3. 실험 결과 및 검토

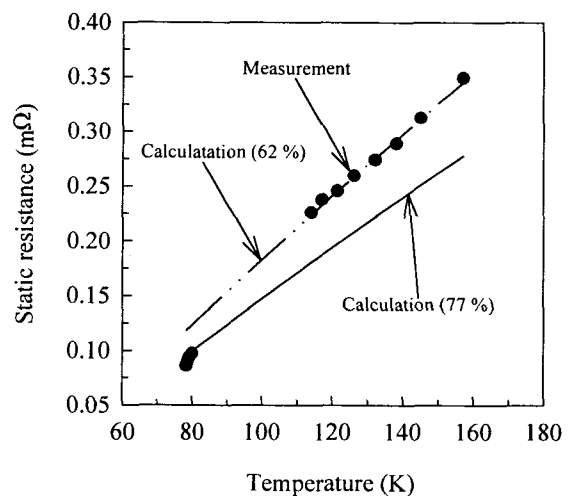


Fig. 2. Static resistance vs. temperature.

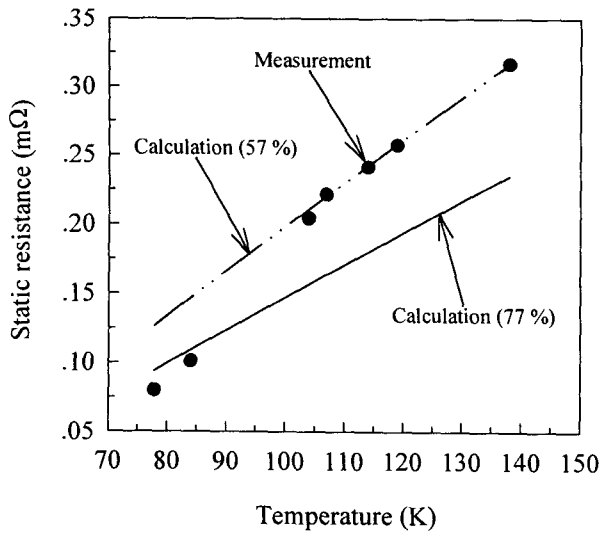


Fig. 3. Static resistance vs. temperature.

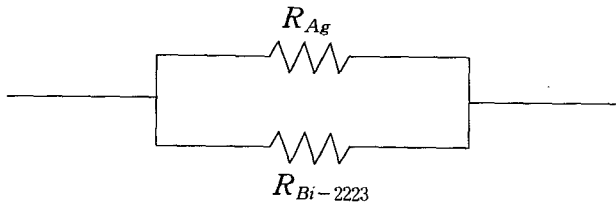


Fig. 4. An equivalent circuit of a Bi-2223/Ag tape.

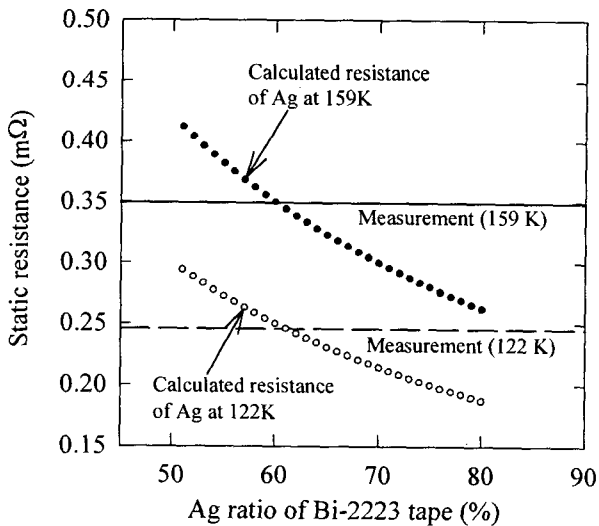


Fig. 5. Static resistance vs. Ag ratio of Bi-2223 tape.

Fig. 2 및 3은 서로 다른 부위의 Bi-2223테이프에 200 A이상의 직류 전류를 통전한 경우 온도상승에 따른 측정된 정 저항 특성을 각각 조사한 결과이다. 여기서 실선은 BICC사에서 제공하는 기본사양인 은비가 77%인 것을 고려하여 온도에 따른 은의 저항률 자료를 이용하여 식 (1)에 의하여 계산된 은의 저항을 나타낸다. 그리고 이점파선의 경우는 은비가 62% 및 57%인 것을 가정하여 계산된 은의 저항을 Fig. 2

및 3에 각각 나타내었다.

$$R_{Ag} = \rho(T) \frac{l}{A(Ag \text{ ratio})} \quad (1)$$

여기서 $\rho(T)$ 는 은의 온도에 따른 저항률[1], l 은 전압탭 사이의 길이, $A(Ag \text{ ratio})$ 는 Bi-2223테이프의 전체 단면적에 대한 은이 차지하는 평균 단면적을 각각 나타낸다. Bi-2223테이프는 임계온도(T_c)가 110K 정도로 임계온도 이상에서 초전도체인 Bi-2223는 대단히 큰 저항을 갖기에 모든 전류가 모재인 은으로 흐르게 된다. 그러므로, 110 K이상에서 측정된 저항은 완전히 은의 저항으로 볼 수 있다. Fig 4는 Bi-2223테이프의 등가회로를 나타낸다.

Fig. 2 및 3의 결과로부터 알 수 있듯이 온도에 따른 측정된 저항과 은비가 77%를 가정하여 계산된 저항과는 매우 상이한 결과를 보인다. 또한 Bi-2223테이프의 전체 단면적에서 은의 단면적 비를 가변하였을 때 62% 및 57%에서 거의 일치하는 결과를 보임으로써 측정에 사용된 부위의 은비는 62% 및 57%일 것으로 예측된다. 그리고, 80 K근처에서 측정값은 계산된 값보다 작았는데, 이는 임계온도인 110 K보다 작기 때문에 Bi-2223테이프는 완전히 상전도 전이가 되지 않은 것으로 사료된다.

Fig. 5는 Fig. 2의 결과에서 보인 샘플의 경우에 Bi-2223테이프의 전체 단면적에 대한 은비를 예측하기 위한 것으로, 122 K 및 159 K에서 모두가 62%에서 측정된 값과 계산된 값이 잘 일치함을 알 수 있었으며, Fig 3의 결과에서 보인 샘플도 57%에서 잘 일치하는 결과를 보였다.

4. 결 론

Bi-2223테이프가 길이 방향으로 갖는 재료의 불균일을 고려하여 저항과 온도를 측정하는 전기적 방법을 통하여 전체 단면적에 대한 은비를 예측할 수 있는 방법을 살펴보았다. 이 방법의 장점은 샘플을 기계적으로 단면을 잘라서 확인하는 번거러움 없이 간편하게 사용할 수는 있다는 것이다.

다음으로 전기적인 방법에 의한 값과 기계적인 절단에 의해서 SEM사진으로 직접 확인한 결과와도 비교함과 더불어 변화 가능한 인자인 모재 저항률에 대한 조사가 계속되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Y. Iwasa, E.J. McNiff, R.H. Bellis and K.Sato "Magnetoresistivity of silver over 4.2 - 159 K", Cryogenics, Vol 33, No 8, pp 836-837, 1993.