전기 도전율의 DC와 AC특성

강전홍, 김한준, 유광민, 박영태, 한상옥*, 김종석**
한국표준과학연구원, 충남대학교*, 한밭대학교**

The DC and AC Properties of Electrical Conductivity

Jeon Hong Kang, Han Jun Kim, Kwang min Ryu, Young-Tae Park, Sang Ok Han*, Jong Suk Kim**
KRISS, ChungNam Univ.*, HanBat Univ.**

Abstract : The measurement method of electrical conductivity of the metal use a generally DC technique. Traceability to national standards in many countries is achieved using DC measurement technique and recently it's interested in AC technique. As a results for AC technique, the properties of electrical conductivity of non-ferrous and ferrous metals is decreasing at low frequency level.

Key Words : electrical conductivity, van der Pauw, %IACS

1. 서 론

전기산업에서 저항 표준의 필요성은 copper선에 대하여 일찍부터 인식되었으며, 이에 따른 연구결과가 최초로 공식적인 세계표준으로 받아들여진 것은 1914년 3월 Boeing 사가 발행한 보고서로 그 내용의 일부에서 "20 ℃에서 길이 1 m, 일정한 단면적 1 mm^2를 가진 표준 열처리된 구리선의 1/58 ohm = 0.017241...ohm" 로 발표되었다. 그 후 이 값을 100 % IACS (International Annealed Copper Standard)로 정의하였고, 금속산업의 발달과 함께 copper선 이외에 다른 금속의 전기 도전율에 대한 연구가 진행되고 있다[1]. 최근 우리나라 국가표준기관인 한국표준과학연구원에서는 DC측정 기술을 이용하여 전기 도전율의 표준소급을 유지하고 있으며, 다양한 비자성 금속에 대한 시험 평가를 통하여 인증표준물질(Certified Reference Materials: CRM)을 개발하고 보급하고 있다. 또한 전도도 미터의 교정은 물론 각종 금속류에 대한 전도도(도전율) 시험검사도 고정밀 측정기술을 통하여 지원하고 있다. 그리고 오늘날 항공, 선박, 자동차, 철강, 철도, 건설 산업 등에서 사용되는 각종 금속에 대한 전기 전도도(도전율)는 사용 용도에 따라 가장 기본적이면서 필수적인 특성이므로 금속산업에서 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 비자성금속의 전기 도전율은 일반적으로 0~110 %IACS 범위에 있으며, 순수한 구리(Cu)를 비롯한 다양한 합금의 금속들이 사용되고 있다. 그 동안 전기 전도도(도전율)에 대한 특성시험은 주로 DC(Direct Current)측정기술을 이용하여 평가되어왔으나 금속의 사용범위가 점차 다양하고 광범위하게 적용하여 사용되고 있으므로 AC(Alternating Current)측정기술에 의한 도전율 특성평가도 아울러 요구된다. 이에 따라 본 연구는 다양한 금속들 중 Ti-64, Brass, 316 steel 등 3종의 비자성 금속과 P-steel 등 1종의 자성금속을 선정하여 DC와 AC기술에 의한 도전율 특성을 van der Pauw 방법으로 비교 평가하였다.

2. 본 론

2.1 실험준비

시험 시료는 사각 형태로서 가로 50 ㎜, 세로 50 ㎜, 두께 8 ㎜로 정밀 가공하여 시험에 사용하였으며, 정확한 측정을 하기위하여 van der Pauw 전극과 사용기기를 그림 1과 같이 구성하였다[2].

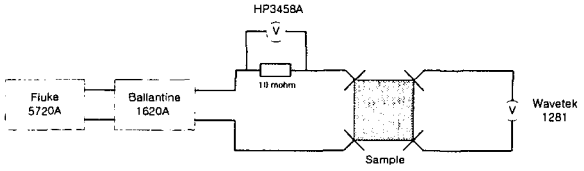


그림 1. 측정시스템

정밀 측정을 하기 위하여 교정된 전류원(Fluke 5720A, Ballantine 1620A)과 전압계(Wavetek 1281), 그리고 시료에 가해지는 전류를 정확하게 확인하기 위하여 shunt resistor를 직렬로 연결하여 전압계(HP 3458A)로 측정하였다.

2.2 실험

전기 도전율시험은 IACS(International Annealed Copper Standard)의 정의에 따라 20 ℃에서 평가되어야 하므로 (18~28) ℃ 범위로 온도조절이 가능한 온도 챔버를 그림 2와 같이 제작하였다. 그리고 20 ℃에서 시료를 충분히 적응 시킨 후 저항을 측정하였으며, 항온조 내부의 온도를 정확하게 확인하기 위하여 교정된 온도계(Guildline 9340)를 사용하였다.

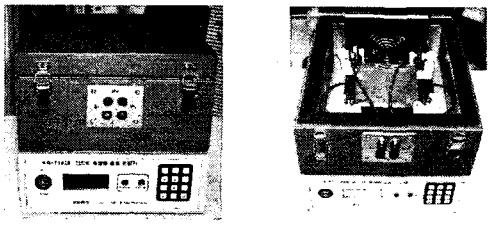
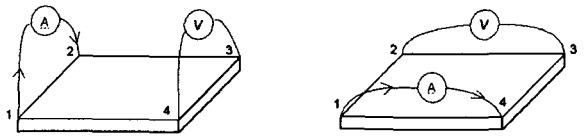


그림 2. 시험용 온도 조절장치

실험은 그림 1처럼 측정시스템과 van der Pauw 측정방법으로 회로를 구성하여 먼저 DC에 의한 도전율 특성을 평

가한 후, AC의 저주파수 범위(10 ㎐~1 ㎑)에서 도전율을 측정하였다. 도전율은 van der Pauw 측정방법에 의하여 다음의 식(1)로 구해지며, 본 실험의 측정전류는 10 A였다.



$$R_A = \frac{V_{34}}{I_{12}} \qquad R_B = \frac{V_{23}}{I_{14}}$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{\pi d}{\ln(2)} \frac{R_A + R_B}{2} f(r) \qquad (1)$$

여기서, ρ: 전기 전도도(S/㎝), σ: 전기 비저항(μΩ·㎝), d: 시료의 두께, $f(r)$: $\frac{R_A}{R_B}$로서 R_A와 R_B가 1 %이하의 범위에서 일치하면 무시가능

2.3 시험결과

비자성 금속시료 3종(Ti-64, Brass, 316 steel) 및 자성금속 1종(P-steel)에 대한 도전율의 평가한 결과를 그림 3,4,5,6에 나타냈다. 그림에서 나타낸 것처럼 DC특성에 비해 AC특성은 주파수가 증가함에 따라 도전율이 감소하는 특성을 나타내고 있으며, 그 결과로 주파수와 전기 도전율과의 상관관계를 알 수 있다.

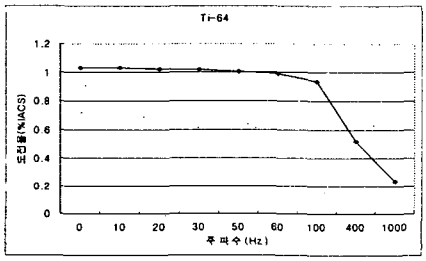


그림 3. Ti-64의 AC 도전율 특성

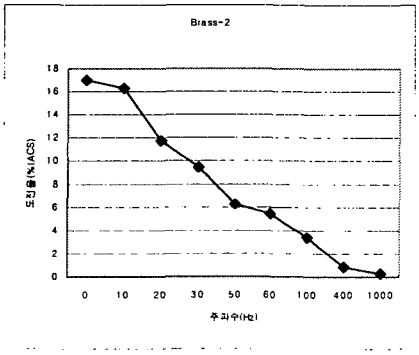


그림 4. Brass의 AC 도전율 특성

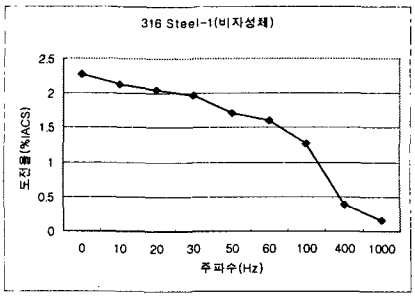


그림 5. 316 steel의 AC 도전율 특성

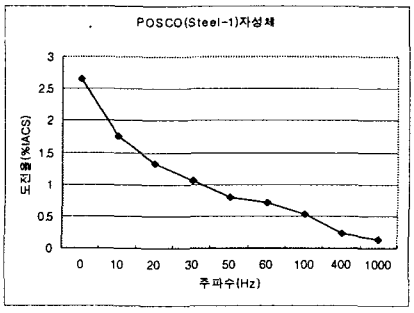


그림 6. P-steel의 AC 도전율 특성

3. 결 론

금속의 전기 도전율 평가결과 AC특성은 주파수가 점차 증가함에 따라 도전율이 점점 감소하는 특성을 나타냈다. DC특성에 대한 도전율의 측정불확도는 0.2 % 이하였으며, AC특성에 대한 저주파수(10 ㎐~1 ㎑) 영역에서의 측정불확도는 약 1 %이상으로 DC특성에 비해 크게 나타났다.

참고 문헌

[1] A.R.Jones, Sr., Eddy-Current Characterization of Materials and Structure, ASTM STP 722, American Society of Testing and Materials, pp. 94-118, 1981.

[2] van der Pauw,"A method of measuring specific resistivity and Hall effect of discs of arbitrary shape", *Philips Res. Rep.*, vol. 13, pp.1-9, 1958