

바니쉬의 절연성 평가

김정훈, 신백철, 김성필, 이수원*, 이종필, 홍진웅
 광운대학교 전기공학과, 한국철도대학 전기제어과*

The Insulation Test of Varnish

Jeong-Hun Kim, Beak-Chul Shin, Sung-Pil Kim, Soo-Woon Lee*,
 Jong-Pil Lee, Jin-Woong Hong

Dept. of Electrical Eng., Kwangwoon Univ.

*Dept. of Electrical Control, Korea Nat'l Railroad College.

Abstract - In this paper, we studied a electrical properties study with P.D.GEORGE/STERLING Co. P.B 302-LV-2 POLYBUTADIENE RESIN which is used for VPI(Vacuum Pressure Impregnation)processing of field magnet and armature of traction motor in Korean national railroad at present was carried out its FT-IR (Fourier Transform Infra-Red) volume resistivity characteristics. The varnishes were experimented with the temperature range from 25(°C) to 180(°C) and applied voltage were supplied at 100, 250, 500, 1,000[V]. In this condition, the volume resistivity for specimens were measured. From the above study, the following data obtained for volume resistivity. It can be confirmed that volume resistivity with the increase of temperature is lower rapidly from room temperature to 130(°C), and it is lower slowly at temperature higher than 130(°C). Volume resistivity value is higher, according as the specimen is thick gradually. As the applied voltage is higher in the same temperature, volume resistivity value is lower.

본 실험에서는 현재 철도청에서 디젤 전기기관차 및 전기기관차의 함침용 절연 바니쉬로 사용되고 있는 P.D. GEORGE/STERLING Co.의 PB 302-LV-2 POLYBUTADIENE RESIN을 사용으며, 시료 제작은 KS C 2312의거하여 제작하였는데 시료제작용 금속판은 KS D 3512(냉간 압연 강판 및 강대) 또는 KS D 3698(냉간 압연 스테인리스 강판)에 규정되어 있으며, 육안으로 보아서 상처가 없는 것으로 두께는 0.3[mm]인 것을 사용하였다.

2.2 전기전도 특성

전기전도 실험을 위해서 미소 전류계인 Highmeg ohm meter(ANDO Co, Model VMG-1000)를 이용하였으며, 온도조절 장치를 내장한 오븐(ANDO TO-9B)를 이용하였다. 전극은 상부전극으로 주전극 37 [mmφ]과 가드링 전극(내경 55[mmφ], 외경 70[mmφ])과 하부전극 87[mmφ]으로 구성되어 있으며 실험 장치를 그림 1에 나타내었다.

1. 서 론

일반적으로 외국에서 견인전동기의 수명은 15년 정도로 정하여 운용하고 있으나, 철도청에서는 전동기의 지속적인 과 전류로 인한 과도한 온도상승으로 절연열화와 정류기능의 노화를 초래하여 심한 경우에는 5년 이내에 절연 바니쉬(vernish)가 열화 되어 소손되는 경우가 있다.⁽¹⁾⁻⁽³⁾ 따라서 본 논문에서는 현재 철도청에서 디젤 전기기관차 및 전기기관차의 함침(vacuum pressure impregnation)용 절연 바니쉬로 사용되고 있는 P.D. GEORGE/STERLING Co.의 PB 302-LV-2 POLYBUTADIENE RESIN에 대하여, 다른 첨가제를 혼합하지 않은 100[%]고체 폴리에스테르 수지의 전기적 특성을 연구하기 위하여 시료의 물성분석, 체적고유저항 특성 실험 결과를 기관차 견인전동기의 절연체에 적용하여 안전운행에 기초 데이터를 제공하고자 한다.

2. 본 론

2.1 시료제작

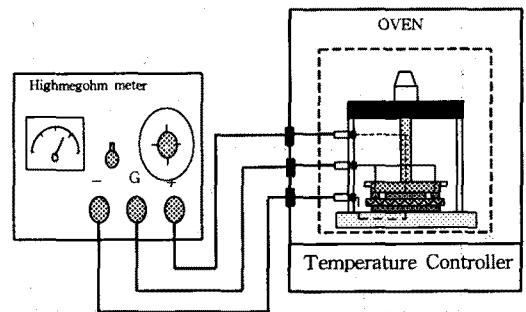


그림 1. 체적고유저항 측정을 위한 실험 장치의 개략도

Fig. 1. Schematic diagram of experimental device for volume resistivity

그림 2는 두께 30[μm]인 바니쉬의 체적고유저항의 온도 의존성을 나타낸 그래프이다. 인가전압이 높아짐에 따라 체적고유저항이 낮아지는 것을 확인할 수 있고, 온도가 상온에서 130(°C)까지는 체적고유저항이 매우 급하게 저하되고, 130(°C)이상에서는 체적고유저항의 변화가 적은 것을 확인할 수 있다.

같은 온도에서 인가전압이 높아지면 체적고유저항 ρ

값이 적어지는데, 이것은 인가전계에 따라 캐리어의 밀도가 증가되기 때문에 저항율이 낮아지는 것으로 사료된다. 또한 온도가 증가하면 체적고유저항값은 선형적으로 감소하는데, 그 감소율의 평균값($\Omega \cdot \text{cm}/^\circ\text{C}$)을 정리하면 표 1과 같다.

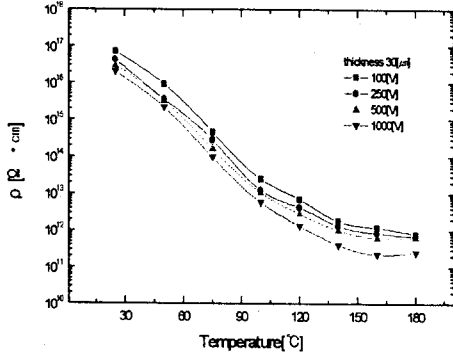


그림 2. 체적고유저항의 온도 의존성(두께 30(μm))
Fig. 2. Temperature dependence of volume resistivity (thickness 30(μm))

표 1. 체적고유저항 감소율의 평균값(30(μm))
Table 1. The average of decreasing rate volume resistivity(30(μm))

voltage[V]	decreasing rate volume resistivity[$\Omega \cdot \text{cm}/^\circ\text{C}$]
100	1.44
250	1.48
500	1.26
1,000	1.58

그림 3, 4 및 그림 5는 시료의 두께가 40(μm), 50(μm), 80(μm)으로 두꺼워진 경우의 체적고유저항의 온도 의존성을 나타낸 그림들이다.

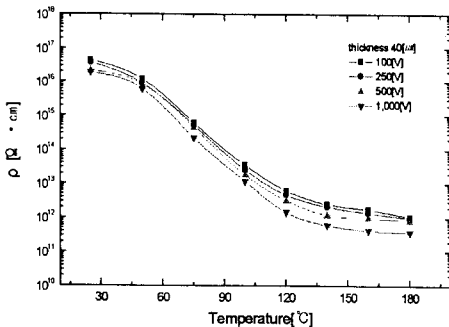


그림 3. 체적고유저항의 온도 의존성(두께 40(μm))
Fig. 3. Temperature dependence of volume resistivity (thickness 40(μm))

표 2. 체적고유저항감소율의 평균값(40(μm))
Table 2. The average of decrease volume resistivity(40(μm))

voltage[V]	decreasing rate volume resistivity[$\Omega \cdot \text{cm}/^\circ\text{C}$]
100	2.13
250	2.41
500	3.05
1,000	3.31

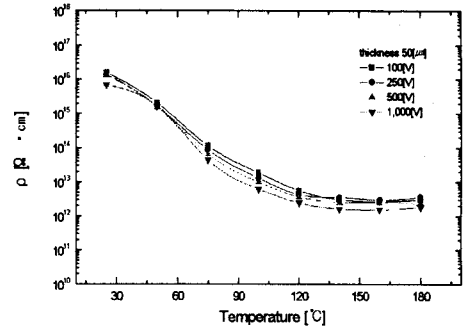


그림 4. 체적고유저항의 온도 의존성(두께 50(μm))
Fig. 4. Temperature dependence of volume resistivity (thickness 50(μm))

표 3. 체적고유저항감소율의 평균값(50(μm))
Table 3. The average of decreasing rate volume resistivity(50(μm))

voltage[V]	decreasing rate volume resistivity[$\Omega \cdot \text{cm}/^\circ\text{C}$]
100	0.462
250	0.456
500	0.405
1,000	0.404

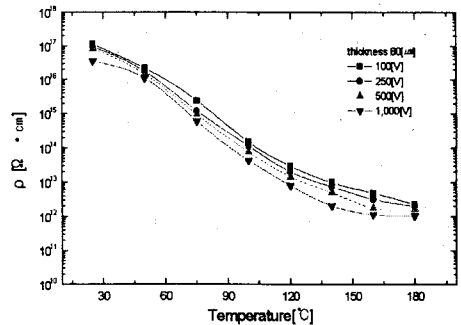


그림 5. 체적고유저항의 온도 의존성(두께 80(μm))
Fig. 5. Temperature dependence of volume resistivity (thickness 80(μm))

표 4. 체적고유저항감소율의 평균값(80(μm))
Table 4. The average of decreasing rate volume resistivity(80(μm))

voltage[V]	decreasing rate volume resistivity[Ω · cm/℃]
100	1.82
250	1.32
500	1.44
1,000	1.67

두께가 증가되어도 체적고유저항의 온도 의존성에서 측정온도가 상온에서 130(℃)로 높아지면, 체적고유저항의 크기는 매우 급하게 저하되고, 130(℃)이상에서는 체적고유저항의 증가율은 둔화되는 것을 확인할 수 있었다.

또한, 시료의 두께가 두꺼울수록 체적고유저항값이 커짐을 확인할 수 있는데, 이것은 시료가 박막일 경우 보이드가 존재하는 전기전도 특성에 미치는 영향이 크기 때문으로 사료된다.

그리고 고온영역에서 절연성의 증가가 둔화된 것은 표 3-1을 참고로 하면 바니쉬의 유리전이온도 Tg는 182.5(℃)이기 때문에 130(℃)이상의 온도영역에서도 절연성을 보장하므로 우수함을 확인할 수 있다.

3. 물성분석

시료의 분자구조 및 물성을 분석하기 위하여 FT-IR(Nicole 205 FT-IR)을 이용하였으며, 시료에 대한 FT-IR spectrum을 그림 6에 나타내었다.

시료는 액체이므로 먼저 유리에 대한 것을 측정 한 뒤 시료 10(μm)를 입힌 유리판을 제작하여 측정한 다음 두 그래프를 비교하여 시료만의 특성을 도출하였다.

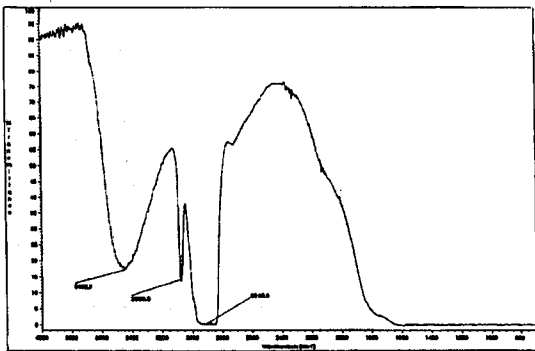


그림 6. 시료의 적외선 분광
Fig. 6. FT-IR spectra of specimen

시료를 분석한 결과 파수 3452(cm⁻¹)에서 전형적인 알콜기(-OH)피크가 나타나는 것을 확인할 수 있으며, 파수 3080(cm⁻¹)에서는 sp²피크(=CH)가 나타나는 것을 확인하였고, 파수 2919(cm⁻¹)에서는 sp³피크(-CH)가 나타나는 것을 확인하였다.

4. 결 론

견인전동기의 제자 및 아마추어 절연용 바니쉬의 전기적 특성을 연구하기 위하여 PD GEORGE/STERLIN

G Co.의 100(%) PB-LV-2 바니쉬를 KS 규정의 제작 방법에 따라 시료를 제작하고 물성분석, 체적고유저항특성, 절연파괴특성을 실험하였으며 그 연구 결과는 다음과 같다.

시료의 분자구조 및 물성을 분석하기 위하여 FT-IR을 이용하여 시료를 분석한 결과 파수 3452(cm⁻¹)에서 전형적인 알콜기(-OH)피크가 나타나는 것을 확인할 수 있으며, 파수 3080(cm⁻¹)에서는 sp²피크(=CH)가 나타나는 것을 확인하였고, 파수 2919(cm⁻¹)에서는 sp³피크(-CH)가 나타나는 것을 확인하였다.

시료의 전기적 특성을 연구하기 위해 체적고유저항 측정 결과로부터 상온에서 130(℃)까지는 체적고유저항이 급격히 저하되고, 130(℃)이상에서는 변화가 적은 것을 확인하였고, 같은 온도영역에서는 인가전압이 높아짐에 따라 체적고유저항이 낮아지는 것을 확인하였는데, 그것은 인가전계에 따라 캐리어의 밀도가 증가되기 때문으로 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 한국철도기술연구원, "전기기관차 운용의 효율화 방안 연구", pp.36-104, 1997.
- [2] 부산지방철도청차량국, "동력차 고장사례 편람", pp.84-99, 1996.
- [3] 서울지방철도청 차량국, "차량고장 사례편람", pp.46-65, 1999.
- [4] 한국산업규격, "전기절연용 바니쉬 시험방법", KS C 2312 - 1987.
- [5] Jin-Woong, Hong et al, "Estimate of dielectric characteristics on polytetrafluoroethylene by the dielectric relaxation and thermally simulated current method", Journal of KIEEME, 4,4 pp.322~329, 1991.
- [6] 化工教育圖書研究會, "高分子化學", 二友社, pp.156~157, 1987.