

DOT-3 브레이크액에서 오염에 따른 광학적 특성 연구

지 인 근*, 김 여 환**

A study of the Optical Characteristics for Contaminated Brake Fluid, DOT-3.

In-Geun Ji*, Yeo-Hwan Kim**

요 약 DOT-3 규격의 자동차 브레이크액에 대하여 수분 함유량과 시스템 마찰로 인한 오염도를 전기저항과 광학 투과율을 측정하여 비교하였다. 기존의 저항측정법은 수분 함유량을 주로 측정하는 반면에 광학 투과율 방식은 제동장치 내부의 마찰에 의하여 발생된 입자의 오염을 포함하여 측정할 수 있어서 저항변화 측정보다는 광학 투과율 방법이 더 선형적이고 효율적이었다.

Abstract The results of between resistance and optical transparency measurement in DOT-3 brake fluid contaminated moisture and particles generated from fraction of brake system was compared. Conventional resistance measurement method was known to be effaced by it's hygroscopic characteristics. However, the particle is a significant element of the contamination sources. Proposed optical transparency measurement is linear and effective than that of contamination in brake fluid.

Key Words : DOT-3, Ethylene Glycol, Boiling Point, Vapor lock, Optical Transparency

1. 서 론

빠르고 안전한 이동수단으로써 자동차는 생활 필수품으로 인식되어 지고 있다. 자동차에 있어서 이 두 가지 목적을 달성하기 위하여 최첨단 엔진(Engine)과 새로운 물질을 이용한 자동차 개발뿐만 아니라 절대적으로 안전한 제동장치가 필수적이다[1-3].

제동장치와 관련된 자동차 기능은 차체자세 제어(Vehicle Dynamic Control, VDC), 전복방지시스템(RollOver Prevention, ROP), 언덕길 정차 후 출발 시 밀림방지(Hill Start Assist Control, HSAC), 내리막감속장치 (Hill Descent Control, HDC), 자동정차 기능(Automatic Vehicle Hold, AVH), 전자식파킹브레이크(Electronic Parking Brake, EPB) 등이 있으며 안전과 직접적인 관

련이 있는 기능들이 점점 많아지고 있다[7].

제동장치에는 차체의 크기 및 속도에 따라 압축공기를 사용하는 공기식 브레이크와 유압식을 사용하는 방식으로 구분된다[7, 10]. 일반적으로 소형 승용차에는 대부분 압축공기식 보다 구조가 간단한 유압식 브레이크를 많이 사용하고 있다[7, 10].

제동 시스템에서 제동 시 디스크와 패드 면에서 발생하는 높은 마찰열은 페이드 현상, 베어링 파손, 브레이크액의 증기화, 열적 진동, 열 클랙 등을 발생시켜 제동성능 저하의 원인이 된다[5, 8]. 유압식 제동장치는 파스칼의 원리를 이용한 유압장치로 유압회로 내에는 비압축성 액체인 브레이크액이 채워져 있으며 일반적으로 사용되는 DOT-3 규격의 브레이크액은 유압회로 내에서 1년에 약 1~2 % 정도의 수분을 흡수하며,

*Corresponding Author : Gangneung Campus Of Korea Polytechnics

**Department of Information and Communication Technology at Catholic Kwandong University

Received August 28, 2015

Revised September 10, 2015

Accepted September 18, 2015

약 3% 정도의 수분이 흡수되면 비등점이 약 25% 이상 감소하게 된다.[7]. 이때 오염으로 인한 비등점의 감소는 마찰열에 의한 베이퍼 록(vapor lock)과 같은 제동 불능상태가 조기에 일어나게 하는 요인이며 이것이 제동장치의 가장 중요한 문제점으로 대두되고 있다[5, 7]. 대부분의 브레이크 액 오염도 측정은 브레이크액에 함유된 수분의 함량을 전기전도도를 이용하여 측정하고 이를 바탕으로 오염도를 추정하였다[9].

본 논문에서는 DOT-3 규격의 유압식 브레이크액의 오염도를 광학적 특성인 투과율에 대하여 연구하였으며 전기전도도와 비교하였다.

2. 시료 및 실험

1. 시료

본 실험 논문에서는 시판되고 있는 DOT-3 규격을 만족하는 브레이크액, “극동제연”에 대하여 수분함량과 오염도에 따라 브레이크액의 전기전도도와 청색 LED와 photo-diode를 사용하여 빛 투과율을 측정하였다.

시료는 원액인 DOT-3 브레이크액(base)에 오염원으로 증류수(Distilled Water, DW), 정수된 수도물(Filtered City Water, CW)과 실제 40,000km 운행한 차량에서 추출된 브레이크액(40K)을 각각 0 ~ 10%까지 1%씩 증가시켜 자석교반기(Magnetic Stirrer)를 이용하여 시료를 제작한 후 전기전도도와 투과율을 측정하였다.

2. 측정

전기저항 측정을 위하여 “Agilent”의 “U1242B”를 사용하였고 투과율 측정을 위하여 475nm 파장을 가지는 청색 LED와 photo-diode “OSP-1KL”을 5mm 간격으로 일직선으로 배치하여 optocoupler를 제작하였으며 그림 1과 같이 회로를 구성하였다.

그림 1은 투과율 측정을 위한 회로이다. 그림의 오른쪽과 같이 수광부는 전류-전압 변환회로를 사용하여 투과율이 높으면 전압이 높아지며

시스템의 암전류는 15.4pA 이하이었으며, 10mA 정전류원에 의한 LED에서 측정된 투과율에 해당하는 전류는 10uA 정도이므로 분해능은 약 7×10^{-5} 으로 최소 변화율이 10^{-3} 인 본 실험에서 충분히 사용할 수 있었다. 또한 빛의 투과율을 측정하므로 모든 측정은 암실에 수행하였다.

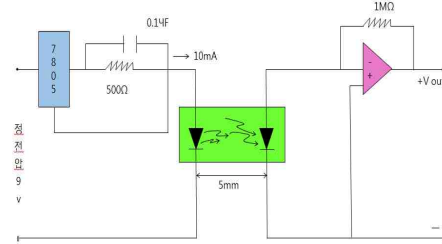


그림 1. LED와 Photo-diode를 사용한 투과율 측정회로도.
Fig 1. Circuit diagram for transparency measurement using LED and Photo-diode

3. 실험 결과 및 논의

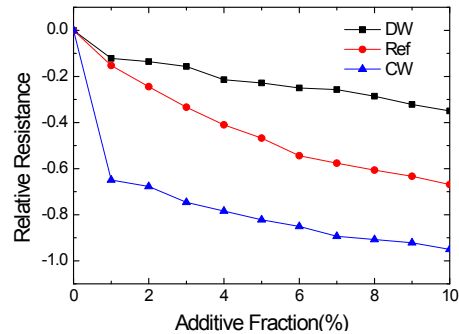


그림 2. DW, CW 첨가된 시료와 M. Kao etal[10]의 저항 변화율
Fig 2. Resistance deviation contaminated by DW and CW additive, and referred from M. Kao etal[10]

그림 2는 Base에 DW와 CW를 첨가한 시료 및 M. Kao etal[9]의 연구결과(Ref)의 저항 변화율을 비교하였다. 그림에서 첨가물 비율이 0~1.0% 구간에서 CW시료의 경우 base에 첨가물 유무에 따라 저항변화율이 비교시료인 Ref와 DW보다 크게 변화하였다. 이는 첨가물 저항은 총 용존성 고형물질(Total Dissolved Solids, TDS)에 반비례하는데 TDS가 높은 CW가 적고

TDS가 낮은 DW의 저항은 CW에 비하여 크다. 따라서 첨가물에 따라 저항변화율이 큰 CW와 base의 저항 차이는 크며 Ref와 DW 시료처럼 저항변화가 적다면 base와 첨가물의 저항이 비슷한 것이다.

그림에서 첨가물 비율이 1.0~10.0% 구간에서 DW와 CW의 첨가량이 증가 할수록 두 시료의 저항 변화율은 거의 같았으며 Ref보다 작았다. 이는 서로 다른 base에 의한 영향으로 추정된다.

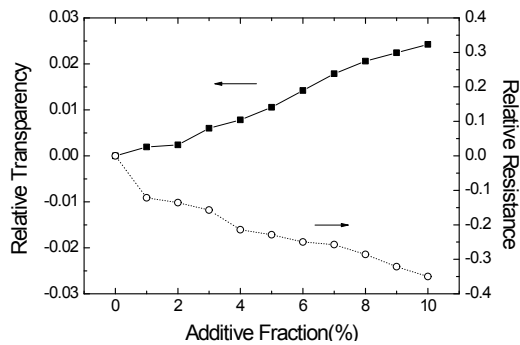


그림 3. DW첨가에 따른 저항과 투과율의 변화
Fig 3. Variation of Resistance and transparency as a function of additive DW fraction

그림 3은 base에 DW를 첨가 하였을 때 저항과 투과율 특성을 나타낸 것이다. DW 첨가량에 따라 TDS가 증가하므로 전도도가 높아져 저항의 변화는 감소하나 투과율은 증가한다. 이는 DW에 의하여 묽어져서 투과율이 증가하는 것으로 추정된다. 그러나 실제의 경우 브레이크액은 수분뿐만이 아니라 유압기구의 내부표면에서 부식되고 움직이는 부분에서 생성된 입자에 의하여 빛이 흡수 및 산란되므로 투과율이 낮아진다. 따라서 실제와 같은 환경을 모의하기 위하여 40,000km 주행한 자동차로부터 브레이크액을 추출하여 첨가제로 사용하였다.

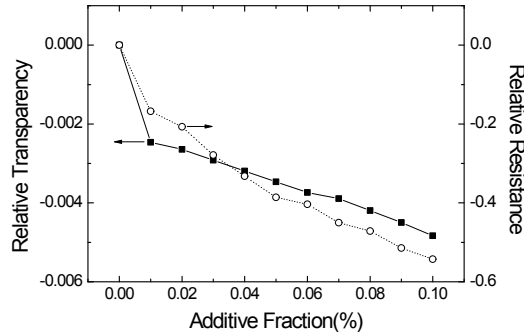


그림 4. Base에 40K 첨가에 따른 저항과 투과율 변화
Fig. 4. Variation of Resistance and transparency as a function of additive 40K fraction

그림 4는 base에 40K를 첨가한 시료의 저항과 투과율 변화를 나타낸다. 첨가량이 증가함에 따라 저항과 투과율의 변화가 감소하는 것을 알 수 있다. 저항의 변화율은 첨가량에 역수로 변화하는 경향을 보여주고 있으나 투과율변화는 저항의 변화율보다 적지만 선형성을 가진다.

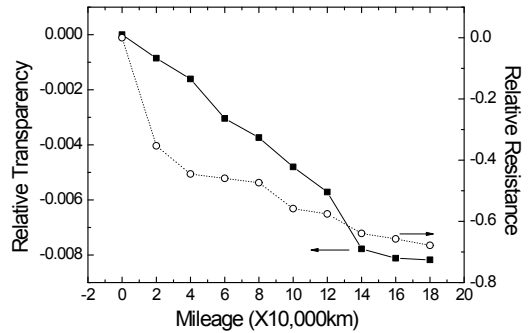


그림 5.주행거리에 따라 수집된 시료의 저항과 투과율 변화
Fig. 5. Variation of Resistance and transparency as a function of mileage

그림 5는 브레이크액의 저항과 투과율의 변화를 주행거리에 따라 나타내었다. 시료는 10여대의 차량으로부터 각각 추출되었다. 따라서 주행 거리에 따른 데이터의 연관성이 낮음에도 불구하고 저항변화는 첨가량의 역수에 비례하는 경향을 가지고 있으나 투과율은 선형성을 나타내고 있다. 따라서 그림 4, 5의 결과에 의하면

ECU(Engine Control Unit)의 연산이 간단해지므로 경제성이 우수하다.

140,000km 이상 주행한 시료에 있어서 투과율의 변화가 적어지는 것은 오염으로 인한 투과율의 포화를 나타낸다. 따라서 150,000km 이상에서는 투과율로 오염을 측정하는 것은 어려우나 대부분 일일 점검과 2년마다 또는 4~50,000km 주행 후 교환을 권장하고[4] 있으므로 실용에서 문제는 없다.

4. 결론

DOT-3 규격을 갖는 브레이크액에서 수분함유와 내부 분진 같은 오염이 증가 할수록 비등점이 낮아진다. 사용에 따른 오염을 방지할 수 있는 방법보다 오염도를 측정하여 문제점을 사전에 해결하는 것이 중요하다.

오염도 측정에 있어서 기존의 방법인 저항변화 측정보다는 광학적 특성인 투과율을 이용한 방법이 선형적이고 효율적이다.

REFERENCES

[1] P. J. Blau, Fraiction Science and Technology, Marcel Dekker, New York, 1996.
 [2] H. Heisler, Advanced Vehicle Technology, Edward Arnold, London, 1993.
 [3] L. Rudolf, Brake Design and Safety, Society of Automotive Engineers, Inc, pp. 89-185, 1983.
 [4] Hyundai Motor, instruction manual, warranty Tucson, pp. 7-12, 2009.
 [5] S. T. Kim, J. H. Kim, J. S. Kim, "Numerical Prediction of Brake Fluid Temperature Considering the Materials of the Disc Brake Piston During Braking", Proceedings of the Korean Society of Machine Tool Engineers Conference, Vol. 2004, No. [2004], pp. 445~450, 2004.
 [6] Y. H. Byun, Automotive electrical and

electronic equipment, Human Resources Development Service of Korea, pp. 56~58, 2012
 [7] M. U. Lee, Car chassis, Human Resources Development Service of Korea, pp. 326-375, 2014.
 [8] I. G. Yang, J. Y. Gang, D. G. Kim, Master Craftsman Motor Vehicles Maintenance, pp. 282~299, 2000.
 [9] M. Kao, D. Tien, C. Ting and T. Tsung, "Hydrophilic Characterization of Automotive Brake Fluid," J of Testing and Evaluation, Vol. 34, No. 5, 2006.
 [10] L. He, X. Wang, Y. Zhang, J. Wu and L. Chen, "Modeling and Simulation Vehicle Air Brake System," Proceedings of the 8th International Modelica Conference, Technical University, Dresden, Germany, March 20th-22nd 2011.

저자약력

지 인 근(In-Geun Ji)



- 2014년 2월 : 한중대학교 대학원 기계자동차공학과 (공학학사)
- 2014년 2월 : 관동대학교 대학원 전자통신공학과 (석사과정)
- 2011년 3월~현재 한국폴리텍대학 자동차과 교원

<관심분야>

자동차, 전자회로, 센서공학

김 여 환(Yeo-Hwan Kim) [정회원]



- 1981년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1993년 8월 : 서울대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1981년 6월 ~ 1988년 6월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1995년 3월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>

정보통신, 전자회로, 반도체