〈논문〉 SAE NO. 99370173

자동차 점화코일용 절연유의 전기적 특성

Electrical properties of insulating oils for automobile ignition coil

신 종 열*, 홍 진 웅**
Jongyeol Shin, Jinwoong Hong

ABSTRACT

In this paper, the physical and electrical properties of the synthetic fluids No. 2 class VII used the insulating oils for automobile ignition coil are studied. Also, benzotriazole(BTA) as the streaming electrification suppressant additive is added to the oil, and the change of physical and electrical properties due to different BTA concentration is investigated. To investigate the electrical characteristics, the breakdown strength of each specimen by an experiment for AC breakdown and the changes of conductivity by measuring volume resistivity are analyzed.

It is considered that the effective content of BTA as charge suppressant additive is about 10[ppm] from the results of AC breakdown and volume resistivity test.

주요기술용어 : physical and electrical properties(물성 및 전기적 특성), synthetic fluids(합성 절연유), automobile ignition coil(자동차 점화코일), breakdown strength (절연파괴강도), streaming electrification(유동대전)

1. 서론

최근 자동차의 전기전자기술은 컨트롤러, 인터페이스, 센서, 액추에이터 등으로 구성된 메카트로닉스의 응용의 표본이라 할 수 있다. 따라서 앞으로는 전기전자기술이 자동차 기술의 핵심이 될 것이며, 전기전자기술이 자동차의 기술을 좌우하게 될 것으로 생각이 된다.[1)-3)]

자동차의 전기전자기술의 발달과 각종 편의시설의 발달로 전기의 사용량이 점차 증가하고 있으며, 또한 각종 장치 및 기구를 작동시키는 데는 전기에너지가 필요하다.

자동차의 전기장치는 크게 엔진 전기장치와 새시 전기장치로 구분할 수 있으며, 엔진 전기장치는 다시 배터리, 기동장치, 점화장치, 충전장치 등으로 구분되고, 새시 전기장치는 등화장치, 계기장치, 기타의 부속장치 등으로 분류할 수 있다.[1)4)]

이와 같은 전기장치 중에서 점화장치는 엔진 전기장치의 핵심이 되며, 점화장치에서 점화코일은 코일의 1차측을 단속함으로써 배터리로부터 공급되는 DC 저전압을 연소실에 흡

* 정회원, 삼육의명대학교 자동차과
** 광운대학교 공대 전기공학과

입된 혼합기를 점화하는데 필요한 고전압을 발생시키기 위해 점화플러그에서 불꽃이 발생하도록 AC 고전압으로 변성해 주는 역할을 한다.[3]

계자로 철심형 점화코일은 2차코일 위에 1차코일이 감겨져 있고 층간 단락 방지를 위하여 전기절연성이 우수한 절연유 및 얇고 절연성이 우수한 절연지 등이 사용되고 있으며, 또한 액체 절연유를 넣음으로써 대류에 의한 절연작용과 냉각작용으로 인하여 절연특성이 좋아지도록 설계되고 있다.[1][5]

점화코일의 절연작용과 냉각작용에 이용되는 절연유는 주위 환경의 영향을 받기 쉽고, 불순물의 영향에 의한 물성 특성 및 전기적 특성의 변화로 인하여 전기절연 및 냉각계통에 문제를 야기해 사용기기의 안정성 및 신뢰성을 저하시킬 수 있다.

이와 같은 절연유 중에서 전기 절연성 및 물성에서 알킬벤젠유(Alkylbenzene oils)가 광유나 다른 절연유보다 우수하나 가격이 고가이므로 고가의 알킬벤젠유와 저가의 광유를 적당히 혼합한 합성 절연유 7종 2호를 최근에 점화코일의 절연 및 냉각작용에 이용하고 있다.[5] [8]

그러나, 7종 2호의 합성 절연유에는 불순물이나 첨가제 등에 따라 전기적 및 물성적 특성이 절대적이라 할 수 없으므로 이에 대한 연구가 요구되며, 따라서 본 연구에서는 합성 절연유에 BTA를 적당량 첨가함으로써 자동차 점화코일용 절연유의 전기적 특성에 미치는 영향에 대하여 연구를 하였다.

2. 시료 및 실험방법

2.1 시료

본 실험에 사용된 시료는 자동차용 점화코일의 절연과 냉각을 위한 절연유로 이용되고 있는 합성 절연유 7종 2호로써 광유 1종 2호 40[%]와 알킬벤젠유 2종 2호 60[%]를 혼합한 것을 선택하였으며, 그 기초 물성은 다음 Fig. 2-1과 같다.[5]

Table 2-1 The physical properties of specimen

Classification	Physical properties
Density	at 15[℃] 0.8775 [g/cm³]
Viscosity	at 40 [℃] 11.09 [cSt] at 100 [℃] 2.40 [cSt]
Pour point	-38 [℃]
Flash point	156 [℃]
Oxidation stability	0.009 [mg KOH/g]
Evaporation loss	0.012 [wt%]
Dielectric strength	30 [kV] (2.5[mmΦ])

그리고 최근 절연유의 유동대전 억제제로 사용되고 있는 BTA(Benzotriazole)의 물성을 표 2-2에 나타내었다.[8]

Table 2-2 Physical properties of BTA

Classification	Physical properties
Molecular weight	119.12 [g/mole]
Melting point	95 ~ 97 [℃]
Solubility	120 [mg/ℓ] at 20 [℃]
Vapor pressure	0.04 [mmHg] at 30 [℃] 0.1 [mmHg] at 100 [℃]

시료 제작은 합성 절연유 7종 2호 원시료의 광유 혼합량을 기준으로 유동대전 억제제인 BTA(Benzotriazole)의 첨가량을 각각 0.2[ppm], 10[ppm], 30[ppm]이 되도록 교반시켜 세 종류의 시료를 제작하였다.

2.2 물성분석

제작된 시료는 복잡한 이성체로 구성되어 정확한 구조를 아는 것은 불가능하고, 형태로만 구분이 가능하기 때문에 물성을 분석하기

위하여 상온에서 광학적 분석 방법으로 적외선 분광(FT-IR ; Fourier Transform Infared Spectroscope)은 SHIMADZU IR-435를 이용하였다.[5]

2.3 전기적 특성

2.3.1 전기 전도율 실험

시료의 전기적 도전성의 변화의 온도의존성을 조사하기 위하여 측정온도 20[℃] ~ 120[℃]범위에서 Step 전압 인가법에 따라 DC 100[V], 250[V], 500[V], 1000[V]를 인가하고 5분이 경과한 후 각 시료의 체적고유저항을 측정하여 기록하였다.

그림 2-1은 체적고유저항을 측정하기 위한 실험장치의 개략도이다.

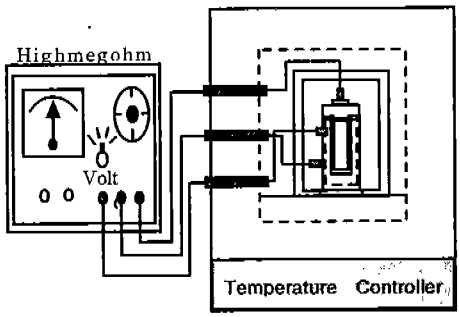

Fig. 2-1 Schematic diagram of experimental devices for electrical conductivity.

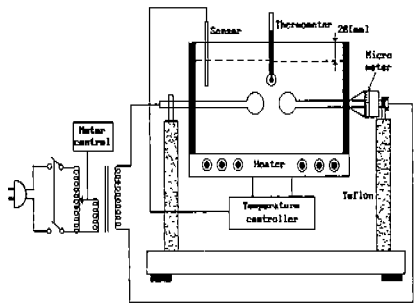

Fig. 2-2 Schematic diagram of experimental devices for breakdown strength

2.3.2 절연파괴 실험

시료의 절연내력을 측정하기 위하여 교류 절연파괴 장치의 양단 출력전압이 50[kV]인 기기를 사용했으며, 전압인가는 속도가 일정한 전동기를 이용, ramp전압을 매초 3[kV]로 인가하는 내전압 시험기(MUSASI co. IP-5005S)를 이용했으며, 실험에 사용된 전극의 직경은 12.5[mmϕ]의 구대구 전극을 사용하였고, 전극간격은 마이크로메터를 이용하여 1[mm]로 조절하였고, 측정장치와 전극장치의 개략도는 Fig. 2-2와 같다.

3. 실험결과 및 검토

3.1 시료의 물성

Fig. 3-1은 시료의 FT-IR 분석도이다.

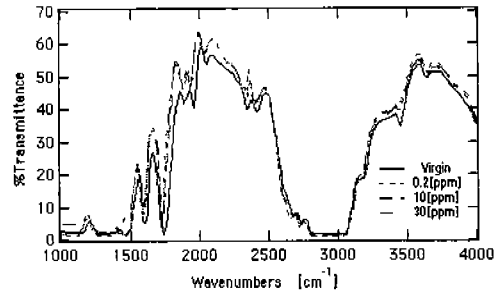

Fig. 3-1 FT-IR of specimen

혼합 절연유 7종 2호 원시료에 BTA를 함유시킨 시료를 비교 검토한 결과 원시료에서는 파수 3400 ~ 3450[cm^{-1}]에서의 흡수피크가 나타나지만 BTA를 함유시킨 시료에서는 흡수피크가 아주 약하게 나타남을 확인할 수 있다.

이 흡수피크는 OH기의 기여에 의해 나타나는 것으로 생각되며 BTA가 함유되므로 고립전자쌍을 가진 질소(N)원자가 OH기와 결합하므로 흡수피크가 약하게 소멸되는 것으로 생각된다.[8][9]

3.2 전기 전도율

시료는 7종2호로 광유 1종2호 40[%]와 알킬

벤젠유 60[%]을 혼합한 것에 BTA를 0.2, 10, 30[ppm]을 첨가하고 전기적 특성을 알아보기 위하여 전기전도를 측정하였으며, 측정된 결과를 기초로 도전율의 온도 의존성을 조사하였다.

인가전압 100[V], 250[V], 500[V], 1000[V]에 따른 도전율의 온도 의존성을 그림 3-2, 3, 4, 5에 각각 나타내었다.

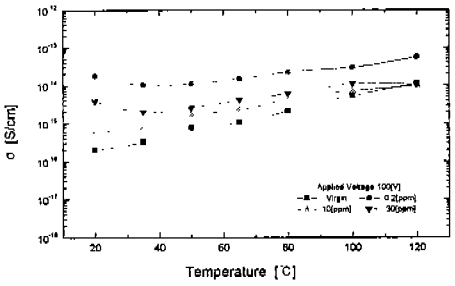

Fig. 3-2 Temperature dependence of conductivity in 100[V]

원시료의 경우 온도 증가에 따라 도전율은 서서히 증가하는데, 이는 증가된 온도로 인해 열에너지가 증가하여 도전성 캐리어들을 활성화시키기 때문이다.

그러나 BTA가 첨가된 시료의 경우에는 BTA가 불순물로 작용하여 이온 생성의 원인을 제공하게 되어 도전성에 영향을 주므로 원시료에 비해 전기전도도가 크게 증가되는 것으로 생각되며, 특히 10[ppm]이 첨가된 시료의 경우는 전극과의 계면에 형성된 전기 이중층의 작용으로 억제 효과가 있어 BTA가 첨가된 시료 중에서 가장 우수하게 나타나는 것으로 사료된다.[9][10]

이에 비해 0.2[ppm]이 첨가된 시료는 불순물로만 작용하여 캐리어 밀도가 증가되므로 전기전도율이 매우 크게 되며, 30[ppm]이 첨가된 시료는 BTA가 과다하여 오히려 반대 극성의 이온이 생성되어 캐리어의 이동을 방해하므로 도전율이 적어진다.

온도 증가에 따라 시료의 유동성이 증가하고, 특히 실험온도가 100[℃] 이상이 되면 열에너지 공급이 증가하여 도전율은 다시 증가되나 시료내의 알킬벤젠유의 영향으로 도전율의 증가는 둔화됨을 확인할 수 있다.

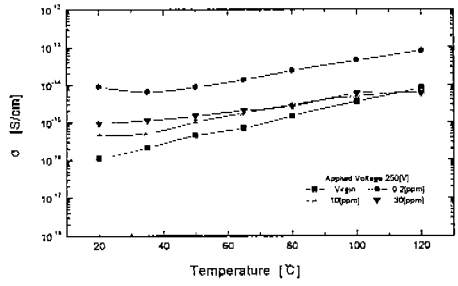

Fig. 3-3 Temperature dependence of conductivity in 250[V]

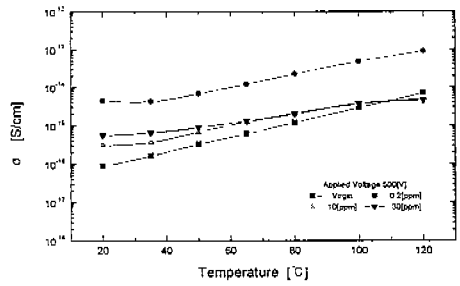

Fig. 3-4 Temperature dependence of conductivity in 500[V]

전압이 250[V]로 높아지면 각 시료의 도전율은 선형적인 감소를 나타내는데, 측정온도 100[℃] 부근에서는 미세입자로 있던 BTA가 용융되면서 10[ppm], 30[ppm] 첨가된 시료의 경우 체적고유저항이 거의 원시료와 같게 회복되나, 0.2[ppm]이 첨가된 시료는 BTA가 불순물로서 작용하여 BTA가 용융되어도 도전율에는 거의 영향을 미치지 못하여 도전성이 큰

상태를 유지하는 것으로 생각된다.

그림 3-4는 500[V] 전압 인가시 전기전도도로 도전율이 선형적으로 감소되는 것을 확인할 수 있는데, 이것은 인가전압 상승에 따라 전극으로부터의 캐리어 주입이 용이해지고 이러한 캐리어 주입과 열에너지 증가에 따른 영향으로 사료된다.

BTA가 0.2[ppm] 첨가된 시료인 경우는 불순물로써 작용되는 것으로 보이며, 50[℃]이상의 경우 인가전압 변화에 대해 거의 영향을 받지 않고 일정하다. 또한 BTA가 함유된 시료들은 원시료에 비해 온도 상승에 따른 도전율의 저하 폭이 작게 나타나는데, 이것은 BTA가 유동대전 억제제로 작용할 뿐만 아니라 열화진전을 억제하는 데도 효과가 있다고 생각된다.[8]

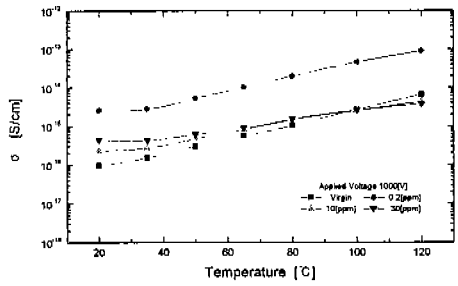

Fig. 3-5 Temperature dependence of conductivity in 1000[V]

Fig. 3-5는 1000[V] 전압 인가시 도전율의 온도 의존성을 도시한 것으로 원시료와 BTA 함유량이 10[ppm], 30[ppm]인 시료 사이의 도전율의 크기 차이가 상당히 줄어든 것을 확인할 수 있으며, BTA함유량이 0.2[ppm]인 시료는 인가전압이 500[V]의 경우와 유사하며 상당히 크게 나타남을 확인할 수 있다.

또한 전압이 100[V]에서 1000[V]로 높아짐에 따라 전도율이 일치하는 온도가 120[℃]에서 100[℃]로 선형적인 감소를 하는데, 이것은 인가전압이 높아지면 캐리어의 이동이 쉬어지기 때문이다.

3.3 교류 절연파괴

그림 3-6은 첨가량 증가에 따른 교류 절연파괴 강도를 도시한 것으로 측정온도 30[℃]에서는 첨가량 증가에 따라 10[ppm] 함유된 시료의 절연파괴강도가 약간 높다.

그러나 50[℃] 경우는 첨가량이 증가하면 10[ppm] 함유된 시료의 절연파괴강도가 가장 높은 파괴강도를 나타내며, 80[℃]에서는 첨가량 증가에 따라 파괴강도는 감소한다.

특히 100[℃]의 경우에서는 첨가량의 증가에 따라 일정한 파괴강도를 확인할 수 있는데, 이것은 첨가제의 융점이 약95[℃]정도이므로 시료내의 첨가제가 용융되어 절연파괴에 기여하기 때문이다.[11][12]

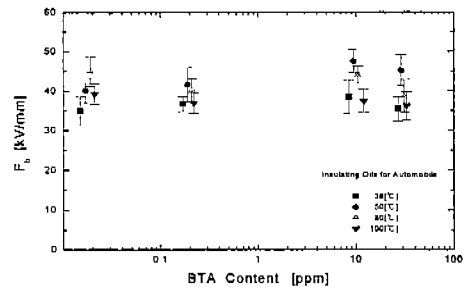

Fig. 3-6 AC dielectric breakdown properties due to content

측정범위에서 첨가량이 10[ppm]인 시료가 자동차 점화코일용 절연유의 절연파괴 특성이 가장 우수함을 확인하였다.

4. 결론

자동차 점화코일용 절연유의 전기적 특성을 연구한 결과

1) 시료에 BTA 함유로 수산화기의 기여인 피크가 감소하는 것을 확인하였다.

2) 원시료는 온도가 증가되면 열에너지의 기여로 도전율이 서서히 증가한다.

3) BTA의 함유량이 적은 경우는 불순물로 이온생성의 기원으로 전기전도도가 크게 증가되고, 첨가제가 과다한 경우 반대극성의 이온이 캐리어의 이동을 방해하여 도전율은 적어지는 것을 확인하였다.

4) 인가전압이 100[V]에서 1000[V]로 높아지면 도전율이 일치하는 온도는 120[℃]에서 선형적으로 감소한다.

5) 절연파괴특성에서 원시료는 80[℃], BTA가 함유된 시료는 50[℃]에서 절연내력이 우수하며 10[ppm]이 첨가된 점화코일용 절연유의 절연파괴특성이 가장 우수하였다.

REFERENCES

1. Jack Erjavec, Robert Scharaff : "Automotive Technology", Delmer publishers Inc., pp 324~362, pp 445~459, 1992.
2. M. Yamawaki, Y. Yamada : Future Trend of display Elements for Automobiles, 自動車技術, vol. 40, No.2, pp 225~231, 1986.
3. S. D. Walters, P. A. Howson ; "Modelling of high voltage ignition sparks produced by I.C. engine ignition systems", Proceedings of the universities Power Engin. Conf. V 3, pp 716~719, 1996.
4. Taylor, Brian ;"Multiple-spark Ignition", Electron Wireless Word V 94, pp 434~435, 1988.
5. A. C. M. Willson ; "Insulating liquids; their uses, manufacture and properties", PETER PEREGRINUS LTD, pp 3~85, 1980.
6. 日本石油學會 ; 電氣絶緣油ハンドブック, 講談社, pp 3-7, pp 175-194, 1987.
7. A Sierota and J. Rungis : Electrical Insulating Oils, Part I; Characterization and Pre-treatment of New Transformer Oils, IEEE. Elec. Insul. Magazine, 11, 1, pp 8~20, 1995.
8. H. Okubo, M. Yasuda, T. Ishii, K. Goto, E. Mori, M. Masunaga ; "Suppression of Static Electrification of Insulating Oil for Large Power Transformers", IEEE Trans. on Power Appa. and Sys., Vol. PAS-101, No.11, pp 4272~4280, 1982.
9. Yong-Woo Lee, Woo-Young Lee, Wang-Kon Kim, Duck-Chool Lee, Jin-Woong Hong, "The Characteristics of Volume Resistivity for Transformer Oils Irradiated with Electron Beam", Asian International Conference on Dielectrics & Electrical Insulation, pp. 251-254, Xi'an, China, Oct., 1996.
10. 大槁 朝夫, 渡邊茂男 ; "液體の電氣傳導および絶緣破壞", 靜電氣學會誌, 13, 2, pp 126~131, 1989.
11. M. IKEDA et al; "Breakdown Characteristics of Moving Transformer Oil", IEEE trans. on Power Appa. and Sys., Vol. PAS-100, 2, pp 921~928, 1981.
12. R. Musil, M. Baur, W. Pfister, "Testing Practices for the AC Breakdown Voltage Testing of Insulation Liquids", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 11 No. 1, pp. 21-26, 1995.