

프레스 보드 절연지의 전기물성에 관한 연구

A Study on Electrical Properties of Pressboard Insulating Paper

김 귀 열* 한국전기연구소 전기재료연구부 절연재료연구실
엄 승 욱 한국전기연구소 전기재료연구부 절연재료연구실
안 명 상 한국전기연구소 전기재료연구부 절연재료연구실
강 동 필 한국전기연구소 전기재료연구부 절연재료연구실
윤 문 수 한국전기연구소

G. Y. Kim* KERI Insulation Materials Lab.
S. W. Eom KERI Insulation Materials Lab.
M. S. Ahn KERI Insulation Materials Lab.
D. P. Kang KERI Insulation Materials Lab.
M. S. Yun KERI

ABSTRACT

Pressboard is used for insulation oil immersed equipment such as transformer.

It's low cost, good electrical properties when immersed in oil, ease of storage and installation, and general reliability have made it virtually a universal choice.

This study has examined fabricating specimen and specimen characteristics of pressboard.

1. 서론

산업의 발달과 국민 경제 수준의 향상으로 전력의 수요는 폭발적으로 증가하고 있으며 전력 시스템의 대용량화, 고전압화 및 장기간 안정화에 수반하여 요구되는 물성이 급격히 변화되고 있다.

또한 전기, 전자 기기의 고신뢰화, 경량화, 고성능화 및 사용환경의 확대가 급속히 진전됨에 따라 현재 사용되고 있는 절연재료의 개선 혹은 신절연재료의 개발이 요청된다.

절연지는 주로 전력 케이블, 유입콘덴서, 통신 케이블 및 전기기기의 절연등에 사용되지만, 종이

는 원래 다공질이고 흡습성이 크며, 또 수분은 절연성능을 저하시키므로 감압건조해서 사용하며, 고압전계중에서는 절연유를 충전하여 사용한다.

프레스보드는 주로 습지를 겹쳐서 압력을 가해 제조한 것으로서 전압의 대용량화, 전력수요의 증가에 수반하는 전력기기에서 중요한 절연재료중의 하나이다.

한편 이 프레스보드는 전기적, 기계적, 화학적 특성이 우수하며 변압기, 차단기류에 사용되는 훌륭한 절연성을 가질 뿐만아니라 유증기기의 절연과 회전기 코일의 절연물에 크게 기여한다.

프레스보드는 국산화가 전혀 되어있지 않은 중요 절연 재료로서 전량 수입에 의존하고 있으며, 국산화율은 전무한상태이다.

따라서 본연구에서는 조건을 달리하면서 제작된 프레스보드 시작품들의 전기적 물성을 분석하고자 한다.

2. 실험

본 실험에 사용된 시료는 제작조건, 구성성분 등을 고려하여 제작하였으며 표1과 같다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 실험결과

3.1.1 기계적강도특성

본 연구에서는 인장강도 특성에 많은 영향을 미치는 고해도의 정도, sizing유무 및 starch와 epoxy 첨가 그리고 제작 방법들을 달리하면서 만들어진 시작품들의 기계적 성질을 분석, 고찰하였다. 그림 1에서 대부분의 시편들은 75MPa 이상의 우수한 인장강도를 나타내고 있다. 한편 동일 고해도에서 sizing을 하지 않았을 때 인장강도는 밀도가 큰 시편과 starch 및 epoxy 즉 열경화성 수지를 첨가한 시편에서 인장강도가 향상됨을 알 수 있다. 그리고 동일 고해도에서 sizing시에 인장강도의 영향은 밀도가 큰 시편과 순수를 사용하고 starch를 첨가한 시편에서 강도가 향상됨을 알 수 있으며 epoxy 첨가시는 no sizing시와는 달리 강도가 저하되는데 이는 sizing을 하기 위해서 AKD를 첨가하는데, 이 AKD와 epoxy 와 관계로 인해 인장강도가 저하되는 것으로 사료된다.

수분 흡수를 적게하기 위해서 sizing 유무에 따른 인장강도의 변화는 거의 비슷한 수치이지만 첨가물에 따라 다소 크기의 변화는 있음을 알 수 있다. 다음 plup의 종류에 따른 인장강도의 차이를 살펴보면 절연용 kraft plup를 사용했을 때가 일반 plup를 사용했을 때 보다 높은 인장강도를 나타내고 있다.

3.1.2 저항률 특성

절연지의 전기적 특성은 제조조건과 공정에 밀접한 관련이 있으며 절연저항특성, 유전특성 및 절연파괴 특성등의 분석을 통한 고찰이 필요하다.

본 실험에서 pressboard 시작품의 저항률(체적저항률, 표면저항률)을 알기 위해서 고저항률 측정기(High Resistance Meter, Type 4329AHP : $10^6 \sim 10^{15} \Omega(\text{cm})$)를 사용하였다. 체적 고유 저항률은 대부분 시작품이 $10^{11}[\Omega \cdot \text{cm}]$ 표면 고유 저항률은 $10^{12}[\Omega]$ 의 크기를 나타내었으며 sizing을 한 시편의 체적 저항률이 높았으며 starch와 epoxy를 첨가하고 또 제조시 순수를 사용한 시편이 우수한 저항을 나타내고 있다.

3.1.3 유전특성

본 시험장치에 사용된 유전특성 고찰용 실험장치는 HEWLETT, PACKARD, 4194A Impedance/Gain-phase Analyzer 제품을 사용하였다.

그림 2에서 각 시작품들은 주파수 120Hz-4MHz 측정온도 15°C 에서 ϵ_r , $\tan\delta$ 를 측정된 결과를 나타내고 있는데, 이 그림에서 대부분의 시편들은 ϵ_r 의 값이 5~7이며, 또한 $\tan\delta$ 의 수치는 0.07정도를 표시한다. 이 그림에서 유전특성은 밀도가 큰 시편에서 높은 ϵ_r 과 $\tan\delta$ 를 나타내므로서 밀도와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

3.1.4 절연파괴 특성

절연파괴 강도 특성 연구를 위해서 본 실험에서는 AC 절연파괴 시험은 High Voltage Test Set(Keihin Densokki Co. Ltd, Japan)를 사용하였다. 한편 시험은 KBC 2105에 따라 주변에 2.5mm의 둥글기를 가진 지름 25mm 인 밀면이 평활한 스테인레스강으로 된 평판-평판 전극 사이에 시험편을 약 0.5kg의 힘으로 끼워서 절연파괴가 발생하도록 일정 속도로 상승시켜서 절연파괴 전압을 측정하였으며 그 결과치가 그림3이다.

그림3에서 보면 공기중에서 AC절연파괴 강도는 밀도에 큰 영향을 받아 밀도가 가장 큰 9.11번 sample에서 가장 우수한 절연파괴 강도를 나타내고 있다. 그리고 고해도를 상승함에 따라 밀도를 높인 경우에는 밀도의 증대에 수반하여 현저한 절연파괴 강도의 향상을 가져온다. 한편 제조시에 starch와 epoxy를 첨가한 시편에서 뚜렷한 절연파괴 강도의 향상은 확인할 수 없다. 그림3에서 보는 바와 같이 전반적으로 절연파괴 강도의 최저치는 5KV/mm 전후를 나타내고 있다.

3-2. 고찰

본 연구는 변압기 절연재료로 널리 사용되는 프레스 보드의 전기적 물성에 대하여 기초적인 자료를 얻기 위해 수행하였다.

기계적 강도 특성에서는 제작된 여러 종류의 시작품에 대하여 분석한 결과 대부분 시편들이 75MPa 이상의 우수한 특성을 나타내었다.

저항을 특성 및 유전 특성으로 부터 대부분 시편들의 체적 고유 저항율은 $10^{11}[\Omega \cdot \text{cm}]$, 표면 고유 저항율은 $10^{12}[\Omega]$ 의 크기를 나타내었고, 비유전율은 5~7이며, 유전정접은 0.007 정도를 얻었다.

AC절연파괴 특성에서 각 시편들은 절연파괴 세기가 최저치 5KV/mm를 확보하였다.

본 연구는 한전지원 생산기술 개발사업의 일부분으로 수행되고 있으며, 재정적 지원을 해준 한국전력공사와 온양팔프(주)에 감사드립니다.

표1. 사용시료의 조성비

참고문헌

1. H.P.Moser et al, " Transformerboard " . pp.93. 1979.
2. K.Karsai D.Sc et al, " Large Power Transformer " . pp.295. 1987.
3. 玉井佳一 외. " 전기전자 절연재료 ". 전기신문. pp.182. 1978.
4. 小林良生 외. " 고기능지의 개발과 응용 " . pp.173. 1988.
5. 武祐一郎. " 전기절연지 ". Corona사 pp.203. 1969.
6. D.H.Shroff et al. " A review of paper aging in power transformer " . IEE Proceedings. pp.312. 1985.
7. H.Tsu Kioka et al. " Development of low dielectric constant pressboard " . 전기학회 학술대회. pp.311. 1988
8. A.C Franklin, DP Franklin. " The J8p Transformer book " pp.398. 1983.
9. Y.Makino et al " Absorption Phenomena of CO₂ and CO in Insulating Paper " . 전기학회 학술대회. pp.285. 1991.

Sample	특 정	두께 (um)	밀도 (g/cm ³)
1	300-N-2	886	0.89
2	400-N-2	847	0.88
3	500-N-2	921	0.89
4	300-S-2	912	0.90
5	400-S-2	933	0.88
6	500-S-1	956	0.87
7	I-N-8-1	915	0.93
8	I-S-8-1	871	0.95
9	I-N-16-2	1677	1.03
10	O-N-8-2	907	0.92
11	O-N-16-1	1688	0.97
12	I-N-ST-8-2	907	0.93
13	I-S-ST-8-2	913	0.92
14	I-N-E-8-1	916	0.94
15	I-S-E-8-1	992	0.93
16	I-S-PV-8-2	1149	0.72
17	I-H-S-8-1	930	0.91

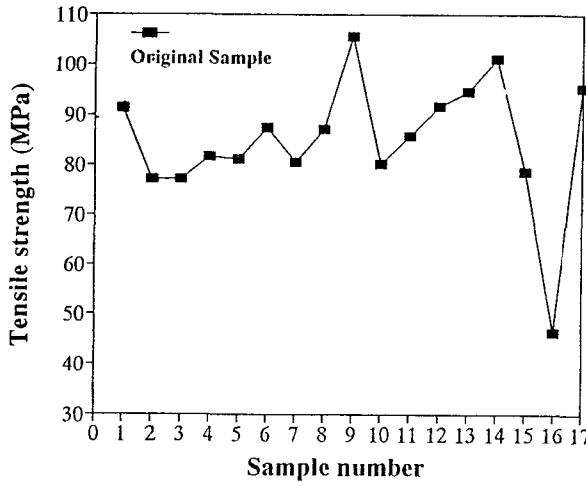


그림1. 시작품의 인장강도 특성

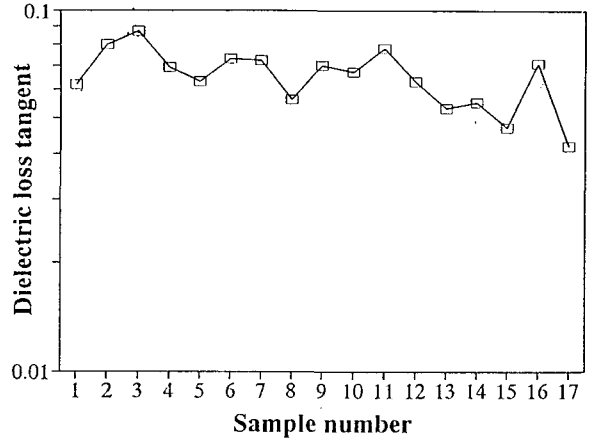


그림2. (b)각 시작품의 유전특성 비교
(주파수:1KHz 온도 15°C)

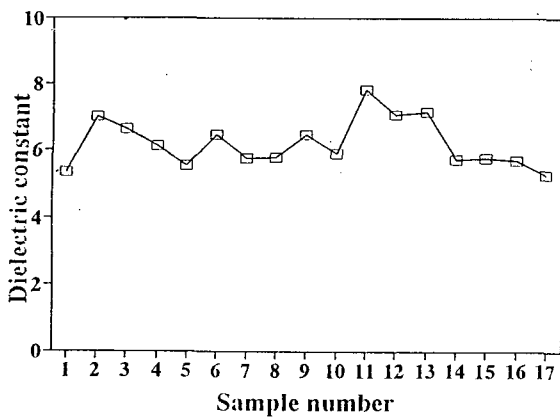


그림2. (a)각 시작품의 유전특성 비교
(주파수:1KHz 온도 15°C)

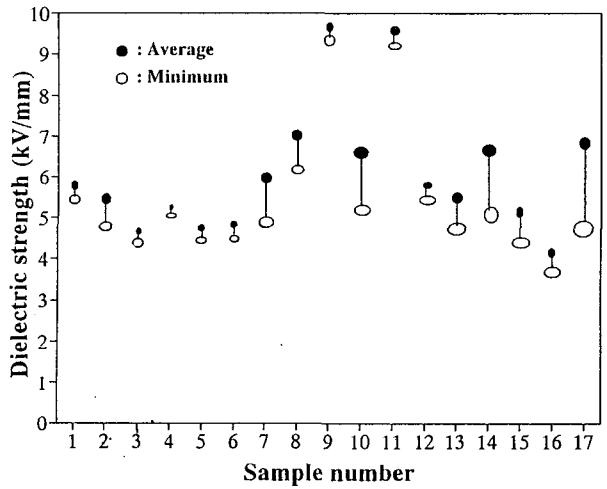


그림3. 공기중에서 AC절연파괴 특성