

충전 전압에 따른 Cellular Polypropylene Electret 특성 연구 Study on the Characteristics of a Cellular Polypropylene Electret with Various Charging Voltages

*김영식¹, 김필기¹, #석종원²

*Y. S. Kim¹, P. G. Kim¹, #J. Seok(seokj@cau.ac.kr)²
¹ 중앙대학교 대학원, ² 중앙대학교 기계공학부

Key words : Corona Discharge, Piezoelectric Coefficient, Electrets, Cellular Polypropylene,

1. 서론

Cellular 구조의 Electret 은 보통 Corona 방전을 이용하여 제작된다¹⁾. 이때 Corona 형태로 방전된 전하는 대상 구조물의 표면에 축적되며 이로 인해 형성되는 강한 전기장에 기인하여 내부 미세 기공의 기체는 Paschen 법칙에 따르는 절연 파괴 현상과 Dielectric Barrier Discharge(DBD)에 의해 극성을 갖는 입자로 나뉘게 된다. 이들 입자는 외부의 강한 전기장에 의해 가속되어 기공의 표면에 트랩되어 구조물은 열전 및 압전효과를 가지게 된다²⁾. 현재 Cellular 박막 구조의 Electret 은 그 효율성의 증가로 열적, 기계적 재처리를 통한 성능 향상에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 Cellular Polypropylene 을 이용하여 제작한 Electret 의 충전조건에 따른 열 및 압전 특성에 대한 연구를 수행하였다.

2. 실험

2.1 시편제작

실험을 위해 Treofan Germany GmbH & Co KG 의 5 층으로 구성된 두께 50 μm 의 Cellular Polypropylene 이 사용되었다. 이 필름은 양면에 각각 두 개의 0.5~7 μm 두께의 보호층과 중앙에 약 37 μm 의 Cellular 층으로 구성되어 있다. 크기가 20x20 mm^2 인 필름 시편의 한 면에 전도성 금속 테이프를 사용하여 크기가 15x15 mm^2 인 전극을 형성시켰다. 실험의 신뢰성을 위하여 동일 조건에 대하여 3 개씩의 시편을 제작한 후 각각 9 개의 위치에서 측정된 값을 평균하여 사용하였다.

2.2 실험방법

본 실험에서는 시편을 대전시키기 위해 핀형 전극과 평판형 전극 사이에서 발생하는 Corona 방전을 이용하는 방법²⁾과 두 평판형 전극 사이에 시편을 위치시키고 전기장을 가해 직접 대전시키는 방법³⁾이 사용되었다. Corona 방전 시, 핀과 시편 표면까지의 거리는 핀 주변에 생기는 플라즈마로부터 시편을 보호하기 위해 약 40mm 로 유지하였고, 그리드를 사용한 경우, 시편과의 거리는 약 4mm 를 유지시켰다. 또한, 직접 대전 방법은 Corona 방전으로 인한 축적된 전하의 영향이 아닌, 미세 내부 기공의 절연 파괴에 의한 방전의 영향만을 확인 하기 위해 수행되었다.

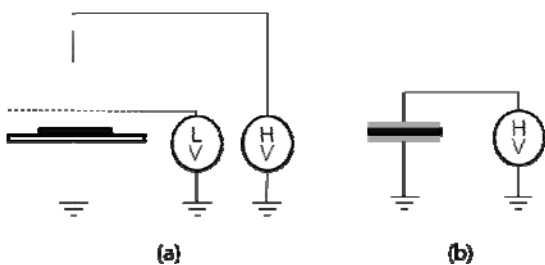


Fig. 1 Schematic of the setups for corona (a) and direct (b) charging methods.

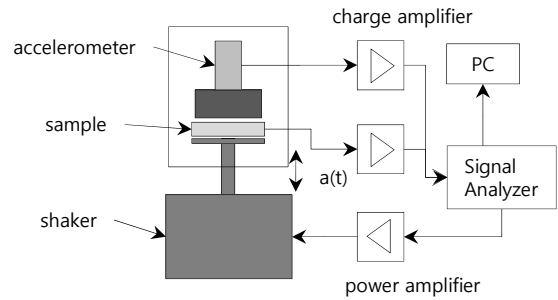


Fig. 2 Schematic of the experimental setup for dynamic measurement of piezoelectric constant.

표면 전위는 비접촉식 표면 전위계 (Trek, Model 344)에 의해 측정되었다. 본 실험에서 구성한 실험장치를 그림 [1]에 나타내었다. 압전상수인 d_{33} 를 측정하기 위해 사용한 동적인 방법으로 시편 상부에 각각 질량이 m 과 M 인 가속도계 (B&K, Type4383)와 가진 헤드를 위치시키고 이를 Shaker (B&K, Type4389) 를 이용하여 주파수 범위 5Hz~1kHz 에서 시편 하부를 사인파로 가진 하였다⁴⁾(그림 [2]참조). 이때 시편 표면에 축적된 Corona 전하의 영향을 파악하기 위해 Shield 용 Polypropylene Foil 을 이용하여 적층한 시편과 그렇지 않은 시편을 사용하였다. 또한 시편은 압전성능을 향상시키기 위해 내부의 기공을 확장시켰다. 이를 위해 시편을 고압 Chamber 내에서 30bar, 343°K 의 조건으로 3 시간 동안 유지한 후 대기압, 상온으로 낮춰 내부 기공의 압력차에 의해 기공을 확장시키는 방법을 사용하였다⁵⁾. 이후 시편은 Corona 방전을 이용하여 각각 +32kV 또는 -32kV 에서 60 초간 대전시켰다. 한편, 트랩된 전하의 안정성을 고려하여 온도 337°K 로 유지한 항온기에서 24h 동안 Aging 한 후 가진 주파수에 따른 압전상수의 변화를 측정하였다.

3. 결과

3.1 표면전위

3.1.1 그리드를 이용한 Corona 방전에 의한 표면전위

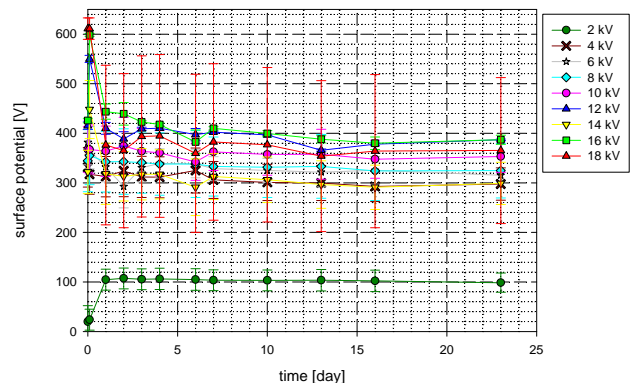


Fig. 3 Time variations of the surface potentials of cellular PP electrets with various corona charging voltages

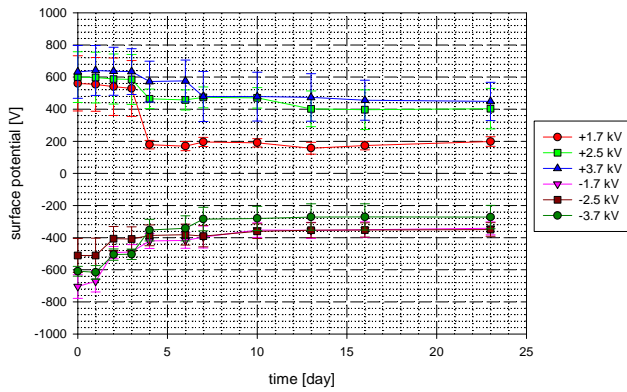


Fig. 4 Time dependence of the surface potential of cellular PP electrets with various direct charging voltages.

시편은 그라운드에 대한 표면 전위와 에너지를 조절 할 수 있는 그리드를 이용하여 대전하였다⁶⁾. 전극판에 인가한 전압은 2kV~16kV의 범위에서 2kV 단위로 60 초 동안 대전 하였으며 이 때 그리드 전압은 500V로 유지하였다. 실험 결과로 얻은 시간에 따른 표면전위의 변화를 그림 [3]로 나타내었다. 상기 그림에서 볼 수 있듯이 인가전압이 4kV 이상에서는 표면 전위가 300~400V로 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

3.1.2 직접 대전에 의한 표면전위

본 실험에 사용된 시편의 절연 파괴강도는 Paschen 법칙에 따라 약 50MV/m 임이 예상된다. 이에 따라, 직접 대전방법에 대한 실험에서 인가전압은 방전 발화전압 크기인 2.5kV와 절연 파괴강도 보다 작은 전압 크기인 1.7kV, 그리고 최고전압으로 설정한 3.7kV에 대하여 시편에 양전압과 음전압을 각각 가해 대전하였다³⁾. 실험 결과는 그림 [4]로 나타내었다. 이 그림에서 알 수 있듯이 모든 시편에 대해서 미세 기공의 분극에 기인한 Hetero-charge는 관찰되지 않았다. 한편, 양/음 전압으로 대전시킨 시편 모두 대전 직후 약 600V의 표면 전위를 보이지만 시간이 지남에 따라 점차 감소하는 경향을 볼 수 있다. 초기 표면전위에 대한 감소비율의 시간변화율은 두 경우 모두 크지 않았다. 반면에 절연파괴강도 보다 작은 전압인 1.7kV에 대해서는 두 경우 모두 쉽게 표면 전위가 감소함을 알 수 있다. 그러나 음전압으로 대전시킨 경우에는 방전 발화전압에 의해 크게 좌우되지 않고 모두 일정한 수준으로 감소한 후 이를 유지하는 것을 볼 수 있다.

3.2 압전 상수

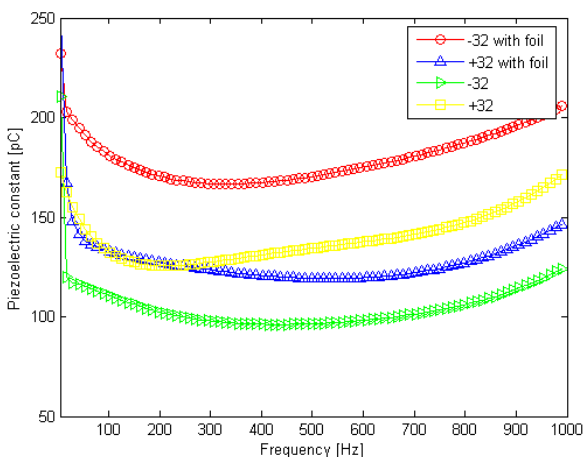


Fig. 5 Time variations of piezoelectric constant of cellular PP electrets with various corona charging method.

한편, Polypropylene Foil을 이용하여 -32kV를 전극에 인가한 경우, 시편의 표면전위는 전 주파수 대역에서 가장 높게 나타났다. 또한, Foil을 이용하여 대전한 시편들 사이에서 나타나는 표면전위 변화의 차이는 인가전압의 극성에 따라 다르게 나타나는 것을 알 수 있다.

4. 결론

Polymer Electret의 주요 특성인 전하의 안정성 및 압전 특성을 다양한 방전 전압을 통해서 확인하였다. 본 연구를 통하여 얻을 수 있는 결론은 다음과 같다.

1. 표면전위 결과를 통해 본 실험에 사용한 시편들은 초기 대전 후 약 16일 이후부터는 표면 전위를 감소시키는 탈 트랩은 미미하였다. 따라서 Electret로서 특성을 정량적으로 평가하기 위해서는 일정 시간이 경과한 후 측정해야 함을 알 수 있다.
2. 일정 전계 이상에서는 표면에 트랩되어 축적되는 전하량은 큰 차이가 없었다. Paschen 법칙을 따르면 본 실험에 사용된 시편의 경우 내부 전계가 50MV/m 이상에서 DBD가 일어난다. 그 이상의 전계에서는 전하밀도 변화의 영향이 크지 않음을 확인 할 수 있었다.
3. 시편을 직접 대전시킨 결과, 표면 전위의 변화는 전계를 인가하는 금속 평판과 시편의 윗 판 사이의 간극에서 방전으로 인해 발생하는 것으로 해석할 수 있다. 미세 기공에 발생하는 DBD가 평판과 시편의 윗면 사이의 간극에서도 발생하여 표면에 Homo-charge가 주입된다. 이 때 실제 내부에서 발생한 DBD에 의한 전기 쌍극자의 영향과 더해져 측정된 표면전위에 영향을 주게 되는 것으로 사료된다.

후기

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2006-000-10358-0)..

참고문헌

1. Gerhard-Multhaupt, R., "Voided Polymer Electrets - New Materials, New Challenges, New Chances", 11th International Symposium on Electrets, 36-45, 2002
2. G. M. Sessler, Ed., "Electrets, 3rd ed Vol.1", Morgan Hill, CA: Laplacian Press, 1999.
3. Schwödiauer, R., Graz, I., Bauer, S., "Charging and Switching of Ferroelectrets. How much can Ferroelectrets Behave Like Ferroelectric?", 2004 IEEE International Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control 50th Anniversary Joint Conference, Aug., 134-137, 2004
4. Hillenbrand, J., Sessler, G. M., "Quasistatic and Dynamic Piezoelectric Coefficients of Polymer Foams and Polymer Film Systems", IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul, 7, 72-79, 2004
5. Zhang, X., Sessler, G. M., Hillenbrand, J., "Improvement of Piezoelectric Coefficient of Cellular Polypropylene Films by Repeated Expansion", Journal of Electrostatics, 65, 94-100, 2007
6. Llovera, P., Molinié, P., "New Methodology for Surface Potential Decay Measurements : Application to Study Charge Injection Dynamics on Polypropylene Films", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 11(6), 1049-1056, 2004