

# 폴리이미드와 구리 전극을 이용한 정전기 발생에 관한 연구

## Study of Generating Electro-static force using Copper Electrode with Polyimide

\*이 의범<sup>1</sup>, #백 윤수<sup>1</sup>

\*Lee Eui Beom<sup>1</sup>, #Y. S. Baik (ysbaik@yonsei.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 기계공학과

Key words : Electro-static, Electro-static force, Electro-adhesion, ESC

### 1. 서론

정전기는 겨울철 일상생활에서 흔히 볼 수 있는 현상이다. 특히 사람이 입고 있는 옷이나 차량의 표면에 축적되어 있던 전하가 순간적으로 방전하면서 발생하는 전기는 높은 전압을 수반하기 때문에 인체에 순간적인 충격을 줄 수 있지만 전류가 극히 낮아 치명적이지는 않다. 여기서 정전기의 특징을 알 수 있다. 정전기는 일정 이상의 전하들이 모여 높은 전위차가 생성 될 때 상대적으로 전위차가 낮은 곳으로 순간 방전되는데 방전이 일어 나지 않도록 절연을 시킬 수 있다면 정전기는 방전되지 않은 상태로 극성을 유지하게 된다. 주목할 부분은 모여있는 자유 전자들이 전압의 극성에 따라 한쪽으로 몰리는 현상을 유도 할 수 있는데 이를 활용하여 분극화 현상을 만들어낼 수 있다.

본 논문에서는 정전기력을 생성하기 위해 1kV~5kV 의 전압 범위와 면적을 조절하며 정전기를 통해 발생시킬 수 있는 정전기력의 크기를 측정하고 정리했다.

### 2. 연구내용

본 논문에서는 Electrode 를 수평방향으로 배치(Bi-polar type)하고  $10^{15} \Omega cm$  이상의 저항율을 가진 Polyimide 를 이용해 코팅한 뒤 Coulom type 정전척[5]의 이론 값을 산출해 실험을 통하여 그 값을 비교해 보았다. 실험에 사용된 각각의 수치는 Table. 1 에 정리해 두었다.

Coulom Type 의 정전척은 힘은 다음 식으로부터 유도 할 수 있다

$$\begin{aligned}
 F &= \left( \frac{\partial E}{\partial d} \right)_{v, const} \\
 &= - \left( \frac{V^2 C^2}{2 \epsilon_0 A} \right) \\
 &= \frac{1}{2} \epsilon_0 A \left( \frac{V \epsilon_r}{d_i + d_a \epsilon_r} \right)^2 \quad (1)
 \end{aligned}$$

정전기를 발생시키는 정전필름은 두 개의 Capacitor 직렬연결로 간주해 그 힘을 계산할 수 있다.  $E$  는 전계강도 이며 전계강도는 Capacitance 와 전압으로 정의 된다. 이를 거리에 대해 미분을 할 경우 면적에 대한 Electro-static force 를 구할 수 있게 된다.

Table 1 Specifications of Electro-static sheet

입력전압	V	1~5kV
공기유전률	$\epsilon_0$	$8.854 \times 10^{-12} F/m$
Polyimide 유전율	$\epsilon_r$	3.5
Polyimide 두께	d1	0.07
공기층 두께	d2	0.0003

### 3. 실험 결과

전압의 크기에 변화를 주고 정전기 발생 필름의 면적을 다르게 제작해 각각 실험을 진행했으며 정전기가 발생하는 필름을 벽에

부착 시킨 뒤 Force Gauge(FG-20)를 이용해 정전기력을 측정했다. 벽면 재질의 마찰계수를 적용하여 이론값을 식(1)을 통해 계산하고 실험을 통하여 서로 비교해 보았다. 그 결과는 Table. 2, Table. 3에서 확인할 수 있다

**Table 2 Electro-static force measure (Voltage difference)**

Area 150x400mm, Obsidian(friction ratio 0.43)		
v	Theory	Test
1000	2.59	0
2000	10.37	1.962
3000	23.34	10.79
4000	41.50	40.22
5000	64.85	51.99

**Table 3 Electro-static force measure (Area difference 5kV, Friction ratio 0.43)**

Area	Theory(N)	Test(N)
10cm X 10cm	4.64	2.5
10cm X 20cm	9.29	6.7
10cm X 30cm	13.94	12.65

실험이 진행된 벽면의 재질은 흑요석(Obsidian)이며 대리석의 일종이다.

**4. 결론**

정전기력 측정 값과 이론 값이 차이가 나는 이유는 정전기를 발생시키는 필름과 벽면 사이의 공기 층이 불균일 하기 때문인데 공기층의 두께 조절은 매우 정밀한 실험장비가 필요하며 그에 따른 많은 비용이 수반된다. 하지만 본 논문은 그러한 고가의 장비를 사용하지 않아도 충분히 정찰 임무나 적은 무게를 싣고 이동 할 수 있는 수직 벽면 이동로봇에 적용가능 할 만큼의 힘을 만들어 낼 수 있다는 가능성을 제시하고 있다.

**5. 후기**

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 중견연구자지원사업(도약연구사업) 지원을 받아 수행된 것임(No. 20120000155).

**참고문헌**

- [1] Jose Berengueres, Masataka Urigo “Gecko inspired Electrostatic Chuck”, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Dec. 2006, pp. 1018-1023
- [2] Mamoru Nakasuji ,Hiroyasu Shimizu “Low voltage and speed operating electrostatic wafer chuck”, American Vacuum Society, Nov 1992, pp. 3573-3578
- [3] S.Kanno and T.Usui “Generation mechanism of residual clamping force in a bipolar electrostatic chuck”, American Vacuum Society, Nov 2003, pp.2371-2377
- [4] Kent Davey, “Computing Forces on Conductors in the Presence of Dielectric Materials”, IEEE Transactions on education, Vol 45, Feb 2002, pp. 95-97
- [5] Jae Seok Choi, Sang-Joon Hong “Finite Element Analysis of Attractive Force on Coulomb Type Electrostatic Chuck”, 대한기계학회 춘계학술대회 2005, pp. 918-923
- [6] Michael R. Sogard ”Analysis of coulomb and Johnsen-Rahebek Electrostatic chuck performance for EUV lithography” , Nikon Research corporation of America
- [7] Myoung-Won Kim,” Electric Properties of Polyimide Electrostatic Chuck” , Bulletin of the nature sciences, Vol. 20. 2006.12, (7-12)
- [8] S.Kanno and T.Usui “ Generation mechanism of residual clamping force in a bipolar electrostatic chuck” , American Vacuum Society, Nov 2003, pp.2371-2377