

## 정전기 방지를 위한 기능성 펄프 트레이 개발

이지영 · 김철환<sup>†</sup> · 남혜경<sup>1</sup> · 박형훈<sup>1</sup> · 권 솔<sup>1</sup> · 이영민<sup>2</sup>

접수일(2015년 9월 1일), 수정일(2015년 9월 23일), 채택일(2015년 9월 25일)

### Development of Functional Pulp Tray for Prevention of Static Electricity

Ji-Young Lee, Chul-Hwan Kim<sup>†</sup>, Hye-Gyeong Nam<sup>1</sup>, Hyeong-Hun Park<sup>1</sup>, Sol Kwon<sup>1</sup>  
and Young-Min Lee<sup>2</sup>

Received September 1, 2015; Received in revised form September 23, 2015; Accepted September 25, 2015

#### ABSTRACT

Static electricity is an imbalance of electric charges within or on the surface of a material. All packed items that are particularly sensitive to static discharge must be protected by antistatic treatment. Otherwise, static electricity generated by an electrical insulator may cause serious damages to some sensitive electronics. In order to remove or prevent a buildup of static electricity, packed items must be treated with the application of an anti-static agent, which helps any excess charge to be evenly distributed. Functional pulp tray used for packing of electronic goods was developed with application of an antistatic agent. As the concentration of the antistatic agent increased, charging voltage and surface resistance of molded pulps decreased. The increase of humidity in surrounding atmosphere around molded pulps led to the decrease of accumulation of static charges. In conclusion, the surface treatment of the antistatic agent not only reduced or eliminated buildup of static electricity in the surface, but also prevented generation of tiny dirt from molded tray.

**Keywords:** *Static electricity, electric charges, pulp tray, molded pulp, antistatic agent*

---

• 경상대학교 환경재료과학과(Dept. of Environmental Materials Science/IALS, Gyeongsang National University, Jinju, Republic of Korea)

1 경상대학교 임산공학과(Dept. of Forest Products, IALS, Gyeongsang National University, 660-701, Republic of Korea)

2 (주)동우펄프하이텍 대표이사(CEO, Dongwoo Pulp Hi-tech Co., Chatan-ri, Sancheong, 666-803, Republic of Korea)

<sup>†</sup> 교신저자(Corresponding Author): E-mail: jameskim@gnu.ac.kr

## 1. 서론

정전기는 일상생활에서 항상 발생되고 있으며, 겨울철과 같이 건조한 날 합성섬유의 의복을 벗을 때 정전기의 방전을 눈으로 보거나 귀로도 들을 수 있다. 이러한 정전기는 어떤 물체의 표면에 일시적으로 체류하고 있는 과량의 전하로 보면 된다. 물체의 표면에 일시적으로 머무르는 다량의 전하는 물체의 표면에서 일어나는 전자의 과잉 또는 부족으로 인해 발생한다.<sup>1)</sup> 정전기는 크게 두 가지로 나눌 수 있는데 어떤 두 물체가 접촉했다가 다시 분리될 때 발생하는 마찰 정전기와, 대전된 물체 주위에 전도성 물체가 있을 때 발생하는 유도 정전기가 있다. 특히 수만 볼트에 해당하는 유도 정전기는 전자 제품이 심각한 피해를 주는 원인이 되고 있다.<sup>2)</sup>

겨울철에 갑작스러운 정전기에 노출될 때 사람의 몸에는 어떠한 해도 끼치지 않지만 전자 장비는 사람의 몸이 지각 못하는 정전기에 의해 손상될 수 있다. 최근 대부분의 전자부품과 전자기 장비는 고집적 회로를 포함하고 있으며 고가인 전자 또는 전자기 제품은 정전기의 영향으로 그 기능을 하지 못하게 되거나 기능의 일부를 잃어버리게 될 가능성이 매우 높다. 즉, 정전기 방출이 충분한 에너지를 가지고 있다면 전자제품 내의 국부적인 과열로 인해 손상이 일어날 수 있다.<sup>3)</sup> 일반적으로 더 정교한 전자장비일수록 정전기로 인한 손상에 보다 더 민감하다. 따라서 이들 제품의 포장에 사용되는 포장재는 정전기 방지 처리가 반드시 되어 있어야만 제품의 손상을 방지할 수 있다.

정전기를 방지하기 위해서는 전자제품이 취급되는 작업장을 정전기가 발생되지 않도록 원천적으로 방지하거나 전자제품을 취급하는 작업자의 몸에 축적되어 있는 전하를 사전에 방전시켜야 한다.<sup>4)</sup> 하지만 이러한 방법은 전자제품을 제조하는 단계나 포장하기 전의 단계에 해당하는 것이고, 제품용으로 판매하는 단계에서 발생하는 정전기는 정전기 방지 처리가 된 포장재료의 사용과 같은 별도의 처리가 필요하다.

현재 정전기 방지용 포장재로 출시되고 있는 대부분의 제품들은 플라스틱 polyethylene terephthalate(PET) 포장재나 카본 코팅 제품들이다.<sup>5)</sup> 정전기 방지용 완충소재로는 PE 계열 분홍색 발포재나 버블 랩(bubble wrap) 등이 사용된다. PET 포장재는 보통 금속성 필름으로 만들어져 은색을 띠고 있다. 하지만 카본 코팅 제품 같은

경우 수질오염을 일으키며, 정전기 차폐 효과도 완벽하지 않다. 또한 플라스틱 소재로 만들어진 발포 포장재는 토양에서 부패가 되지 않는 이유로 환경에 유해하다.

전자부품 혹은 전자제품들이 포장되어 유통되는 단계에서 외부 충격으로부터 제품을 보호하고 혹시 발생할 지도 모르는 정전기로부터 제품 손상을 방지하기 위해서는 충격완충효과와 정전기 방지 기능을 동시에 가지고 있는 포장완충소재의 사용이 필요하다.<sup>6)</sup> 이와 함께 친환경 기능까지 갖춘 포장완충소재가 사용된다면 그 수요가 빠르게 증가될 것으로 전망된다. 정전기 방지 기능, 충격완충기능, 그리고 환경 친화적 특성을 갖는 완충재가 바로 펄프몰드 완충재이다.

펄프몰드에 완충기능과 함께 정전기 방지 기능을 부여하기 위해서는 이와 관련된 물질을 처리하여야 한다. 보통 이러한 기능을 갖는 대전방지제는 정전기가 축적되는 것을 감소시키거나 제거하는 기능을 갖는 물질을 의미한다. 대전방지제가 처리되면 펄프 몰드 자체는 그 자체로 전도성을 띠거나 대기 중의 수분을 흡수함으로써 약하게 도전성 물체로 변하게 된다. 보통 대전방지제는 계면활성제와 같이 친수성과 소수성을 모두 갖고 있고, 소수성은 펄프몰드의 표면에 위치하고 친수성은 대기 중의 수분과 반응한다. 널리 사용되는 대전방지제로는 긴 체인의 방향성 아민류와 아마이드 계통, behentrimonium chloride나 cocamidopropyl betaine와 같은 4가 암모늄 염, 인산 에스테르, polyethylene glycol ester, 또는 polyol 등이 있다.<sup>7-9)</sup>

본 연구를 통해 이들 물질 중의 하나를 펄프 몰드의 평량과 유사하게 제조된 종이에 적용하여 정전기 방지 기능을 확인한다면 폐지로 제조되는 펄프 몰드에도 정전기 방지 기능을 부여할 수 있음을 의미하는 것이다. 이를 통해 향후 많은 수요가 예측되는 정전기 방지 기능을 갖는 펄프 몰드 제조에 응용할 수 있는 기초 자료로 이용하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

국내에서 발행되는 일간 신문용지(Korean old newspaper, KONP)를 수집하여 함유된 이물질들을 모두 제거하고 공시재료로 사용하였다. KONP는 물에 수 시간 침

지시킨 후 실험실용 표준해리기로 7,200 rpm의 속도에서 완전히 해리시킨 후 시편을 제조하였다. 시편을 제조할 때 KONP의 현탁액에 습윤지력증가제(polyamine-polyamide-epichlorohydrin resin, Finex 414, TGChem Co.)와 AKD(EXPEL 200D, TGChem Co.)를 전건펄프의 중량(g)에 대하여 각각 1%와 0.1%를 첨가하였고 TAPPI Test Method T205에 의거하여 시편의 평량 200 g/m<sup>2</sup>로 제조하였다.

## 2.2 대전방지제 도포

본 연구에 사용된 대전방지제는 고분자 물질, 종이, 탄화수소계의 액체 등 고유저항이 큰 재료에 적용하여 이들의 도전성을 향상시키기 위해 사용되고 있는 glycerol monstearate(GMS, AMPACET, USA)를 사용하였다. 제조된 종이 시편에 대전방지제를 도포 처리하기 위해 사용된 장치는 자동코터(SB1000, 명성계측기)이다. 펄프몰드는 플라스틱 포장재와 달리 분진(particle)이 발생하게 되고, 이러한 분진(dust)이 제품이나 제품공정상에 오염을 일으킬 수 있다. 이러한 분진을 최대한 방지하기 위하여 0.1% 농도의 호화전분에 대전방지제를 희석한 후 도포하였다. 도포한 시료에 대한 시편 표면의 형상을 관찰하기 위하여 주사전자현미경(JSM-6400, JEOL)을 사용하였다.

일반적으로 대전방지제(antistatic agent)는 분자 내 친수성기(hydrophilic group)와 소수성기(hydrophobic group)를 동시에 가지고 있으며 소수성 부분은 기재에 부착되고 친수성 부분은 바깥쪽으로 배향되어진다. 대전방지제의 친수기와 공기 중의 수분(물 분자)간 수소결합에 의한 인력으로 기재의 표면은 수분이 흡착되고 이

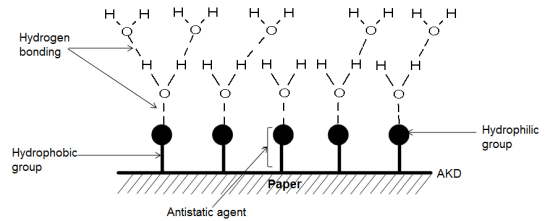


Fig. 1. Principal mechanism of an antistatic agent on paper surface.

러한 방식으로 흡착된 수분과 대전방지제 자체의 도전성은 기재의 표면전기저항을 감소시킴으로써 정전기 발생의 원인이 되는 대전(전하의 축적)을 방지하여 정전기 발생을 방지하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 그러나 제지용 섬유는 셀룰로오스 섬유로 구성되어 있기 때문에 대전방지제의 친수성과 수소결합을 형성하게 되고 소수성 부분은 바깥쪽으로 배향되는 기형적 구조가 될 수 있다. 이를 방지하기 위하여 Fig. 1에 나타난 바와 같이 셀룰로오스에 내수성을 부여하기 위하여 첨가되는 중성사이즈제인 AKD가 대전방지제의 소수성 부분과 먼저 결합하여 대전방지제의 친수성이 바깥쪽으로 배향된다. 친수성을 통해 대기 중의 수분이 흡착되어 펄프몰드의 도전성이 향상되고, 이로 인해 펄프 몰드로부터 정전기가 발생되는 것을 방지할 수 있다.

## 2.3 정전기 대전전압 측정

시료에 대한 대전 전압 측정 방법은 KSCIEC61340-2-2의 마찰시험법(rubbing tests)에 의거하여 함성섬유를 시료(120mm×120mm)와 마찰시킬 때 발생하는 대전 전압을 정전기 측정기(FMX-003, Simco, Japan)로 측정하였



Fig. 2. Generation of static electricity (a) and measurement of charging voltage (b).

다. 정전기 발생을 위한 마찰 실험을 위해 고분자 물질의 대전 서열 중에서 종이와의 서열 차이가 가장 큰 폴리에스테르계 합성섬유를 마찰재료로 선택하였고, Fig. 2와 같이 종이와 합성섬유를 5회에 걸쳐 일정하게 문지른 후 그 때 발생하는 대전전압을 측정하였다. 각 시료당 10회씩 대전 전압을 측정하여 그 평균값을 나타내었다.

Fig. 3은 대전전압의 측정 원리를 보여주고 있고, 대전 전압 측정 식은 Eq. 1과 같은데 해당 전계 내에 놓인 독립 감지 표면에 유기된 전위나 전하를 측정함으로써 얻을 수 있다.

$$V_s = (C_1 + C_2 / C_1) \times V_d \quad [1]$$

$V_s$ : 표면 전위

$V_d$ : 검출전극의 전위

$C_1$ : 대전 물체와 검출 전극간의 정전 용량

$C_2$ : 검출전극과 대지간의 장전 용량

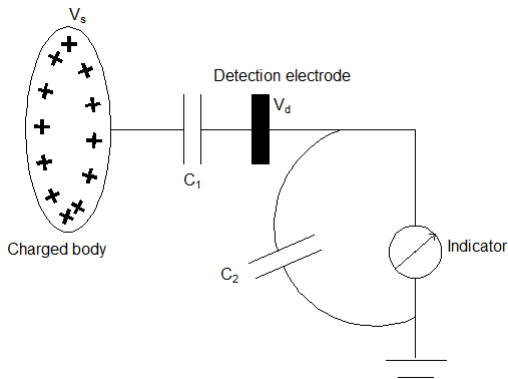


Fig. 3. Detection principle of charging voltage on paper surface.

### 2.4 표면저항 측정

일정 크기로 재단한 종이 시료(120 mm × 120 mm)에 대한 표면저항 측정방법은 KSCIEC61340-2-3의 대전 방지 재료(정전기 전하 축적을 방지하기 위해 사용되는)의 저항 측정에 의거하여 시료 위에 표면 저항계(ST-3, Simco, Japan)의 측정 전극을 올려놓고 10초가 지난 후에 시료의 표면저항을 측정하였다. 측정할 때 마다 10회 측정하여 평균 저항값( $\Omega$ /sq)을 구하였다.

표면저항 측정 방법은 Fig. 4와 같으며 대전 전압은 Eq. 2에 의해 계산하였다.

$$\rho_s = R_x(d_1 + g) \times \pi / g \quad [2]$$

$\rho_s$ : 표면고유저항

$R_x$ : 측정된 표면저항

$d_1$ : 내부 접촉 전극의 지름

$g$ : 접촉 전극 간의 거리

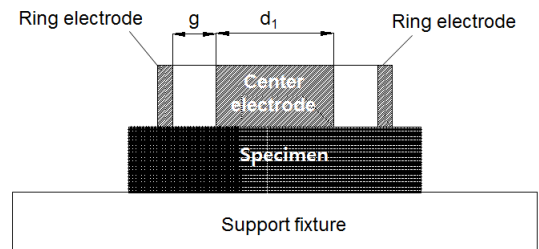


Fig. 4. Measurement of surface resistivity.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 대전방지제의 코팅량이 정전기 대전전압에 미치는 영향

Fig. 5는 대전방지제의 농도에 따른 코팅량의 변화와 대전방지제의 코팅량을 달리하여 펄프 몰드의 표면에 처리하였을 때 그에 따른 대전 전압의 변화를 나타내었다. Fig. 5의 (a)에서 보는 바와 같이 대전방지제의 농도가 높아질수록 펄프 몰드의 표면에 적용되는 대전방지제의 코팅량도 증가하였다. 또한 Fig. 5의 (b)에서 보는 바와 같이 대전방지제의 코팅량이 높아질수록 대전 효과가 급격히 떨어지면서 정전기가 거의 발생하지 않는 것을 확인할 수 있었다. 대전방지제의 농도가  $45 \text{ g/m}^2$ 를 넘어 서면서 농도에 따른 대전 전압의 차이는 크게 나타나지 않았기 때문에 대전방지제의 코팅량이  $45 \text{ g/m}^2$  수준이 대전방지제의 적정 농도인 것으로 판단되었다.

Table 1은 대전방지제의 코팅 농도와 코팅 횟수에 따른 코팅량의 변화를 보여준다. 각 코팅 농도별로 코팅 횟수가 증가할수록 코팅량이 증가하였다. Fig. 6은 대전방지제의 도포 횟수에 따른 대전 전압의 변화를 보여준다. 앞서 살펴본 바와 같이 대전방지제의 농도가 증가할수록

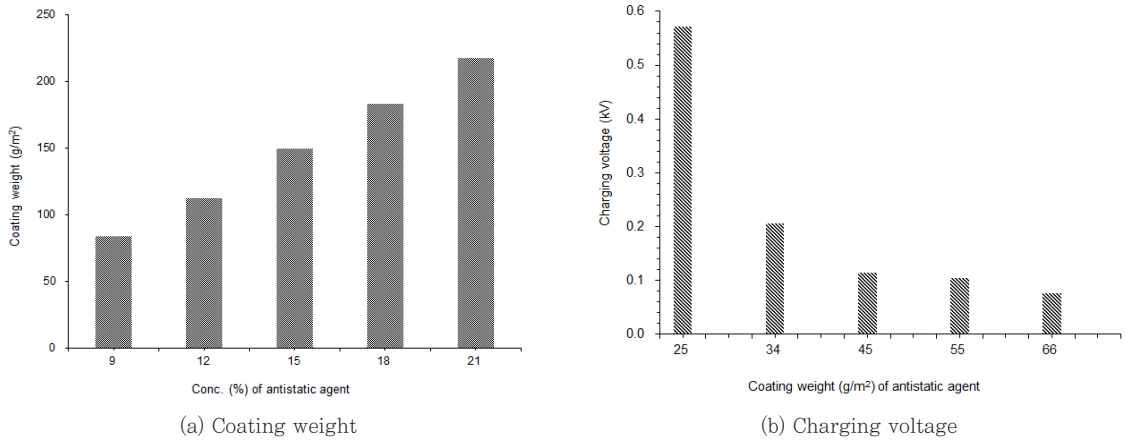


Fig. 5. Effect of coating weight of the antistatic agent on charging voltage at 21.8°C and RH 21%.

Table 1. Coating weight change by coating frequency of the antistatic agent

Coating frequency (no.)	Concentration (%) of antistatic agent			
	0	5	10	15
1	0	49	95	143
2	0	50	102	150
3	0	53	104	158

정전기 대전전압이 빠르게 감소하는 것을 확인할 수 있었고, 특히 대전방지제의 도포 횟수가 1회에서 3회로 증가할수록 대전전압이 무처리보다 96~99% 수준까지 감소하였다. 대전방지제의 농도가 10% 이상일 때에는 두 번 이상의 표면 도포 처리가 정전기 방지 효과에 있어서 큰 차이를 만들지는 않았다. 대전방지제의 도포 횟수가 많아질수록 대기 중의 수분과 결합할 수 있는 친수성기가 펄프 몰드의 표면에 많이 분포되기 때문에 몰드 표면의 대전(static electricity)이 빠르게 감소하게 되고, 이로 인해 정전기의 발생이 현저하게 줄어드는 결과를 초래한 것으로 보인다. 몰드 표면의 대전이 높아지면 몰드에 포장되는 전자제품과 접촉하게 되었을 때 매우 강한 전기 충격이 발생하면서 전자제품에 심각한 손상을 입히게 된다. 이를 방지하기 위해서는 몰드 표면의 대전을 감소시키는 것이 가장 중요한다. 이를 위해서는 펄프 몰드 포장재를 다습한 환경에서 보관하든가 아니면 펄프 몰드 포장재의 표면에 대전 방지제, 즉 대전방지제를 처리하여 펄프 몰드의 표면에 축적되는 전자(-) 혹은 양성자(+)의 양을 감소시켜야 한다. 여기서 처리한 대전방지

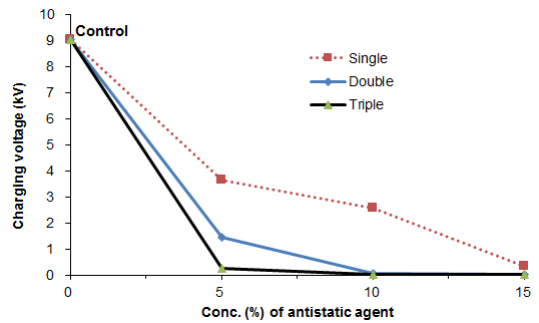


Fig. 6. Effect of coating frequencies on charging voltage at 21.8°C and RH 21%.

제는 펄프 몰드의 표면에 수분 흡착 능력을 향상시켜 대전 전하량을 감소시키는 데 기여한 것으로 보인다. 이것은 펄프 몰드 표면의 저항 측정을 통해 쉽게 알 수 있다.

### 3.2 대기습도에 따른 정전기 대전전압의 변화

정전기의 대전 특성은 습도와 매우 높은 상관관계가 있으며 겨울철과 같이 매우 건조한 환경 하에서는 대부분의 물체는 매우 빠르게 대전하기 때문에 정전기에 따른 피해가 상당히 많이 발생한다. 따라서 대전 방지를 위해 대전 물체가 놓여 있는 주위 환경의 습도를 높이는 것이 매우 중요하며, 이것은 대전방지제의 효과를 극대화시키는 데에도 매우 유효하게 작용한다. 구체적으로는 수증기의 방출, 물 분무, 가습기의 사용 등과 같이 측정 환경의 상대 습도를 65% 이상으로 하는 것이 정전기 (static electricity)의 양을 감소시킬 수 있는 것으로 알려져 있다.<sup>5)</sup>



Fig. 7은 대전방지제를 처리한 펄프 몰드가 놓여 있는 환경의 상대습도에 따라 펄프 몰드의 대전 전압이 어떻게 영향 받는가를 보여준다. 상대습도의 조절은 디지털 제어 가능한 가습기와 제습기를 사용하여 진행하였다. 각각의 대전방지제 농도에서 상대습도가 21%에서 23% 이상으로 높아지면서 정전기 대전전압이 급격히 낮아지는 것을 확인 할 수 있었다. 특히 상대습도가 45%일 때는 20%대 수준에 비해서 대전방지제의 처리 농도에 관계없이 현저히 낮은 값을 나타내었다. Table 2는 반도체 소자별 정전기 파괴 민감 전압을 나타내는데, 각 종류별로 최소 30 V, 최대 7,000 V까지 다양한 정전기 발생 범위를 보이고 있다. 그러나 본 연구에서 적용된 대전방지제의 농도 12% 수준 이상에서는 겨울철과 같이 대기 중의 수분이 거의 없는 매우 건조한 조건에서도 반도체의 종류에 관계없이 정전기로 인한 피해 자체를 원천적으로 차단할 수 있음을 확인할 수 있었다. 펄프 몰드의 경우에는 반도체 자체를 포장하기 보다는 반도체를 일부

부품으로 채택한 전자제품을 포장하는 용도로 사용되기 때문에 반도체보다도 훨씬 더 높은 민감 전압 범위가 적용될 것이고, 이에 따라 전자제품 포장에 사용되는 펄프 몰드는 정전기를 완전히 차단할 수 있을 것으로 기대할 수 있을 것이다.

### 3.3 대전방지제의 농도에 따른 표면저항

표면저항을 측정하는 것은 정전기 대전전압을 측정하는 것 보다 쉽고, 재현성(reproducibility)이 크다. 따라서 정전기적 성질을 표시하는데 확립된 표준 시험법들은 모두 이 고유저항치에 기초를 두고 있다. 물질의 고유저항과 그 물질에 발생하는 정전기량 사이에는 분명한 상호관계가 있음은 여러 연구결과에서 밝혀졌다. Valko와 Tesoro는 최근 표면 고유저항과 정전방지 상호관계를 연구한 결과 일반적으로 Table 3에 표시한 등급에 따라 정전기 방지 정도를 분류하였다.<sup>11)</sup> 한편 Table 3은 미국의 Military Standard에 근거하여 표면저항치를 세 가지로 분류하고 있는 것을 나타낸 것이다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 대상 물체 혹은 포장재의 표면저항이 낮을수록 이들 물체와 접촉하고 있는 대기 및 다른 물체로의 전자 이동(즉, 도전)이 쉽게 이루어져 정전기로 인한 충격을 방지할 수 있다. Table 3과 Table 4에 기준하여 볼 때 펄프 몰드의 표면저항 LogR 값이 12 이하가 된다면 정전 방지 효과가 우수한 것으로 간주할 수 있다.

Table 2. Susceptible voltages of various electronic devices<sup>11)</sup>

Electronic devices	ESD* susceptible voltages (Volts)	Electronic devices	ESD* susceptible voltages (Volts)
VMOS	30-1800	CMOS	250-3000
MOSFET	100-200	Schottky Diodes	300-2500
GaAs FET	100-300	Film Registers	300-3000
EPROM	100-150	Bipolar Transistors	300-7000
JFET	140-7000	SCR	680-1000
OP-AMP	190-2500	SCHOTTKYTT Lligic	1000-2500

\* ESD: Electrostatic discharge.

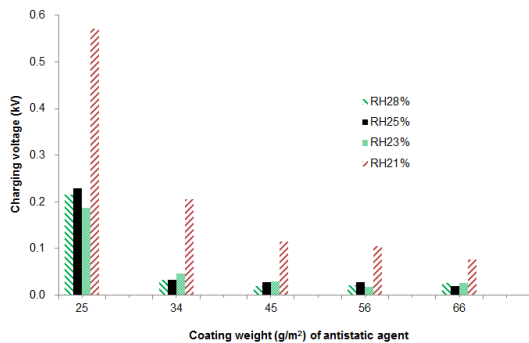


Fig. 7. Effect of relative humidity on charging voltages at 21.8°C.

Table 3. Static propensity and surface resistivity<sup>10)</sup>

LogR, Ω	Antistatic protection
>13	Nil
12-13	Poor
11-12	Moderate
10-11	Good
<10	Excellent

Table 4. Classification of conductive materials based on Military Standard in USA<sup>11)</sup>

LogR, Ω	Classification of conductive materials
<5	Conductive
5-9	Static Dissipative - dissipative
9-14	Antistatic

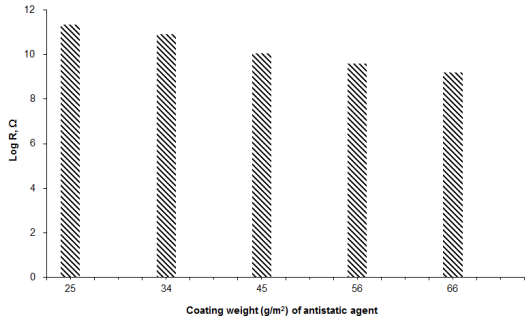


Fig. 8. Effect of concentration of the antistatic agent on charging voltages at 21.8°C and RH 21%.

Fig. 8에서는 대전방지제(대전방지제)의 농도를 달리 하여 펄프몰드의 표면에 처리하였을 때 대전방지제의 농도에 따른 표면저항 변화를 보여준다. 대전방지제의 농도가 높을수록 펄프몰드의 표면저항은 감소하였고, 9% 이상의 농도에서 표면저항이 12 Ω 미만으로 낮아짐으로써 정전기 방지 효과를 갖는 것으로 나타났다. 참고로 컴퓨터 부품을 포장할 때 사용되는 플라스틱 포장소재의 표면저항은 11.18 Ω 이었다.

Fig. 9는 대전방지제의 농도와 상대습도에 따른 표면저항 변화를 보여준다. 대전방지제의 각 농도별로 상대습도 21-25% 범위에서는 표면저항에 있어서 큰 차이를 보이지 않았고, 상대습도가 45%로 높아지면 표면저항이 9 Ω 이하로 매우 크게 낮아졌다. 또한 대전방지제의 농도가 증가함에 따라 상대습도의 크기에 관계없이 표면저항이 감소하였다. 결론적으로 상대습도가 펄프몰드의 대전저항에 밀접한 관련이 있음을 확인할 수 있었

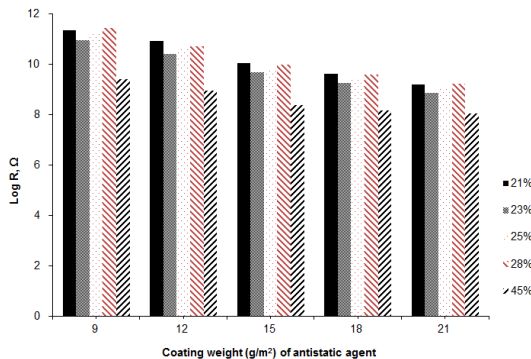


Fig. 9. Effect of concentration of the antistatic agent and relative humidity on charging voltages at 21.8°C.

고, 대전방지제의 농도가 15% 이상이 될 경우 각 농도별 표면저항에 있어서는 큰 차이를 보이지 않았다.

### 3.4 대전방지제의 처리 농도에 따른 펄프 몰드의 함수율 변화

Fig. 10은 대전방지제의 농도에 따른 펄프몰드의 함수율 변화를 보여준다. 여기에서 볼 수 있는 바와 같이 대전방지제의 처리 농도가 높아짐에 따라 펄프몰드의 함수율이 증가하는 것을 쉽게 확인할 수 있다. 대전방지제의 농도가 12% 이상이 되면서 펄프 몰드의 함수율은 10% 이상 높아졌고, 대전방지제의 농도가 15% 보다 커지면서 함수율 증가폭은 줄어들었다. 대전방지제가 처리된 펄프몰드는 대전방지제의 친수성기가 바깥쪽으로 배향되면서 대기 중으로부터 수분 흡착이 급격히 일어나 펄프몰드의 함수율 증가에 크게 기여한 것으로 보인다. 펄프몰드의 수분흡착이 증가하며 앞서 살펴본 바와 같이 대전전압 및 표면저항을 감소시켜 펄프몰드에 정전기를 차단할 수 있는 능력을 부여하게 된다.

### 3.5 대전방지제의 처리가 처리된 펄프 몰드의 표면 관찰

펄프 몰드는 대부분 신문지나 CPO(Computer Printed Out)와 같은 고지로 만들어지고, 이들 원료로 인해 미세 먼지(fiber dust)가 상당히 발생한다. 이를 방지하기 위해서는 펄프몰드의 원료로 사용되는 고지 섬유를 해리한 후 몰드의 성형 장치로 이송하기 전에 미세 섬유 탈리(detachment)를 방지할 수 있는 첨가제를 넣어 주거나 제조된 펄프 몰드의 표면을 분진 방지제를 피복하

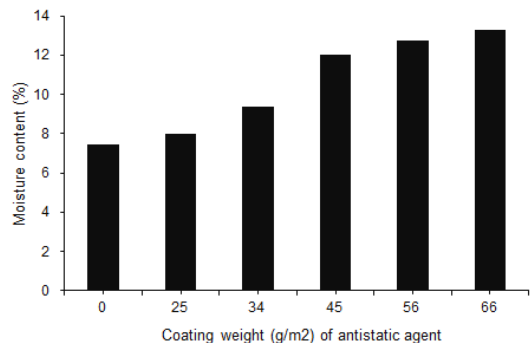


Fig. 10. Change of moisture contents of molded pulps by different concentration of the antistatic agent.

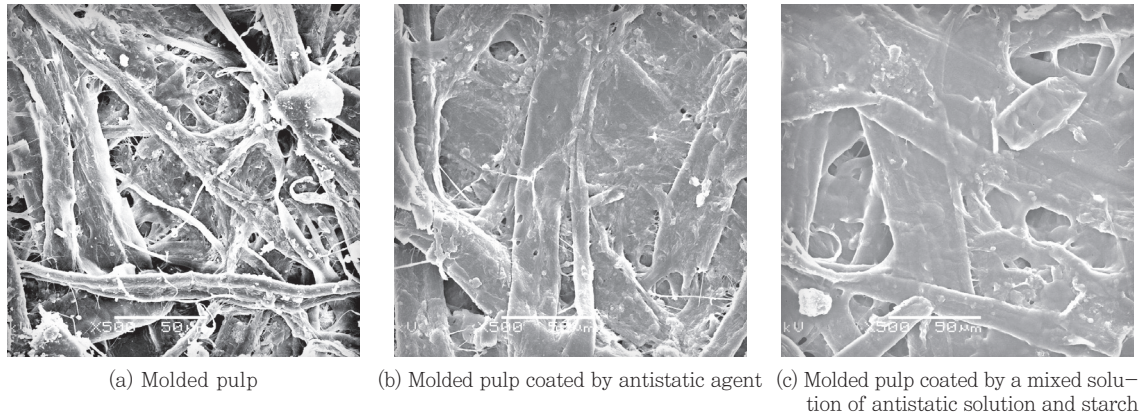


Fig. 11. SEM images of molded pulps coated by the antistatic agent.

는 방법을 사용하여야 한다. Fig. 11의 (a)에서 보는 바와 같이 대전방지제가 처리되지 않은 펄프 몰드의 경우에는 표면 조직이 매우 거칠고 요철이 매우 심하다. 이러한 펄프 몰드의 경우에는 건조나 포장, 또는 사용 중에 표면 조직으로부터 미세 섬유들의 탈리가 지속적으로 일어나 분진 문제를 야기함으로써 포장된 제품에 손상을 일으킬 수 있다. 그러나 Fig. 11의 (b)는 대전방지제만 처리된 펄프 몰드의 표면을 보여주고 있는데 대전방지와 호화된 전분을 1:1로 혼합하여 처리한 펄프 몰드의 표면(Fig. 11의 (c))과 마찬가지로 표면 조직이 완전히 피복되어 있어 섬유의 탈리를 원천적으로 방지할 수 있다. 즉, 대전방지제를 처리하게 되면 대전방지 효과와 더불어 펄프 몰드에서 빈번하게 발생하는 분진 문제를 함께 해결할 수 있을 것으로 기대할 수 있었다.

#### 4. 결론

대전방지제를 사용하여 펄프 몰드 포장소재로 인해 발생할 수 있는 정전기의 대전 전압을 감소시키고자 하였다. 대전방지제의 농도를 증가시킴에 따라 펄프 몰드의 대전전압과 표면저항을 감소시킬 수 있었다. 특히 대전방지제의 농도가 15% 이상일 때에는 겨울철과 같이 매우 낮은 습도에서도 정전 분산(static dissipative) 범위에 들었고, 전자 부품 포장백으로 사용되는 정전기 방지용 플라스틱 백이 갖는 정전기 방지 효과보다도 우수한 결과를 나타내었다. 펄프 몰드가 놓인 환경에서 상대습도를 높게 할수록 대전방지제의 농도에 상관없이 펄프

몰드의 대전전압과 표면저항이 낮게 측정되어 정전기 방지 효과가 향상되었다. 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 시편 표면의 형상을 관찰한 결과 대전방지제가 펄프 몰드의 표면을 완전히 피복하여 대전방지 효과와 함께 분진 방지 효과를 동시에 얻을 수 있었다.

#### Literature Cited

1. Dhogal, P. S., Basic Electrical Engineering, Vol. 1, Tata McGraw-Hill, p. 41 (1986).
2. Li, C., Liang, T., Lu, W., Tang, C., Hu, X., Cao, M., and Liang, J., Improving the anti-static ability of polypropylene fibers by inner antistatic agent filled with carbon nanotubes, Composites Science and Technology 64:2089 - 2096 (2004).
3. Chang, Y. M., Chung, J. H., Lee, K. H., Cha, Y. S., Chung, C. K., and Lee, D. C., A study on the electrostatic characteristics of the materials treated by antistatic additives, Journal of the Korean of Safety 10(1):20-27 (1995).
4. Robinson, K. and Durkin, W., Electrostatic issues in roll-to-roll manufacturing operations, IEEE Transactions on Industry Applications 46(6):2172-2178 (2010).
5. Tani, A., Ezoe, M., Abe, N., Murakami, Y.,



- Hozumi, N., and Nagano, M., A study on the antistatic agent behavior by space charge observation, 2004 International Conference on Solid Dielectrics, Toulouse, France, July 5–9, pp. 190–192 (2004).
6. Trost, T., Electrostatic discharge (ESD) — Facts and faults — A review, *Packaging Technology and Science* 8:231–247 (1995).
  7. Chow, W. S. and Tham, W. L., Effects of anti-static agent on the mechanical, morphological and antistatic properties of polypropylene/organo-montmorillonite nanocomposites, *eXPRESS Polymer Letters* 3(2):116–125 (2009).
  8. Park, E. S., Cho, E. B., and Kim, D., Synthesis of acryl phosphate antistatic agent and its effect on the antistatic, thermal and mechanical properties of PMMA, *Macromolecular Research* 15(7):617–622 (2007).
  9. Pritchard, G., Antistatic agents, In *Plastic Additives*, Polymer Science and Technology Series Vol. 1, Chapman & Hall, London, pp. 108–114 (1998).
  10. Hersh, S. P., The electrostatic characteristics of textile materials, *Polymer-Plastics Technology and Engineering* 3(1):29–48 (2008).
  11. Lee, D.-C., Lee, D.-H., Jung, J.-H., Hwang, M.-H., Byun, H.-S., and Tabata, Y., *Fundamentals of Antistatic Electricity and Prevention of Disturbance and Disaster*, Woongbo Publisher, Korea (1991).