

## 접촉각 측정을 통한 스틱키의 표면화학적 특성 분석

박 일 · 이학래<sup>†</sup>

(2005년 2월 16일 접수: 2005년 5월 20일 채택)

## Analysis of the Surface Characteristics of Microstickies by Contact Angle Measurement

Il Park and Hak Lae Lee<sup>†</sup>

(Received on February 16, 2005: Accepted on May 20, 2005)

### ABSTRACT

Increase in the utilization rate of recycled paper has significantly increased the problem associated with stickies. Despite the effort to eliminate contaminants from recycled furnishes, stickies are still the most serious obstacle in using recycled paper. The amount of micro stickies that are too small to be eliminated by screening, tends to increase significantly as the closure level of white water system is increased and the quality of raw material deteriorates. To establish a process efficient in removing micro stickies is strongly required. In this study, the surface characteristic of micro stickies was investigated with contact angle measurement.

Surface energies of MCC, PSA film and model micro stickies were 53.37 mN/m, 29.75 mN/m, and 29.63 mN/m, respectively. This indicates that the surface characteristic of MMS is very similar to PSA. Thus, solvent coating of PSA and evaporation of the solvent provided excellent model micro stickies for flotation experiment.

*Keywords* : stickies, contact angle, surface energy, hydrophobic, MCC

---

• 서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부 환경재료과학전공 (Major in Environmental Materials Science, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, South Korea)

† 주저자 (Corresponding author) : E-mail ; lhakl@snu.ac.kr

## 1. 서론

골판지 고지(old corrugated containers : OCC)를 원료로 이용하여 제품을 만드는 제지공정의 가장 큰 문제점 가운데 하나는 고지에 존재하는 점착성 이물질에 의해 주로 발생된다.<sup>1)</sup> 점착성 이물질, 즉 스틱키(stickies)는 주로 고지에 함유되어 있는 핫벨트와 점착성 테이프, 라벨 등에 포함된 점착제, 도공파지 혹은 잡지에 포함된 라텍스와 잉크, 복사 토너 등의 고분자 물질로 공정을 악화시키고 제품 품질을 저하시키는 결과를 초래한다.<sup>2)</sup>

이러한 점착성 성질을 가지고 있는 이물질은 초지 시 와이어나 펄트, 드라이어 패브릭과 실린더 등에 침적되어 지절을 발생시키고 생산성을 저하시키는 요인이 되며, 제품의 외관상 상품가치를 저하시킬 뿐만 아니라 최종 제품의 강도 및 가공적성에도 영향을 미친다. 더욱이 환경보호 및 용수 절감을 위해 초지 공정의 폐쇄화가 진행됨에 따라 스틱키의 공정수 내 축적은 증가하고 있는 추세이다. 스틱키는 크기에 따라 매크로 스틱키와 마이크로 스틱키로 구분된다. 매크로 스틱키는 일반적으로 150  $\mu\text{m}$  이상의 크기를 가지는 점착성 이물질을 말하며, 마이크로 스틱키는 그 이하의 크기를 가지는 점착성 이물질을 일컫는다.<sup>3)</sup> 스틱키는 또 성질에 따라 일차 스틱키와 이차 스틱키로 구분되기도 한다.<sup>4)</sup> 일차 스틱키는 그 점착성질이 변하지 않고 공정상에서 일정한 점착성질을 가지고 있는 점착성 이물질이며, 이차 스틱키는 계 내에서 분산된 상태로 존재하다가 pH, 온도 등과 같은 주위 환경의 변화에 의하여 점착성질을 띠게 되는 스틱키를 말한다.<sup>5)</sup>

초지공정에 존재하는 점착성 이물질은 스크린이나 크리닝을 통해 제거가 어려운 직경이 20-200  $\mu\text{m}$ 인 것이 대부분이므로 부유부상에 의해 효과적으로 제거될 수 있는 크기를 지니고 있다고 할 수 있다. 특히, 이러한 이물질은 대부분 소수성을 띠고 있어 소수성을 선택적으로 분리할 수 있는 단위장치인 부유부상 셀에 의해 효과적으로 제거될 수 있다고 알려져 있다.<sup>6)</sup> 부유부상에 의한 스틱키의 제거를 촉진시키기 위해서는 먼저 스틱키의 표면특성에 관한 정확한 분석이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 초지공정과 제품 품질에 심각한 저해요인이 되는

점착성 이물질 가운데 가장 비율이 높은 PSA (Pressure sensitive adhesive)를 크기가 균일한 microcrystalline cellulose(MCC)에 코팅시켜 모델 마이크로 스틱키를 제조하고, 이러한 모델 물질의 표면특성을 접촉각 측정을 통해 분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 실험 재료

균일한 입자크기를 가지는 물질에 감압 점착제 (pressure sensitive adhesive : PSA)를 코팅시켜 model micro stickies(MMS)를 제조하기 위해 Mingtai chemical사의 평균 입도가 60  $\mu\text{m}$ 인 MCC를 사용하였다 (Fig. 1).

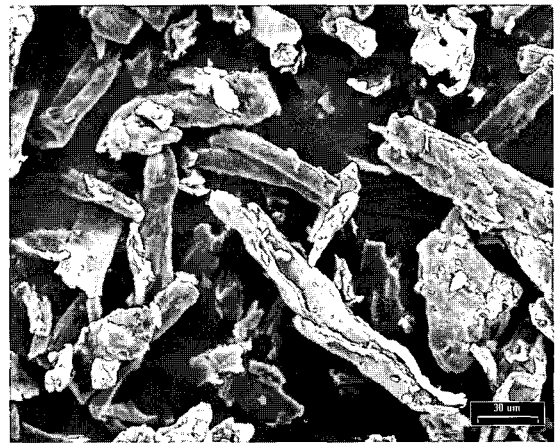


Fig. 1. SEM photo of MCC.

MCC에 PSA를 용매 코팅하기 위하여 순도 99%인 diethyl ether를 용매로 사용하였다. 마이크로 스틱키의 모델 물질로 polyvinyl acrylate (PVA) 타입의 라벨 테이프용 점착제를 사용하였으며 특징은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of PSA

Name	SAMVINOL HI-1
Solvent	Toluene
Solids content	30%
Viscosity	1,000±200 cPs/30°C

**Table 2. Properties of liquids used for measuring the advancing contact angle**

mN/m	Diiodomethane (CH <sub>2</sub> I <sub>2</sub> )	Distilled water (H <sub>2</sub> O)	Ethylene glycol (CH <sub>2</sub> OH) <sub>2</sub>
Surface energy ( $\gamma$ )	50.80	72.80	48.00
Dispersive component ( $\gamma^{LW}$ )	50.80	21.80	29.00
Polar component ( $\gamma^{AB}$ )	0	51.00	19.00
Acid component ( $\gamma^+$ )	0	25.50	1.92
Base component ( $\gamma^-$ )	0	25.50	47.00

접촉각을 이용하여 제조된 MMS의 표면화학적 분석을 위해서 순도 99.9%의 ethylene-glycol, diiodomethane 그리고 증류수를 사용하였다 (Table 2).

## 2.2 실험 방법

### 2.2.1 모델 마이크로 스틱키(MMS) 제조

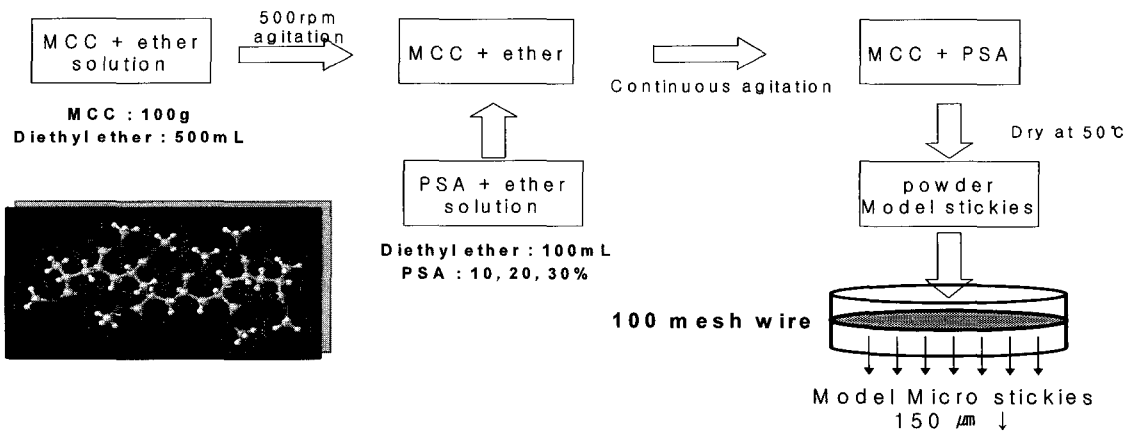
MCC 100 g을 500 mL의 diethyl ether에 넣고 충분히 교반한 뒤 여기에 MCC 전건무게 대비 10%, 20%, 30%의 PSA를 100 mL의 diethyl ether에 용해시켜 투입하고, 50°C에서 4시간 동안 evaporator의 비커 내에서 교반하면서 diethyl ether를 휘발시켜 MCC에 PSA가 고르게 코팅되도록 하였다. 이러한 과정을 통하여 PSA가 도피된 백색 분말상의 MCC로 model micro stickies를 제조하고 100 mesh 진동 스크린을 이용하여 60~150  $\mu$ m의 크기를 지니는 모델 마이크로 스틱키(model micro stickies : MMS)로 제조하였다. Fig. 2는

MMS 제조과정을 도식적으로 나타낸 것이다.

Fig. 3은 모델 스틱키를 100 mesh로 분류한 후의 사진이며, Fig. 4는 이를 45°C 증류수에서 10분간 교반한 후 현미경 사진을 보여주고 있다. Fig. 4의 MMS가 Fig. 3보다는 좀 더 분산되어져 있는 것을 확인할 수가 있다. 하지만 부분적으로 MMS가 재응집된 현상도 관찰할 수 있었다. 이것은 교반 속도 1800 rpm에서 발생하는 전단력에 의해 응집된 초기 MMS가 분산되는 것을 보여준다. 그러나 대부분의 MMS는 교반 후에도 부유부상에 적당한 크기를 유지하고 있음을 알 수 있었다.

### 2.2.2 PSA와 MMS 표면 특성 평가

PSA에 대한 액체의 접촉각을 측정하기 위해 유리판 위에 PSA를 도피하였다. Glass plate로는 75×25×1 mm의 크기 가지고 있는 micro slide glass plate를 사용하였다. 유리판 위에 존재하는 이물질들을 아세톤으로 3회에 걸쳐 세척한 다음 상온



**Fig. 2. Preparation of model micro sticky using MCC and PSA.**

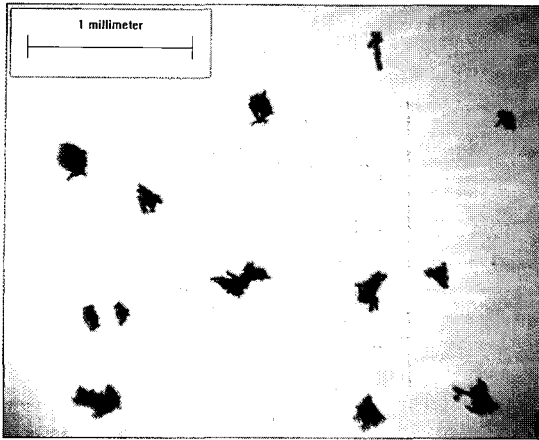


Fig. 3. Image of MMS after 100mesh screening.



Fig. 4. Image of MMS after agitating at distilled water of 45°C.

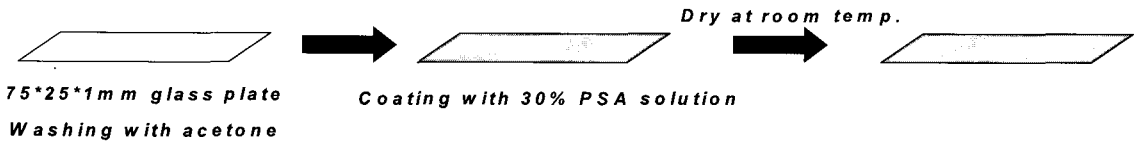


Fig. 5. PSA film coated by 30% PSA solution.

에서 건조시켰다. 여기에 500 mL의 diethyl ether에 150 g의 PSA를 용해시켜 30% PSA solution을 만들고 아세톤으로 세척된 유리판을 함침시켜 일정한 PSA로 균일하게 코팅하고 건조시켜 PSA film을 제조하였다 (Fig. 5).

일정한 양의 물방울이 소수성을 띄고 있는 고체 표면위에 놓여진다면 고체 표면 위의 물방울은 표면을 적시지 못한다. 이러한 물방울의 모양은 Fig. 6에서와 같은 고체-액체, 액체-기체, 기체-고체간의 표면 자유에너지에 의해 결정된다. 이와 같이 3가지 계면에 의해 어떤 고체 위에 형성된 액체 방울이 평형인 상태에 도달했을 때 액체 방울이 기체 및 고체와 접한 위치에서 액면을 따라 그은 점선과 고체사이의 각도를 접촉각이라 말하며, 이는 3가지의 계면에너지( $\gamma$ ) 즉, 액체와 기체간의 계면 에너지( $\gamma_L$ ), 고체와 기체간의 계면 에너지( $\gamma_S$ ) 그리고 액체와 고체간의 계면 에너지( $\gamma_{SL}$ )들과의 관계에 의해 결정된다<sup>7)</sup>(Fig. 6). 액체에 의한 고체의

젖음과 접촉각의 관계는 Young의 식 Eq. [1]과 같이 나타낼 수 있다.<sup>8)</sup>

$$\gamma_S - \gamma_{SL} = \gamma_L \cos \theta \quad [1]$$

여기에서  $\gamma_S$ 는 고체의 표면에너지,  $\gamma_{SL}$ 은 고체와 액체의 계면에너지,  $\gamma_L$ 은 액체의 표면장력,  $\theta$ 는 접촉각이다.

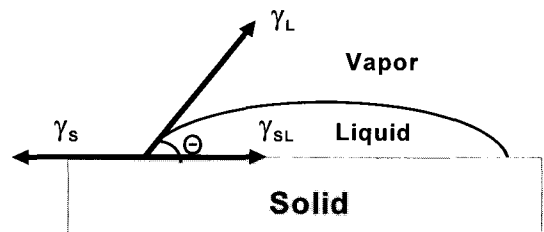


Fig. 6. Shape of a small droplet on the solid surface.

건조된 PSA가 코팅된 유리판상에서 액체의 접촉각을 측정하였다. 접촉각 측정 마이크로미터 주사기를 이용하여 일정량(5 μL)의 액체 방울을 PSA film위에 떨어뜨린 후 액체 방울과 고체 표면이 만났을 때의 화상을 CCD카메라를 이용하여 30초 동안 1초 간격으로 캡처하였다. 캡처된 화상은 화상분석 프로그램을 이용하여 접촉각을 자동적으로 계산하였다.

2.2.3 Advancing contact angle 측정

제조된 모델마이크로 스틱키(MMS)의 표면 화학적인 특성을 평가하기 위해 일차적으로 분말상의 MMS 0.3 g을 Fig. 8과 같은 IR 원판 제조용 프레스 셀에 넣은 다음 60초 동안 압력을 가하여 직경 16.01 mm, 두께 1.61 mm의 MMS 원판을 제조하였다. 원판 제조 시 압력은 3.76 kN/cm<sup>2</sup> 으로 하였다.

PSA 코팅양이 MCC 전건 무게 대비 10, 20, 30%인 MMS의 접촉각 측정용 원판을 앞의 방법으로 제조하고 Krüss사의 Tensiometer K12/ K14 (Fig. 7a)를 이용하여 Table 1에 나타난 액체의 접촉각을 측정하였다. Fig. 7은 증류수를 이용한 PSA의 코팅 양에 따른 원판의 접촉각 측정 그래프를

나타낸 것으로 원판의 함침 위치에 따른 측정값들을 보여주고 있다. 여기서 측정된 값(F)은 MMS 원판이 액체에 함침되는 동안 원판의 함침 위치에 따라 Fig. 9c와 같이 측정되어지며 측정된 값(F)과 측정 액체의 표면장력(σ) 그리고 wetted length(L)를 Eq. [3]에 대입하여 접촉각(θ)을 산출하였다 (Fig. 7b).<sup>9)</sup>

$$F = L \cdot \gamma \cos \theta \tag{2}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{F}{L \cdot \gamma} \right) \tag{3}$$

- θ : dynamic contact angle
- F : measured force
- L : perimeter of the plate
- γ : surface tension of the liquid

2.2.4 접촉각을 이용한 표면에너지 평가

주지하는 바와 같이 표면은 액체와 고체에서 관찰되며 표면에 위치한 분자는 내부의 분자와 다른 환경에 처해 있기 때문에 표면장력 혹은 표면 에너지와 같은 표면현상이 발생한다. 액체 내부에 존재하는 액체 분자의 경우에는 주위에 모두 액체 분자

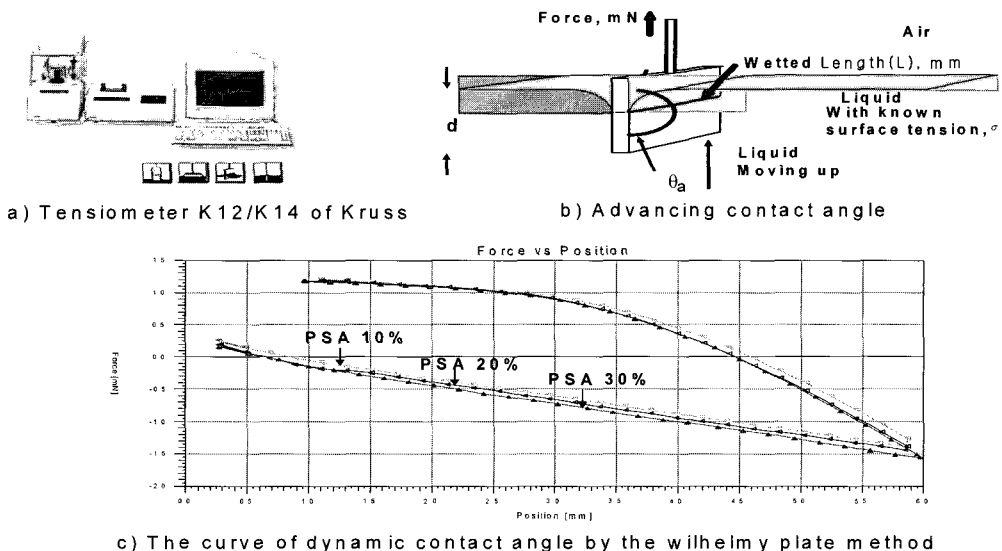


Fig. 7. Measurement of dynamic contact angle by the Wilhelmy plate method.

가 존재하기 때문에 분자 사이에 작용하는 인력이 어느 쪽으로도 치우치지 않은 상태로 존재하지만 액체 표면에 존재하는 액체 분자는 상부에 인접한 공기 분자에 의한 인력이 하부에 위치한 액체 분자에 의한 인력보다 월등히 작기 때문에 분자간 인력의 불균형이 발생하고 결과적으로 하부에 위치한 조밀한 액체 분자에 의해 액체 내부로 이끌리는 현상이 발생한다.

이와 같은 불균일한 인력 분포로 인하여 표면에 존재하는 액체 분자는 액체 내부로 이끌리고 있으며 따라서 표면의 액체 분자수는 줄어드는 경향을 보이게 된다. 반대로 말하면 액체 내부로부터 분자를 표면으로 이동시키는 데는 일이 필요하게 된다. 즉 액체의 표면을 증가시키기 위해서는 에너지가 필요하게 된다. 단위면적의 액체 표면적을 증가시키는데 소요되는 일(mN/m)을 표면장력(surface tension) 또는 표면에너지(surface energy)라고 부른다. 이와 같은 표면에너지의 개념은 고체 표면에 도록 같이 적용될 수 있으며 이는 접촉각 측정이나 인버스 가스 크로마토그래피(inverse gas chromatography) 등의 방법으로 평가될 수 있다.<sup>10)</sup>

접촉각 측정에 의한 물질의 표면에너지 분석 방법 가운데 van Oss에 의한 Lifshitz-van der Waals/acid-base (LW/AB) 산출 방법이 많이 사용되고 있다.<sup>11)</sup> 본 연구에서도 이 방법을 표면에너지 분석에 사용하였다. 이 방법은 아래와 같이 요약할 수 있다.

물질의 전체 표면에너지( $\gamma^{TOT}$ )는 Eq. [4]와 같이 비극성 성분( $\gamma^{LW}$ )과 극성 성분( $\gamma^{AB}$ )으로 나눌 수 있다.<sup>12)</sup>

$$\gamma^{TOT} = \gamma^{LW} + \gamma^{AB} \quad [4]$$

이 가운데  $\gamma^{AB}$ 는 Lewis acid-base에 의해 나타나는 표면에너지를 의미하며, 이는 다시 electron-donor인  $\gamma^-$ 와 electron-acceptor인  $\gamma^+$ 의 상호작용으로 나타낼 수 있고, 다음 Eq. [5]와 같이 표현된다.

$$\gamma^{AB} = 2\sqrt{\gamma^- \gamma^+} \quad [5]$$

또한 고체(S)와 액체(L)사이의 계면에너지  $\gamma_{SL}$ 은 Eq. [6]과 같이 주어진다<sup>13)</sup>.

$$\gamma_{SL} = (\sqrt{\gamma_S^{LW}} - \sqrt{\gamma_L^{LW}})^2 + 2(\sqrt{\gamma_S^+ \gamma_L^-} + \sqrt{\gamma_S^- \gamma_L^+} - \sqrt{\gamma_S^+ \gamma_L^-} - \sqrt{\gamma_S^- \gamma_L^+}) \quad [6]$$

Young과 Dupre의 공식을 조합하면 Eq. [7]을 얻을 수 있으며, 여기에 Eq. [4]를 대입하여 정리하면 아래의 Eq. [8]을 유도할 수 있다.

$$\gamma_L(1 + \cos \theta) = \gamma_S + \gamma_L - \gamma_{SL} \quad [7]$$

$$\gamma_L(1 + \cos \theta) = 2(\sqrt{\gamma_S^{LW} \gamma_L^{LW}} + \sqrt{\gamma_S^- \gamma_L^+} + \sqrt{\gamma_S^+ \gamma_L^-}) \quad [8]$$

따라서 임의의 물질의 표면에너지를 구성하는 세 가지 성분은, 액체 가운데 비극성성분( $\gamma_L^{LW}$ ), 극성성분( $\gamma_L^{AB}$ ), 산 혹은 염기 성분( $\gamma_L^-, \gamma_L^+$ )을 알고 있는 두 종류의 극성 액체와 한 종류의 비극성 액체를 이용하여 이들의 접촉각을 측정하고, 이로부터 얻어지는 세 연립방정식의 해를 구함으로써 산출할 수 있다. 이 때 사용되는 액체의 표면장력(표면에너지)과 이들의 비극성, 극성, 산 및 염기 성분은 문헌에 나타나 있다.<sup>14)</sup>

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 PSA 필름의 표면 특성

MCC에 PSA를 코팅시켜 제조한 모델 스틱기의 소수화 정도, 표면에너지, 비극성 성분(dispersive component) 및 극성 성분(polar component)등의 표면 특성을 sessile drop방법에 의해 평가하였다. 30% PSA solution을 이용하여 PSA가 코팅된 glass plate 표면의 접촉각을 두 가지 극성 액체와 하나의 비극성 액체를 이용하여 측정하였다.

**Table 3. Surface energy parameters of cellulose and PSA film**

	Total surface energy (mN/m)	Dispersive component (mN/m)	Polar component (mN/m)	Acid component (mN/m)	Base component (mN/m)
Cellulose	56.7	39.10	17.60	2.0	39.7
PSA film	29.75	29.6	0.15	0.0012	4.52

Fig. 8은 sessile drop 방법에 의해 측정된 3 가지 액체의 접촉각을 보여주고 있다. 측정에 사용된 액체는 표면 장력이 72.8 mN/m인 증류수와 50.8 mN/m인 diiodomethane 그리고 48 mN/m의 ethyleneglycol였다. 이들의 PSA film에 대한 접촉각은 각각 127°, 58.21°, 109.8°로 나타났다. 이러한 접촉각은 액체 표면 장력의 구성 성분 가운데 극성 성분 값의 크기 순서와 같았다. 즉 극성 표면 장력이 가장 큰 증류수가 127°로 가장 높은 접촉각을 보였으며 극성 성분이 전혀 없는 diiodomethane의 경우 58.21°로 가장 낮았다. 이는 PSA film 표면의 접촉각이 액체의 비극성 성분보다는 극성 성분에 의해 영향을 받는다는 것을 시사하고 있다.

측정된 세 가지 액체의 접촉각과 측정에 사용된 액체의 표면 장력 및 각 성분 값을 van Oss 공식인 Eq. [6]을 이용하여 Lifshitz-van der Waals/acid-base (LW/AB)값을 구하였다. 이를 통하여 산출된 전체 표면에너지와 비극성, 극성 값을 Table 4에 나타내었다. 여기서 비극성 값은 비극성 용액인 diiodomethane을 사용하여 얻어지며 산-염기 값은 증류수와 ethylene-glycol에 의해 산출되었다.

PSA film의 전체 표면에너지는 29.75 mN/m, 비극성 값(dispersive component)은 29.6 mN/m, 극성 성분은 0.15 mN/m로 측정되었다. 즉 전체 표면 에너지는 비극성 성분(99%)에 의해 결정되는 것으로 나타났다. 극성 성분 중 산 성분(acid component)의 경우 0.0012 mN/m로 상당히 작은 값을 나타내었으며 염기 성분 값(base component)의 경우 4.52 mN/m를 나타내었다. 염기성 성분의 경우 물질의 소수성 정도를 평가하는데 사용된다. 친수성 성질이 강한 셀룰로오스의 경우 염기성 값이 28 mN/m보다 큰 값(39.7 mN/m)을 지니고 있으며 반면 물에 녹지 않는 물질들은 그 이하의 값을 지니고

있다고 알려져 있다<sup>15)</sup>. 따라서 본 실험에서 4.52 mN/m의 염기성 값을 나타내고 있는 PSA film은 상당히 높은 소수성 성질을 지니고 있다고 할 수 있다.

### 3.2 MMS의 표면 특성

PSA가 코팅되지 않은 MCC와 PSA가 MCC 전진 무게 대비 10%, 20%, 30% 코팅된 파우더상의 MMS를 원판으로 제조하여 증류수와 ethylene-glycol 그리고 diiodomethane에 대한 액체의 전진 접촉각을 Wilhelmy plate 방법으로 측정하였다. 증류수에 대한 접촉각은 Fig. 9에서 보는 바와 같이 PSA로 코팅되지 않은 MCC의 경우 47.57°였으며, PSA 10%, 20%, 30%로 코팅시킨 MCC의 경우에는 각각 98.60°, 102.40°, 103.70°로 크게 증가하였다. MCC에 PSA가 10% 코팅된 경우 증류수의 접촉각은 급속히 증가하였으며, 20% 이상 코팅된 경우에는 거의 변화가 없이 일정한 값을 나타내었다.

MCC에 PSA의 코팅 양이 증가할수록 ethylene glycol에 의한 전진 접촉각은 PSA 0%-26.30°, PSA 10%-72.10°, PSA 20%-76.20° 그리고 PSA 30%-77.10°으로 나타나 증류수와 거의 같은 변화 경향을 보였다. 또한 diiodomethane의 경우도 PSA 0%-32.53°, PSA 10%-53.20°, PSA 20%-58.50° 그리고 PSA 30%-59.00°으로 ethylene-glycol과 같은 경향을 나타내었다.

따라서 20% 정도의 PSA로 MCC를 코팅하면 소수성이 강한 모델 스틱키를 제조할 수 있다고 판단되었다.

### 3.3 모델 마이크로 스틱키의 표면에너지

PSA의 코팅양이 다른 분말상 MCC를 원판으로 제조하여 접촉각을 측정한 다음 측정된 접촉각을 Eq. [8]에 대입하여 PSA 코팅 양에 따른 MCC의

**Table 4. Surface energy components of MMS**

	Total surface energy (mN/m)	Dispersive component (mN/m)	Polar component (mN/m)	Acid component (mN/m)	Base component (mN/m)
Cellulose <sup>a</sup>	56.7	39.10 (69)	17.60 (31)	2.00	39.70
MCC	53.37	43.14 (80)	10.23 (20)	1.06	24.70
PSA-10%	32.76	32.47 (99)	0.29 (1)	0.05	0.41
PSA-20%	29.63	29.44 (99)	0.19 (1)	0.05	0.18
PSA-30%	29.28	29.15 (99)	0.12 (1)	0.04	0.10

<sup>a</sup> Toussaint and Luner. (1993)

(%) total surface energy/dispersive or polar component

전체 표면에너지와 그 구성 요소인 비극성 성분, 극성 성분, 그리고 산-염기 성분을 산출하였다 (Table 5).

본래 친수성 MCC의 경우 표면에너지는 53.37 mN/m로 나타났으며, 이 가운데 비극성 성분이 43.14 mN/m, 극성 성분이 10.23 mN/m이었으나 PSA에 의해 코팅이 진행된 MCC의 경우 표면 에너지가 32.76 mN/m에서부터 29.28 mN/m로 급격한 감소를 보였다. 특히 극성 성분의 경우 거의 0에 가깝도록 감소되었으며 비극성 성분도 크게 감소되었다. 이에 따라 친수성 MCC의 경우 전체 표면 에너지의 80%를 점유하던 비극성 성분의 비율이 PSA가 코팅된 MCC의 경우에는 전체 표면 에너지의 99%까지 증가하였다.

Table 5에서의 셀룰로오스 또는 MCC의 경우 친수성 성질이 증가할수록 전체 표면에너지와 그 구성 성분 값이 증가한 것을 알 수 있다. 여기서 비슷한 표면 에너지를 가진 MCC와 셀룰로오스는 극성 성분 염기 값에서 가장 큰 차이를 보였다. 이러한 셀룰로오스와 MCC의 염기 성분이 다른 것은 결정화도(crystallinity)와 관계가 있다고 알려져 있다(16). MCC는 PSA에 의해 코팅되면서 상당히 낮은 산, 염기 값을 지니고 있어 표면이 강하게 소수화 되었으며, MCC의 표면 에너지는 비극성 성분에 의해 주로 결정된다고 할 수 있다.

PSA가 10%, 20%, 30% 코팅된 MCC의 전체 표면에너지는 각각 32.76 mN/m, 29.63 mN/m, 29.28 mN/m로 순수한 MCC의 53.37 mN/m보다는 크게 낮았으며 PSA 코팅 양이 20% 이상일 경우

에는 PSA 양에 관계없이 거의 일정한 값을 나타내었다.

Fig. 10은 PSA 코팅양이 10%, 20%, 30%인 MMS의 극성 성분을 도시한 것이다. MCC를 10%의 PSA로 코팅시킬 경우, 즉 코팅 초기에 극성 성분의 값이 더욱 크게 감소하였으며, 이는 주로 염기성 성분의 변화에 의해 발생하였다. 반면에 산성 성분의 변화는 PSA 코팅양에 따라 크게 변화되지 않는 것으로 나타났다.

염기성 성분의 변화가 PSA가 코팅된 MCC에서 크게 나타난 이유는 MCC 표면의 수산기 함량이 PSA에 의해 소수화가 진행되어짐에 따라 감소되기 때문이다. 이는 어떤 물질 표면에 수산기의 함량이 증가할수록 극성 성분인 산-염기 성분 값은 증가하며, 소수화가 진행되어 수산기의 함량이 감소하면 산-염기 값이 감소한다고 보고된 바와<sup>17)</sup> 일치하는 것이다.

## 4. 결론

최근 들어 환경에 대한 인식이 높아지면서 종이 재활용에 따른 환경 친화적인 제품의 생산이 증가하고 있다. 이렇게 종이의 재활용 횟수가 증가하면서 초지 공정 내에는 외부에서 유입된 다량의 점착성 이물질이 축적되어 캔바스롤이나 와이어와 같은 초지 공정에 침착되어 제품의 질적 그리고 강도 저하와 조업성에 악영향을 미치고 있다. 이런 이물질 중 그 크기가 150  $\mu\text{m}$  이상인 매크로 스틱키는 스크린이나 클리닝을 통해 제거가 가능하나 150  $\mu\text{m}$ 이



하의 크기를 가지고 있는 마이크로 스틱키는 제거가 되지 않는 문제를 갖고 있다. 이러한 크기의 마이크로 스틱키는 부유부상 방식으로 제거하기에 적당한 특성이 있다. 본 연구에서는 마이크로 스틱키의 부유부상 방식을 통한 제거 가능성을 구명하기 위해서 스틱키 모델물질의 표면화학적 특성을 접촉각 측정을 통하여 평가하였다. PSA film의 표면에너지는 29.75 mN/m, 비극성 값은 29.61 mN/m로 전체 표면에너지는 비극성 값에 의해 결정되었다. MCC 표면에 PSA 20%가 코팅된 모델마이크로 스틱키의 표면은 29.63 mN/m의 표면에너지를 나타내었으며, 높은 소수성 정도를 나타내어 스틱키와 같은 표면특성을 지니고 있어 부유부상 실험에서의 모델물질로 매우 적합하다고 할 수 있다.

## 사 사

본 연구를 수행함에 있어 BK-21사업의 일부지원이 있었음.

## 인용문헌

1. Friberg, T., Cost impact of stickies. Paper Recycling Challenge I, 9-11 (1999).
2. Abubakr, S., Bornett, D., Stickies : problems and solutions. Paper Recycling Challenge II, 40-44 (1999).
3. Daniels, J., OCC plant contaminant study. Paper Recycling Challenge I, pp.168-170 (1999).
4. Dyer, J. M. and Doshi, M. R., Micro stickies quantification, Paper Recycling Challenge IV, pp.101-102 (1999).
5. Carre, B., Brun, J and Galland, G., Secondary stickies : definition, formation mechanism and characterization, Paper Recycling Challenge I, pp.57-66 (1999).
6. Dyer, J. M. and Doshi, M. R., Macro stickies quantification, Paper Recycling Challenge IV, pp.73-74 (1999).
7. Deng, Y., Flotation Deinking Chemistry : the current research program at the institute of paper science and technology, Paper Recycling Challenge III, Doshi and Associates Inc., pp. 257-267 (1997).
8. Heindel, T. J., Fundamentals of flotation deinking, Tappi J. 82(3): 115-124 (1999).
9. Ajersch, M., Pelton, R., Mechanisms of pulp loss in flotation deinking, J. Pulp and Paper Science 22(9):338—344 (1996).
10. Putz, H., J. and Schaffmath H. J., Deinking of oil and water-borne printing inks : A new flotation deinking model, Pulp Paper Canada, 94:7,16-21 (1993).
11. Schulz, H., J., Mineral processing and extractive metallurgy, 5,43(1989); R. H. Yoon and G. H. Luttrell, The Canadian J. of Chem. Eng., 68, 393(1990).
12. Amand, F., J., S., Hydrodynamics of flotation : Experimental studies and theoretical analysis, 1997 TAPPI Recycling Symposium Preceeding, pp.219-241.
13. Paulsen, F., G., Berg, S., R., Vidotti, R., M., Johnson, D., A. and Thompson, E., V., Measurement of long range hydrophobic forces and their relationship to deinking flotation. Part II, 1997 Recycling Symposium Proceeding, pp.41-51.
14. Ling, T. F., The effects of surface properties on stickies removal by flotation, J. Pulp Paper Canada, 95(12): 109-113 (1994).
15. Stratton, R., The surface chemistry of flotation of stickies and laser-printed inks, J. Pulp Paper Canada, 18(6) : 221(1992).
16. Bruce Darlington, W. and William R .Blair., Quantification of thermoplastic stickies with an image analyzer, Progress in Paper Recycling(5). 68-70 (1995).
17. Juntunen, P., Tornberg, J. and Ailisto, H., Automated analysis of coloured ink particles in recycled pulp by machine vision. Paperi ja puu. 81(5):375-378 (1999).