

부유부상 공정에 의한 마이크로 스틱키 제거 효율의 모델화 연구

Modeling Approach on the Removal Efficiency of Microstickies by Flotation Process

이학래 · 박 일*

서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과

1. 서 론

Old corrugated containers(OCC)를 원료로 이용하는 원료에 존재하는 점착성 이물질을 스틱키(stickies)라 한다. 이들 점착성 이물질은 공정과 품질에 큰 문제점을 발생시키며, 주로 고지에 함유된 핫멜트, 점착성 테이프 및 라벨에서 유래하는 고분자 물질이나, 도공파지 혹은 OMG로부터 유래된 라텍스와 잉크, 그리고 복사 토너 등 다양한 물질로 구성되어 있다.

이러한 점착성 이물질은 초지 시 와이어나 펠트, 드라이어 등에 침착되어 지질을 발생시키고 생산성을 저하시키는 요인이 되며, 상품의 외관상 상품가치를 저하시킬 뿐만 아니라 최종 제품의 강도적 물성 및 가공적성에도 영향을 준다. 더욱이 현재의 환경보호 및 용수 절감의 목적으로 많은 제지공장에서 초지 공정의 폐쇄화를 실시함으로써 점착 이물질의 공정수 내 축적은 증가하고 있는 추세이다. 스틱키는 그 크기에 따라 매크로 스틱키와 마이크로 스틱키로 구분되며, 또한 그 성질에 따라 일차 스틱키와 이차 스틱키로 구분되기도 한다. 매크로 스틱키는 일반적으로 라이너지 지료에서 100 μm 또는 150 μm 이상의 크기를 가지는 점착성 이물질을 말하며, 마이크로 스틱키는 그 이하의 크기를 지닌 스틱키를 일컫는다. 또 일차 스틱키는 그 점착적 성질이 변하지 않고 계속 tacky한 성질을 가지고 있는 점착성 이물질을, 이차 스틱키는 계 내에서 분산된 상태로 존재하다가 pH, 온도 등과 같은 주위 환경의 변화에 의하여 점착적 성질이 발생하는 것을 말한다.

초지공정에 존재하는 점착성 이물질의 크기는 20-200 μm 이며, 대다수는 부유부상에 의한 제거효율에 적합한 20-120 μm 범위 안에 있다고 할 수 있다. 이러한 이물질은 대부분 소수성을 띄고 있어 소수성을 선택적으로 분리할 수 있는 단위장치인 부유부상에 의해 효과적으로 제거될 수 있을 것으로 생각된다. 부유부상에 의한 스틱키의 제거를 촉진하기 위해서는 경우에 따라 계면활성제의 사용이 필요할 수 있다. 이 경우 부유부상에 의한 스틱키 제거 극대화를 위해서는 어떤 계면활성제를 사용하는 것이 유리한지 검토되

어야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 초지공정 중 심각한 트러블의 원인이 되는 스틱키의 주성분인 PSA (pressure sensitive adhesive)를 부유부상기술을 이용한 제거 가능성 평가와 제거 효율화를 위하여 MCC (microcrystalline cellulose)에 PSA를 코팅하여 모델 마이크로 스틱키를 제조하였다. 준비된 모델 마이크로 스틱키의 표면 특성을 3가지 액체의 advancing contact angle을 측정하고 van Oss법에 의거 Lifshitz-van der Waals/acid-base (LW/AB) 성분을 산출하여 분석하였다. 또 Ethylene oxid (EO)와 propylene oxid (PO)를 친수기로 하는 비이온성 계면활성제의 혼합비율에 따른 부유부상 효율을 평가하고 계면활성제에 의한 PSA의 표면 특성 변화를 검토하였다.

2. 실험 방법

라벨-테이프용 acrylate계통의 pressure sensitive adhesive (PSA)를 diethyl ether에 용해시켜 평균 입도 60 μm 인 MCC (microcrystalline cellulose) 표면을 변화시켜 모델 스틱키를 제조하였다. 이와 같이 표면 특성이 변화된 MCC의 원판을 제조하여 Table 1의 액체를 이용하여 접촉각을 측정하고 표면에너지를 산출하였다.

Table 1 Properties of liquids used for measuring the advancing contact angle

mN/m	Diiodomethane (CH_2I_2)	Formamide (HCONH_2)	Distilled water (H_2O)	Ethylene glycol (OHCH_2) ₂
Surface energy (γ)	50.80	58.00	72.80	48.00
Dispersive component (γ^{LW})	50.80	39.00	21.80	29.00
Polar component (γ^{AB})	0	19.00	51.00	19.00
Acid component (γ^+)	0	2.28	25.50	1.92
Base component (γ^-)	0	39.60	25.50	47.00

그리고 MMS의 침착성을 평가하기 위해 MMS양, 비이온성 계면활성제의 종류 및 pH에 따른 검은색 와이어에 대한 침착성을 Fig. 1의 방법으로 평가하였다.

PSA에 의해 표면 특성이 변화된 MCC의 부유부상에 의한 제거효율을 평가하기 위한 계면활성제로는 stearyl alcohol(1-octadecanol)의 EO/PO계 계면활성제를 이용하였다. 계면활성제의 EO/PO 혼합비가 68/38, 50/50, 25/75로 다른 3종류를 사용하였으며 Voith A형 부유부상 셀을 이용하여 2분 동안 부유부상을 실시하였다. 리젝트된 MMS를 Fig. 1과 같은 방법으로 나이론 와이어에 침착시켜 화상분석을 실시하였다.

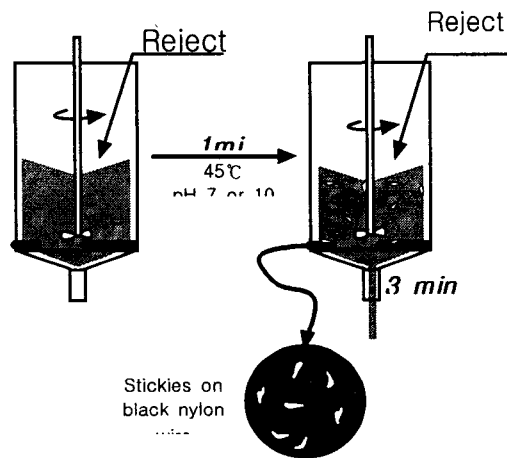


Fig. 1. Deposition of model microstickies on the black nylon wire.

ethylene oxid(EO)와 propylene oxid(PO)혼합비에 의한 PSA film의 표면 특성을 평가하기 위해 Fig. 2와 같은 방법으로 PSA film을 제조하고 증류수에서의 접촉각을 측정하였다.

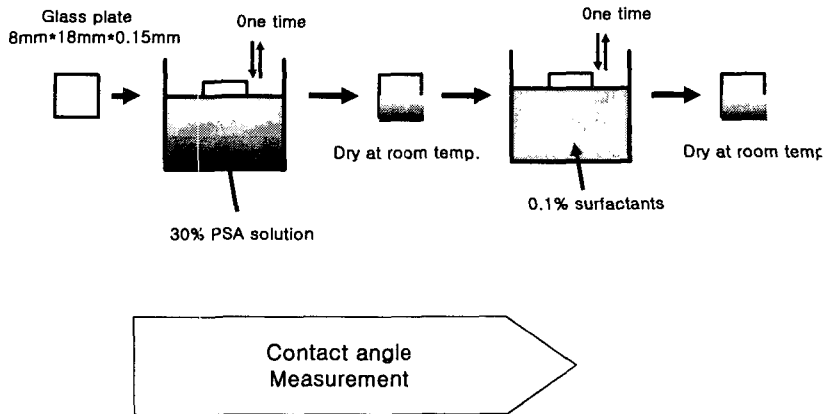


Fig. 2. Procedure to measure the contact angle change of PSA film.

3. 결과 및 고찰

3.1 MMS의 접촉각과 표면에너지

Fig. 2는 모델마이크로 스틱키에 대한 액체의 접촉각을 tensimeter를 이용하여 Wilhelmy plate 방법으로 측정한 결과를 나타내고 있다. 증류수의 advancing 접촉각은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 PSA로 코팅 되지 않은 MCC는 47.57°였으며, PSA 10%, 20%, 30%로 코팅시킨 MCC의 경우에는 각각 86.30°, 85.94°, 86.27°로 PSA가 MCC에 코팅되면 접촉각은 급속히 상승하여 거의 일정한 경향을 보였다. PSA의 양이 증가할수록 ethylene glycol에 의한 advancing 접촉각은 81.02°에서 83.30°로, diiodomethane의 접촉각은 63.21°에서 66.52°로 약간 변화 되었으나 PSA 코팅량 증가에 따른 접촉각은 거의 없다고 판단되었다. Fig. 4에는 위와 같이 측정된 advancing 접촉각을 이용하여 전체 표면에너지와 그 구성 요소인 비극성 성분, 극성 성분, 그리고 산-염기 성분을 산출하여 나타내었다. PSA 10%, 20%, 30%로 코팅된 MCC의 전체 표면에너지는 각각 27.82 mN/m, 26.29 mN/m, 25.31 mN/m로 순수한 MCC의 52.63 mN/m보다는 크게 낮았으며 소수화에 관계없이 거의 일정한 값을 나타내었다. 그리고 전체 표면에너지는 극성 성분보다는 비극성 값에 의해 결정되는 것으로 나타났다.

따라서 MMS의 표면에너지나 소수화정도는 PSA의 처리량이 10%~30%인 경우 일정하다고 판단되었다. 이와 같은 결과에 따라 본 연구에서는 PSA 20%가 코팅된 모델마이크로 스틱키를 모델 스틱키로 사용하였다.

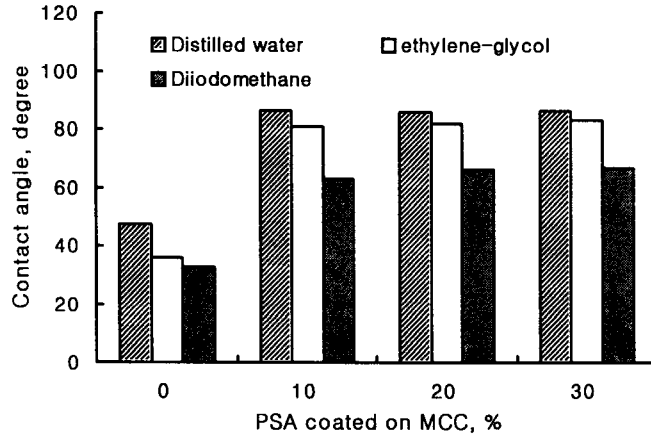


Fig. 3. Advancing contact angle of three liquids on PSA coated MCC pellets.

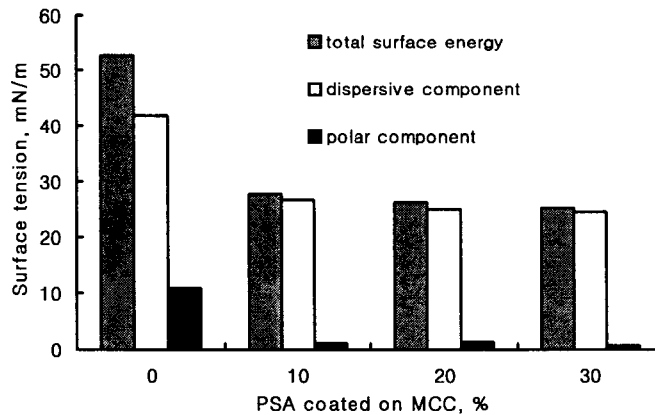


Fig. 4. Surface energy components of model micro stickies.

3.2 MMS의 침착성 평가

Fig. 5는 MMS 0.01, 0.03, 0.05, 0.07, 0.09g을 DDJ에 넣고 Fig. 1의 방법으로 EO/PO 혼합비가 다른 세 종류의 계면활성제를 이용하여 pH 7과 11의 상태에서 DDJ의 나이론 와이어 침착된 스틱키의 면적을 화상분석으로 평가한 결과를 도시한 것이다. 전체적인 침착정도는 EO/PO 계통의 계면활성제가 첨가 되었을 때, 그리고 pH 7보다 pH 11에서 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 PO비율이 높을수록 증가하는 경

향을 보였다. 이는 EO에 의해서는 MMS 표면의 소수성이 감소되어 나이론 와이어에 침착이 감소한 때문이라고 생각된다.

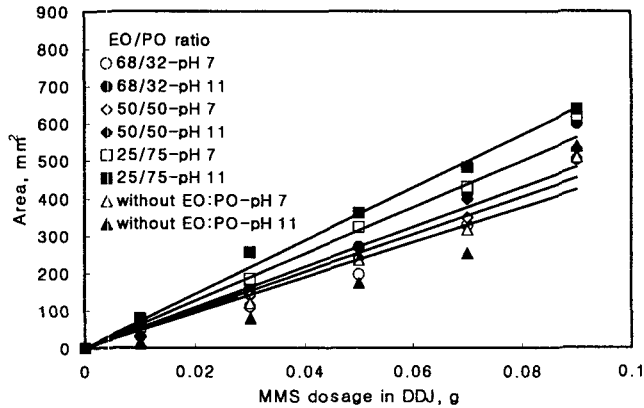


Fig. 5. Deposit area of MMS.

3.3 MMS의 부유부상 효과

Fig. 6는 0.072g의 MMS를 2분 동안 부유부상을 실시하여 얻어진 리젝트를 Fig. 1에서와 같은 방법으로 침착시킨 뒤 화상분석한 결과이다. EO:PO 혼합비가 25/75인 경우가 pH 7과 11에서 침착면적이 크게 나타났다. 이것은 PO계열의 계면활성제는 MMS의 소수성을 적게 감소시키기 때문이라고 할 수 있다.

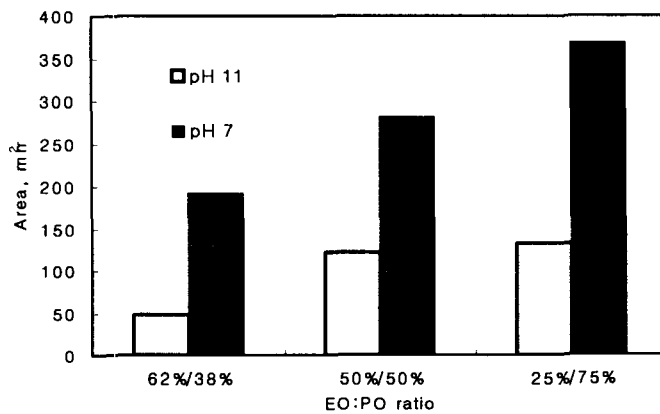


Fig. 6. Area of the rejected MMS by flotation process.

3.4 EO/PO 혼합비에 의한 PSA film의 접촉각 변화

Fig. 7은 Fig. 2에서와 같이 제조된 PSA film을 이용하여 증류수에서의 advancing 접촉각과 농도 0.1%인 계면활성제의 표면장력을 나타내었다. PO 비율이 증가할수록 계면활성제에 의한 MMS 표면의 소수성 감소가 저하되어 증류수의 접촉각이 증가하였다.

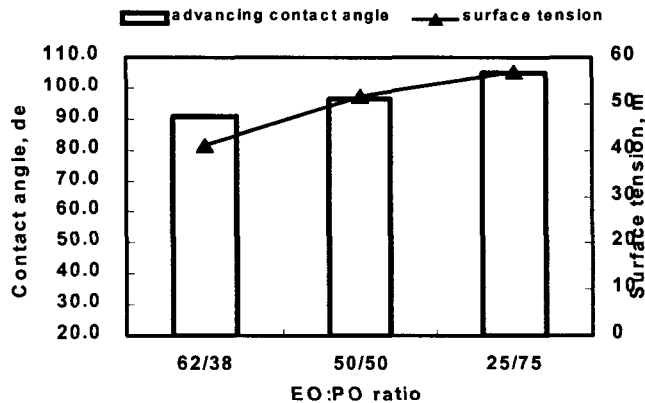


Fig. 7. Contact angle of PSA film vs. surfactants.

5. 결 론

본 연구에서는 초지공정 중 심각한 트러블의 원인이 되는 스틱키의 주성분인 PSA (pressure sensitive adhesive)를 부유부상기술을 이용한 제거 가능성 평가와 제거 효율화를 위하여 MCC (microcrystalline cellulose)에 PSA를 코팅하여 모델 마이크로 스틱키를 제조하였다. 준비된 모델 마이크로 스틱키의 표면 특성을 3가지 액체의 advancing contact angle을 측정하고 van Oss법에 의거 Lifshitz-van der Waals/acid-base (LW/AB) 성분을 산출하여 분석하였다. 또 Ethylene oxid (EO)와 propylene oxid (PO)를 친수기로 하는 비이온성 계면활성제의 혼합비율에 따른 침착성을 평가하고 계면활성제에 의한 PSA의 표면 특성 변화를 검토하였다. 그 결과 친수성이 강한 EO 계열 계면활성제보다는 PO 계열 계면활성제가 스틱키 표면의 소수성을 유지시키는 특성이 있는 것으로 나타났다.