

기포에 대한 마이크로 스티키의 동적 부착거동 평가

이학래 · 윤혜정 · 김종민* · 김진우

서울대학교 임산공학과

1. 서 론

대부분의 원료로서 고지를 사용하는 국내 골판지 산업에서는 고지와 함께 초지계 내로 유입되는 점착성 이물질인 스티키로 인하여 제품의 품질 및 생산성 저하라는 문제를 안고 있다. 스크린 및 클리너로 제어가 가능한 매크로 스티키와 달리 마이크로 스티키는 작은 크기가 작을 뿐 아니라 성상이 초지공정 내에서 지속적으로 변화되므로 그 제어가 더욱 어렵다.

부유부상 공정이 소수성을 띄는 마이크로 스티키의 제어에 적합한 단위공정임을 확인한 이전의 연구결과를 바탕으로, 부유부상 공정에서 마이크로 스티키의 제어 메카니즘을 구명하고 그 효율성을 증대시키기 위하여 기포에 대한 스티키의 동적 부착거동을 평가할 수 있는 장치를 개발하고 이를 이용하여 첨가제에 따른 스티키의 기포 부착거동을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 마이크로 스티키의 제조

라이너지를 생산하는 초지기의 드라이어 롤에서 채취한 700 g 의 침착물을 클로로포름(CHCl_3) 용액으로 처리하여 스티키를 추출하였다. 추출된 스티키를 농축기로 농축하고 상온에서 건조한 후 메탄올로 희석(5.9%)하여 이후 수중에 투입 시 마이크로 스티키 생성에 용이하도록 하였다.

2.2 동적 부착거동 측정설비 개발

기포의 상승속도에 맞추어 유체의 하강속도를 조절할 수 있는 설비를 개발하여 수중의 기포를 일정한 위치에 고정시키고, 이를 현미경 카메라와 동영상 편집 보드를 이용하여 실시간 녹화를 함으로써 기포에 의한 마이크로 스티키의 동적 부착거동을 평가하였다. Fig. 1은 동적 기포 거동 측정설비의 개략적 설계도와 사진이다.

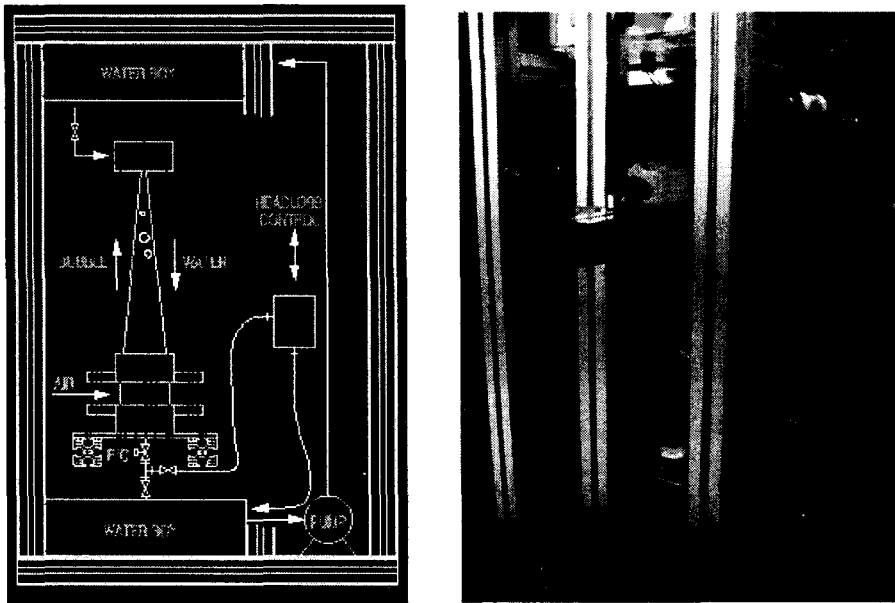


Fig. 1. Apparatus for the evaluation of dynamic attachment of stickies on an air bubble.

2.3 첨가제

기포에 의한 스티키의 부착효율을 평가하기 위해 충전제와 계면활성제, 양성고분자를 첨가제로 사용하였다. Table 1은 사용된 첨가제이다.

Table 1. Specification of additives

Additives		Specification
Filler	Talc	$d_{0.5} = 12.93 \mu\text{m}$
	GCC	$d_{0.5} = 1.49 \mu\text{m}$
Surfactant	nonionic surfactant	EO : PO = 5 : 5
	soap	Oleic Acid, NaOH
Cationic polyelectrolyte	C-PAM	2.9 meq/g
	PVAm	4.5 meq/g

2.4 회상분석을 통한 정량화

기포에 의해 부착된 마이크로 스티키의 정량적인 평가를 위해서 곡면적 계산방식을 이용하여 비교 평가하였고 계산방법은 Fig. 2와 같다.

구의 중심에서 부착된 마이크로 스티키가 가지는 각은 '2A' 이고, B의 각은 항상 2π 가 된다. r은 반지름이다.

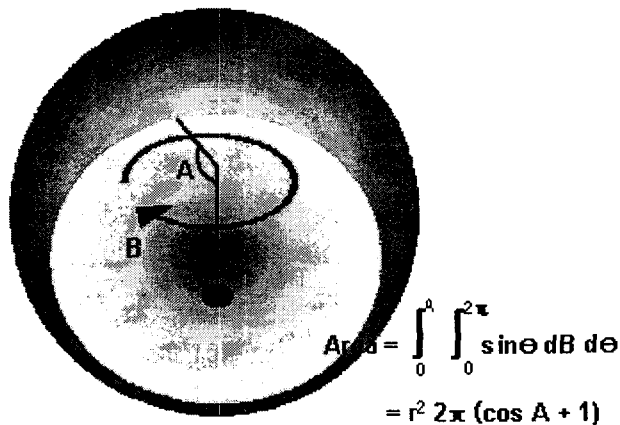


Fig. 2. Area of micro stickies attached to an air bubble.

3. 결과 및 고찰

3.1 기포에 의한 마이크로 스티키의 부착

Fig. 3은 각각 390 및 780 ppm의 농도로 물 속에 존재하는 마이크로 스티키가 4분 경과 후 기포에 의해 부착된 사진들이다. 780 ppm에서 더 많은 마이크로 스티키가 기포에 부착되었다.

소수성을 지닌 마이크로 스티키는 동적 상태에서 첨가제없이 단독으로 기포에 부착하였으며, 이로부터 부유부상 공정이 마이크로 스티키 제어에 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

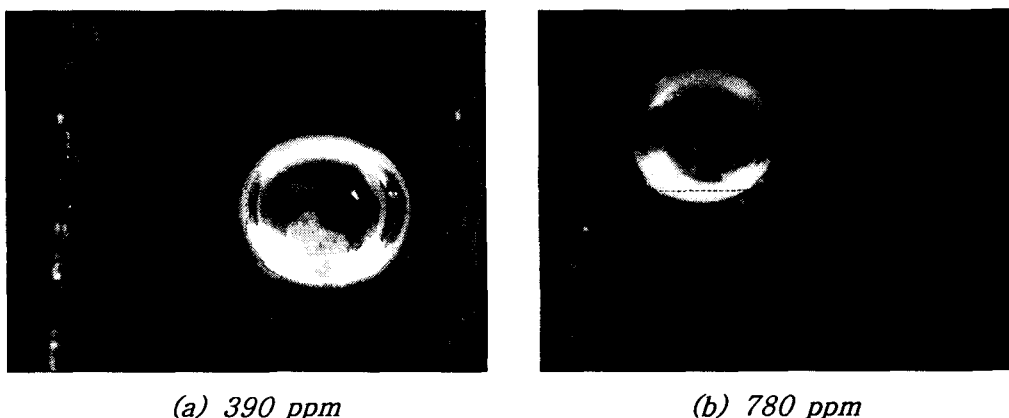


Fig. 3. Attachment of micro stickies to a bubble after 4 min.

3.2 첨가제에 따른 마이크로 스티키의 부착 면적 변화

GCC보다 크면서 판상의 소수성을 띠는 탈크를 첨가한 경우 기포에 대한 스티키의 부착을 증가시켰고, 부착형태는 좀 더 bulky한 모습을 보여주었다. Ca-Soap의 경우 스티키의 부착효과가 매우 탁월하였으며 EO/PO의 경우 무첨가 시보다 오히려 좋지 않은 부착효과를 나타내었다.¹⁾

Fig. 4는 섬유가 존재하지 않은 상태에서 양이온성 고분자의 투입 후 시간에 따른

스티키의 부착면적 비를 나타낸 것으로 점선의 그래프는 첨가제가 없을 경우이다. 양이온성고분자의 경우 단독 기포에 대한 스티키의 부착효과는 무첨가 시에 비해 크지 않음을 보여주고 있다.

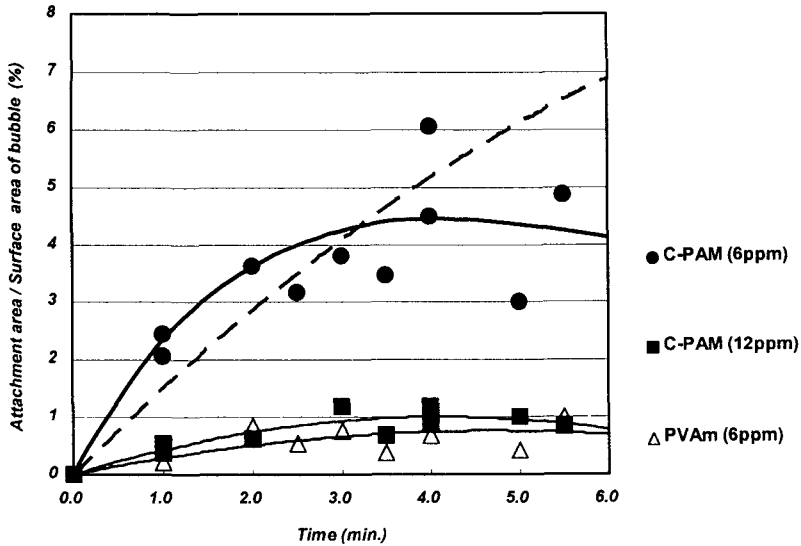
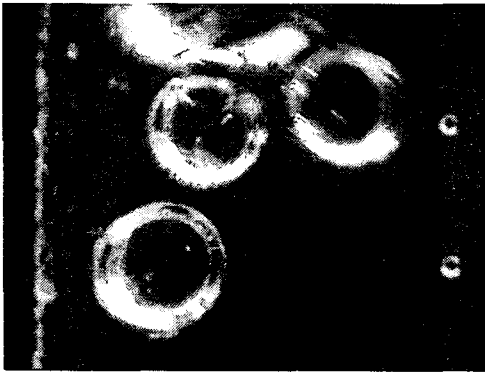


Fig. 4. Attachment area of micro stickies to a bubble when C-polymers were used as an additive.

그러나 섬유가 존재할 경우 C-PAM 투입 후 4분 경과 시, 마이크로 스티키의 섬유와의 흡착 및 응집을 통한 기포로의 부착 면적이 크게 증가하였다(Fig. 5). 섬유와 마이크로 스티키만 존재한 경우 섬유와 스티키의 부착이 적게 발생되었지만 C-PAM이 투입되었을 때, 스티키와 섬유의 응집체가 보다 많이 기포에 부착되고 있음을 알 수 있었다.

스티키 없이 섬유만 존재 했을 경우 C-PAM의 투입에 따라 기포에 수염과 같은 형상으로 소수의 섬유가 부착되었다(Fig. 6).



(a) *Fiber + Micro stickies*



(b) *Fiber + Micro stickies + C-PAM*

Fig. 5. Attachment of fiber and micro stickies to bubbles before (a) and after (b) the addition of C-PAM (4 min later).



Fiber + C-PAM

Fig. 6. Attachment of fiber to bubbles after the addition of C-PAM (4 min later).

4. 결 론

새롭게 개발된 마이크로 스티키의 동적 부착거동 평가 설비(Eternity)를 통하여 실제 부유부상 시 기포, 섬유 및 마이크로 스티키 사이에 발생하는 현상을 실시간으로 평가하였다. 더불어 다양한 부유부상 공정상의 변수를 손쉽게 정확하게 연구할 수 있었기 때문에 계면활성제 및 포집제, 기포와 관련된 물리화학적 현상의 연구에 있어 본 기기의 향후 응용 가능성은 매우 크다고 하겠다.

부유부상을 이용한 마이크로 스티키의 효과적인 제어를 위해 고분자를 이용한 응집체의 크기 증가(응집체 내의 소수부분의 증가로 인한 기포 부착능력 증대)와 함께 탈크 및 Ca-Soap등의 소수성 응집제를 이용한 방법(응집체 자체의 소수성의 증가로 인한 기포 부착능력 증대)이 제시될 수 있다. 전자의 경우 부유부상 시 리젝트에 포함되는 섬유량이 증가되기 때문에 상황에 맞는 적용이 필요하고, 후자의 경우 소수성을 띤 첨가제에 투입에 따른 공정 변화의 민감성을 고려해야 한다.

인용문헌

1. Somasundaran, P., and Zhang, L., Fundamentals of flotation deinking, Paper recycling challenge Vol.3, Doshi & Associates Inc., pp.83-98(1998).