

계면활성제 투입에 의한 도공액의 특성 변화

*김채훈¹⁾, 이학래¹⁾, 이경호²⁾,

서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공¹⁾

한국제지(주)²⁾

1. 서론

커튼코팅은 도공액을 원지의 전폭에 대해 균일한 두께로 사출하여 이를 원지 상에 필름 형태로 도공층을 형성시키는 기술이다. 커튼코팅은 완전한 컨투어 코팅이 가능할 뿐만 아니라 고고형분 함량의 도공액을 고속도공할 수 있는 장점이 있다. 뿐만 아니라 도공공정 측면에서 스크래치나 스트릭 등의 문제를 유발하지 않으며, 미스팅과 블레이드의 마모 등 조업성 문제를 발생시키지 않고, 어플리케이터 롤이 불필요하며, 도공량 변화가 용이한 장점을 가지고 있다.

커튼코팅에서 도공액의 유동구간은 헤드에서 도공액이 사출되는 sheet forming zone, 사출된 도공액이 수직방향으로 얇은 막의 커튼을 형성하며 하강하는 curtain flow zone, 사출된 도공액이 지필과 만나서 원지 상에 필름을 형성하는 impingement zone으로 나눌 수 있다. 커튼코팅이 안정적으로 이루어지기 위해서는 커튼을 형성하는 도공액이 curtain flow zone에서 수직방향으로 층류를 형성하며 안정적으로 흘러야하며, impingement zone에서 원지와 속도 차에 의해 발생하는 급격한 신장을 견디어 커튼이 파괴되지 않아야 한다. 이러한 성질을 도공액 커튼의 안정성이라고 말할 수 있다. 도공액 커튼의 안정성을 평가하는 방법으로 무차원수인 레이놀즈 수를 이용할 수 있다. 레이놀즈 수의 계산에는 도공액의 표면장력, 점도, 밀도가 필요하며 이들이 도공액 유체의 특성을 나타내는 중요한 인자라고 할 수 있다.

커튼코팅 방식에서는 블레이드 코팅과 같이 도공액을 닥터링하는 과정이 없으므로 도공액에 기포가 유입될 경우 기포가 제거되지 않고 도공층에 남아있게 되어 도공품질의 불량을 야기한다. 도공액의 기포 혼입 문제는 impingement zone에서 도공액과 원지 사이에 얇은 공기층이 형성되면서 발생할 수 있으며, 탈기장치에서 기포가 완전히 제거되지 못할 경우에도 문제가 된다.

본 연구에서는 도공액의 표면장력이 도공액 커튼의 안정성에 영향을 미치는 중요한 인자라고 보고 계면활성제를 투입함으로써 표면장력을 달리한 도공액의 표면장력과 도공액 커튼의 안정성을 평가하였으며 기포가 발생된 도공액의 탈기성을 측정하여 계면활성제에 따른 기포발생 특성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서 도공안료로 75% 슬러리 상태의 GCC 95K를 사용하였다. 바인더로 S/B라텍스를 사용하였으며 도공액의 표면장력을 조절하기 위해 세 종류의 음이온성 계면활성제를 사용하였다. Fig. 1 에 각각의 계면활성제 수용액의 동적 표면장력 측정 결과를 나타내었다.

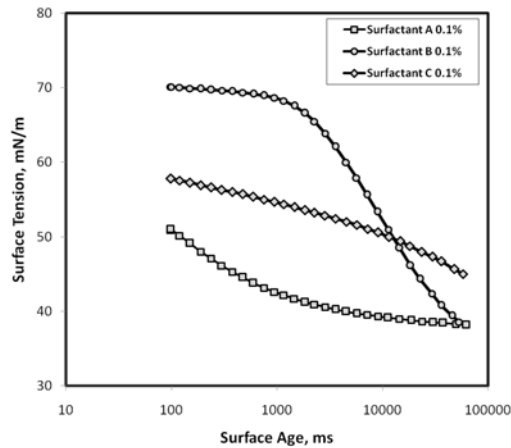


Fig. 1. 계면활성제 수용액의 동적표면장력특성

도공안료로 GCC 95K를 100 pph로 사용하고 바인더로 SB 라텍스 8 pph를 사용한 도공액을 제조한 후, 계면활성제를 투입하였다. 제조된 각각의 도공액의 특성을 평가하기 위하여 Brookfield 점도계를 사용하여 점도를 측정하고, Kruss 사의 BP2 bubble pressure tensiometer와 processor tensiometer K12 를 사용하여 동적, 정적 표면장력을 측정하였다. 도공액은 원심분리를 통해 상등액을 채취하여 표면장력을 측정하였다.

도공액 커튼의 안정성을 평가하기 위해 Fig. 2와 같은 커튼관찰장치를 고안하

였다. 도공액은 코팅 헤드의 양 옆에 부착된 edge guide를 따라 일정한 폭으로 커튼을 형성하며 낙하하도록 하였으며 edge guide를 조절함으로써 도공액 커튼의 폭을 조절하였다. Edge guide를 서로 맞닿게 하여 커튼이 완전히 수축되게 한 후 edge guide를 잡아당겨 커튼의 폭을 넓혀나가면 커튼이 신장되다가 파괴되는 지점이 나타났다. 이 지점에서의 커튼의 폭을 측정하여 Eq. 1 과 같이 커튼의 신장률을 나타내었으며 이를 커튼의 안정성을 평가하기 위한 지표로 활용하였다.

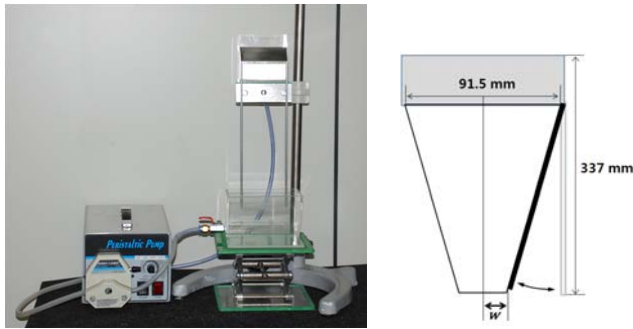


Fig. 2. 도공액 커튼관찰장치

$$curtain = \frac{w}{45.75} \times 100 (\%) \quad \dots\dots\dots \text{Eq. 1}$$

위의 실험에서 커튼관찰장치를 통해 도공액을 순환시키면 사출된 도공액 커튼이 하부의 도공액에 낙하함으로써 기포가 발생되었다. 본 실험에서는 도공액을 30분간 순환시킨 후 CDA-02 coating color deaeration system을 이용하여 도공액 내에 발생된 기포의 함량을 측정하였으며 동 기기를 사용하여 탈기한 후 잔존해 있는 기포의 함량을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Table 1 과 Fig. 3 에는 세 종류의 계면활성제를 투입한 도공액의 정적, 동적 표면장력과 점도를 측정된 결과를 나타내었다. 도공액에 계면활성제를 투입함에 따라 도공액의 동적, 정적 표면장력이 감소하였으며 점도는 상승하였다. Surface age에 따른 동적 표면장력의 변화는 투입한 계면활성제에 따라 차이를 나타내었으며 정적 표면장

력이 낮은 도공액이 낮은 surface age에서 더 높은 동적 표면장력을 가지는 현상이 관찰되었다. 커튼코팅 시 도공액은 급격한 신장이 발생되기 때문에, 낮은 surface age에서의 동적 표면장력이 중요한 인자로 작용한다. 그러므로 커튼 코팅용 도공액의 유체특성을 파악하기 위해서는 정적 표면장력 보다는 동적 표면장력의 평가가 필요한 것으로 판단되었다.

Table 1. 계면활성제 투입에 따른 도공액의 정적 표면장력특성

	Control	Surfactant A 0.1pph	Surfactant B 0.1pph	Surfactant C 0.1pph
Static surface tension, mN/m	39.15	33.15	35.96	37.34
Viscosity, cPs	46	52	60	56

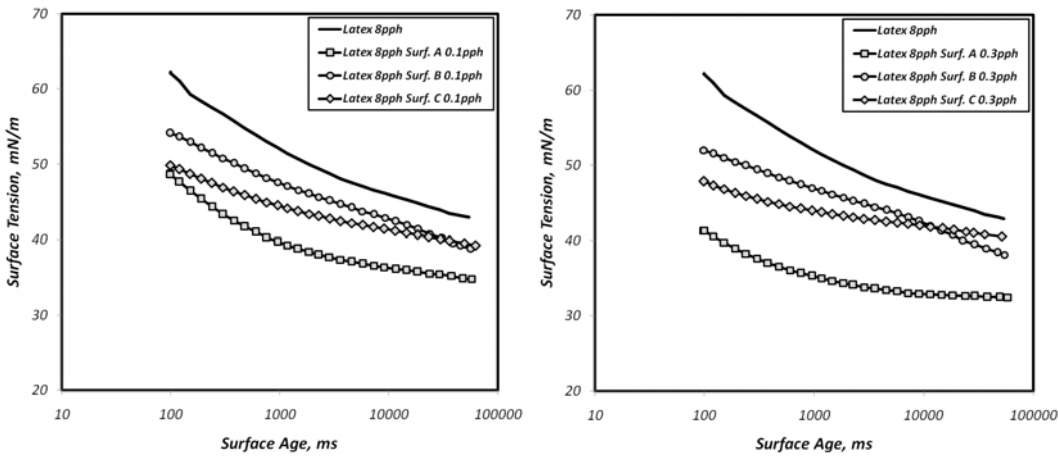


Fig. 3. 계면활성제 투입에 따른 도공액의 동적 표면장력특성.

Fig. 4는 각각의 계면활성제를 투입한 도공액의 커튼 안정성을 평가한 것이다. 계면활성제를 투입함에 따라 도공액의 커튼 안정성이 향상되는 것으로 나타났으며 계면활성제의 종류에 따라 커튼 안정성 향상효과에 차이가 있었다. A 계면활성제를 투입한 도공액은 가장 낮은 동적 표면장력을 가진 것으로 나타났으나 커튼의 안정성 향상 효과는 미비하였다. 도공액 커튼의 안정성 상승효과는 중간 수준의 동적 표면장력을 나타내었던 C surfactant에서 가장 크게 나타났으며 정적, 동적 표면장력 모두 높은 측정

결과를 나타내었던 B surfactant가 C surfactant에 근접한 효과를 나타내었다.

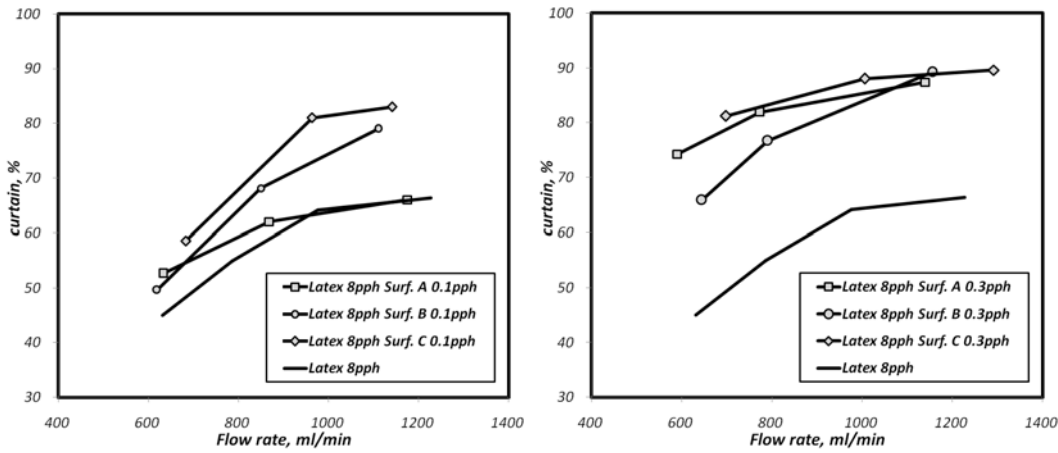


Fig. 4. 계면활성제 투입에 따른 도공액 커튼의 안정성

Fig. 5 에 도공액의 기포발생량과 탈기 후 기포 함량을 나타내었다. 도공액 커튼의 순환에 의해 발생된 기포의 함량을 측정된 결과 동적 표면장력이 가장 낮았던 A surfactant를 투입한 도공액의 기포함량이 0.1pph 투입한 경우 6.5%로 가장 높았으며, 탈기 후에도 잔존한 기포의 함량이 4.5%로 기포발생특성에서는 다른 계면활성제에 비해 불리한 특성을 나타내었다. C surfactant의 경우 발생한 기포의 함량이 4.0%를 나타내었으나 탈기 후 기포함량은 1.0%로 탈기장치를 통해 도공액의 재사용이 가능하다고 판단되었다.

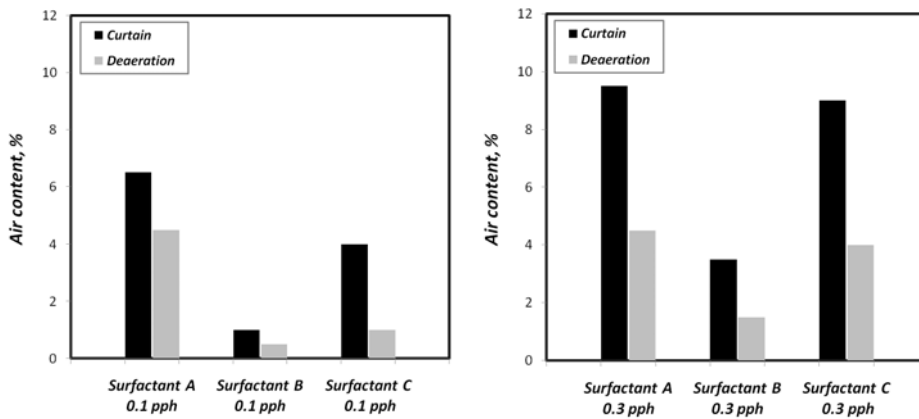


Fig. 5. 도공액 순환에 따른 기포발생량과 탈기 후 기포함량

4. 결론

도공액에 계면활성제를 투입함에 따라 동적, 정적 표면장력이 감소되었으며 이는 도공액 커튼의 안정성을 향상시키는 효과가 있었다. 그러나 도공액의 동적 표면장력과 점도로 도공액 커튼의 안정성을 설명할 수는 없었으며 이는 도공액 유체의 거동에는 표면장력과 점도 외의 다른 인자가 작용함을 시사한다. 한편 도공액에 투입된 계면활성제의 종류에 따라 동적 표면장력 기포발생 및 탈기 특성의 차이점이 발견되었으며 낮은 surface age에서의 동적 표면장력이 도공액의 기포발생량과 상관관계가 있는 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 BK21 핵심 사업에 의해 수행되었음.

참고문헌

- 1) Triantafillopoulos, N., Gron, J., Luostarinen, I, and Paloviita, P., Operation issues in high speed curtain coating for paper, 2001 TAPPI Coating Conference Proceedings
- 2) Robert Urscheler, Francis Dobler, John Roper, Jouni Haavisto, Timo Nurmiainen, Key attributes and opportunities of multilayer curtain coating for paper, 2005 TAPPI Coating Conference Proceedings
- 3) Frohlich, U., Tietz, M., Influence of surfactants on curtain coater runnability and paper quality, 2004 TAPPI Coating Conference Proceedings