

CMC 첨가에 따른 커튼코팅용 도공액의 특성변화

최은희, 김채훈, 이학래

서울대학교 산림과학부 환경재료과학 전공

1. 서론

커튼 코팅은 기존의 코팅방식과는 다른 비접촉식 코팅 방식으로써, slot을 통하여 도공액을 균일한 두께로 사출시켜 이를 원지 위에 필름 형태로 코팅하는 기술이다. 커튼 코터에서 유동구간을 sheet forming zone, curtain flow zone, impingement zone으로 구분할 수 있다. 도공액이 균일하게 사출되고, 커튼을 형성하면서 안정적으로 흘러내리며 수축하거나 찢어지지 않아야 원지 위에 연속된 도공층을 형성시킬 수 있고, 이러한 특성을 커튼의 안정성이라 할 수 있다. 도공액의 점도가 너무 높거나 낮으면 커튼의 형성이 어렵고, 커튼의 impingement zone에서 지필의 속도와 커튼의 속도차가 증가할수록 커튼의 안정적인 유지가 어려워진다고 알려져 있다.

본 연구에서는 도공액의 점도가 커튼의 안정성에 영향을 미치는 중요한 인자라고 보고 증점제로서 CMC (carboxymethylcellulose)를 투입함으로써 도공액의 점도를 변화시켜 커튼의 안정성을 평가하였다. 또 이 때 혼입된 기포의 탈기성을 측정하여 점도 변화와 이에 따른 기포발생 및 탈기 특성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서 도공안료로 71% 슬러리 상태의 GCC 75K를 사용하였다. 바인더로 두 종류의 S/B라텍스를 사용하였고 도공액의 점도를 조절하기 위해 세 종류의 CMC를 사용하였다. Brookfield 저전단 점도계로 측정된 CMC 1% 수용액의 점도는 Table 1과 같다.

Table 1. Low shear viscosity of three kinds of CMC solution (1%).

	<i>CMC-A</i>	<i>CMC-B</i>	<i>CMC-C</i>
<i>Viscosity, cPs</i>	30.2	54.5	97.5

2.2 도공액 제조

도공안료는 GCC 75K를 사용하였고, 바인더로 커튼코팅용 S/B 라텍스 12 pph를 사용하였다. 첨가제로는 CMC를 사용하였다. 각각 다른 종류의 CMC를 0.1 pph 첨가하여 커튼 안정성과 탈기성을 평가하였고, 또한 CMC 함량의 변화에 따른 도공액의 특성변화를 살펴보기 위하여 가장 점도가 높은 CMC를 선정하여 CMC를 넣지 않은 도공액과 CMC를 0.05, 0.1, 0.2, 0.3 pph 첨가한 도공액을 제조하였다. 제조된 도공액은 NaOH(1N)를 이용하여 pH 10 으로 조절하였다.

2.3 점도 측정

각 도공액들의 특성을 평가하기 위하여 Brookfield 저진단 점도계로 점도를 측정하고, TA Instrument사의 AR-G2 stress controlled rheometer로 진단율에 따른 점도변화를 측정하였다.

2.4 표면장력 측정

도공액을 원심분리 한 후 상등액을 채취하여 Kruss 사의 BP2 bubble pressure tensiometer 를 사용하여 동적 표면장력을 측정하였다.

2.5 커튼안정성 평가

Fig. 1과 같은 커튼안정성 평가장치를 사용하여 커튼안정성을 평가하였다. 도공액은 코팅 헤드의 양 옆에 부착된 edge guide를 따라 일정한 폭으로 커튼을 형성하면서 아래로 흐르도록 하였으며 edge guide를 조절함으로써 커튼의 폭을 조절하였다. Edge guide의 끝을 서로 맞닿게 한 상태에서 흐르는 커튼의 상태가 신장률 0%를 의미하고

edge guide를 양쪽으로 잡아당겨 커튼을 신장시켜 파괴되는 시점의 폭을 Eq. 1에 대입하여 신장률을 계산함으로써 커튼안정성을 평가하였다.

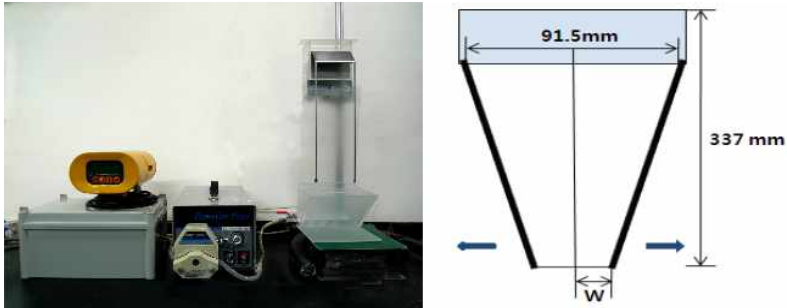


Fig. 1. Instrument to measure a curtain stability

$$Curtain(\%) = \frac{W}{45.75} \times 100 \quad \text{----- Eq. 1}$$

2.6 기포함량 측정

도공액의 기포를 측정하기 위하여 Emtec Electronic GmbH사의 CDA 02 장치를 사용하였다. 도공액은 유량이 1200 mL/min인 상태에서 커튼안정성 평가장치를 10분간 순환하였고, 이 후 100 mL 채취하여 기포함량을 측정하였다. 같은 장비로 탈기한 후 기포함량을 측정하여 도공액의 탈기성을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 도공액의 저전단 점도

Table 2와 Table 3에 CMC 함량의 변화와 종류에 따른 도공액의 저전단 점도를 측정 한 결과를 나타내었다. CMC 함량이 증가함에 따라 도공액의 점도는 증가하였고, 같은 양의 CMC가 첨가되었을 때 낮은 점도의 CMC를 첨가하여 만든 도공액의 점도 역시 낮았으며 점도가 높은 CMC가 첨가된 도공액의 점도는 높은 경향성을 보여주었다.

Table 2. Low shear viscosity of coating colors with increasing of CMC

	<i>Control</i>	<i>CMC-C</i> <i>0.05pph</i>	<i>CMC-C</i> <i>0.1pph</i>	<i>CMC-C</i> <i>0.2pph</i>	<i>CMC-C</i> <i>0.3pph</i>
<i>Viscosity, cPs</i>	110.1	182.4	373.1	621.5	808.0

Table 3. Low shear viscosity of coating colors with three kinds of CMC.

	<i>Control</i>	<i>CMC-A</i>	<i>CMC-B</i>	<i>CMC-C</i>
<i>Viscosity, cPs</i>	50.3	171.9	197.7	207.3

3.2 동적표면장력

도공액 커튼의 안정성을 설명하기 위하여 도공액의 레이놀즈 수, 웨버 수와 같은 무차원수를 이용한다. 이들 무차원수를 계산하는데 필요한 도공액의 점도, 밀도, 표면장력, 유량, 속도 등이 도공액 커튼의 안정성에 중요한 인자로 작용한다고 할 수 있다. Fig. 2에 나타난 것과 같이 CMC 함량에 따른 도공액의 표면장력은 변화가 없었고, Fig. 3에 나타난 것과 같이 CMC의 종류에 따라 표면장력이 미세한 차이를 나타내었다. 그러므로 도공액의 커튼안정성에 CMC가 미치는 영향을 파악하기 위해서는 표면장력보다는 점도의 평가가 중요하다고 판단되었다.

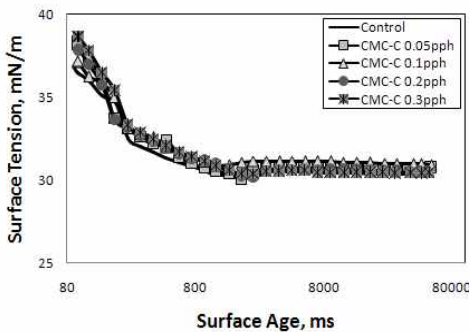


Fig. 2 . Dynamic surface tension of coating color with increasing of CMC..

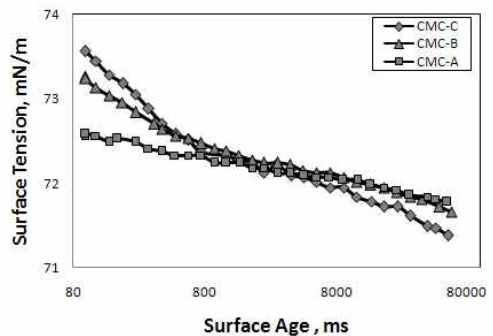


Fig. 3. Dynamic surface tension of three kinds of CMC solution (1%).

3.3 전단율에 따른 도공액의 점도변화

고전단 점도계를 이용하여 전단율에 따른 점도 특성을 평가하였다. Fig. 4 에서 저전단 영역에서 CMC를 첨가하면서부터 점도가 급격하게 증가하였고 yield 거동이 나타났다. CMC를 0.1 pph이상 첨가하면 동일 전단영역에서 CMC 첨가량이 증가함에 따라 점도는 모든 전단영역에서 증가하였다. Fig. 5에 나타나듯이 CMC 종류와 관계없이 저전단 영역에서 yield stress가 나타났고, 이것은 CMC가 저전단 영역에서 점도 증가에 크게 기여함을 의미한다. 고전단 영역에서는 종류에 따른 차이가 크게 나타나지 않는다.

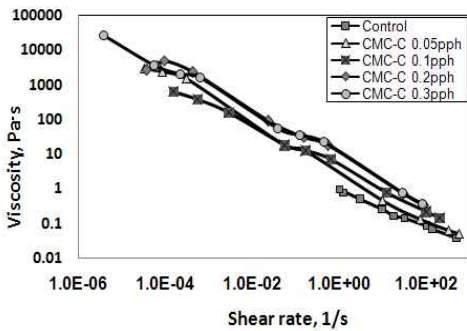


Fig. 4. High shear viscosity of coating color with increasing of CMC.

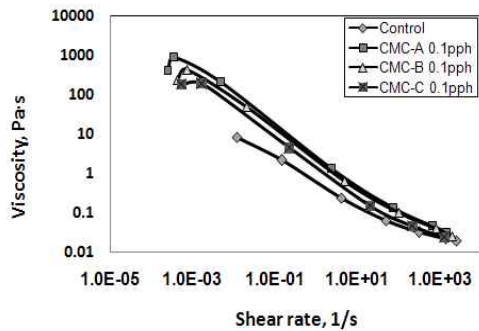


Fig. 5. High shear viscosity of coating color with three kinds of CMC.

3.4 커튼안정성

Fig. 6은 GCC 100 pph와 Latex A 12 pph에 CMC 함량을 다르게 하여 제조한 도공액의 커튼 안정성을 평가한 것이다. CMC를 첨가하면 커튼 안정성이 저하되는 것으로 나타났으며, CMC 함량에 따라 차이가 있었다. 일반적으로 CMC는 커튼의 impingement zone이후에 원지 위에 도공층이 잘 고착되도록 점도를 부여하기 위하여 많이 사용된다. 따라서 커튼의 안정성은 감소하더라도 CMC를 첨가할 필요가 있으며 CMC를 0.1 pph 첨가했을 때 유리한 것으로 판단된다. 또한 CMC첨가량이 증가할수록 Table 4과 같이 보수도가 증가하였다. 이것은 도공액이 물을 함유할 수 있는 능력이 증가함을 의미하며 바인더 마이그레이션이 심화되는 것을 방지할 수 있다. Fig. 7은

GCC와 Latex B 12 pph에 각각 점도가 다른 세 종류의 CMC를 앞선 결과로부터 얻은 0.1 pph 첨가하여 제조한 도공액의 커튼 안정성을 평가한 것이다. 유량에 따라 차이가 약간 있지만 전체적으로 비슷한 수준으로 커튼안정성이 평가되었고, CMC를 첨가하면 역시 커튼의 안정성이 감소하였다.

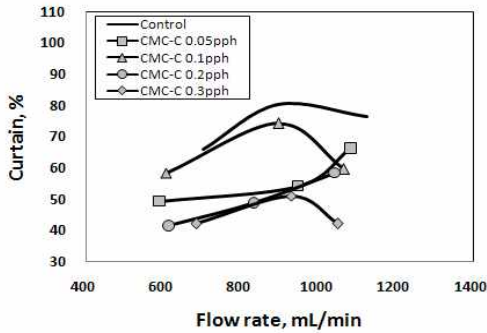


Fig. 6. The curtain stability of coating color with increasing of CMC.

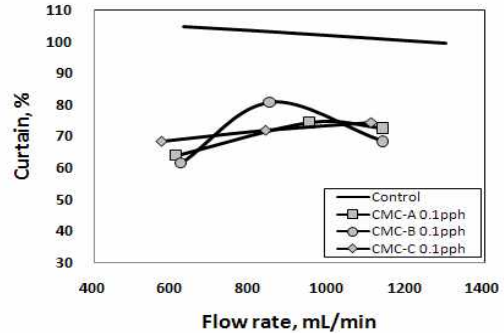


Fig. 7. The curtain stability of coating color with three kinds of CMC.

Table 4. Water retention value of coating color with increasing of CMC.

	<i>Control</i>	<i>CMC-C 0.05pph</i>	<i>CMC-C 0.1pph</i>	<i>CMC-C 0.2pph</i>	<i>CMC-C 0.3pph</i>
WRV	170.4	138.7	118.6	89.6	69.7

3.5 기포발생량과 탈기 후 기포함량

Fig. 8에 도공액 순환 후 기포발생량과 탈기 후 기포함량을 나타내었다. 측정결과 CMC를 첨가하면 기포함량이 증가하였으며, CMC를 0.2 pph이상 첨가하여 점도가 매우 높아지면 탈기가 매우 불량한 것으로 나타났다. 일정 수준까지는 점도가 증가하면 기포가 급격히 증가하고 탈기도 되지만 점도가 매우 높아지면 도공액 속에 상대적으로 기포가 적게 생기더라도 탈기가 전혀 되지 않는다. 저점도 CMC인 A와 중점도 CMC인 B를 사용한 도공액은 control과 같은 수준으로 탈기가 되었고 고점도 CMC인 C를 사용한 도공액은 이보다 탈기성이 불량하였다.

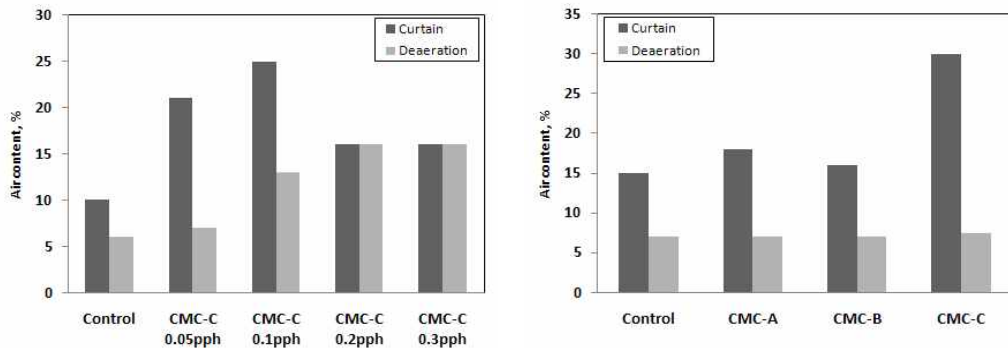


Fig. 8. The air content of the coating color before and after the deaeration.

4. 결론

도공액에 CMC를 투입함에 따라 점도가 증가하였으며 저전단하에서 CMC 종류와 관계없이 yield stress가 나타났다. 이것은 CMC가 저전단영역에서 점도 증가에 크게 기여함을 의미한다. CMC를 첨가하면 커튼 안정성이 저하되었으나 0.1 pph 첨가했을 때 상대적으로 커튼이 가장 안정적인 결과를 나타냈다. 또한 CMC 첨가량이 증가할수록 도공액의 보수도는 증가하였고 이는 바인더 마이그레이션을 감소시킬 것으로 판단된다. CMC 첨가에 의하여 도공액의 표면장력이 변하지 않음을 확인하였고 일반적으로 표면장력이 낮으면 기포가 더 많이 발생하는데 동일한 표면장력에서도 도공액의 기포특성에는 차이가 있는 것으로 보아 표면장력 외에도 점도가 기포 발생에 영향을 미치는 중요한 인자라고 판단된다. 점도가 증가하면 기포발생량은 증가하는 경향을 보이고 있지만 일정수준 이상 점도가 높아지면 탈기성이 매우 불량한 특성을 나타내었다. 탈기가 되더라도 블레이드 코팅이나 에어나이프 코팅과 같은 기존의 코팅방식에 비해 기포함량이 훨씬 높아 도공품질 및 인쇄품질 문제를 야기시킬 수 있기 때문에 향후 도공액 속 미세기포를 제어할 수 있는 추가연구가 요구된다.

5. 사 사

본 연구는 교육과학기술부 중견연구자 지원사업에 의해 수행되었음.

6. 참고문헌

- 1) Marston, J. O., Simmons, M. J. H., Decent, S. P., Influence of viscosity and impingement speed on intense hydrodynamic assist in curtain coating, Springer-Verlag, Exp Fluids, 42:483 - 488, 2007.
- 2) Triantafillopoulos, N., Gron, J., Luostarinen, I., Paloviita, P., Operational issues in high-speed curtain coating of paper, 2001 Tappi coating conference, Tappi press, Atlanta, p. 251, 2001.
- 3) Triantafillopoulos, N., Gron, J., Luostarinen, I., Paloviita, P., Operational issues in high-speed curtain coating of paper: Part 1: The principles of curatin coating, Tappi press, Vol. 87, No.11, 2004.