

유체의 점도 및 표면장력이 유체커튼의 안정성에 미치는 영향

이학래¹⁾, 윤혜정¹⁾, 이경호¹⁾, 양정연¹⁾, 김진두²⁾, 김영택²⁾

서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공¹⁾

(주)동일제지²⁾

1. 서 론

커튼코팅기술이란 도공액을 원지의 전폭에 대해 균일한 두께를 갖도록 사출하고 이를 사출된 도공액보다 빠른 속도로 진행하는 원지 상에 필름형태로 도피되도록 함으로써 도공층을 형성하는 기술을 의미한다. 제지 분야에서 도공면의 평활성을 확보하기 위해 선호되어 왔던 블레이드 코팅과는 달리 인위적으로 도공 표면을 깎아내지 않으므로 원지의 요철과 상관없이 완벽한 컨투어 코팅이 가능하다. 커튼코터의 유동구간은 커튼코터 헤드에서부터 커튼이 지필과 접하는 지점까지 크게 세 부분, sheet forming zone, curtain flow zone, impingement zone으로 구분할 수 있다. 도공액이 커튼코터 헤드에서 균일하게 사출되고, 수직방향으로 얇은 막의 커튼을 형성하면서 안정적으로 흐르며 수축하거나 절단되지 않아야 최종적으로 지필에 연속된 도공층을 형성할 수 있으며, 커튼의 이러한 특성을 커튼의 안정성이라 할 수 있다.

이미 커튼코팅기술이 적용되고 있는 비안료 코팅분야에서는 커튼의 안정성 및 효과적 적용에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 커튼의 안정성과 관련된 대부분의 연구에서 커튼을 이루는 유체의 레이놀즈 수, 웨버 수와 같은 무차원수를 통해 커튼의 안정성을 논하고 있는데, 이는 이러한 무차원수에 포함된 점도, 표면장력, 유량 등이 결국 유체로 이루어진 커튼의 특성을 나타내는 데 있어 중요한 물성들이라 할 수 있다.

특히, 제지분야에서 사용되는 도공액은 현재 커튼코팅기술이 적용되고 있는 코팅액과는 달리 다량의 안료가 함유된 혼합물으로써 복잡한 구성을 가지므로 효율적인 기술의 적용 및 효과의 극대화를 위해서는 안정적인 커튼형성 및 유지, 지필과 커튼이 만나는 지점에서의 유체의 거동에 관하여 많은 연구가 필요하다.

본 연구에서는 증점제와 계면활성제의 활용에 따라 발생하는 유체의 점도와 표면장력 변화가 커튼안정성에 미치는 영향을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

본 연구에서 증점제로 CMC(Carboxy-methyl cellulose)와 HEMC (Hydroxy-ethyl-methyl cellulose), HASE(Hydrophobically Modified alkali-soluble anionic associative emulsion)를 사용하였다. 표면장력을 조절하기 위한 계면활성제로 음이온성 계면활성제를 사용하였다. 재료의 특성을 표 1에 간략히 정리하였다.

Table 1. 실험재료의 특성

Materials		Charge	Viscosity (1% solution) (cPs, 25°C, 60rpm)
Thickener	CMC	Anionic	600
	HEMC	Nonionic	500
	HASE	Anionic	5
Surfactant	-	Anionic	-

2.2 수용액 및 도공액의 제조

CMC와 HEMC의 수용액을 제조하고, 투입량을 조절하여 비슷한 저전단점도를 갖도록한 다음 계면활성제의 투입여부로 표면장력을 조절하였다.

도공액의 경우, 안료로 GCC95K를 사용하고 바인더로 라텍스를 12 pph 투입하였다. 또, 증점제와 음이온성 계면활성제를 사용하였다.

제조된 각각의 유체특성을 조사하기 위해 Brookfield 점도계를 사용하여 점도를 측정하고, Krüss Tensitometer를 사용하여 표면장력을 측정하였다.

2.3 유체의 유동특성 측정

제조된 증점제 수용액 및 도공액의 흐름특성은 그림 1과 같은 장치를 통해 관찰하였다. 실험에 사용되는 유체 500mL를 계측하여 장치에 투입하고, 일정 수두가 유지되도록 하면서 원형의 오리피스를 통해 흐르는 유체의 유동을 카메라를 이용하여 관찰하고, 측정된 이미지를 이미지 분석프로그램을 사용하여 분석하였다. 유체의 흐름이 방울로 변하기까지 연속된 흐름을 나타내는 길이를 측정하였다.

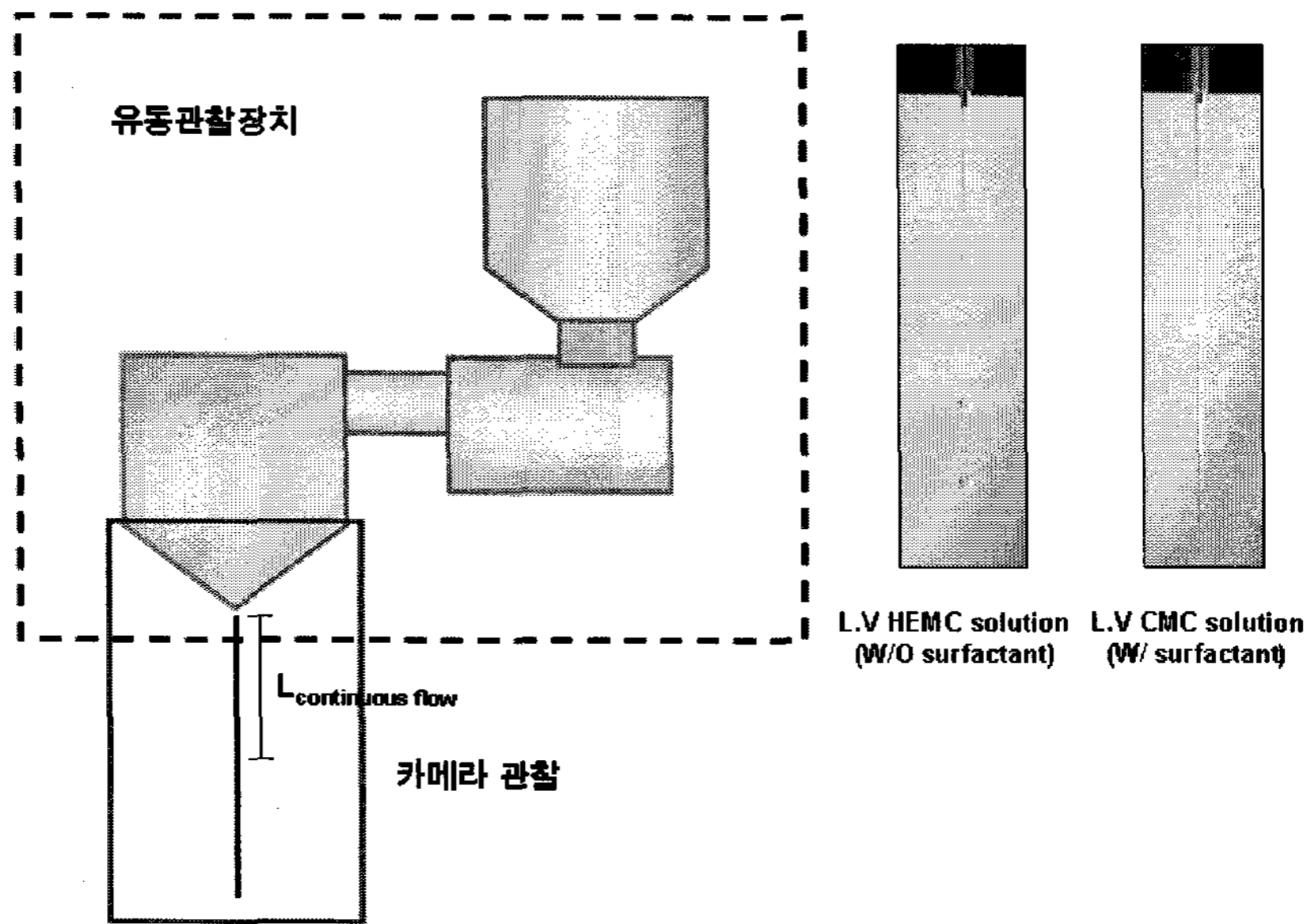


Fig. 1. 유동관찰장치

3. 결과 및 고찰

증점제 수용액을 이용한 실험결과를 Fig. 2에 나타내었다. 막대그래프로 나타낸 수치는 유동관찰장치를 통해 측정된 결과로써 관찰된 유체의 길이가 길수록 유체가 안정하게 흐르는 구간이 길어짐을 의미하게 되는데, 실험결과 각각의 수용액에 계면활성제를 투입하게 되면 유체의 흐름이 안정화되었다. HEMC 수용액의 경우, CMC 수용

액보다 계면활성제 투입에 따른 유체흐름의 안정화 정도가 컸다. 특히 고점도의 HEMC 수용액의 경우, 수용액만으로 실험을 진행할 때에는 연속된 흐름을 이루지 못하다가 계면활성제를 투입한 후에는 유체가 안정된 흐름을 보였다.

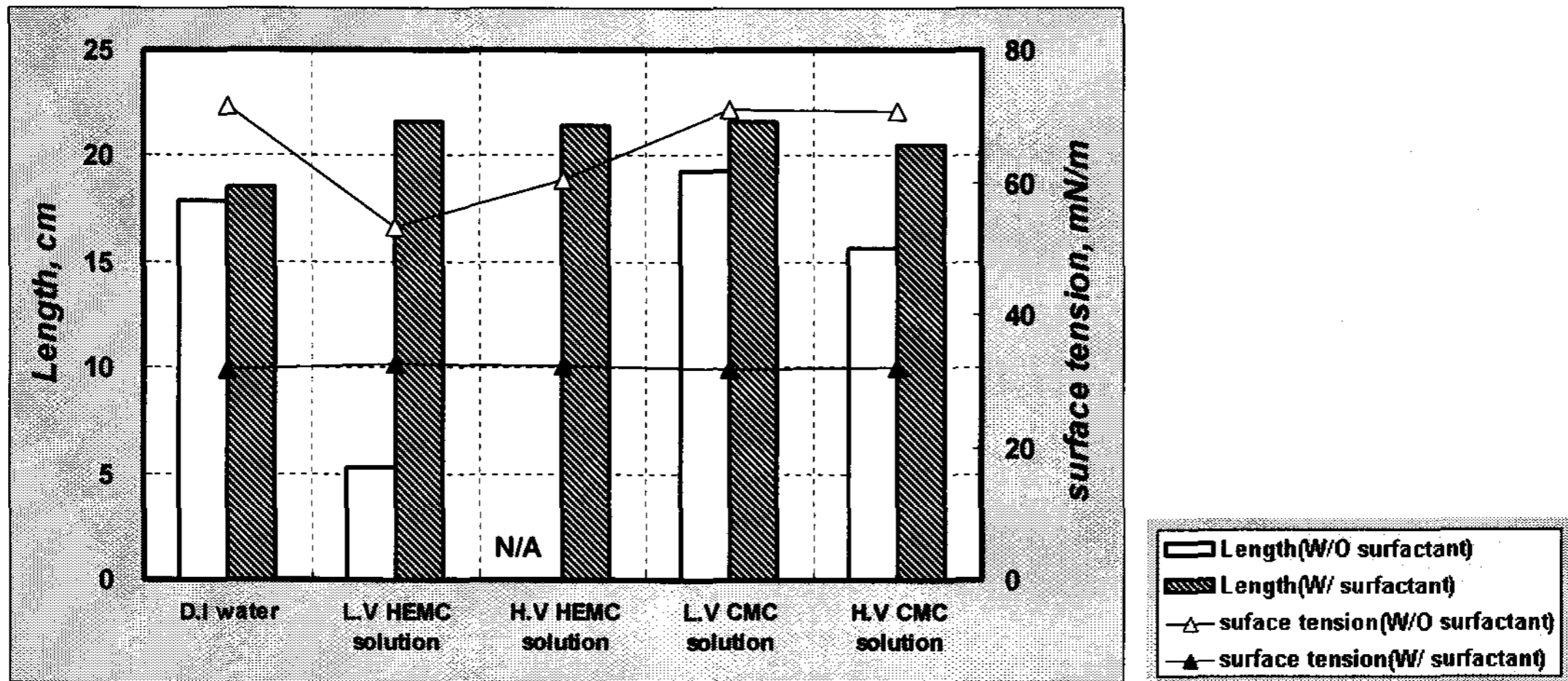


Fig. 2. 증점제 수용액의 흐름특성

상대적으로 낮은 표면장력을 가진 HEMC 수용액의 경우, 유체의 흐름이 더 안정될 것이라고 생각되었지만 실제 실험결과는 CMC 수용액이 더 안정된 흐름을 보였다. 이는 유체 흐름의 안정성에는 점도와 표면장력 외에 다른 인자가 영향을 미치고 있음을 시사한다.

수용액의 점도에 따라 유체의 흐름이 달랐다. 같은 수용액 내에서 점도가 낮은 경우, 유체가 안정된 흐름을 유지하는 구간이 더 길어지고 점도가 높은 경우에는 안정된 유체의 흐름이 전혀 관찰되지 않거나 안정된 흐름을 유지하는 구간이 짧았다.

결과적으로 유체의 표면장력 및 점도에 따라 유체의 흐름이 다르게 나타났다.

사 사

본 연구는 산업자원부의 지원에 의해 수행되었음. 일부 BK21 핵심사업의 지원을 받았음.

참고문헌

- 1) Triantafillopoulos, N., Grön, J., Luostarinen, I. and Paloviita, P., "Operational issues in high-speed curtain coating of paper, Part 1 : The principles of curtain coating", TAPPI J., 87(11): 6-10 (2004).
- 2) Triantafillopoulos, N., Grön, J., Luostarinen, I. and Paloviita, P., "Operational issues in high-speed curtain coating of paper, Part 2 : Curtain coating of lightweight coated paper", TAPPI J., 87(12): 11-16 (2004).