

PVA와 CMC 첨가가 커튼 코팅용 GCC 도공액의 유변 특성 및 커튼 안정성에 미치는 영향

최은희 · 김채훈 · 이학래[†]
(2010년 12월 10일 접수: 2010년 12월 23일 채택)

Effects of PVA and CMC addition on Rheological Characteristics and Curtain Stability of GCC Based Curtain Coating Colors

Eun Heui Choi, Chae Hoon Kim, Hak Lae Lee[†]
(Received December 10, 2010: Accepted December 23, 2010)

ABSTRACT

Curtain stability without curtain contraction is critical for a successful operation in curtain coating, and this can be influenced by the change in particle dynamics and rheological properties of coating colors. In this study, polyvinyl alcohol (PVA) and carboxymethyl cellulose (CMC) were added to control the rheology of GCC based curtain coating colors. Surface tension was increased slightly with increasing content of cobinder. Shear-thinning of viscosity was more pronounced for the CMC containing GCC coating colors. Complex modulus decreased when small amount of PVA was used as a cobinder, but it increased in other coating colors. Extensional viscosity was increased with increasing of the cobinder content, but CMC was more effective. Results indicate that pigment interaction with PVA is different from that with CMC. Dispersibility of coating colors was improved due to steric stabilization when small amounts of PVA was used, but flocculation occurred by bridging when the amount of PVA was increased. Dispersibility of coating colors was improved when small amount of CMC was added, while flocculation was observed by depletion effect when the concentration of CMC was increased in coating colors. Addition of cobinders at proper levels gave positive effects both in rheological properties and curtain stability. On the other hand, excessive amount of cobinders caused particle flocculation and this resulted in rheological and curtain stability problems.

• 서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부 (Dept. of Forest Sciences, Seoul National University, 151-921, Seoul, KOREA)

† 교신저자(Corresponding Author), E-mail; lhakl@snu.c.kr

Keywords : *Curtain coating, GCC, PVA, CMC, Curtain stability, Rheology, Surface tension, Viscosity, Complex modulus, Filament diameter, Dispersibility, Flocculation*

1. 서론

종이와 판지의 외양을 수려하게 하며, 인쇄적성을 향상시키기 위해 실시되는 안료도공은 주로 블레이드 코팅 기술이 활용되어 왔다. 블레이드 코팅은 에어 나이프 코팅 기술에 비해 고고형분의 도공액을 활용한 고속도공이 가능하다는 장점이 있어 이를 통하여 대량생산 및 건조에너지 절감이 가능하다는 이점과 맞물려 지금까지 50년 이상 주된 코팅방식으로 입지를 다져왔다.

하지만 최근 들어 블레이드 코팅보다도 더욱 빠른 속도에서 고고형분 도공액을 이용하여 코팅할 수 있으며 블레이드와 같은 기계적 접촉 방식을 전혀 사용하지 않아 지절과 같은 조업성의 문제를 일으키지 않을 뿐 아니라 도공층의 커버리지 등 다양한 장점이 있는 커튼 코팅기술이 큰 관심을 불러일으키고 있다¹⁾.

커튼 코팅은 시트상 또는 커튼의 형태로 도공액 또는 액체를 낙하시키고 이를 커튼속도에 비해 20-40 배 빠르게 이동하는 기질 위에 도피하는 코팅 방식을 말한다. 커튼 코팅은 1970년대 사진인화용지의 제조시에 사용되었으며 1990년대에 들어 감열지와 고분자 박막 코팅에 사용되고 있는 기술이지만 제지 도공용으로는 상용화된 지 얼마 안 되는 첨단 기술이다. 커튼 코터의 유동구간은 커튼 헤드에서 커튼과 지필이 만나는 지점까지 sheet forming zone, curtain flow zone, 그리고 impingement zone으로 구성된다²⁾. 커튼 코팅 기술의 핵심은 커튼헤드에서 도공액이 균일하게 사출되어 커튼을 안정적으로 형성하고 지필과 만나는 impingement zone에서 커튼이 끊어지지 않고 신장되도록 하는 것이다.

실제 현장에서는 기존 블레이드 코팅방식에서 우수한 특성을 나타내었던 도공액을 커튼 코팅방식에 적용하면 도공액의 신장 탄성과 유변 특성 불량으로 인한 스킵 코팅 발생, 도공액 내에 기포혼입에 따른 결함 등 다수의 문제점이 발견되고 있다. 또한 커튼 코팅은 블레이드 코팅 방식에서처럼 닥터링하는 부

분이 없어 기계적 배열작용이 없기 때문에 도공안료의 배열이 불균일하고 도공층의 공극구조가 개방형의 특성을 가지므로 잉크 흡수가 빠르고 바인더 마이그레이션이 증가하는 문제가 있다고 보고되었다³⁾.

현재까지는 커튼 코팅에 관한 연구는 코팅설비와 고속운전 조건 등 산업화를 위한 연구 위주로 이루어져 왔으며, 도공액 자체의 특성과 커튼코팅과의 연관성에 대해서는 많은 연구가 필요한 실정이다. 제지 산업에 적용하기 위한 커튼 코팅용 도공액은 조성구성과 유변 특성이 복잡하기 때문에 주로 점성이 있는 에멀전과 같이 조성이 단순한 물질로 대체하여 연구되어 왔으며, 실제 커튼 코팅용 도공액의 특성에 관한 연구는 제한적으로 이루어져 왔다. 도공액의 특성은 조업성 및 품질과 직접적으로 연관이 있으므로 현재 커튼 코팅 공정에서 일어나는 문제점들을 해결하고 향후 제지 분야에서 커튼 코팅 기술의 범용화 및 안정화를 위해서는 커튼 코팅용 도공액의 물성 및 유변 특성에 관한 체계적인 연구 및 검토가 필요하다.

본 연구에서는 커튼코팅에 있어서 도공액의 조성구성과 커튼안정성과의 관계를 연구하기 위해 제지코팅에서 가장 널리 사용되고 있는 안료인 중질탄산칼슘(ground calcium carbonate, GCC)에 커튼코팅용 styrene/butadiene latex emulsion(이하 SB Latex로 칭함)을 혼합하여 기본 도공액을 제조하고, polyvinyl alcohol(PVA)과 carboxymethyl cellulose(CMC)를 도공액에 첨가하여 유변 특성이 어떻게 변화하는지 살펴보았다. 또한 이러한 변화가 궁극적으로 커튼의 신장률과 기포 특성에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

도공안료는 한국의 O사에서 분양받은 중질탄산칼슘인 Setacarb 95K 75% slurry를 사용하였다. Latex는 스위스의 D사에서 커튼코팅용으로 제조된

SB Latex를 이용하였다. 첨가제로는 비이온성 고분자인 PVA(Mw. 13,000-23,000, 98% hydrolyzed)와 음이온성 고분자인 CMC (Mw. 90,000, D.S. 0.7)를 사용하였다. 도공액의 pH를 조절하기 위해서 1M NaOH를 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 도공액 제조

GCC 100 pph와 SB Latex 12 pph를 혼합한 것을 기본 도공액으로 하고, 각각 PVA와 CMC의 첨가량을 다르게 투입하여 커튼 코팅용 도공액을 제조하였다. Table 1에 도공액의 조성을 나타내었다. 고형분 함량은 60%, pH는 10으로 조절하였다. 제조된 도공액의 저전단 점도(Brookfield viscosity), 고전단 점도(Hercules viscosity) 및 보수도가 Table 2에 제시되어 있다.

2.2.2 도공액의 유변 특성 평가

도공액의 동적표면장력은 bubble pressure tensiometer (BP2, Krüss GmbH)를 이용하여 100~50,000 ms의 surface age에서 측정하였고, 정적표면장력은 static

surface tensiometer (K12, Krüss GmbH)를 이용하여 Wilhelmy method로 측정하였다. Stress-controlled rotational rheometer (CVO, Bohlin instruments)로 0.1~100 s⁻¹의 전단 영역에서 40 mm, angle 2° cone-plate geometry를 이용하여 도공액의 점도 변화를 평가하였다. 또한 동일 장비의 oscillation 방법으로 0.16~16 Hz의 frequency를 가하여 도공액의 탄성률을 평가하였다. 도공액의 신장특성을 평가하기 위하여 Extensional viscometer (CaBER, Haake GmbH)로 도공액의 필라멘트 직경변화를 측정하였다.

2.2.3 커튼 안정성 평가

도공액을 Fig. 1과 같이 자체 제작한 커튼 안정성 평가 장치에 teapot effect가 생기지 않도록 유량을 1 L/min으로 조절하여 커튼을 형성시키고, 이를 비디오로 촬영하였다. 커튼헤드의 양옆에 있는 edge guide를 옆으로 당겨 커튼 폭을 서서히 늘리면 Marangoni effect에 의해 커튼이 파괴되는 지점이 발생한다⁴⁾. 실험 후 촬영한 비디오로 파괴된 지점을 분석하여 커튼의 최대 신장 폭(mm)을 확인하였다. 커튼헤드에서의 초기 커튼 폭 150 mm에 대한 평가된

Table 1. The formulation of coating colors (pph)

Series Components	PVA coating colors					CMC coating colors				
	GP0	GP1	GP2	GP3	GP4	GC0	GC1	GC2	GC3	GC4
GCC	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Latex	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
PVA	0	0.5	1	3	6	-	-	-	-	-
CMC	-	-	-	-	-	0	0.1	0.3	0.5	1

Table 2. The properties of coating colors

Series	PVA coating colors					CMC coating colors				
	GP0	GP1	GP2	GP3	GP4	GC0	GC1	GC2	GC3	GC4
B-viscosity ¹ (cPs) (Spindle No.)	44.8 (1)	141.6 (2)	171.6 (2)	370.7 (3)	832.6 (3)	44.8 (1)	186.9 (2)	776.2 (3)	1117.0 (3)	2250.0 (4)
H-viscosity ² (cPs)	11.9	13.2	14.9	20.9	36.4	11.9	13.6	15.9	16.0	20.2
Water retention value ³ (g/m ²)	245.1	108.7	72.2	18.7	11.2	245.1	211.5	158.0	115.7	79.6

¹. Brookfield viscometer, 100 rpm, 1 min., 23 °C

². Hercules viscometer, 6,600 rpm max., 23 °C

³. 2 bar, 1 min

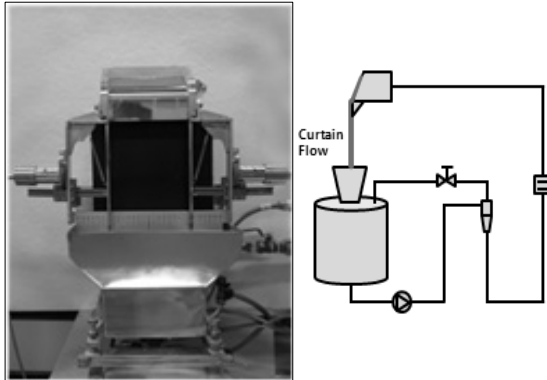


Fig. 1. Instrument to estimate the curtain stability.

최종 커튼 신장 폭을 Eq. 1과 같이 계산함으로써 커튼 폭의 신장률(%)을 구하고 이를 커튼 안정성의 지표로 정의하였다.

$$Curtain\ stability(\%) = \frac{Width}{150} \times 100 \quad \dots [Eq. 1]$$

3. 결과 및 고찰

3.1 도공액의 유변특성

3.1.1 도공액의 동적표면장력

커튼은 계면이 빠르게 확장되어야 안정적으로 형성될 수 있기 때문에 커튼 코팅에서 표면장력은 매우 중요한 인자이다. Surface age는 커튼이 사출되어 기질 위에 도포될 때까지 걸리는 시간이다. 따라서

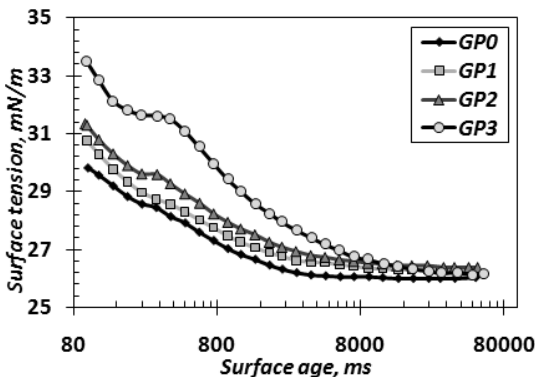


Fig. 2. Dynamic surface tension of PVA coating colors as a function of surface age at 100~50,000 ms.

surface age는 커튼의 높이에 의해 좌우되고, 각 높이에서의 표면장력이 달라진다⁵⁾. Bubble pressure tensiometer는 모세관에 공기를 주입하는 속도를 다르게 하여 surface age를 조절한다. 예를 들어, 공기를 빠르게 주입하여 bubble 형성 주기가 짧으면 surface age가 낮은 것이다.

커튼 형성과정에서는 surface age가 낮을 때 표면장력이 낮을수록 유리하다^{1,5,6)}. Fig. 2과 Fig. 3에서 surface age가 낮을 때의 표면장력을 비교해 보면 보조바인더의 함량이 증가함에 따라 표면장력이 증가하였다. 이것은 도공액 내 보조바인더의 함량이 증가하면 도공액의 농화(thickening) 현상이 심화되어 bubble을 형성시킬 때의 압력이 증가하기 때문이다. 특히 보조바인더의 첨가량이 많은 GP3와 GC4의 경우 동적표면장력의 증가가 두드러졌고, 이러한 도공액은 계면의 확장이 신속하게 일어나지 않기 때문에 커튼이 제대로 형성될 수 없다.

3.1.2 도공액의 점도

Rheometer를 이용하여 전단력을 연속적으로 증가시켜 점도변화를 평가하였다. Fig. 4와 Fig. 5에 나타난 것과 같이 GCC 도공액에서 보조바인더의 첨가량이 동일한 경우인 GP1과 GC3, GP2와 GC4를 비교해 보면 GCC-CMC 도공액에서 점도변화 기울기가 더 컸으므로 PVA 도공액보다 CMC 도공액에서 전단담화(shear-thinning) 현상이 더 크게 나타남을 알 수 있다.

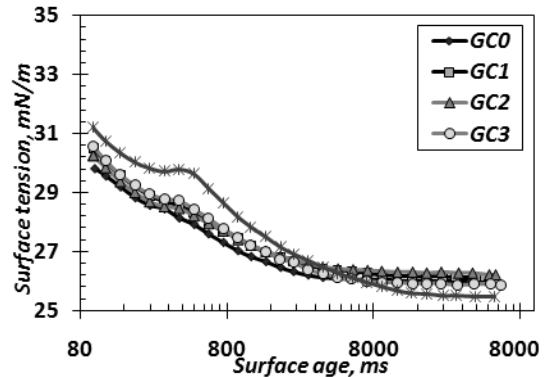


Fig. 3. Dynamic surface tension of CMC coating colors as a function of surface age at 100~50,000 ms.

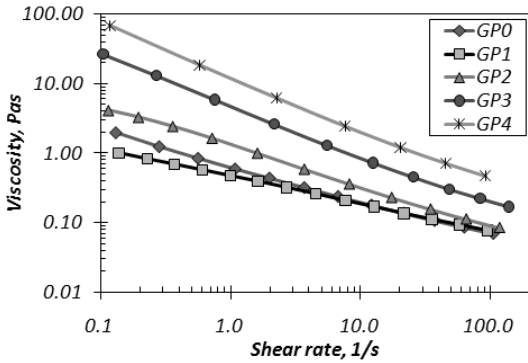


Fig. 4. Viscosity of PVA coating colors as a function of shear rate at 0.1~100 s⁻¹.

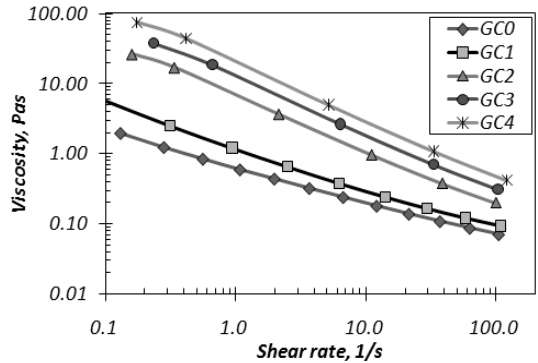


Fig. 5. Viscosity of CMC coating colors as a function of shear rate at 0.1~100 s⁻¹.

CMC를 첨가한 도공액은 강한 3차원 구조를 가져 저전단력이 가해졌을 때는 점도가 높지만 전단력이 증가함에 따라 그 구조가 깨지게 되어 점도가 크게 낮아진다. 반면에 PVA를 첨가한 도공액은 매크로구조를 형성하지 않아 저전단력이 가해졌을 때는 점도가 낮으나 마이크로 구조의 일부 강한 응집체는 고전단력에도 깨지지 않아 상대적으로 점도가 감소하는 폭이 작다. 따라서, CMC를 첨가한 도공액이 PVA를 첨가한 도공액에 비해 전단 담화 현상이 두드러지게 되는 것이다⁷⁾. 이것은 CMC 도공액이 전단력에 따른 점도변화가 더 크다는 것을 의미하고, 첨가량을 소량으로 조절하게 되는 원인이기도 하다.

3.1.3 도공액의 탄성률

탄성률의 평가는 코팅 중에 발생하는 응집을 연구하는 수단이다⁷⁻⁹⁾. Fig. 6에 나타난 것과 같이 PVA 도

공액에서 GP0에 비해 GP1과 GP2는 탄성률이 낮았고, GP3과 GP4는 첨가량이 증가할수록 탄성률이 증가하였다. GP1과 GP2의 기울기는 GP0와 유사하였고 GP3와 GP4 도공액의 기울기는 첨가량이 증가할수록 작아졌으므로 기울기 변화에 의하여 크게 두가지 그룹으로 구분되었다. 이것은 GP3 도공액부터 도공액이 겔처럼 거동하였고 응집이 발생했음을 의미한다. 반면 Fig. 7에 나타난 것과 같이 GCC-CMC 도공액의 경우에는 CMC 첨가량이 증가함에 따라 탄성률이 증가하였다. 특히 GC2 도공액부터 기울기가 작아졌고 GCC-PVA 도공액과 마찬가지로 기울기 변화에 의하여 크게 두가지 그룹으로 구분되었다. GC1그룹과GC2, GC3, GC4그룹으로 나누어졌고, CMC의 첨가량이 증가함에 따라 도공액이 점점 겔처럼 변화하였고 응집이 발생하였다.

일반적으로 도공액과 같이 비선형적인 점탄성 물

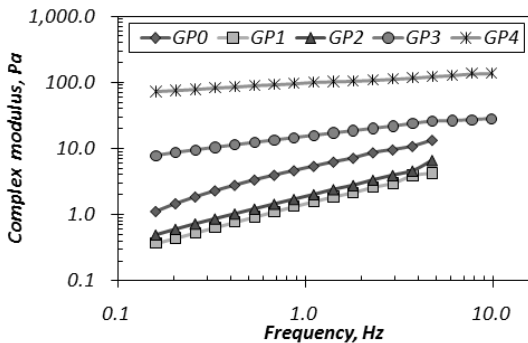


Fig. 6. Complex modulus of PVA coating colors as a function of frequency at 0.16~16 Hz.

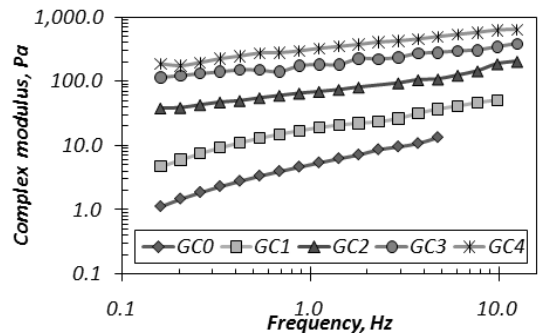


Fig. 7. Complex modulus of CMC coating colors as a function of frequency at 0.16~16 Hz.

질에서는 가하는 응력의 정도에 따라 탄성이 달라진다. 기울기가 작다는 것은 응력이 증가하여도 탄성의 변화가 거의 없다는 것을 의미하므로 보조바인더의 첨가량이 증가함에 따라 도공액의 변형이 잘 일어나지 않는 탄성적 성질이 강하고, 응집이 발생함을 알 수 있다.

Fig. 6과 Fig. 7을 비교해 보면 CMC 첨가 도공액의 탄성률은 PVA 첨가 도공액보다 더 높고, 첨가량에 따른 상승폭도 더 크다. GCC 도공액에서 PVA에 비해 CMC가 안료입자와 강하게 상호작용하여 삼차원구조를 형성하고 있기 때문에 GCC-CMC 도공액의 탄성률이 더 높은 값을 나타내었다. 따라서 이 도공액은 GCC와 CMC의 응집으로 인해 탄성률이 높고, 응집된 구조는 저전단력을 견딜 수 있을 정도로는 강하지만 전단력이 증가하면 쉽게 깨지는 특성을 나타낸다⁷⁾.

3.1.4 도공액의 신장점도

일반적으로 도공액의 신장 특성이 우수하면 커튼 코팅의 조업성은 향상된다. 안료와 바인더로만 제조된 도공액은 입자가 물에 혼합된 것과 마찬가지로 도공액의 신장 특성이 매우 불량하다. 도공액에 우수한 신장특성을 부여하기 위해 보조바인더를 첨가한다면, impingement zone에서 커튼과 지필과의 속도 차이에 의해 발생하는 급격한 신장을 견딜 수 있으므로 커튼 코팅에서 보조바인더는 매우 중요한 인자라고 할 수 있다.

PVA와 CMC를 첨가하면 미첨가된 도공액보다 필라멘트 직경이 더 오래 유지되었고, 필라멘트 직경이

선형적으로 감소하였다. Fig. 8에서 나타난 바와 같이 PVA 도공액에서 PVA가 미첨가된 GP0와 비교하여 GP1, GP2는 차이가 미미하였고, GP3, GP4는 필라멘트가 유지되는 시간이 뚜렷하게 차이가 났다. Fig. 9와 같이 CMC 도공액의 경우 GC0와 GC1의 필라멘트 직경 차이는 미미하였으나 GC2부터는 비교하여 CMC의 첨가량이 증가함에 따라 필라멘트 직경이 유지되는 시간이 뚜렷하게 차이가 났다. 특히 GC4의 경우에는 필라멘트 직경이 끊어지지 않고 일정 직경을 유지하다가 갑자기 끊어지는 현상이 관찰되었다.

신장점도(η_D)는 Eq. 2와 같이 계산된다.

$$\eta_D = \frac{\sigma}{d_0 - d} \times t \quad \dots\dots\dots [\text{Eq. 2}]$$

여기서, d_0 는 신장 후 초기 필라멘트 직경, d 는 줄어드는 필라멘트 직경, σ 는 표면장력, t 는 시간을 나타낸다. Table 3에 나타난 것과 같이 도공액의 정적표면장력은 차이가 거의 없기 때문에 신장점도는 시간에 따른 필라멘트의 직경 변화에 의해 결정된다. 보조바인더의 첨가량이 동일한 경우를 비교해 보면 동일한 시간 경과 후 CMC 도공액의 필라멘트 직경변화가 더 적었다. 따라서 CMC 도공액의 신장점도가 더 높다고 할 수 있다.

CMC는 소량의 첨가로도 도공액의 신장점도를 증가시키므로 커튼 코팅 시 원지와의 속도 차이에 의해 발생하는 급격한 신장을 견디도록 신장 특성을 부여하는데 실질적이고 경제적인 효과가 있을 것으로 기대된다. 그러나 특정 속도에서 신장점도의 향상에 따

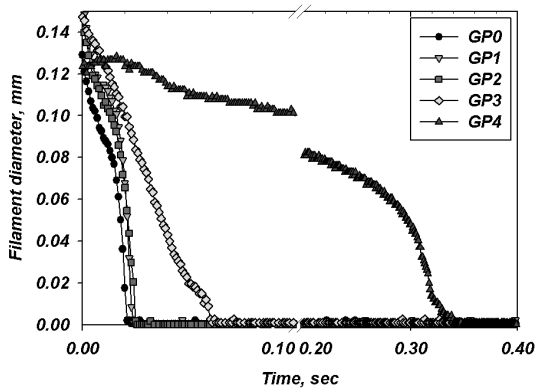


Fig. 8. Filament diameter of PVA coating colors against time.

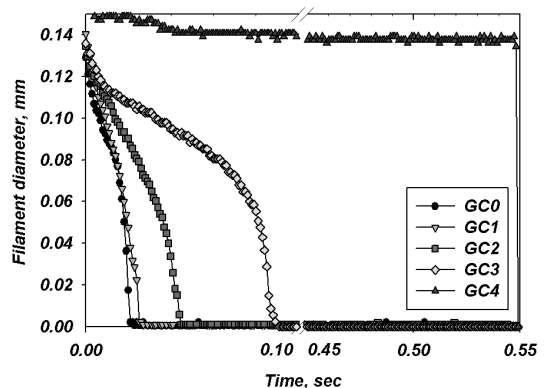


Fig. 9. Filament diameter of CMC coating colors against time.

Table 3. Static surface tension of coating colors

Series	PVA coating colors				CMC coating colors					
	GP0	GP1	GP2	GP3	GP4	GC0	GC1	GC2	GC3	GC4
Surface tension (mN/m)	26.2	26.4	26.4	26.0	-	26.2	26.3	26.2	26.1	25.8

큰 커튼 안정성의 향상 효과에는 한계값이 존재한다. 이 한계값을 넘으면 GC4 도공액으로부터 예상할 수 있는 것처럼 커튼 자체의 장력이 너무 높아서 curtain flow zone에서 커튼이 끊어지거나 커튼이 양쪽으로 갈라져 커튼의 필름이 제대로 형성되지 못할 수 있다¹⁰⁾.

3.1.5 투입량에 따른 PVA와 CMC의 역할

유변 특성 평가 결과 GCC 도공액에서 PVA 도공액의 경우 GP1, GP2 그룹, GP3, GP4 그룹의 두 그룹으로 구분되고, CMC 도공액의 경우 GC1 그룹, GC2, GC3, GC4 그룹의 두 그룹으로 구분되어 물성이 크게 변화했다.

PVA가 1 pph 정도 (GP1, GP2)까지는 Fig. 10 (a)와

같이 흡착에 의한 입체장애 효과로 도공액의 분산성을 향상시키는데 효과가 있지만 3 pph 이상 (GP3, GP4)부터는 Fig. 10 (b)와 같이 PVA가 여러 입자에 동시에 흡착되어 bridging을 이루면서 입자를 서로 고정시키기 때문에 강한 전단력에도 깨지지 않는 응집체를 형성하였다¹¹⁻¹³⁾.

CMC가 0.1 pph 정도 첨가되었을 때 (GC1)는 Fig. 11 (a)과 같이 수용액 상태에서 음전하를 띤 CMC가 음전하를 띤 입자와 정전기적으로 반발하여 도공액의 분산성이 향상되지만 액상계 내에 CMC의 농도가 높아졌을 때 (GC2, GC3, GC4)는 Fig. 11 (b)와 같이 depletion 효과에 의해 입자가 가까워지게 되어 응집이 발생하였다¹¹⁻¹⁴⁾. 이러한 응집은 적정량 이상의 고분자를 첨가할 경우에 분산되어 있는 입자들 사

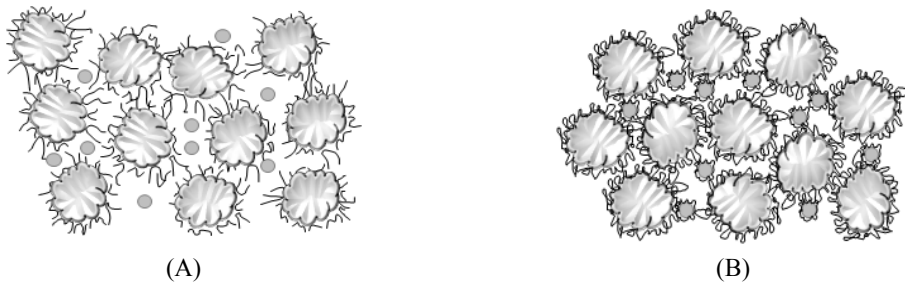


Fig. 10. (a) Steric stabilization and (b) bridging flocculation of PVA coating colors.



Fig. 11. (a) Electrostatic stabilization and (b) depletion flocculation of CMC coating colors.

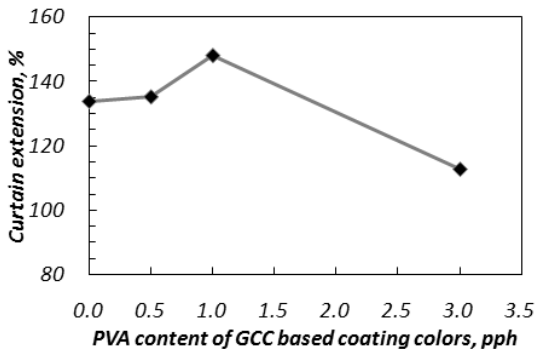


Fig. 12. Curtain stability with increasing PVA content of GCC based coating colors.

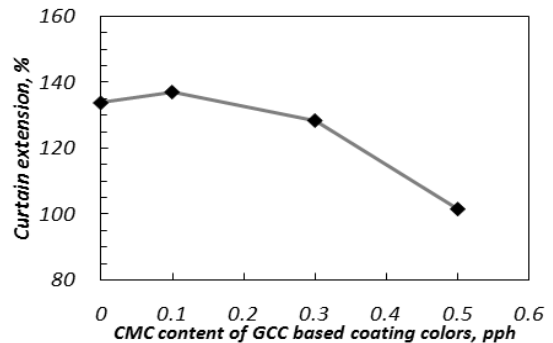


Fig. 13. Curtain stability with increasing CMC content of GCC based coating colors.

이에 존재하던 흡착되지 않은 고분자가 전체 계의 에너지를 낮추기 위해 빠져 나가면서 입자 간에 삼투압과 비슷한 정도의 인력을 제공하기 때문에 생긴다¹⁴⁾. 서로 다른 메커니즘에 의하여 변화한 입자 거동은 도공액의 유변 특성을 변화시켰고, 이로 인하여 커튼 안정성이 변화하였다.

3.2 커튼 안정성 분석

Fig. 12와 Fig. 13에 나타난 것과 같이 보조바인더가 첨가되지 않은 GP0와 GC0에 비해 GP1과 GP2, GC1은 커튼 신장률이 향상되었다. GP0에 비하여 GP1은 1.1%, GP2는 10.7%, GC0에 비하여 GC1은 2.5% 커튼이 신장되었고, GP3, GC2와 GC3는 커튼 신장률이 감소하였다.

GP1과 GP2는 PVA가 입자를 입체장에 효과에 의하여 안정화시킴으로써 분산성을 좋게 하여 유변 특성을 향상시켰기 때문에 커튼 안정성이 향상되었으나 GP3는 PVA가 여러 입자에 동시에 흡착되어 bridging을 이루면서 입자를 서로 고정시켜 입자의 분산성과 유동성이 감소했기 때문에 커튼을 양옆으로 당겨 신장시켰을 때 그 힘의 방향대로 잘 신장되지 못하여 커튼 안정성이 감소하였다.

CMC 도공액의 경우, GC1은 CMC가 입자를 정전기적 반발력에 의하여 안정화시킴으로써 도공액이 더 잘 분산되었고, 이로 인한 유변 특성 향상이 커튼 안정성을 향상시켰으나 GC2, GC3는 depletion 효과에 의해 입자끼리 뭉치고 도공액이 점점 짙어짐과 같이 변하게 되어 커튼 안정성이 감소하였다.

4. 결론

본 연구에서는 PVA와 CMC의 첨가가 커튼 코팅용 도공액의 유변 특성과 커튼 안정성에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다. PVA가 1 pph 이하 첨가되면 흡착에 의한 입체장에 효과로 도공액의 분산성이 향상되지만 3 pph 이상 첨가되면 PVA가 여러 입자에 동시에 흡착되어 bridging을 이루면서 입자를 서로 고정시키기 때문에 강한 전단력에도 깨지지 않는 응집체를 형성하였다. CMC가 0.1 pph 정도 첨가되었을 때는 수용액 상태에서 음전하를 띠는 CMC가 음전하를 띠고 있는 입자와 정전기적으로 반발하여 도공액의 분산성이 향상되지만 액상계 내에 CMC의 농도가 높아지면 depletion 효과에 의해 입자가 가까워지게 되어 응집이 발생하였다. 분산성이 향상된 도공액은 유변 특성이 향상되어 커튼 안정성이 향상되었고, 반면 응집이 발생하여 유변 특성이 불량한 도공액은 커튼 안정성이 감소하였다.

사 사

본 연구는 한국연구재단 지원 중견연구자지원사업 핵심(개인)연구로 수행되었음.

인용문헌

1. Fröhlich, U. and Tietz, M., Influence of surfactants on curtain coater runnability and paper quality, Coating and Graphic Arts Conference proceeding, TAPPI

- press (2004).
2. Triantafillopoulos, N., Grön, J., Luostarinen, I. and Paloviita, P., Operational issues in high-speed curtain coating of paper, Coating & Graphic arts conference and trade fair proceeding, TAPPI press (2001).
 3. Husband, J. C. and Hiorns, A. G., The trend towards low impact coating of paper and board, The 6th European Coating Symposium proceeding (2005).
 4. Urscheler, R., Dobler, F., Roper, J., Haavisto, J. and Numiainen, T., Key attributes and opportunities of multilayer curtain coating for paper, Coating conference proceeding, TAPPI press (2005).
 5. Tripathi, P., Joyce, M., Lee, D. I., Fleming, P. D. and Sugihara, M., A study for the statistical optimization of a high speed curtain coater, Coating and Graphic arts conference proceeding, TAPPI press (2006).
 6. Bohnenkamp, B., Tietz, M. and Trefz, M., New development results of curtain coating for various paper grades, Coating conference proceeding, TAPPI press (2005).
 7. Sandås, S. E. and Salminen, P. J., Pigment-cobinder interactions and their impact on coating rheology, dewatering, and performance, TAPPI J. 74(11): 179-187 (1991).
 8. Persson, T., Järnström, L. and Rigdahl, M., Effect of method of preparation of coating colors on the rheological behavior and properties of coating layers and coated papers, TAPPI J. 80(2): 117-124 (1997).
 9. Patruyo, L. G., Müller, A. J. and Sáez, A. E., Shear and extensional rheology of solutions of modified hydroxyethyl celluloses and sodium dodecyl sulfate, Polymer 43: 6481-6493 (2002).
 10. Voss, M. and Tadjbach, S., Extensional rheology of coating colours for curtain application, Coating and Graphic arts conference proceeding, TAPPI press (2004).
 11. Chonde, Y., Roper, J. and Salminen, P., A review of wet coating structure: pigment/latex/cobinder interaction and its impact on rheology and runnability, Coating fundamental symposium proceeding, TAPPI press (1995).
 12. Whalen-Shaw, M. W. and Gautam, N., A model for the colloidal and rheological characteristics of clay, latex, CMC formulations, Coating conference proceeding, TAPPI press (1995).
 13. Wallström, A. and Järnström, L., The relation between viscoelastic properties of suspensions based on paper coating minerals and structures of the corresponding coating layers, Annal transactions of the nordic rheology society (12): 215-218 (2004).
 14. 박명재, 안지환, 김환, 침강성 탄산칼슘 현탁액의 분산 안정성에 관한 연구, 한국세라믹학회지 38(4): 343-350 (2001).