

# 도공액의 표면장력에 따른 도공지의 플렉소 인쇄적성 변화

이학래, 김채훈\*, 최은희

서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부

## 1. 서론

종이와 판지의 외관적 성질과 인쇄 적성을 향상시키기 위해 실시되는 안료 도공은 주로 블레이드 코팅을 통해 이루어지고 있다. 그러나 블레이드코팅은 원지상의 도공액을 기계적으로 긁어내는 방법으로 스크래치나 스트릭 등이 유발될 수 있으며 미스팅이나 블레이드의 마모 등 조업성 측면에서도 불리한 단점이 있다. 또한 레벨코팅 방식으로 원지의 평활도가 매우 우수해야 하며 원지의 강도 요구도가 높다.

최근 블레이드 코팅의 이러한 한계를 극복하기 위한 새로운 코팅 기술로 커튼 코팅 기술이 관심을 불러일으키고 있다. 커튼 코팅은 도공액을 원지의 전폭 방향에서 커튼과 같은 막의 형태로 낙하시키고 원지의 이동속도를 도공액 커튼의 낙하 속도 대비 20~40배 빠르게 함으로써 얇은 도공층을 형성하도록 하는 방법이다. 커튼 코팅은 블레이드 코팅과 대등한 수준의 고고형분 함량의 도공액을 고속도공할 수 있으며 커버리지가 우수해 원지의 결함을 잘 피복하는 특성이 있다. 뿐만 아니라 다층 도공을 하나의 코팅 유닛에서 동시에 실시할 수 있어 설비 투자비용 및 공간 활용도, 운전·건조에너지 절감 측면에서도 한층 뛰어나다.

커튼 코팅이 이루어지기 위해 필수적인 도공액 커튼의 안정적인 형성을 이끌어내기 위해 도공액의 동적 표면장력을 낮게 유지하는 방법이 사용되고 있다. 이를 통해 도공액 커튼이 낙하하는 curtain flow zone에서의 도공액 수축 현상을 막을 수 있으며 도공액이 원지와 접촉하면서 신장되어 새로운 계면이 빠른 속도로 생성되는 impingement zone에서 안정적인 도공층의 형성이 가능하다. 도공액의 동적 표면장력을 조절할 수 있도록 커튼 코팅용 S/B 라텍스는 기존 제품에 비해 계면활성제의 종류와 투입량이 조절되어 커튼 코팅 방법에 적합하도록 개질되어있다. 도공액의 표면장력이 감소할수록 도공액 커튼의 안정성이 향상되는 것은 이전 연구결과에서 확인한 바 있다.<sup>6)</sup> 그러나 이와 같이 도공액 내 계면활성제의 함량이 과도한 상황에서의 도공지의 품질에 대한

연구는 전 세계적으로도 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 도공액에 계면활성제를 투입하여 도공액의 표면특성을 달리한 도공지를 제작하고, 그에 따른 플렉소 잉크의 인쇄적성을 변화를 평가하고자 하였다. 또한 도공지의 건조시 건조온도를 달리하여 바인더 및 계면활성제의 마이그레이션에 따른 인쇄적성 변화를 살펴보고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시 재료

원지로서 국내 M사에서 제작한 평량  $70\text{g/m}^2$ 의 도공원지를 사용하였다. 초지시 내침 사이즈제로 AKD를 사용하였고 전분 표면사이징 처리는 하지 않았다.

도공액 제조시 도공안료로 GCC (Cavercarb 75K)와 clay(Astraplate)를 사용하였으며 바인더로 일반 블레이드 코팅용 S/B라텍스 바인더를 사용하였다.

도공액의 표면장력을 조절하기 위한 계면활성제로는 상용 4가지 계면활성제를 사용하였다.

도공액의 표면장력을 조절하기 위하여 투입한 계면활성제의 동적 표면장력 측정 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 이 가운데 surfactant D는 제시된 다른 3종의 계면활성제에 비해 낮은 surface age에서도 표면장력을 낮추는 효과가 탁월하여 커튼 코팅용 도공액에 적합한 계면활성제라고 할 수 있다.

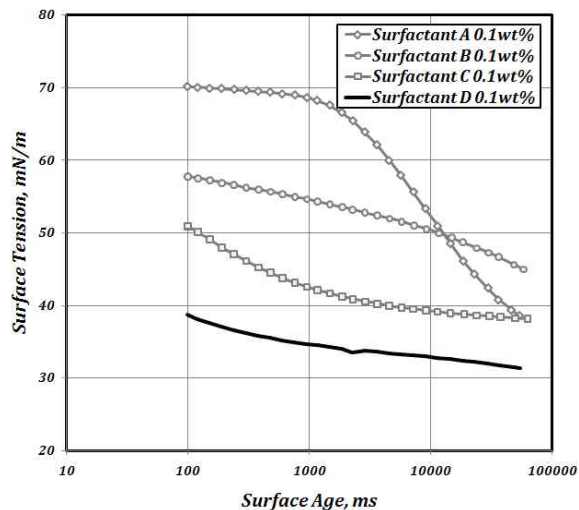


Fig. 1. Dynamic surface tension of surfactant solutions. ( 1% wt solution, 23°C)

## 2.2. 실험방법

### 2.2.1 도공액 제조

도공안료로 GCC 60 pph, Clay 40 pph를 사용하였고 S/B라텍스를 12 pph 투입하였다. 계면활성제로는 동적 표면장력이 가장 낮았던 계면활성제 D를 0.05, 0.1, 0.3 pph 씩 투입하였다. 도공액의 pH는 10으로 조절하였고 고형분 함량은 56%로 제조하였다. Fig. 2에서 계면활성제 D의 투입량에 따른 도공액의 동적 표면장력 측정 결과를 나타내었으며 제작된 도공액의 특성을 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Properties of coating colors

Properties	Surfactant addition (pph)			
	0	0.05	0.1	0.3
Solids content (%)	56.4	56.2	56.3	56.1
pH	10	10	10	10
Low viscosity (cPs) (23°C 100 rpm, 1min)	43.8	44.7	46.0	45.7
WRV (2 bar, 60 sec)	187.2	185.4	194.1	171.1

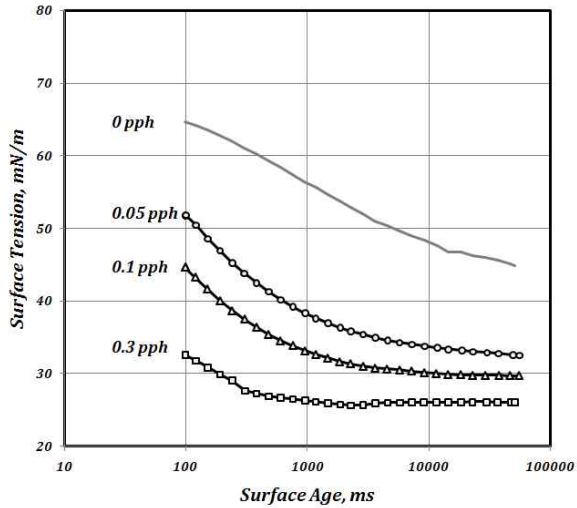


Fig. 2. Dynamic surface tension of coating colors containing surfactant D.

### 2.2.2 도공지 제작

실험실용 rod coater를 이용하여 편면도공을 실시하고, 열풍건조기에서 건조시켜 도공지를 제조하였다. 이때 열풍 건조기의 내부 온도를 80, 120, 160℃로 달리하였다. 도공지 제작과 함께 PET 필름상에 도공액 코팅을 실시하였다.

제작된 도공지는 23℃, 50%의 항온 항습조건에서 24시간 이상 조습처리하여 도공량을 측정하였으며, 50kgf/cm의 선압으로 10m/min, 40℃의 조건에서 캘린더링하였다.

### 2.2.3. 도공지 물성 측정

캘린더 전 후 도공지의 shade, 백색도, 백감도, 불투명도, 광택, Bendtsen smoothness, PPS roughness를 측정하였다.

### 2.2.4. EST size test

도공지의 액체 수리성을 평가하기 위해 Emtec사의 EST 12 size tester를 이용하여 사이즈도를 측정하였다. EST size tester에서 측정 가능한 A(t) value는 Cobb size test method에서의 측정값과 상관성이 있으며, 본 연구에서는 인쇄시 도공층으로의 플렉소

잉크의 흡수가 수초 이내의 빠른 시간 안에 일어나는 상황을 반영하기 위하여 A(2) value를 측정하였다.

#### 2.2.5. PET 도공표면의 접촉각 측정

Kruss 사의 DSA100 접촉각 측정기를 사용하여 물에 대한 도공층의 접촉각을 측정하였다. 접촉각 측정시 도공 표면의 평활도와 수분에 의한 원지의 팽윤에 의한 오차를 배제하기 위하여 PET 필름 상에 도공하여 접촉각을 측정하였으며 물방울이 도공층 표면에 닿은 직후의 초기 접촉각을 평가하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 도공액의 표면장력에 따른 도공지의 기본 물성

Tables 4, 5에 도공지의 광학적 물성과 표면 특성을 나타내었다. 일부 측정 결과에서 다소의 물성 차이가 나타나고 있으나 계면활성제의 투입량에 따른 도공액의 표면장력이 도공지의 광학적 물성과 표면 특성에 미치는 영향은 미비하였다.

도공지의 건조속도는 도공지의 광학적 성질에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 계면활성제 D의 투입량을 달리한 4종의 도공지 모두에서 건조 온도가 상승함에 따라 백색도와 백감도가 감소하는 경향이 나타났다(Figs. 3, 4). 이것은 건조 온도가 상승할수록 도공액 표면에서의 수분 증발속도가 증가되어 수분 이동이 많아지며, 그에 따라 다량의 S/B라텍스가 표층으로 마이그레이션되어 도공층 표층에서의 공극이 감소하였기 때문인 것으로 판단된다.

Table 3. Properties of uncalendered coated papers.

Surfactant (pph)	0pph			0.05pph			0.1pph			0.3pph		
	80	120	160	80	120	160	80	120	160	80	120	160
coat weight (g/m <sup>2</sup> )	15.48			15.35			15.53			15.68		
PPS ( $\mu$ m)	3.16	3.13	3.16	3.23	3.23	3.39	3.28	3.40	3.41	3.42	3.35	3.63
Bendtsen(mL/min)	79	117	114	107	74	85	74	79	98	88	127	116
Gloss, MD (%)	23.7	23.5	23.1	20.8	21.2	20.5	19.9	19.7	19.9	18.0	17.7	17.6
Gloss, CD(%)	21.3	21.5	21.2	19.5	19.6	18.9	18.7	18.3	18.3	16.8	16.5	16.5
L	96.04	96.04	95.96	96.06	96.03	96.00	96.05	96.08	96.02	96.08	96.08	96.00
Shade a	-0.71	-0.72	-0.79	-0.70	-0.73	-0.77	-0.69	-0.70	-0.77	-0.72	-0.69	-0.77
b	1.09	1.10	1.44	1.04	1.20	1.40	1.02	1.11	1.34	1.14	1.13	1.49
Whiteness (%)	85.15	85.09	83.32	85.42	84.59	83.62	85.50	85.13	83.95	85.00	85.05	83.22
Birghtness (%)	88.63	88.61	87.97	88.74	88.45	88.13	88.75	88.69	88.26	88.65	88.67	88.01
Opacity (%)	89.98	90.01	90.28	89.71	90.13	90.25	89.98	90.14	90.25	90.36	90.40	90.56

Table 4. Properties of calendered coated papers.

Surfactant (pph)	0pph			0.05pph			0.1pph			0.3pph		
	80	120	160	80	120	160	80	120	160	80	120	160
coat weight (g/m <sup>2</sup> )	15.48			15.35			15.53			15.68		
PPS ( $\mu$ m)	2.02	2.47	2.44	2.68	2.32	2.42	2.28	2.06	2.54	2.66	2.58	2.74
Bendtsen(mL/min)	39	22	24	26	25	32	27	22	27	30	29	27
Gloss, MD (%)	33.9	33.9	33.8	30.4	30.6	27.6	29.2	32.7	31.5	28.9	29.4	27.2
Gloss, CD(%)	26.5	26.9	27.9	29.3	34.3	30.8	29.4	30.3	30.2	32.4	32.0	32.9
L	95.94	95.94	95.83	95.94	95.94	95.88	95.95	95.89	95.89	95.95	95.98	95.93
Shade a	-0.68	-0.65	-0.81	-0.64	-0.68	-0.78	-0.65	-0.65	-0.78	-0.65	-0.67	-0.75
b	1.03	0.97	1.65	0.94	1.03	1.50	0.94	0.97	1.43	1.03	1.07	1.44
Whiteness (%)	85.15	85.47	82.05	85.59	85.15	82.88	85.59	85.35	83.21	85.20	85.09	83.26
Birghtness (%)	88.46	88.55	87.40	88.59	88.46	87.71	88.60	88.44	87.84	88.50	88.52	87.91
Opacity (%)	90.53	89.75	90.12	89.78	89.80	90.05	89.79	89.73	90.03	90.05	90.10	90.18

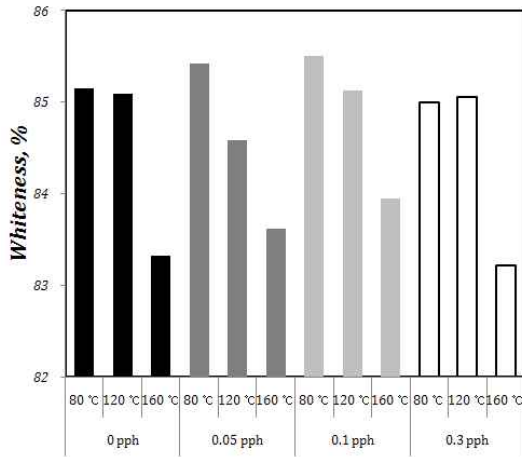


Fig. 3. Brightness of coated paper

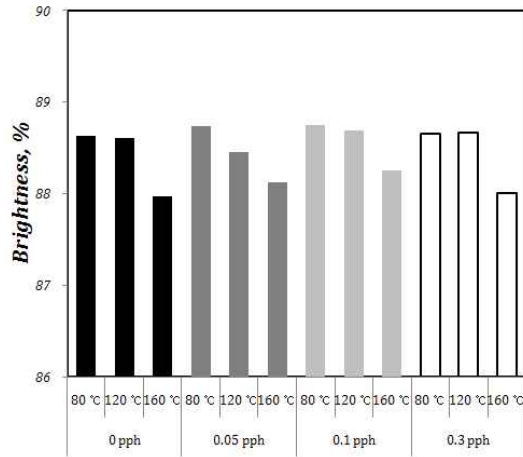


Fig. 4. Whiteness of coated paper

### 3.2. 도공지의 접착각 및 사이즈도 특성

Fig. 5에서 도공 PET 필름의 접착각을 나타내었으며 Fig. 6에서 도공지의 EST size tester의 A(2) value를 나타내었다. 도공액의 표면장력이 낮아짐에 따라 도공지의 접착각이 점차 감소하였으며 이는 도공 표면에 존재하는 계면활성제의 영향에 의해 도공층과 물 사이의 계면장력이 낮아짐에 따른 것으로 판단된다. EST size tester의 A(2) value 역시 표면장력이 낮아짐에 따라 증가하여 도공지로의 수분 침투 속도가 증가하였다.

건조 온도를 상승시킴에 따라 접착각이 증가하고, A(2) value가 낮아지고 있으며 이것은 건조 온도가 높을수록 마이그레이션에 의해 표면에 존재하는 S/B라텍스의 양이 증가하고, 소수성인 S/B라텍스에 의해 도공 표면의 표면 에너지가 낮아지며 내부 공극 역시 감소하기 때문인 것으로 보인다.

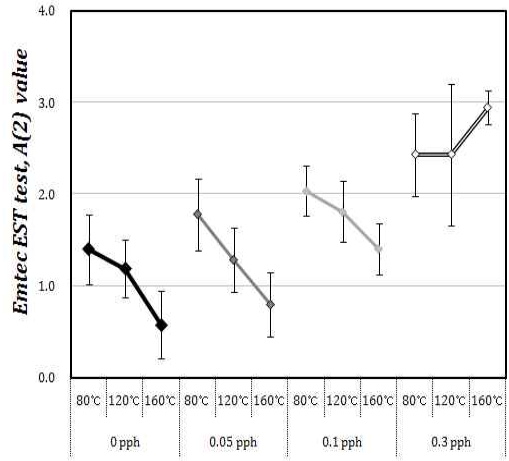
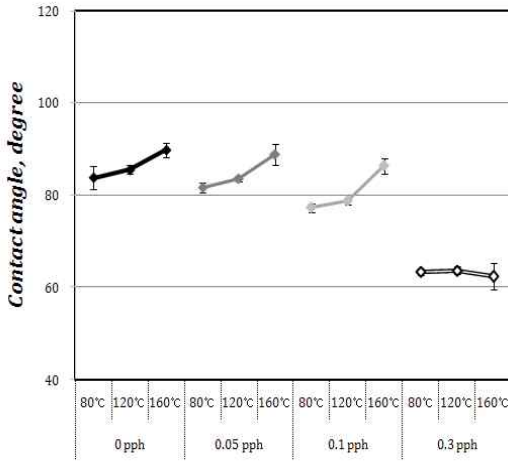


Fig. 5. Contact angle of coated PET film

Fig. 6. EST 12 A(2) value of coated paper

#### 4. 결론

도공액에 계면활성제를 투입하여 표면장력을 달리한 도공액으로 도공지를 제작하였을 경우 광학적 특성이나 표면적 특성에서는 큰 차이점을 나타내지는 않았다. 그러나 도공층이 물과 접촉하였을 경우 도공층 내부에 존재하는 계면활성제에 의해 계면장력이 감소되어 접촉각이 감소함을 확인하였으며 그에 따라 도공층으로의 수분 침투 속도역시 증가하는 것으로 판단되었다.

도공지의 건조 속도를 증가시킴에 따라 소수성인 S/B latex의 도공 표면으로의 마이그레이션이 증가하여 접촉각이 증가되었다. 수분 침투 속도의 감소는 이러한 접촉각의 변화 외에도 표층의 S/B latex의 증가로 인한 도공 표층 공극 감소의 영향을 받은 것으로 보인다.

#### 5. 사 사

본 연구는 지식경제부 지원 청정기반산업원천기술개발사업에 의해 수행되었음



## 6. 인용문헌

- 1) Triantafillopoulos, N., Grön, J., Luostarinen, I., Paloviita, P., Operational issues in high-speed curtain coating of paper, TAPPI 2001 Coating Conference Proceedings.
- 2) Bohenkamp, B., Tietz, M., Trefz, M., New development results of curtain coating for various paper grades, 2005 Coating Conference Proceedings.
- 3) Fröhlich, U., Tietz, M., Influence of surfactants on curtain coater runnability and paper quality, 2004 TAPPI Coating Conference Proceedings.
- 4) Endres, I., Tietz, M., Effect of coating technique on paper surface characteristics - a comparison between blade, film and curtain coating, 2005 TAPPI Coating Conference Proceedings.
- 5) Trefz, M. and Fröhlich, U., Production experience with curtain coating for woodfree coated paper, *TAPPI Journal*, 4(11):3(2005)
- 6) 이학래, 김채훈, 이경호, 계면활성제 투입을 통한 도공액의 특성 변화, 한국펄프·종이공학회 2008년 추계학술발표논문집, 2008. 10, pp. 317-322