

# 고농도 도공의 건조조건이 도공지의 품질에 미치는 영향

유성중<sup>1</sup> · 조병욱 · 이용규<sup>†</sup>

(2010년 2월 27일 접수: 2010년 3월 14일 채택)

## Effect of Drying Condition of High Solid Coating on the Coated Paper Properties

Sung-Jong Yoo<sup>1</sup>, Byoung-Uk Cho, Yong-Kyu Lee<sup>†</sup>

(Received February 27, 2010: Accepted March 14, 2010)

### ABSTRACT

Effects of drying condition (IR radiation) on the optical properties and the printability of coated paper were elucidated at various latex sizes and low and high coating color concentrations. It was found that the smaller latex provided better rheology and higher dry and wet pick strength than the larger one. The high solids coating resulted in higher paper gloss and smaller roughness than the low solids coating, even though the clay addition was reduced by 20 parts in the high solids coating. Increasing IR radiation prohibited binder migration into the base paper. Thus it improved binder distribution and decreased pores in the coated layer, resulting in the increased dry and wet pick strength and the improved printing gloss. On the other hand, the color trapping and ink set-off was impaired with increasing IR radiation. Print mottle index passed through a maximum with increasing IR radiation.

**Key words** : Binder migration, IR radiation, High solid coating, Two color trapping, Print mottle index

### 1. 서론

도공지의 인쇄적성에 미치는 인자는 다양하다. 특히 부위별 불균일한 도공량 변이는 블레이드 도공에서 인

쇄모틀 현상의 주요 원인 중 하나다. 그리고 원지로의 바인더 마이그레이션과 건조공정 중에 발생하는 도공층 표층으로의 바인더 마이그레이션에 의해서 발생하는 Z-방향에서 불균일한 바인더 분포는 인쇄모틀 외에

• 본 논문은 강원대학교 산림과학연구소의 2010년도 연구비 지원에 의하여 수행되었음.  
• 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest and Environment Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)  
1 아트원제지주식회사(Artone Paper MFG. Co. LTD. Sinil-dong Daedeok-gu, Daejeon, 306-230, Korea)  
† 주저자 (Corresponding Author): E-mail: yklee@kangwon.ac.kr

도 dry pick strength와 wet pick strength의 부위별 불균일을 초래하고, 인쇄품질 및 pick strength의 감소로 인하여 인쇄 작업성에도 영향을 미치게 된다.<sup>1)</sup>

일반적으로 도공액의 농도를 높여 도공액이 부동화되는 데 걸리는 시간을 빠르게 하여 바인더의 마이그레이션을 억제하는 방법이 있고,<sup>2)</sup> 원지의 사이즈도 및 다공구조의 용적을 줄여서 원지로의 바인더 마이그레이션을 억제할 수 있다. 그리고 종이 도공용 바인더로 사용되는 라텍스의 입자경을 크게하거나 Tg를 낮추어 도공액이 부동화되기 전 수용액상에서 라텍스 입자들의 유동성을 작게하여 도공층 내의 바인더 마이그레이션을 억제시킬 수도 있다.<sup>2,3)</sup> 하지만 이러한 방법들은 서로 유기적으로 도공작업성 및 도공지의 품질에 영향을 미치게 되므로 세심한 주의가 요구된다.

도공액의 고농도화는 도공액의 유동특성을 저하시켜 도공 작업성에 악영향을 미칠 수 있으므로, 도공액의 농도를 상승시키려면 도공액에 우수한 유동특성을 부여할 필요가 있다. 원지의 사이즈도를 지나치게 높이면 도공공정에서 도피량을 제어하는데 어려울 수 있으므로, 도공속도와 목표 도피량에 부합되는 원지의 사이즈도를 부여하는 것이 중요하다. 그리고 원지 다공구조의 용적을 줄이는 것 또한 원지의 적정 두께나 stiffness에 악영향을 미치므로 적합한 방법이라 할 수 없다. 또한 라텍스의 입자경과 Tg를 변화시키는 방법도 목표하는 인쇄품질에 예기치 않은 다른 영향을 미칠 수 있으므로 세심한 주의가 요구된다.<sup>4)</sup> 따라서 도공공정의 작업성을 저하시키지 않는 범위에서 도공액을 고농도화하여 원지로의 1차 바인더 마이그레이션을 억제함과 동시에, 건조 조건을 최적화하여 도공층 표층으로의 2차 바인더 마이그레이션을 억제시키는 것이 중요하다.<sup>5,6)</sup> IR 건조기는 파장이 길어 투과 능력이 우수한 특성을 가지고 있다. 따라서 이를 사용하면 도공층의 Z 방향 전체에 걸쳐 수분이 균일하게 증발되어 바인더 마이그레이션을 억제시키는 효과가 있다. 반면 열풍

건조기(hot air dryer)는 주로 표층에서 수분의 증발이 일어나므로 표층으로 바인더 마이그레이션이 발생한다. 따라서 IR 건조기와 열풍건조기의 이러한 특성을 조합하여 최적의 건조조건을 찾아내는 것이 중요한 과제이다.

본 논문에서는 도공액의 고농도화에 의한 부동화점 조절 및 건조조건을 최적화를 통한 바인더 마이그레이션의 조절을 위해 적외선건조(IR drying)와 열풍건조(hot air drying)가 고농도 도공지의 제반품질에 미치는 영향을 고찰하였으며, 이와 함께 라텍스의 입자경의 영향에 대해서도 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 안료

중질탄산칼슘은 T사의 KFMT-95H를 사용하였으며, 클레이는 E사의 Ultra Gloss LV를 사용하였다. 각 안료들의 물리적인 특성은 Table 1에 나타내었다.

#### 2.1.2 바인더 및 유동성 조절제

도공용 바인더는 H사에서 임의 제조한 입자경이 다른 3종의 SB계 공중합 라텍스를 사용하였다. 바인더의 특성은 Table 2에 나타내었다.

유동성 조절제는 표면 흡착형 유동성 개량제(SAE type : surface adsorption emulsion)와 알칼리 팽윤형 합성점결제(ASE type : alkali swellable emulsion)를 사용하였다. 이에 대한 특성은 Table 3에 나타내었다.

#### 2.1.3 도공 원지

도공원지는 공장에서 제조한 것을 사용하였으며, 물성은 Table 4와 같다. 평활도는 Bekk type smoothness 측정기를 사용하였고, 투기도는 Gurley type (sec/100

**Table 1. Properties of pigments**

Pigments	%, <0.23 $\mu\text{m}$	%, <0.55 $\mu\text{m}$	%, <1.09 $\mu\text{m}$	%, <2.15 $\mu\text{m}$	Mean particles diameter ( $\mu\text{m}$ -d50%)	Surface area m <sup>2</sup> /g
GCC	0.00	4.92	56.38	97.78	1.031	7.396
Clay	23.60	65.18	68.31	79.65	0.366	19.051

**Table 2. Properties of latexes**

Binder	Solids content (%)	Surface tension (dyne/cm)	Tg (°C)	pH	Gel contents (%)	Particle size (nm)
Latex 1	50	53.0	23	7.5	86	190
Latex 2	50	53.5	22	7.5	84	150
Latex 3	50	58.5	22	7.5	85	100

※ butadiene/styrene : 36.0/40.5 %, itaconic acid/acrylic acid/acrylonitrile : 2.0/1.5/20.0 %.

**Table 3. Specification of rheology modifiers**

Rheology modifier	Chemical composition	Ionic charge	Type
ASE type rheology modifier	acrylate polymer	anion	thickening by swelling
SAE type rheology modifier	modified acrylic oligomer	amphoteric	stabilizing pigment by steric dispersion

**Table 4. Properties of base paper**

Grammage (g/m <sup>2</sup> )	205
Thickness (μm)	162
Bulk (cm <sup>3</sup> /g)	0.79
Stöckigt size degree (sec)	16
Cobb size degree (g/m <sup>2</sup> ; 30 sec, 100cc)	130.0
Smoothness (sec)	13
Air permeability (sec/100 cc)	22.5
Formation index (L.T.)	62

cc) tester를 사용하였다. 그리고 지합은 TECHPAP 2D lab formation tester를 사용하여 평가하였다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 도공액 제조

클레이 함량이 높은 저농도 도공액은 67% 농도로 제조하였고, 탄산칼슘 함량이 높은 고농도 도공액은 70% 농도로 제조하였다. 도공액의 배합비는 Table 5와 같다. 저농도 도공액(L1~L3) 배합은 표면 흡착형 유동성 개량제를 사용하였고, 고농도 도공액(H1~H3) 배합은 알칼리 팽윤형의 합성 증점제를 적용하였다.

**Table 5. Coating color formulations for evaluating the effects of drying conditions on the coated paper properties (Unit = part)**

Components	Series	Low solid coating (Clay-rich pigment system)			High solid coating (GCC-rich pigment system)		
		L1	L2	L3	H1	H2	H3
GCC		60	60	60	80	80	80
Clay		40	40	40	20	20	20
ASE type rheology modifier		-	-	-	0.3	0.3	0.3
SAE type rheology modifier		0.18	0.17	0.16	-	-	-
Latex 1 (190 nm)		11.5	-	-	10.5	-	-
Latex 2 (150 nm)		-	11.5	-	-	10.5	-
Latex 3 (100 nm)				11.5			10.5
Solids content (%)		67	67	67	70	70	70

**Table 6. Properties of coating colors**

Series	Low solid coating			High solid coating		
	L1	L2	L3	H1	H2	H3
Low shear viscosity(cPs) <sup>1</sup>	2080	2030	2050	1320	1400	2020
High shear viscosity(cPs) <sup>2</sup>	31.5	29.7	24.4	32.3	30.4	27.3
Water retention (g/m <sup>2</sup> ) (2 atm, 1 min.)	63.4	61.6	59.2	77.0	76.2	68.2
Solids content (%)		67.0			70.0	

1. Brookfield viscometer, #4, 60 rpm,
2. Hercules viscometer, 8,800 rpm max. viscosity.

2.2.2 도공액 특성 분석

조제된 도공액의 물성은 Table 6과 같다. 조제된 도공액의 유동특성은 Brookfield 점도계(저전단 점도, 60 rpm, spindle #4)와 허큘리스 고전단점도계 DV-10(고전단 점도, 8,800 rpm, Bob F2.5)을 이용하여 측정하였다. 도공액의 보수성은 AA-GWR을 이용하여 측정하였다.

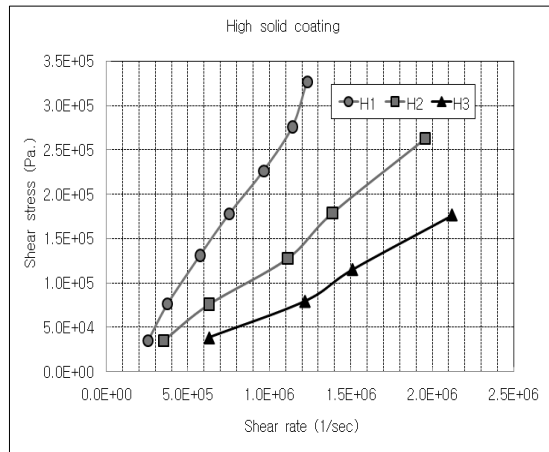
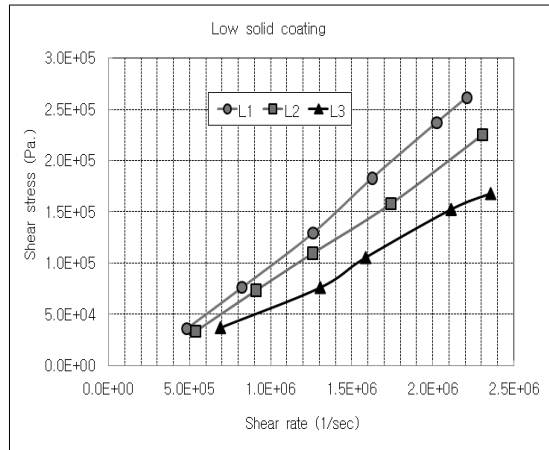
도공액의 라텍스 입자경에 따른 유동특성을 capillary 점도계 Parr Capillary Viscometer를 사용하여 10<sup>6</sup> sec<sup>-1</sup> shear rate까지 측정하였다(Fig.1). 측정조건은 상온에서 slit (length 1 mm, width 2.5 mm, height 0.1 mm)을 사용하여 측정하였다.

2.2.3 도공지 제조

도공지는 실험용 매엽 블레이드 코터(PM-9040MC, SMT Company)를 이용하여 Table 7에 나타난 조건으로 제조하였다. 코터의 블레이드 두께는 0.03 mm이었고, 블레이드 각도는 45°로 조절하였다. 매엽 블레이드 코터에 장착된 건조기는 IR 건조기와 열풍 건조기가 하나의 건조 챔버(chamber) 내에 혼합 장착된 형식이다. 건조조건이 인쇄적성에 미치는 영향을 평가하고자, 건조 챔버 내 온도는 150°C로 고정하고 IR 방사량을 변화시켰다. 열풍은 건조 챔버의 온도가 150°C로 자동 유지 되도록 제어하였다. 도공 후 선압 50 kg/cm로 조절된 칼렌더(Beloit super calender)에서 2회 통지 처리하였다.

2.2.4 도공지 물성 및 인쇄적성 분석

도공지의 표면 거칠음도는 L&W사의 PPS 측정기,



**Fig. 1. Effect of latex particle size on high shear viscosity at high and low coating color concentration.**

**Table 7. Coating conditions of sheet blade coater (PM-9040MC)**

Series	IR emission ratio				
	0 %	5 %	10 %	15 %	25 %
Base paper grammage (g/m <sup>2</sup> )	205	205	205	205	205
Coated paper grammage (g/m <sup>2</sup> )	227	227	227	227	227
Coating weight (g/m <sup>2</sup> /side)	22	22	22	22	22
Drying chamber temperature (°C)	150	150	150	150	150
IR emission ratio (%)	0	5	10	15	25
Coating speed (mm/sec)	1600	1600	1600	1600	1600

gloss는 Paper Lab.을 사용하여 측정 하였다. 인쇄품질은 rotary I 인쇄적성 실험기를 이용하였다. Dry pick strength는 1차 잉크 전이롤에 TV 14 cyan 잉크를 1 g 전이한 후, 상대 평가가 가능하도록 횡수를 조정하여 통지하였다. Picking 부위의 optical density(O.D.)를 측정하여 수치가 높으면 pick strength가 강한 것으로 평가하였다. Wet pick strength는 몰튼롤(molten roll)에 물을 균일하게 분산하고, 1차 잉크 전이롤에 TV 14 cyan 잉크를 0.7 g 전이한 후, 도공지를 몰튼 롤에 통과 후 연이어 잉크롤로 인쇄하고, 대지에 2차 전이한 다음에 대지의 optical density(O.D.)를 측정하여 평가하였다. O.D. 수치가 높으면 wet pick strength가 강한 것으로 평가하였다. 잉크 착육성(trapping)은 TV 6의 노란색 잉크 0.5 g을 하단 롤에 전이하고, TV 12 cyan 잉크 0.25 g을 전이한 후, 도공지에 인쇄하고 건조한 다음 densitometer로 cyan 잉크의 농도를 측정하여 평가하였다. 잉크 세트성은 TV 4의 cyan 잉크 0.6 g을 전이하고 도공지를 인쇄한 후 45초 후 대지에 묻어나오는 잉크량의 농도를 densitometer를 사용하여 측정하였다. 인쇄광택은 rotary I 인쇄적성 실험기를 이용하였다. TV 12의 cyan 잉크 1 g을 전이한 후 인쇄하여 건조 후 광택을 측정하였다. 모틀지수의 평가는 크로다 잉크를 각 도공지에 도포하고, 3분이 지난 다음에 wiping 한 후, 도공지 표면에 나타난 크로다 잉크의 부위별 농담 차이

를 표준편차로 평가하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Table 4에 나타낸 특성을 가진 평량 205 g/m<sup>2</sup> 원지위에 Table 5에 기재한 조건으로 조제한 도공액을 건조 챔버 내의 IR 방사량을 0, 5, 10, 15, 25%로 증가시키면서 도공한 도공지의 백지광택과 거칠음을 측정하여 표면특성을 평가하였다. 거칠음도는 IR 방사량이 증가할수록 상승하는 경향을 보였고, 백지광택은 IR 방사량이 증가할수록 다소 감소되는 경향을 보였다(Fig. 2). 이는 IR 방사량이 증가할수록 도공액의 부동화 시점이 빨라지고 그로인해 도공 후 원지 상에서 도공층의 레벨링이 완전히 이루어지기 전에 도공층의 부동화가 이루어졌기 때문인 것으로 사료된다. 백지광택은 거칠음도가 상승함에 따라 같은 이유로 감소되는 것으로 생각된다. 저농도 도공액을 IR 방사량 증가별로 도공하는 경우가 고농도 도공액을 도공하는 경우보다 거칠음도 상승이 더 심하게 나타나는 것은 저농도 도공액이 고농도 도공액보다는 부동화 시점이 느리고 원지의 거칠음도 영향을 더 많이 받기 때문인 것으로 사료된다. 일반적으로 IR 방사량의 증가는 표층으로의 바인더 마이그레이션을 억제하여 라텍스가 열풍건조기를 통과하면서 표층으로 과도하게 치우쳐서 분포하는 것을 억제한다. 따라서 IR 건조기를 사용하지 않고 열풍 건조기만 사용하는 경우 주로 표층 건조가 이루어져서 수분의 증발과 함께 바인더가 표층에 집중적으로 존재하고 그로인해 표층 열 수축현상(shrinkage)으로 인해 백지광택은 감소하고 거칠음도가 상승하게 된다. 하지만 본 실험에서는 도공액의 농도에 의한 부동화 시간과 도공층의 레벨링 시간에 대한 영향이 더 크게 나타난 것으로 사료된다.

라텍스의 입자경이 작아질수록 비표면적이 증가하므로 pick strength는 증가하는 것이 일반적이다.<sup>7)</sup> Table 5에 나타나 있듯이 클레이 함량 40 part를 적용한 저농도 배합 보다는 클레이 함량이 20 part인 고농도 배합에서 안료 비표면적 대비 바인더 요구량이 줄어든 것을 감안하여 바인더 투입량이 1 part 낮게 적용 되었다. IR 방사량이 증가할수록 저농도 도공액이나 고농도 도공액으로 도공한 도공지 모두 dry/wet pick strength가

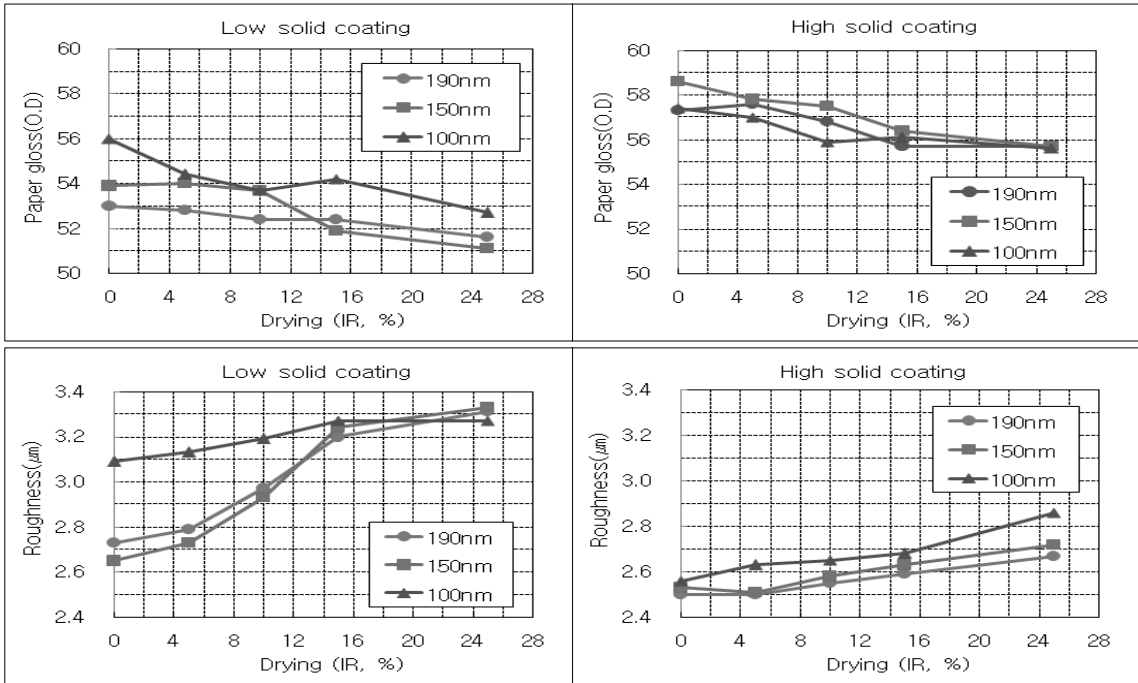


Fig. 2. Effects of IR radiation on the paper gloss and the roughness of coated paper at various latex particle sizes and at low and high solids coating.

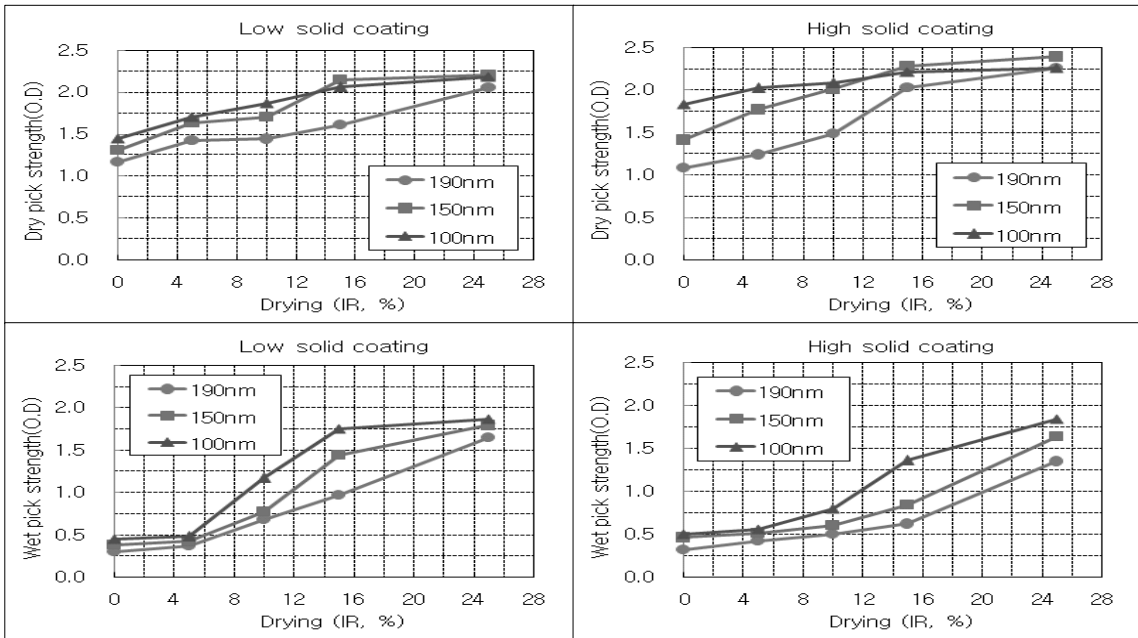


Fig. 3. Effects of IR radiation on the dry and wet pick strength of coated paper at various latex particle sizes and at low and high solids coating.

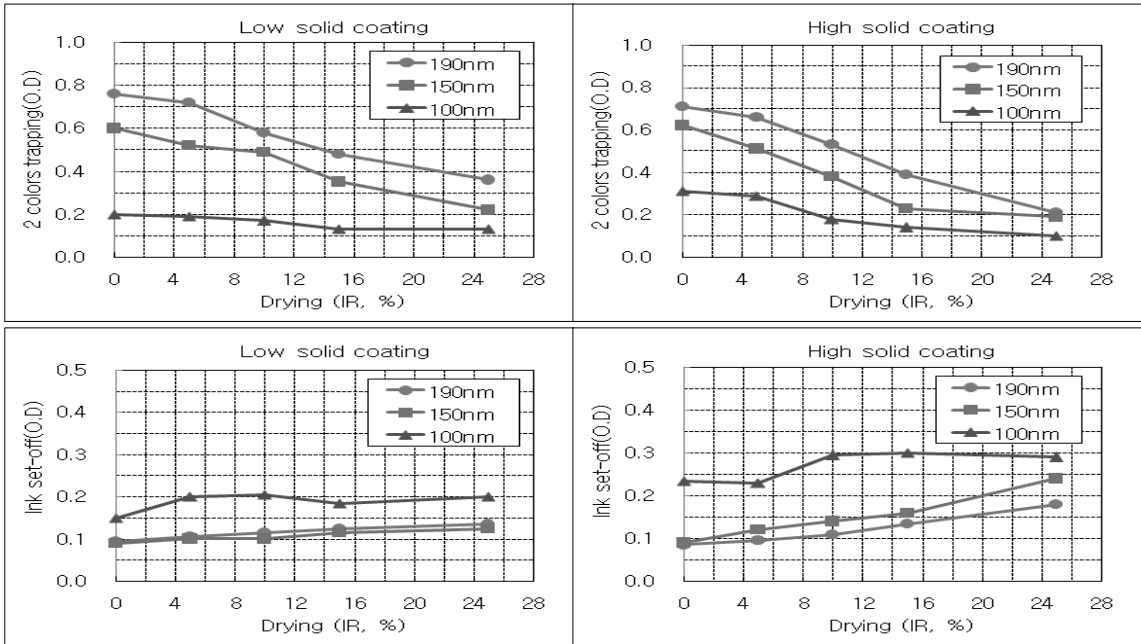


Fig. 4. Effects of IR radiation on the two color trapping and ink set-off at various latex particle sizes and at low and high solids coating.

상승하는 것으로 나타났다 (Fig. 3). 이것은 IR 방사량이 증가함에 따라 원지 쪽으로 바인더 마이그레이션에 대한 억제력이 증가하여 도공층내에 바인더의 분포가 많이 유지되는 결과로 보여진다. 라텍스의 입자경이 190 nm과 150 nm에서 100 nm로 작아질수록 나타나는 pick strength의 상승 현상은 IR 방사량이 증가함에 따라 뚜렷한 상승 경향을 보였다.

2색 잉크 착색성(two colors trapping)과 잉크 세팅(ink set off) 특성은 도공층내에 존재하는 바인더의 양이 많아질수록 감소되는 경향을 보였다 (Fig. 4). 이것 또한 IR 방사량이 증가 할수록 라텍스 바인더의 원지쪽 마이그레이션이 억제되어 도공층내에 바인더의 분포가 많아지고, 도공층의 기공이 상대적으로 적어져 잉크의 비히클 성분 에 대한 흡수 능력이 감소되기 때문인 것으로 보인다. 라텍스 바인더의 입자경이 작을수록 2색 착색성과 잉크 세팅성은 더욱 감소되는 것으로 나타나는데 이것은 라텍스의 입자경이 작을수록 라텍스 피막을 형성시키는 능력이 커져서 기공을 줄이는 능력이 더욱 강해지기 때문인 것으로 보여진다.

인쇄광택은 잉크가 도공층 내로 이동이 억제되고 거

칠음도가 낮은 도공층 위에 많이 존재하게 되면 상승하게 된다. 그리고 라텍스 바인더의 입자경이 작아서 도공층내의 기공을 적게 하면 인쇄광택이 상승하는 경향이 나타난다. Fig. 5에서 보면 IR 방사량이 증가 할수록 인쇄광택이 상승하는 결과를 보였으며, 라텍스 입자경이 작은 100 nm의 경우 라텍스 입자경이 큰 150 nm와 190 nm인 경우와 대비하여 인쇄광택이 높게 나타났다. 그리고 라텍스 입자경이 100 nm의 경우는 저농도 도공보다는 고농도 도공에서, IR 방사량이 25%인 경우에 인쇄광택이 상대적으로 크게 나타났고, 라텍스 입자경 150 nm인 경우는 IR 방사량 15% 이상에서, 그리고 라텍스 입자경 190 nm인 경우는 IR 방사량 25% 지점에서 저농도 도공보다는 고농도 도공에서 인쇄광택이 상대적으로 크게 나타났다. 이것은 IR 방사량을 증가시키면 원지방향으로의 바인더 마이그레이션을 억제하는 효과가 있음을 나타내는 결과이다. 동시에 입자경이 작을수록 도공층의 기공을 작게하여 잉크가 도공층위에 잔류하는 특성이 강화되기 때문인 것으로 사료된다. 그리고 저농도보다는 고농도에서 특정 IR 방사량 이상에서 인쇄 광택이 높게 나타나는 것은 고농도 도공의 도

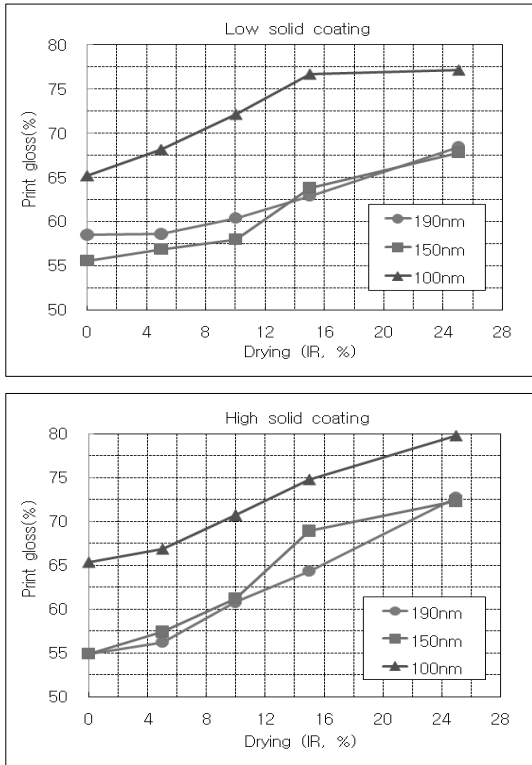


Fig. 5. Effects of IR radiation on the print gloss of coated paper.

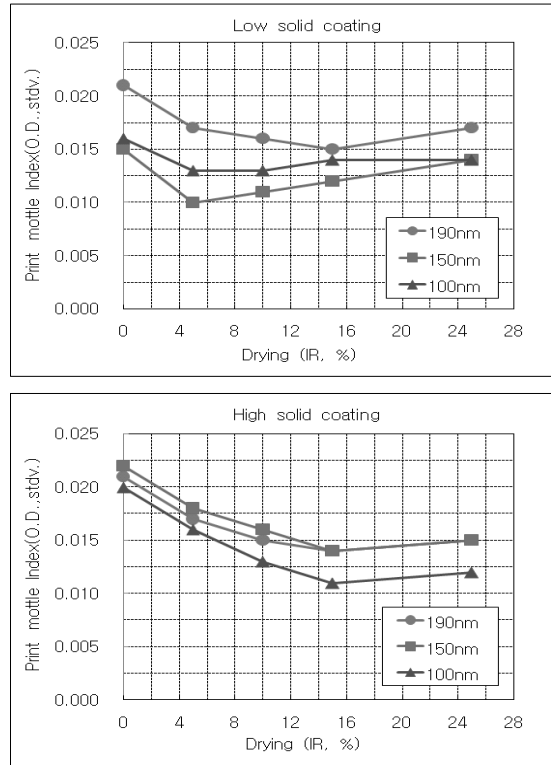


Fig. 6. Effects of IR radiation on the print mottle index of coated paper.

공층 거칠음도가 저농도에 비해 낮고, 또한 클레이 함량이 저농도보다 낮아서 도공층의 기공이 저농도 도공층보다 상대적으로 적기 때문인 것으로 판단된다.

도공층 표면에서 라텍스 분포 균일성에 미치는 영향을 크로다 잉크에 대한 흡수 색농도 표준편차(mottle index, 모틀지수)를 측정하여 평가하였다(Fig. 6). 저농도 도공의 경우, 150 nm의 입자경을 가지는 라텍스가 상대적으로 가장 낮은 모틀지수를 나타내었다. 또한 라텍스 입자경 190 nm의 경우는 IR 방사량 15%에서 변곡점을 보였고, 100 nm와 150 nm인 경우는 IR 방사량 5%에서 변곡점을 보였다. 고농도 도공에서는 세 가지 크기의 라텍스 모두, IR 방사량 15% 지점에서 변곡 특성을 보였다. 라텍스의 입자경이 150/190 nm인 경우 IR 방사량이 증가 시 유사한 경향을 보였으나, 100 nm인 경우 상대적으로 낮은 모틀지수를 나타냈다. 이것은 결국 열풍건조기(hot air dryer)만을 사용하는 것 보다는 적정조건으로 IR 건조기를 사용하는 것이 라텍스의

분포를 균일하게 하여 모틀지수를 낮출 수 있다는 것을 보여준다.<sup>8)</sup> 열풍 건조기만 사용하면 원지로의 1차 바인더 마이그레이션과 역방향인 표층으로 2차 마이그레이션 되는 특성이 강해져서 Z-방향에서 불균일하게 바인더를 분포시켜 모틀지수를 높게 되는 것으로 사료된다. 그리고 열풍 건조기는 도공층 표층으로의 마이그레이션이 주로 이루어져 2차 마이그레이션 특성을 강하게 보이는 반면, IR 건조기는 도공층 내부로의 침투 특성이 우수하여 1차/2차 바인더 마이그레이션을 모두 억제시키는 효과가 있는 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

도공액의 농도, 라텍스 입자경 그리고 IR 방사량에 따른 도공지의 주요 물성변화 및 바인더 마이그레이션에 의한 표면 바인더 불균일성이 인쇄물층 전반에 미치는 모틀 영향에 대하여 조사하였다. 라텍스의 입자경이



작을수록 고농도 및 저농도 도공액에서 모두 고전단 유동특성이 우수해지는 것으로 나타났다. 저농도 도공지보다 고농도 도공지의 경우, clay 사용량이 20 part 적더라도 더 우수한 백지광택과 거칠음도 특성이 나타나는 것이 재현되었다. IR 방사량의 증가는 백지광택과 인쇄품질이 불량해지는 경향을 보였다. IR 방사량의 증가는 원지쪽으로 바인더의 마이그레이션을 억제시킴과 동시에 도공층 내에 바인더의 분포를 균일하게 하여 dry/wet pick strength를 강화시켜 주는 경향을 보였고, 라텍스 입자경이 작아질수록 비표면적의 증가로 dry/wet pick strength가 강해지는 일반적인 경향이 나타났다. 인쇄광택은 IR 방사량의 증가와 함께 도공층 내에 바인더의 분포가 많아지고 그로인해 기공이 감소하여 인쇄 잉크가 도공층위에 많이 남게 되므로 상승하는 경향을 보이고, 이와 반대로 2색 착색 적성과 잉크 세트성은 감소되는 경향을 나타냈다. 모틀 지수는 IR 방사량의 증가에 따라 적정 지점에서 우수한 특성을 나타냈다.

## 인용문헌

1. 室井宗一, 高分子ラテックスの應用 紙塗工, 39-58, 2002
2. Lee, D.I., "Industrial Use of Latexes" EPI Short Course, 2006
3. Alince B., P. Lepoutre, Flow behavior of pigment blend, 1983 TAPPI Coating Conference Proceedings, p.201
4. Park, D.K., G.D. Jo, M.C. Ko, J.H. Yoon and Y.K. Lee, Studies on the correlation between coated paper and latices, Journal of Korea TAPPI, 34(1): 22-29(2002)
5. Lee, H.R., What causes the print mottle on coated paper and How can we solve the problem of print mottle(1), Journal of Korea TAPPI, 31(1): 54-63(2002)
6. Lee, H.R., What causes the print mottle on coated paper and How can we solve the problem of print mottle(2), Journal of Korea TAPPI, 31(1): 64-71(2002)
7. Roger F.G. Brown, Christopher Carr and Michael E. Taylor, Effect of pigment volume concentration and latex particle size on pigment distribution, Progress in Organic Coatings, 30(3): 185-194(1997)
8. Yamazaki, K., Nishioka, T., Hattori, Y., Fujita, Print mottle effect of binder migration and latex film formation during coating consolidation, Tappi Journal, 76(5): 79-86(1997)