

Latex 입경과 원지 평량이 도공지의 인쇄품질에 미치는 영향

유성준, 김용식, 남병기²⁾, 최상민²⁾, 이용규^{1)*}

Effect of Latex Particle Size and Base Paper Grammage On Printing Quality of Coated Paper

S. J. Yoo, Y. S. Kim, B. K. Nam, S. M. Choi and Y. K. Lee^{*1)}

1. 서 론

일반적으로 latex의 입경이 작아지면 동일량의 latex를 사용하였을 경우 도공액 내에 존재하는 latex의 입자수 증가에 의한 비표면적 증가로 저 전단 영역에서는 안료들과의 마찰력이 증가하게 되어 점도가 상승하게 되고 고 전단 영역에서는 비교적 큰 안료 입자들 사이에서 Ball Bearing effect를 발현하게 되어 점도가 떨어진다. 그리고 latex의 입경이 작아질수록 역시 비표면적의 증가로 인해 picking strength가 증가하고 부동 화점에 도달하기 전까지 latex 입자의 자유거동 능력은 큰 입자보다는 유리한 것으로 알려져 있다. 그러나 도공 원지의 경우 매우 복잡한 물리적/화학적 특성들을 가지고 있어 도공층의 형성에는 latex 물성 이외에도 영향을 미칠 수 있는 인자는 수없이 많다. 특히 원지의 지합과 사이즈도 그리고 roughness 등은 도공층의 구조 형성에 많은 영향을 미치고 더 나아가 인쇄품질에 까지 영향을 미치게 되는데, 원지의 이러한 영향 인자들은 보편적으로 알려져 있는 동일조성 배합비의 도공층의 구조 특성에 변화를 일으킬 수도 있다. 또한 원지의 평량이 증가 할수록 원지내부에 다공구조의 용적이 증가하고 도공액에 대한 흡수용적이 커지므로 이를 극복하기 위해 일반적으로 생산현장에서는 균일한 도공면의 형성을 위해 원지의 평량이 상승하면 도공량을 증가시키게 된다.

한편, 원지의 지합/roughness/흡수거동 등의 불균일로 인해 blade 도공시 발생하는 부위별 도공량 변이가 인쇄모들의 중요한 원인으로 보고되어 있다. 그러나, 원지의 이러한 여러 인자들과 공정조건, 도공액 특성 등에 의해 야기되는 도공층 표면의 불균일

한 binder의 분포도 주요 원인 중에 하나일 것으로 판단된다. 종이 도공액 중의 binder로 사용되는 것은 주로 S/B latex로 그 특성(gel 함량, Tg, Styrene과 Butadiene의 비율 그리고 입경 등)에 따라 도공시 다양한 품질을 나타내므로 도공공정과 설비, 원지의 상태에 따라 적합한 latex를 선택하는 것이 중요하다. 따라서 본 논문에서는 도공액이 부동화점에 도달하기 전 Latex의 입경과 원지의 평량이 인쇄품질에 미치는 영향성에 대하여 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 안료

본 연구에서 사용한 도공안료는 국내에서 주로 사용 하는 도공용 GCC (KFMT-95H ; 태경산업) 제품을 사용하였으며, Clay는 #1 Clay(Ultra Gloss LV ; 앵겔하드)를 사용하였다. 각 안료들의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Properties of pigments

Pigments	%,	%,	%,	%,	Surface Area m ² /cm ³	Mean Particles diameter(d50%)
	<0.23 μ m	<0.55 μ m	<1.09 μ m	<2.15 μ m		
GCC	0.00	4.92	56.38	97.78	7.396	1.031
Clay	23.60	65.18	68.31	79.65	19.051	0.366

2.1.2 유동성 개량제

도공액 제조시 synthetic thickner(JT-35B ; 정원화학)와 rheology modifier (Revocoat - 753B ; 정원화학)를 사용하였으며, 이들 특성은 Table 3과 같다.

Table 3. Specifications of thickner and rheology modifier

Series	Chemical composition	Ionic charge	Type
Synthetic thickner	Acrylate copolymer	Anion	Alkali Swellable
Rheology modifier	Acrylate copolymer	weak cation/ Amphoteric	Absorbed on pigment surface

2.1.3 Binder

본 연구에 사용한 latex는 입경을 달리한 5종의 SB(Styrene-butadiene)계 latex(임의 제조 샘플 ; (주)한솔케미칼)를 실험실에서 동일한 반응조건으로 제조 후 사용하였으며, binder의 자체 특성은 Table 2와 같다. Tg는 TA Instrument사의 DSC2000을 사용하여 측정하였고, Gel 함량은 툴루엔 용매법을 사용하여 측정하였으며, 입자경은 Zeta-Sizer 1000SHa를 사용하여 측정하였다.

Table 2. Properties of latex

Binder	고형분 (%)	Surface Tention (dyne/cm)	Viscosity (cPs)	Tg (°C)	Gel Contents (%)	Particle Size (Å)
Latex 1	49.0	54.0	90	8.8	82.3	1,860
Latex 2	49.0	54.2	90	8.6	84.1	1,690
Latex 3	49.7	53.5	185	12.5	82.6	1,390
Latex 4	50.2	58.4	460	12.4	83.0	1,170
Latex 5	49.7	60.0	2,060	14.4	85.4	850

※ Butadiene/Styrene : 34.5/54.5 pts., Itaconic Acid/Acrylic Acid/Acrylonitrile : 2.0/1.0/4.0 pts.
2-Hydroxy Ethyl Acrylate/Methyl Methacrylate : 1.0/3.0 pts.

2.2 실험방법

2.2.1 원지 제조

원지평량과 도공층과의 상관성을 평가하기 위해 Table 4와 같이 평량을 다르게 한 원지 4종 (56, 110, 151 g/m² 그리고 253 g/m², 공장제조 샘플)을 사용하였으며, 4종 원지의 물성을 Table 4에서 보여준다. 평활도는 BEKK-smoothness 측정기를 사용하

였고, Porosity는 Lorentzen & Wettre-PPS Tester를 사용 하였다. 그리고 지합은 TECHPAP 2D lab Formation Tester를 사용하여 평가하였다.

Table 4. Properties of base papers

Series	Unit	BP-A	BP-B	BP-C	BP-D
Base paper grammage	g/m ²	56	110	151	253
Thickness	μm	65	122	188	330
Bulk	cm ³ /g	0.86	0.90	0.80	0.77
Stöckigt size degree	sec	14	48	15	18
Cobb size degree (30 sec, 100cc)	g/m ²	18.8	24.2	27.9	134.6
Smoothness (BEKK)	sec	34	33	19	9
Porosity	μm	556	521	534	673
Formation Index	-	65.6	57.9	58.9	61.8

BP-B가 사이즈도가 가장 높았고 원지 평량이 증가하면서 표면 평활도는 불량해지고, cobb size degree가 높아 졌다. Porosity는 평량이 가장 높은 BP-D에서 가장 높게 나타났다.

2.2.2 도공액의 제조

클레이 함량이 높은 저농도 도공액은 67%로 제조하였고, 탄산칼슘 함량이 높은 고농도 도공액은 70%로 제조하였다. 도공액의 배합비는 Table 5에 나타내었다. 저농도 도공액(L1 ~ L5)배합은 알카리 팽윤형의 synthetic thickner를 사용하였고, 고농도 도공액(H1 ~ H5)배합은 rheology modifier를 적용하였다. 조제된 도공액의 물성은 Table 6에서 보여준다. 조제된 도공액의 유동특성은 저전단 점도는 Brookfield 점도계(60 RPM, spindle #4)를 이용하였고, 허큘리스 고전단점도계 DV-10(8,800 RPM, Bob F2.5)을 이용하여 측정하였다. 도공액 보수성은 AA-GWR을 이용하였다. Capaliary 점도계는 Parr Capaliary Viscometer를 사용하였으며, 측정조건은 상온에서 Slit을 사용하여 측정하였으며, Slit 규격은 length 1mm, width 2.5mm, height 0.1mm 의 Slit을 사용하였다.

Table 5. Coating color formulations

--	--	--	--

Series Components	Low solid coating form.					High solid coating form.				
	L1	L2	L3	L4	L5	H1	H2	H3	H4	H5
GCC	60 part					80 part				
Clay	40 part					20 part				
Rheology modifier	-					0.3 part				
Synthetic thickner	0.15 part					-				
Latex	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	11.5 part					10.5 part				
Solid content	67 %					70 %				

2.2.3 도공지의 제조

도공지의 제조는 실험용 Coater(CLC-6000 : Simu Tech International)를 이용하여 Table 6에 나타낸 조건으로 제조하였다. 건조조건은 원지와 도공액과의 상관성을 최대 화시키고 건조조건에 의한 latex의 migration을 최대한 억제 하기위해 IR(Infra Red)만을 사용하였으며, 도공전 원지의 Pre-Drying은 IR 방사량 40% 그리고 도공후 도공지의 After Drying은 IR 방사량 80%를 사용 하여 Blade 코팅을 실시하였다. 도공한 후 선압 50kg/cm로 칼렌더(Beloit Super Calender) 2회 통지 처리하였다.

Table 6. Coating conditions of CLC¹ coater

Series	Unit	CP-A	CP-B	CP-C	CP-D
Base paper grammage	g/m ²	56	110	151	253
Coated paper grammage	g/m ²	69	132	176	278
Coating Weight	g/m ²	13/side	22/side	25/side	25/side
Pre-Drying Time	sec	10	10	10	10
After Drying Time	sec	30	30	30	30
Coating Speed	m/min	900	900	650	650

¹Blade Thickness 0.012 inch, Blade angle 35°

2.3 인쇄품질평가 방법

인쇄품질은 Rotary I 인쇄적성 실험기를 이용하였다. 원지의 평량별로 저농도 도공액과 고농도 도공액으로 도공한 샘플을 동시에 평가 하였다. Dry picking strength는 1차 잉크 전이롤에 TV(Tack Value) 14 Cyane 잉크를 1g전이 한후 상대 평가가 가능하도록 통지 횡수를 조정하여 오점법으로 평가 하였으며, wet picking strength는 1차 잉크 전이롤에 TV(Tack Value) 14 Cyane 잉크 0.7g 전이 후 도공지에 인쇄 후 대지에 2차 전이하여 대지의 optical density(O.D)를 측정하여 O.D 수치가 높으면 wet picking strength가 강한 것으로 평가 하였다. Trapping 적성은 먼저 yellow 0.65g을 1차 잉크 전이롤에 전이 후 도공지에 인쇄한 후 20 sec 후에 2차 잉크 전이롤에 0.25g의 magenta 잉크를 인쇄하여 2차 전이된 magenta 잉크의 색농도를 optical density로 평가하여 나타냈다. Wet ink receptability는 습수 전이 후 1차 잉크 전이롤에 magenta 잉크 0.8g을 전이한 후 도공지 표면에 인쇄하고 magenta 잉크의 색농도를 optical density로 평가하여 나타냈다. Mottle index의 평가는 croda 잉크를 각 도공지에 도피 후 3 min 후 wipping 하고 도공지 표면에 나타난 croda 잉크의 부위별 O.D 농담 차이를 표준편차로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Latex의 입자경 변화가 도공액 물성에 미치는 영향

3.1.1 Latex의 입자경에 따른 도공액 물성

(가) Latex 입자경과 유동성

Table5에 표시된 배합비로 조제된 도공액의 Brookfield 점도 및 Hercules 점도결과는 Table7에 나타내었다. Latex 입자경이 작을 경우 저전단 영역인 Brookfield 점도는 높게 나타나는 반면, Hercules Rheolometer 영역에서는 입자경이 작을수록 점도가 낮게 나타나는 결과를 보이고 있는데, 이는 latex 입자들이 안료들 사이에서 Ball Bearing 역할을 수행함에 있어, Table7에 나타난바와 같이 도공액의 보수성이 입자경이 작아짐에 따라 현저하게 양호해지는 경향으로 설명할 수 있다. 즉, 보수성이 양호한 latex는 실 공정에서 도공액 농도상승 방지에 의한 고전단 유동성 개량효과와 함께, 고전단 영역에서 안료들 사이에서 latex 입자가 도공액의 유동성에 도움을 줄 수있게 물을 오래도록 함유하고 있어 동일 농도에서도 유동성을 획기적으로 개선하는데 도움을 주는 것으로 해석할 수 있다. Fig. 1에 나타낸 Capillary 점도계를 이용하여 측정된 극단적인 고전

단 영역에서의 점도거동 그래프를 보면 latex 입자경이 고전단 영역에서 나타내는 유동 특성은 보다 명확해 진다. 그러나, 이러한 latex 입자경에 따른 유동특성은 원지나 건조조건 등의 변수를 배제한 경우에 대한 Data로 실 공정에서는 다양한 변수가 동시에 고려되어야만 정확한 유동특성을 예측할 수 있을 것으로 생각된다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 탄산칼슘을 과량사용 한 고농도 배합비의 경우 Clay 함량이 높은 저농도 배합비와 비교시 고전단 유동성이 거의 유사함을 볼 수 있는데, 이는 판상의 Clay 입자가 가지는 특성으로 탄산칼슘에 비해, Clay가 보수성이 양호함에도 유동성에는 불리하다는 것을 보여주는 것으로 해석할 수 있다.

Table 7. Properties of coating colors

Series	Low solid coating					High solid coating				
	L1	L2	L3	L4	L5	H1	H2	H3	H4	H5
¹ LS Viscosity(cPs) (² BF viscometer)	2,210	2,260	2,200	2,190	2,530	1,800	1,950	2,170	2,530	4,100
³ HS Viscosity(cPs) (⁴ HC viscometer)	31.3	28.8	26.9	24.3	22.7	34.5	34.6	32.3	30.0	28.2
⁵ WR(g/m ²) (2atm, 1min)	69.5	63.9	56.7	54.5	49.5	68.7	64.5	58.5	55.4	48.7
Solid content (%)	67.0					70.0				

※ ¹ Low Shear, ² Brookfield #2 60rpm, ³ High Shear, ⁴ Hercules 8,800rpm Max. Vis.,

⁵ Water retention

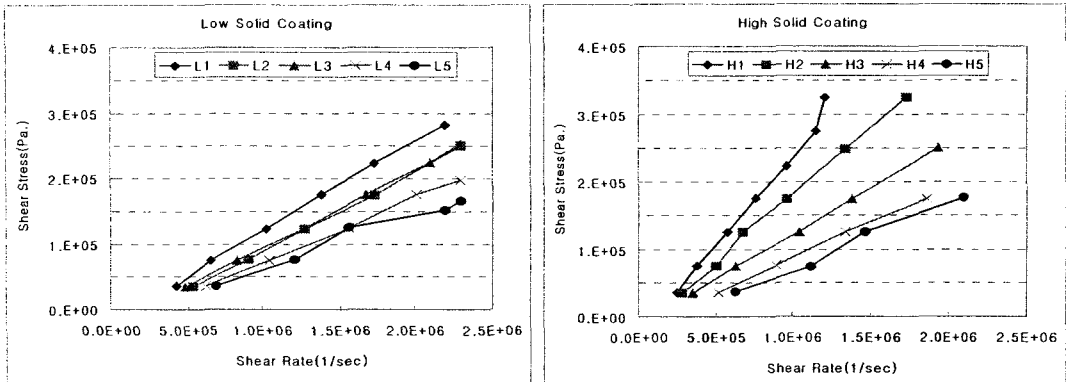


Fig. 1 Effect of latex particle size on the capillary type high shear viscometer.
 (Latex Particle Size 1; 1,860Å, 2; 1,690Å, 3; 1,390Å, 4; 1,170Å, 5; 850Å)

3.1.1 Latex 입자경과 도공액 농도에 따른 원지 평량별 도공지 품질 특성

(가) 도공액별 습수접촉각 특성

Fig. 2에 평량 50g/m² 및 250g/m²의 원지에 Table 5에 기재한 바와 같이 조제한 도공액으로 코팅한 도공지의 습수접촉각 측정 graph를 나타내었다. 본 실험에서는 IR 건조기만 사용한 관계로 건조조건에 따른 binder migration 정도는 최소화 되었으리라고 생각된다. 그럼에도 불구하고 저평량에서는 고농도 및 저농도 배합비간의 접촉각 편차가 크지않으나 고농도 배합비에서는 저농도 배합비의 초기 습수접촉각이 고농도 배합비에 비해 약 5도 내외의 높은 값을 보이는 것을 알 수 있었다. 이는 저평량에서는 원지의 영향에 의한 migration 영향이 적으나, 고평량에서는 도공액의 농도가 높은 도공액이 migration 방지에 현저하게 유리함을 보여주는 결과라 보여진다. 저평량의 경우에도 통상 Clay 함량이 높아지면 습수접촉각이 낮아지는 경향을 보여야 함에도 불구하고 탄산칼슘 함량이 높은 배합비인 고농도 배합비와 습수접촉각이 유사한 값을 보이는 것으로 보아 저평량에서도 도공액 농도가 높아지면 습수접촉각 하락에 도움이 되는 것으로 해석할 수 있다. 한편, latex의 입자경에 따른 영향은 입자경이 작을수록 평량에 관계없이 습수접촉각이 높게 나타나는 것을 알 수 있으며, 이는 도공층 표면에 binder 농도 증가와 전체적인 비표면적 증가에 따른 코팅층의 기공도 하락이 원인인 것으로 보여진다. 습수접촉각의 상관성은 평량별 다소간의 미세한 편차가 있지만, 전체적인 경향성을 파악하는 데는 무리가 없는 것으로 보인다.

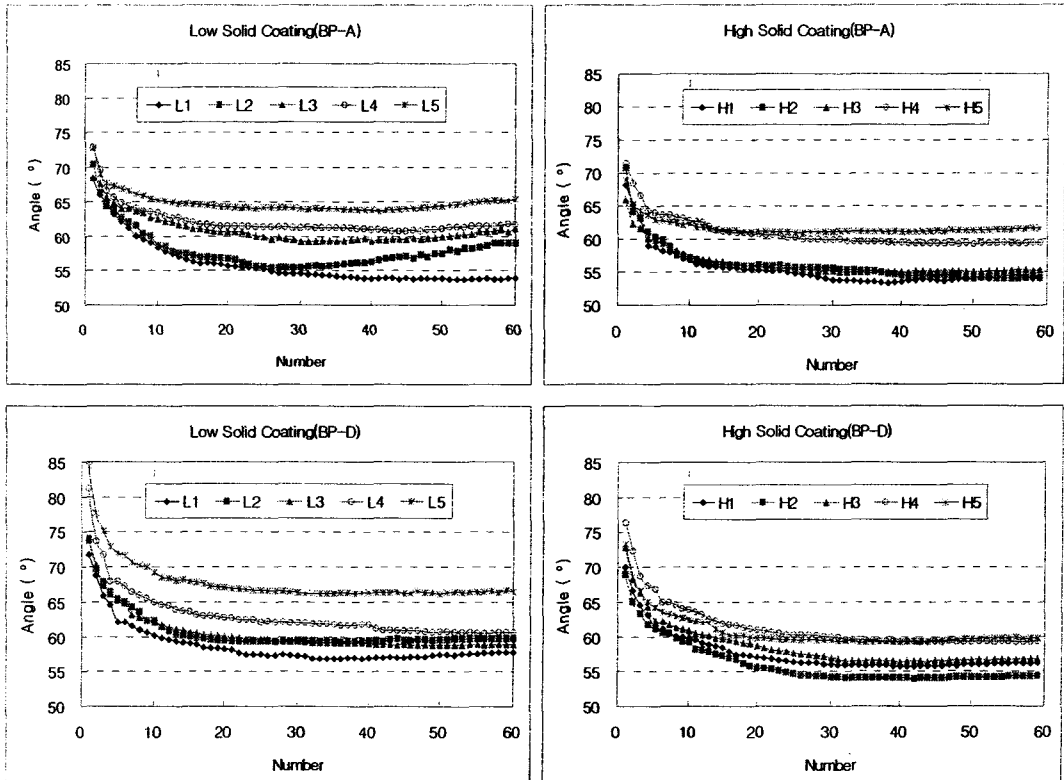


Fig. 2 Effect of latex particle size & coating color solid content on base paper grammage.

(나) 접착력 (Dry/Wet Picking Strength)

Table 5에 나타나 있듯이 고농도 배합의 경우는 latex의 투입량이 저농도 대비 1part 정도 낮게 적용 되었다. 이것은 clay 함량 40part를 적용한 저농도 배합 보다는 clay 함량이 20part인 고농도 배합에서 안료 비표면적 대비 binder 요구량이 줄어든 것으로 감안하여 적용된 것이다. 일반적으로 latex의 입경이 적은 경우 비표면적이 증가하므로 picking strength는 증가하는 것이 보편적인 현상이나 본 실험에서는 Fig.3,4에 나타나 있듯이 latex입경이 가장 작은 latex 5(입경 : 850Å)를 사용한 배합 L5와 H5에서는 picking strength가 떨어지는 결과로 나타났다. 이것은 latex의 입경이 극단적으로 작은 경우 도공액이 부동화점에 도달하기 전 migration현상이 커지므로 나타나는 현상으로 사료되며, Fig. 4의 wet picking strength의 BP-D에 고농도 도공한 경우는 latex 4(입

경 : 1,170Å)사용한 경우 부터 wet picking strength의 drop현상이 타나났다. 그리고 BP의 사이즈도가 높은 BP-B에 도공한 경우는 picking strength의 drop현상이 다소 적은 것으로 나타났다. 이것은 원지의 사이징이 binder의 migration 현상을 완화시킨 결과로 사료 된다.

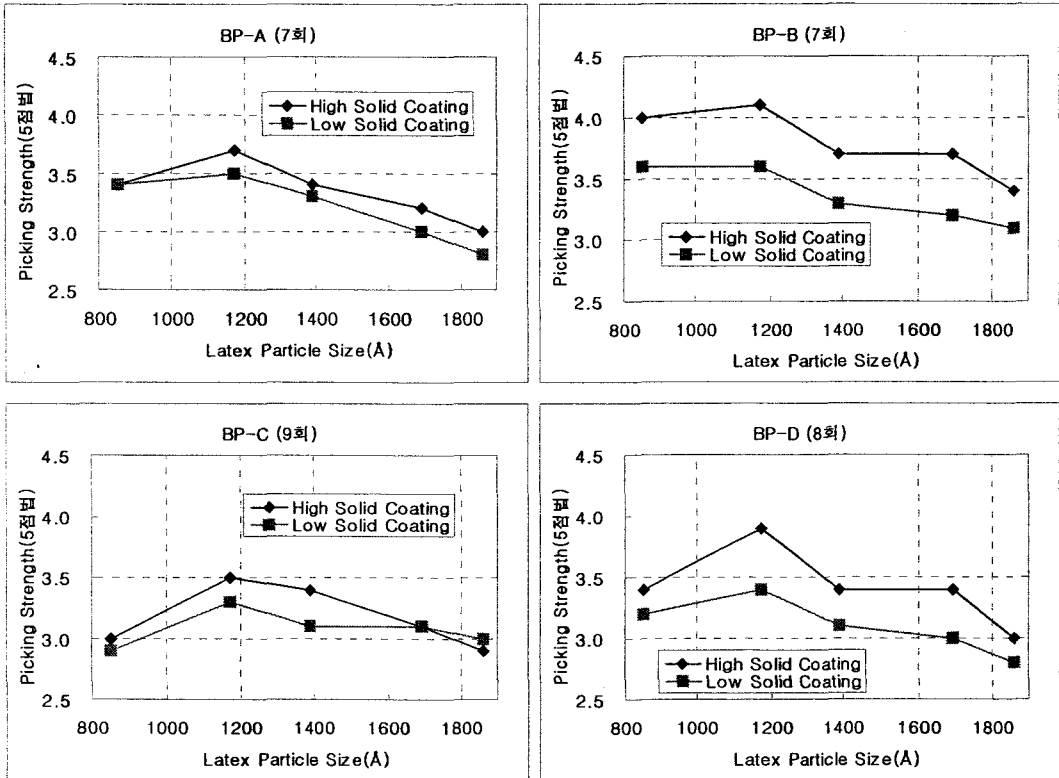


Fig. 3. Evaluation of dry picking strength.

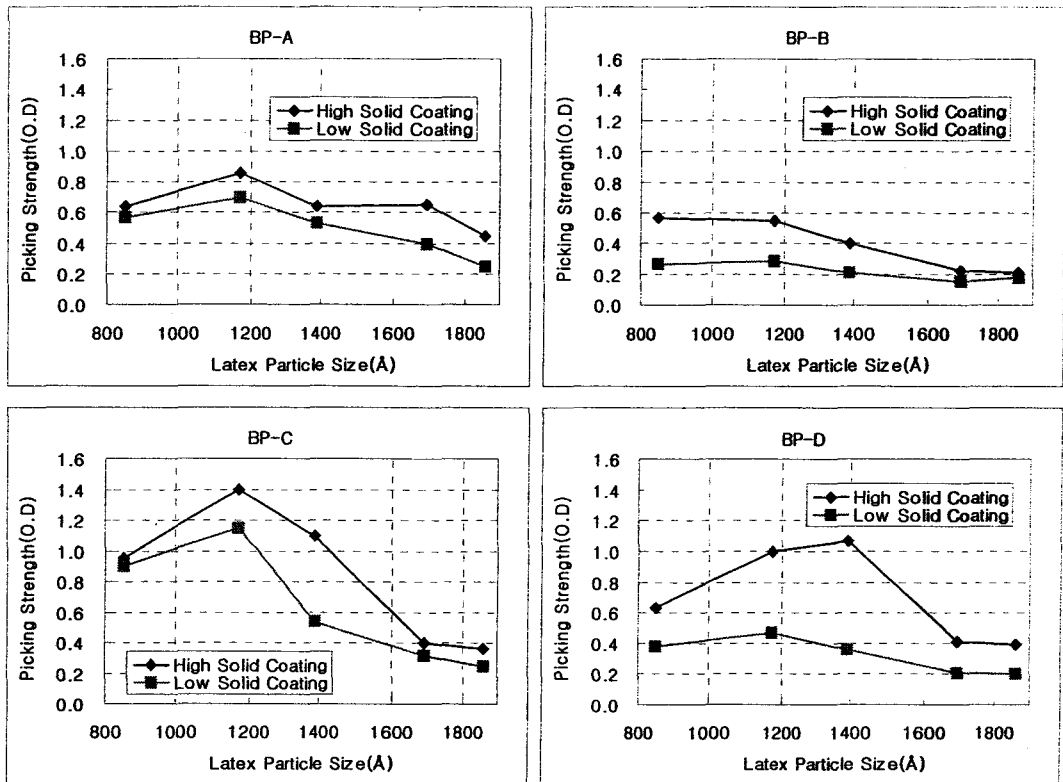


Fig. 4. Evaluation of wet picking strength.

(다) Mottle Index의 평가

원지의 평량별 latex의 입경에 따른 표면 binder의 분포의 균일성을 croda ink에 대한 흡수 색농도 표준편차를 측정하여 표면 binder분포에 대한 균일성은 간접적으로 평가하고자 하였다. 본 실험에서는 BP-B와 C의 경우에는 고농도 도공과 저농도 도공의 차이가 크게 나타나지 않았으나, BP-A와 D의 경우에는 저농도 도공에서 mottle index의 차이가 크게 나타나는 것을 알 수 있었다. 그리고 Latex의 입경이 작아질수록 mottle index의 차이가 더 커지는 것을 알 수 있었다(Fig. 5). 이는 latex의 입경이 작을수록 부동화점에 도달하기 전 도공액 내부에서의 자유거동 능력이 크므로 binder의 불균일한 분포를 더욱 심화시키는 결과로 사료 된다. 그리고 BP-B의 사이즈도가 높은 경우가 BP-C대비 큰 차이가 나타나지 않았으나 가장 mottle index 낮게 나타났

다. 이것은 원지의 사이즈도가 binder의 불균일한 분포를 다소 억제시키는 역할을 하는 것으로 판단된다.

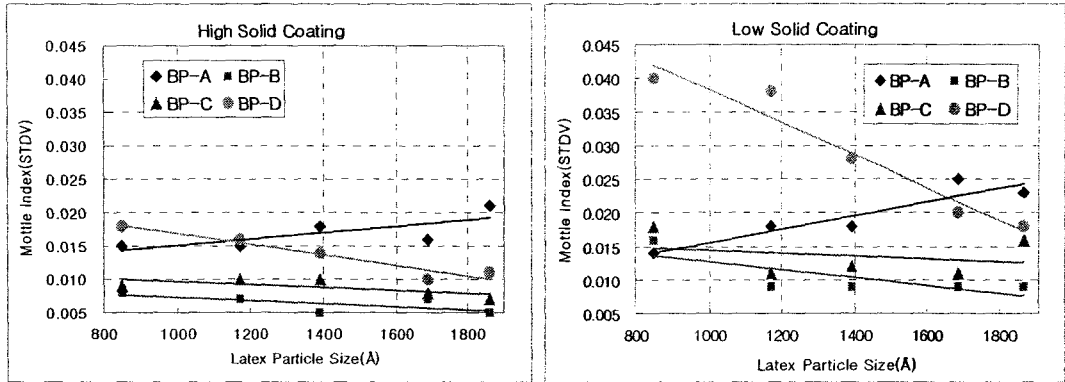


Fig. 5. Evaluation of mottle index.

4. 결론

본 연구에서는 원지의 평량과 latex 입경에 따른 binder migration에 의한 표면 binder 불균일성이 최종 인쇄물성인 mottle index에 미치는 영향성에 대하여 평가하고자 하였다. 결과적으로 latex의 입경이 작을 수록 도공액의 고전단 유동성은 우수하나, 도공액이 부동화점에 도달하기 전에 도공액 내부에서의 자유거동 특성이 커지므로 실질적인 최종 도공층 형성 이후에는 표면 binder 불균일을 심화시켜 mottle index를 크게 떨어뜨리는 결과를 나타낼 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 고농도 도공보다는 저농도 도공에서 그 불균일성은 더욱 가중되는 것으로 나타났다. Latex의 입경이 극단적으로 작은 850Å에서는 binder의 비표면적 증가로 인한 picking strength의 증가현상이 나타나지 않고 binder migration의 심화로 인한 두께 방향으로의 binder 부재영역이 존재하여 picking strength가 오히려 떨어지는 결과를 보였다. 본 실험에서는 도공 표층으로의 binder migration를 최대한 억제시킨 조건이지만 실제 생산 현상에서는 hot air dryer를 사용하고 있으므로 picking strength drop 현상이나 mottle index가 떨어지는 현상이 더욱 가중 될 수도 있을 것으로 사료 된다. 따라서 원지의 지합/사이즈도/roughness는 물론이고 latex의 입경에 따른 요인도 제어하여 원지로의 binder migration현상과 도공 표층으로의 binder migration 현상을 균형있게 조절해야만 인쇄

mottle 현상을 제어하는데 도움이 될 수 있을 것으로 사료 된다.

5. 참고문헌

1. Matsui, H., Sumimoto, N., Miyamoto, M., Watanabe, T., Small Particle Latexes and Formulations for High Speed Coating, 紙パ技協誌(Japan Tappi Journal). 48(1): 203-212 (1991)
2. Ghannam, M. T., Effect of Binders on the Flow Behavior of a Paper Coating Suspension over a Wide Range of Shear Rates, Industrial & Engineering Chemistry Research, 41(10): 2399-2404 (2002)
3. 박동국, 조교동, 고문찬, 윤제한, 이용규, 라텍스의 물성이 도공지 품질에 미치는 상관성에 대한 연구, J. Korea TAPPI, 34(1): 22-29, (2002)
4. 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)
5. 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)
6. Groves, B., An Overview of the Phenomenon of Latex Binder Migration, PITA coating conference; Coating for printing how to improve your image! Paper Industry Technical Association 2003 coating conference (2003)
7. Groves, R., Matthews, G. P., Heap, J., McInnes, M. D., Penson, J. E., Ridgway, C.J., Binder Migration in Paper Coatings - A New Perspective, Fundamental research symposium; The science of papermaking, (2001,)
8. Stanislawska, A., Doliwa, M., Karpinski, A., Coated Papers: Binder Migration and Printing Properties, International papermaking conference; Progress in papermaking and paper converting in Central and Eastern Europe, (2002)