

Latex 입경과 원지 평량 및 칼라농도가 도공지의 인쇄품질에 미치는 영향

유성종 · 조병욱*² · 김용식 · 남병기*³ · 최상민*³ · 이용규*^{1†}

(2007년 7월 16일 접수: 2007년 10월 26일 채택)

Effect of Latex Particle Size, Base Paper Grammage and Coating Color Concentration on Printing Quality of Coated Paper

S. J. Yoo, B. U. Cho*², Y. S. Kim, B. K. Nam*³, S. M. Choi*³ and Y. K. Lee*^{1†}

(Received July 16, 2007: Accepted October 26, 2007)

ABSTRACT

The effects of latex particle size, basis weight of base paper and coating color concentration on the printing quality of coated paper were investigated. Coating colors were prepared with five types of latexes having different particle sizes. Coated papers were produced with high solid coating colors and with low solid coating colors in a industrial coater, respectively. In high solid coating colors, rheology modifier was used and GCC content was high. It was concluded that, in order to control binder migration and hence print mottle, latex particle sizes shall be controlled as well as formation, sizing degree and roughness of basis paper.

Keywords : *rheology modifier, high solid coating, latex particles sizes, base paper grammage, mottle*

• EN paper 주식회사(En paper Co. LTD. Nueup-dong Osan-si, Gyeonggi-do, 447-160, Korea)

*1 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

*2 한국화학연구원, 바이오정밀화학연구센터 Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT), P.O. Box 107, Yuseong, Daejeon 305-600, Korea

*3 (주)한솔케미칼(Hansol Chemical Co., Ltd. 816, Yongam-ri, Bongdong-eup, Wanju-gun, Jeonbuk, Korea 565-904)

† 주저자(Corresponding author): E-mail: yklee@kangwon.ac.kr

1. 서론

일반적으로 latex의 입경이 작아지면 동일량의 latex를 사용하였을 경우 도공액 내에 존재하는 라텍스의 입자수 증가에 의한 비표면적 증가로 저전단 영역에서는 안료들과의 마찰력이 증가하게 되어 점도가 상승하고 고전단 영역에서는 비교적 큰 안료 입자들 사이에서 ball bearing 효과를 발현하게 되어 점도가 떨어진다.^{1,2)} 그리고 latex의 입경이 작아질수록 역시 비표면적의 증가로 인해 picking strength가 증가하고 부동화점에 도달하기 전까지 latex 입자의 자유거동 능력은 큰 입자보다는 유리한 것으로 알려져 있다.^{1,2)} 그러나 도공 원지의 경우 매우 복잡한 물리적/화학적 특성들을 가지고 있어 도공층의 형성에는 라텍스 물질이외에도 영향을 미칠 수 있는 인자는 수없이 많다. 특히 원지의 지합과 사이즈도 그리고 roughness 등은 도공액의 배합비가 동일한 경우에도 도공층의 구조 특성에 변화를 일으킬 수도 있고, 더 나아가 인쇄품질에 까지 영향을 미치게 된다. 또한 원지의 평량이 증가 할수록 원지내부에 다공구조의 용적이 증가하고 도공액에 대한 흡수용적이 커지므로, 이를 극복하여 균일한 도공면을 형성시키기 위해 생산현장에서는 일반적으로 원지의 평량이 상승하면 도공량을 증가시키게 된다. 한편, 원지의 지합/roughness/흡수거동 등의 불균일로 인해 blade 도공시 발생되는 부위별 도공량 변이가 인쇄모들의 중요한 원인으로 보고되어 있다.^{3,4)} 또한 원지의 이러한 여러 인자들과 공정조건, 도공액 특성 등에 의해 야기되는 도공층 표면의 불균일한 바인더의 분포도 주요 원인 중에 하나일 것으로 판단된다. 종이 도공액 중의 바인더로 사용되는 것은 주로 S/B latex로 그 특성(gel 함량,

Tg, Styrene과 Butadiene의 비율 그리고 입경 등)에 따라 도공 시 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 사용하는 도공용 GCC(KFMT -95H, 태경산업)제품을 사용하였으며, Clay는 #1 Clay(Ultra Gloss LV, 앵겔하드)제품을 사용하였다. 각 안료들의 특성은 Table 1과 같다.

2.1.2 유동성 개량제

Synthetic thickener(JT-35B, 정원화학)와 rheology modifier (Revocoat - 753B, 정원화학)를 사용하였으며, 이들 특성은 Table 2과 같다.

2.1.3 바인더

본 연구에 사용한 latex는 입경을 달리한 5종의 SB (Styrene-butadiene)계 라텍스(임의 제조 샘플, (주)한솔케미칼)를 실험실에서 제조 후 사용하였으며, 바인더의 특성은 Table 3과 같다. Tg는 TA Instrument사의 DSC2000을 사용하여 측정하였고, Gel 함량은 톨루엔 용매법을 사용하여 측정하였으며, 입경은 laser를 이용

Table 1. Properties of pigments

Pigments	%, <0.23 μ m	%, <0.55 μ m	%, <1.09 μ m	%, <2.15 μ m	Surface area m ² /cm ³	Mean particles diameter(d50%)
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

Table 2. Specifications of thickener and rheology modifier

Series	Chemical composition	Ionic charge	Type
Synthetic thickener	Acrylate copolymer	Anion	Alkali swellable
Rheology modifier	Acrylate copolymer	weak cation/Amphoteric	Absorbed on pigment particle

Table 3. Properties of latices

Binder	Solids content (%)	Surface tension (dyne/cm)	Tg (°C)	pH	Gel contents (%)	Particle size (Å)
Latex 1	49.0	54.0	8.8	8.0	82.3	1,860
Latex 2	49.0	54.2	8.6	8.1	84.1	1,690
Latex 3	49.7	53.5	12.5	8.0	82.6	1,390
Latex 4	50.2	58.4	12.4	7.8	83.0	1,170
Latex 5	49.7	60.0	14.4	7.7	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.

한 Zeta-Sizer 1000SHA를 사용하여 수용액상으로 측정하였으며, 수화층의 존재로 TEM, SEM과 같이 주사 전자현미경으로 측정하는 경우보다 통상 100~200Å 내외 크게 나타나는 것으로 알려져 있다.

여준다. 평활도는 BEKK Type smoothness 측정기를 사용하였고, Porosity는 Gurley Type (100 cc) Tester를 사용하였다. 그리고 지합은 TECHPAP 2D lab Formation Tester를 사용하여 평가하였다.

2.2 실험방법

사이즈도는 BP-B가 가장 높았다. 원지 평량이 증가하면서 표면 평활도는 불량해졌고, cobb size degree는 높아 졌다. Porosity는 BP-C와 BP-D에서 가장 낮게 나타났다.

2.2.1 원지 제조

원지평량과 도공층과의 상관성을 평가하기 위해 Table 4와 같이 평량을 다르게 한 원지 4종(공장제조 샘플)을 사용하였으며, 4종 원지의 물성을 Table 4에서 보

2.2.2 도공액의 제조

클레이 함량이 높은 저농도 도공액은 67%로 제조하

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, 100 cc)	g/m ²	18.8	24.2	27.9	34.6
Smoothness (BEKK)	sec	34	33	19	9
Porosity(Gurley, 100 cc)	μm	33.9	37.7	15.9	24.8
Formation index	-	65.6	57.9	58.9	61.8

Table 5. Coating color formulations

Components	Series	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 thickener				0.15 part					-		
Latex		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Solid content				11.5 part					10.5 part		
				67 %					70 %		

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

※ ¹Cylindrical Laboratory Coater 6000, Coating condition : Blade thickness 0.012 inch, Blade angle 35°

였고, 탄산칼슘 함량이 높은 고농도 도공액은 70%로 조제하였다. 도공액의 배합비는 Table 5에 나타내었다. 저농도 도공액(L1 ~ L5)배합은 알카리 팽윤형의 synthetic thickener를 사용하였고, 고농도 도공액(H1 ~ H5)배합은 rheology modifier를 적용하였다. 조제된 도공액의 물성은 Table 6에서 보여준다. 조제된 도공액의 유동특성은 Brookfield 점도계(저 전단 점도, 60 RPM, spindle # 4)와 허큘리스 고전단점도계 DV-10(고 전단 점도, 8,800 RPM, Bob F2.5)을 이용하여 측정하였다. 도공액 보수성은 ÅA-GWR을 이용하였다. Capillary 점도계는 Parr Capillary Viscometer를 사용하였으며, 측정조건은 상온에서 Slit을 사용하여 측정하였다. Length 1mm, width 2.5mm, height 0.1mm 의 Slit을 사용하였다.

2.2.3 도공지 제조

도공지는 실험용 blade coater(CLC-6000, Simu Tech International)를 이용하여 Table 6에 나타낸 조건으로 제조하였다. CLC coater의 blade thickness는 0.012 inch이고, blade angle은 35°이다. CLC 코터의 장착된 건조기는 IR 건조기로 실험에 사용한 건조조건은 도공전 원지의 pre-drying은 IR 방사량 40% 그리고 도공후 도공지의 after drying은 IR 방사량 80%를 사용하였다. 도공 후 선압 50 kgf/cm로 칼렌더(Beloit Super Calender)로 2회 통지 처리하였다.

2.3 평가 방법

인쇄품질은 Rotary I 인쇄적성 실험기를 이용하였다. 원지의 평량별로 저농도 도공액과 고농도 도공액으로 도공한 샘플을 동시에 평가 하였다. Dry picking strength는 1차 잉크 전이률에 TV(Tack Value) 14 cyan

잉크를 1g 전이한 후 상대 평가가 가능하도록 통지 횟수를 조정하여 오점법으로 평가하였다. Wet picking strength는 1차 잉크 전이률에 TV(Tack Value) 14 cyan 잉크를 0.7g 전이한 후 도공지에 인쇄하고, 대지에 2차 전이한 다음에 대지의 optical density(O.D)를 측정하여 평가하였다. O.D 수치가 높으면 wet picking strength가 강한 것으로 평가 하였다. Mottle index의 평가는 croda 잉크를 각 도공지에 도포하고, 3분이 지난 다음에 wiping 한 후, 도공지 표면에 나타난 croda 잉크의 부위별 O.D 농담 차이를 표준편차로 평가 하였다. 그리고 도공지 표면의 접촉각은 KRUSS사(독일)의 DSA-100 측정 장비를 이용하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 라텍스의 입자경이 도공액 유동성에 미치는 영향

Table 5에 표시된 배합비로 조제된 도공액의 Brookfield 점도 및 Hercules 점도를 Table 7에 나타내었다. 라텍스 입경이 작을 경우 저전단 영역인 Brookfield 점도는 높게 나타나는 반면, 고전단 영역에서는 점도가 낮게 나타났다. 이는 라텍스 입자들이 안료들 사이에서 ball bearing 역할을 수행하는 것과, 도공액의 보수성이 입자경이 작아짐에 따라 비표면적의 증가로 인해 현저하게 양호해지는 경향 (Table 7)으로 설명할 수 있다. 즉, 보수성이 양호한 라텍스는 실 공정에서 도공액 농도 상승 방지에 의한 고전단 유동성 개량효과와 함께, 고전단 영역에서 안료들 사이에서 라텍스 입자가 도공액의 유동성에 도움을 줄 수 있게 물을 오래도록 함유하고 있어 동일 농도에서도 유동성을 획기적으로 개선하

Table 7. Properties of coating colors

Series	Low solid coating					High solid coating				
	L1	L2	L3	L4	L5	H1	H2	H3	H4	H5
Low shear viscosity(cps) ¹	2,210	2,260	2,200	2,190	2,530	1,800	1,950	2,170	2,530	4,100
High shear viscosity(cps) ²	31.3	28.8	26.9	24.3	22.7	34.5	34.6	32.3	30.0	28.2
Water retention (g/m ²) (2 atm, 1 min)	69.5	63.9	56.7	54.5	49.5	68.7	64.5	58.5	55.4	48.7
Solids content (%)	67.0					70.0				

※ ¹Brookfield viscometer, #4, 60 rpm, ²Hercules viscometer, 8,800 rpm Max. Viscosity.

는데 도움을 주는 것으로 해석할 수 있다. Capillary 점도계를 이용하여 측정된 극단적인 고전단 영역에서의 점도거동을 보면 라텍스 입자경이 고전단 영역에서 나타내는 유동특성은 보다 명확해진다 (Fig. 1). 그러나, 이러한 라텍스 입자경에 따른 유동특성은 원지나 건조 조건 등의 변수를 배제한 경우로 실 공정에서는 다양한 변수가 동시에 고려되어야만 정확한 유동특성을 예측할 수 있을 것으로 생각된다. Fig. 1에서 보는바와 같이 탄산칼슘을 과량 사용한 고농도 도공액의 경우 clay 함량이 높은 저농도 도공액과 비교시 고전단 유동성은 latex 입경이 비교적 작은 L3, L4 그리고 L5를 사용한 경우는 거의 저농도 도공액과 유사함을 볼 수 있는데, 이는 latex의 입경이 작은 경우에는 도공액의 농도가 높다 하더라도 ball bearing 효과에 의해서 고전단 유동성이 양호하게 나타날 수 있는 것으로 판단된다.

평량 50 g/m² (BP-A)와 250 g/m² (BP-D)의 원지에 Table 5에 기재한 조건으로 조제한 도공액을 도공한 도

공지의 습수접촉각을 Fig. 2에 나타내었다. 본 실험에서는 IR 건조기만 사용했기 때문에 건조조건에 따른 binder migration 정도는 최소화 되었으리라고 생각된다. 그럼에도 불구하고 저평량에서는 고농도와 저농도 도공지 사이의 접촉각 편차가 크지 않으나 고평량에서는 저농도 도공지의 초기 습수접촉각이 고농도 도공지에 비해 약 5도 내외의 높은 값을 보였다. 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, 라텍스의 입경에 따른 영향은 입경이 작을수록 평량에 관계없이 습수접촉각

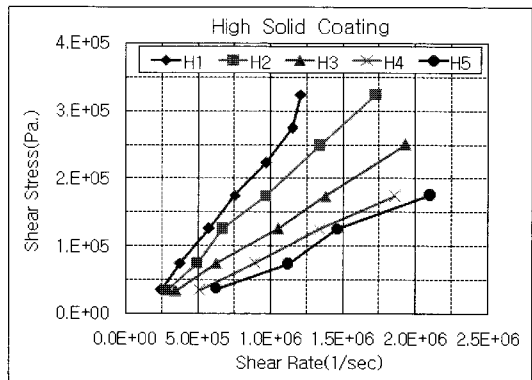
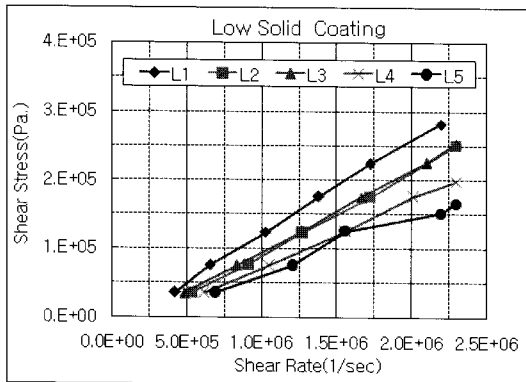


Fig. 1 Effect of latex particle size on high shear viscosity.

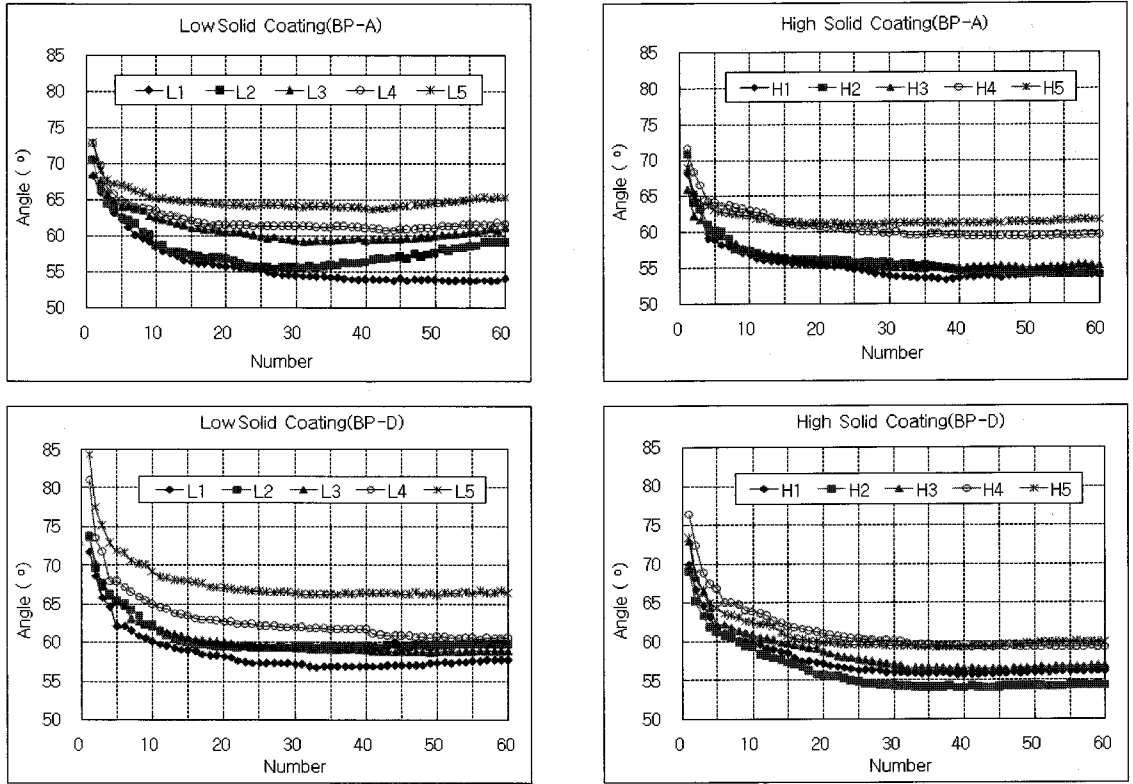
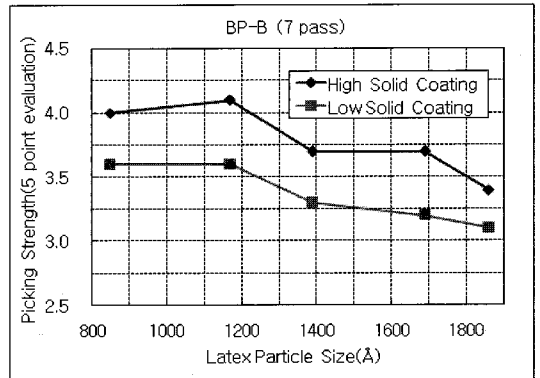
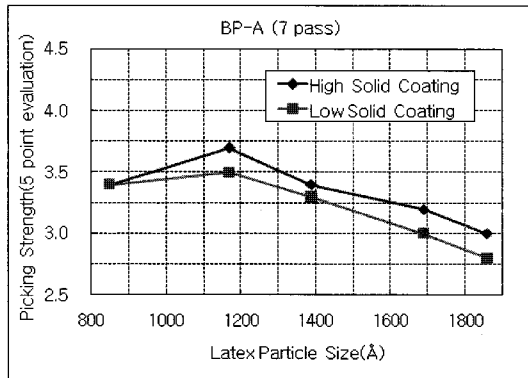


Fig. 2 Effect of latex particle size and coating color solids content on contact angle.

이 높게 나타나는 것을 알 수 있으며, 이는 도공층 표면에 binder 농도 증가와 전체적인 비표면적 증가에 따른 도공층의 기공도 하락이 원인인 것으로 보여진다. 특히, Fig. 2의 BP-D의 경우 상대적으로 고평량 지층으로 binder migration 영향이 더 클 것으로 예상되며, 저농도 도공의 경우 라텍스의 입경이 큰 경우 접촉각은 낮

고, 작은 경우는 높은 경향성이 있었으나, High solid 코팅의 경우 경향이 라텍스 입경에 따른 접촉각 변폭이 줄고 유사한 입경에서는 경향이 역전되는 경우도 관찰되는데 이는 high solid 코팅의 경우가 migration 방지에 효과적임을 반증하는 결과로 판단된다.



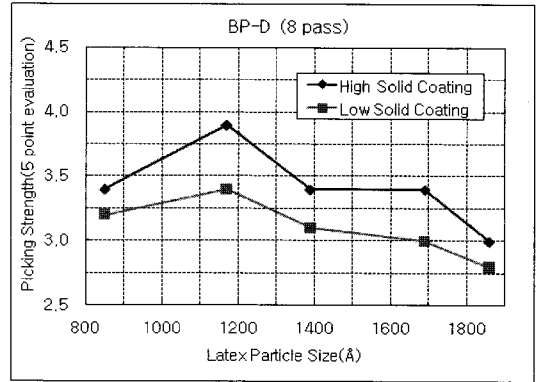
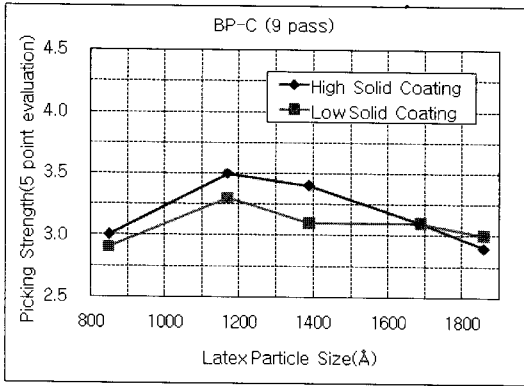


Fig. 3. Dry picking strength.

3.2.2 접착력 (dry/wet picking strength)

Table 5에 나타나 있듯이 고농도 배합의 경우는 latex의 투입량이 저농도 대비 1 part 정도 낮게 적용 되었다. 이것은 clay 함량 40 part를 적용한 저농도 배합 보다는

clay 함량이 20 part인 고농도 배합에서 안료 비표면적 대비 binder 요구량이 줄어든 것을 감안하여 적용된 것이다. 일반적으로 latex의 입경이 작은 경우 비표면적이 증가하므로 picking strength는 증가하는 것이 보편

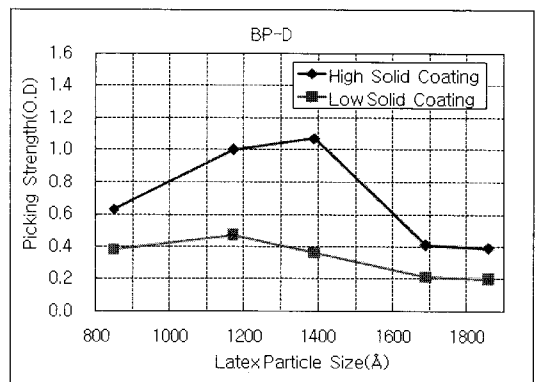
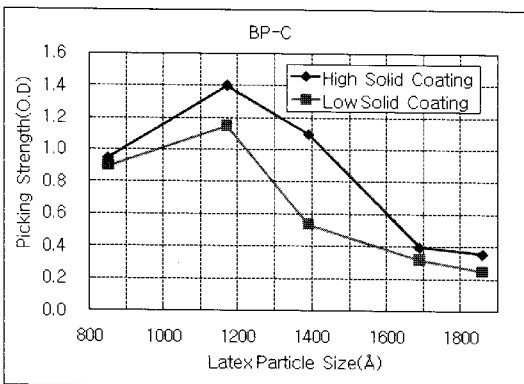
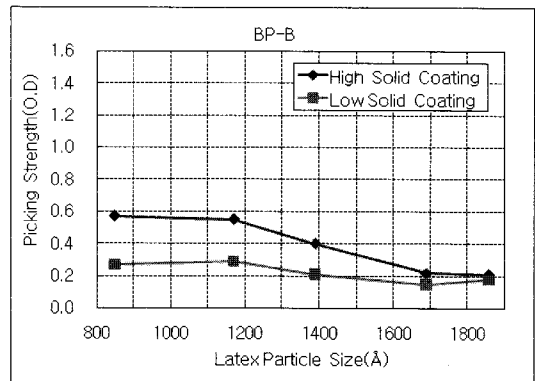
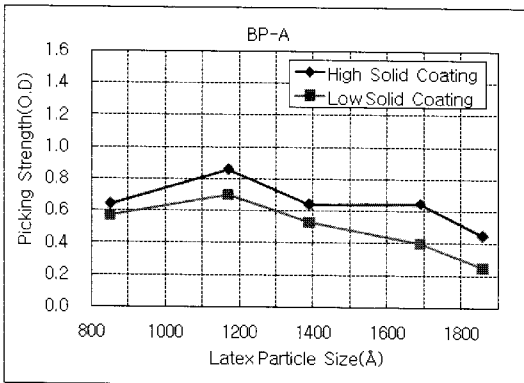


Fig. 4. Wet picking strength.

적인 현상이다.^{5,6)} 그러나, 본 실험에서는 Fig. 3과 4에 나타나 있듯이 latex 입경이 가장 작은 latex 5(입경 : 850Å)를 사용한 배합 L5와 H5에서 picking strength가 떨어졌다. 이것은 latex의 입경이 극단적으로 작은 경우 도공액이 부동화점에 도달하기 전 binder migration이 많이 일어나기 때문으로 사료된다.^{7,8)} 고품량 원지(BP-D)에 고농도 도공한 경우는 latex 4(입경 : 1,170Å)를 사용한 경우부터 wet picking strength가 저하되었다(Fig. 4). 그리고 원지의 사이즈도가 높은 경우(BP-B)는 picking strength의 저하가 다소 적은 것으로 나타났다. 이것은 원지의 사이즈가 binder migration 현상을 완화시켰기 때문으로 사료된다.

3.2.3 Mottle Index

원지의 평량과 latex의 입경이 표면 바인더의 분포 균일성에 미치는 영향을 croda ink에 대한 흡수 색농도 표준편차(mottle index)를 측정하여 평가하였다. BP-B와 C의 경우에는 고농도 도공과 저농도 도공에서 mottle index의 차이가 크게 나타나지 않았으나, BP-A와 D의 경우에는 저농도 도공에서 큰 차이가 나타났다(Fig. 5). 또한 latex의 입경이 작아질수록 mottle index의 차이가 더 커지는 것을 알 수 있었다. 이는 latex의 입경이 작을수록 부동화점에 도달하기 전 도공액 내부에서의 자유거동 능력이 커져 바인더의 불균일한 분포를 더욱 심화시키기 때문으로 사료 된다.^{9,10)} 그리고 원지의 사이즈도가 높은 경우(BP-B)에 mottle index

가 가장 낮게 나타났다. 이것은 원지의 사이즈도가 binder의 불균일한 분포를 다소 억제시키는 역할을 하는 것으로 판단된다.

4. 결론

원지의 평량과 latex 입경에 따른 binder migration에 의한 표면 바인더 불균일성이 최종 인쇄물성인 mottle index에 미치는 영향성에 대하여 조사하였다. Latex의 입경이 작을수록 도공액의 고전단 유동성은 우수하나, 도공액이 부동화점에 도달하기 전에 도공액 내부에서의 자유거동이 커지므로, 도공층이 형성된 다음에 표면 바인더 불균일화를 심화시켜 mottle index를 크게 떨어뜨렸다. 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 방향에서 바인더 부재 영역이 존재하여 picking strength가 오히려 떨어졌다. 본 실험에서는 IR 건조기를 사용하여 도공 표층으로의 binder migration을 최대한 억제시켰지만 실제 생산 현상에서는 hot air dryer를 사용하고 있으므로 picking strength 저하나 mottle index가 떨어지는 현상이 더욱 심해질 수 있을 것으로 사료 된다. 따라서 원지의 지합/사이즈도/roughness는 물론이고 latex의 입경에 따른 요인도 제어하여 원지로의 binder migration 현상과 도공 표층으로의 binder migration 현상을 균형있

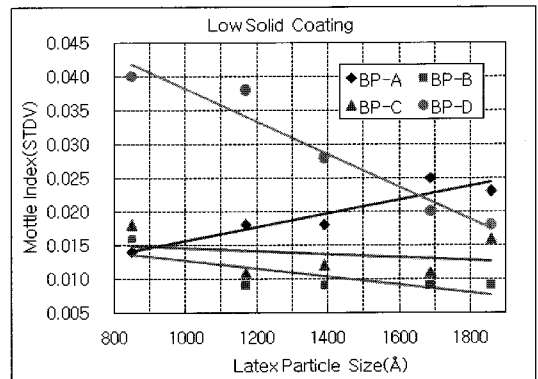
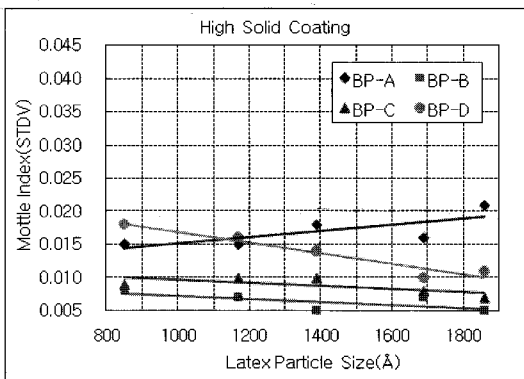


Fig. 5. Mottle index.

게 조절해야만 인쇄 mottle 현상을 제어하는데 도움이 될 수 있을 것으로 사료 된다.

사 사

본 연구의 일부는 강원대학교 산림과학연구소의 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. Matsui, H., Sumimoto, N., Miyamoto, M., Watanabe, T., Small Particle Latexes and Formulations for High Speed Coating, 紙ノ技協誌(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. 이학래, 인쇄모틀 발생 원인과 대책, 펄프종이 기술 34(1): 54-63 (2002).
4. 이학래, 인쇄모틀 발생 원인과 대책, 펄프종이 기술 34(1): 64-71 (2002).
5. 박동국, 조교동, 고문찬, 윤재한, 이용규, 라텍스의 물성이 도공지 품질에 미치는 상관성에 대한 연구, J. Korea TAPPI, 34(1): 22-29 (2002).
6. 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).
7. 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).
8. 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).
9. 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).
10. 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).