

라텍스의 물성이 도공지 품질에 미치는 영향

박동국*¹⁾²⁾, 조교동¹⁾, 고문찬¹⁾, 윤제한¹⁾, 이용규²⁾

1)금호석유화학 2)강원대학교 제지공학과

1. 서 론

일반적으로 사용되는 제지용 도공액은 클레이, 탄산칼슘과 같은 무기안료와 전분이나 라텍스와 같은 바인더를 주 성분으로 하고, 분산제, 내수화제, 율활제 등과 같은 각종 첨가제로 구성되어 있다. 이중 종이 도공용으로 사용되는 라텍스는 스티렌-브타디엔 라텍스(SB latex), 아크릴 라텍스(Acryl latex), 비닐아세테트 라텍스(VAc latex)등 다수가 사용되고 있지만, 이중 SB latex가 가장 빈번하게 사용되고 있다. 도공 배합액 중에서 라텍스는 접착제로서의 주 기능인 안료와 안료의 접착, 안료와 원지의 접착, 원지와 원지를 접착시키는 기능을 수행할 뿐만 아니라 도공액의 물성, 도공지의 광학적인 품질, 인쇄 품질에 이르기까지 전반적인 종이 특성에 영향을 미치게 된다. 특히, 라텍스가 가지고 있는 물성 중에서 폴리머(polymer)의 Tg(glass transition temperature), 입자경(particle size), Gel 함량 등은 라텍스 자체의 특성을 결정하는 중요한 인자로서, 이들 각각의 물성을 조절하여 고객의 요구 및 용도별 특성에 적합한 라텍스를 설계하는 데 중요한 역할을 한다.

이제까지의 라텍스는 그 자체의 순수한 기능인 접착성을 비롯하여 유동특성, 도공지 품질, 인쇄 품질에 이르기까지 다양한 특성을 가진 라텍스가 요구되어 왔다. 그러나 앞으로 이러한 범용 특성을 가진 라텍스 보다는 도공지의 종류, 사용 용도, 도공기(coater)의 종류, 도공 방법, 칼렌더(calender) 종류, 인쇄 종류, 인쇄 방법 등에 따라 특성화된 라텍스의 수요가 증가될 것으로 전망된다. 그리고 도공기술의 진보와 신규 설비의 도입으로 고속 도공, 더블 도공, 경량 도공으로 전환되어 도공 작업성의 중요성이 커지고 있으며, 도공지의 용도가 매우 다양화되어 있기 때문에 이에 맞는 특성을 가진 라텍스의 선정이 도공지의 품질을 설계하는 데 있어서 매우 중요한 인자가 되고 있다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

2.1.1. 원지

본 실험에서 사용된 원지는 국내에서 상업 시판되고 있는 평량 66 g/m²의 원지를 사용하였으며, 원지의 성질에 대해서는 Table 1에 나타내었다.

Table 1. 원지의 성질

Base sheet	Base weight (g/m ²)	Thickness (μ m)	Gloss (%)	Smoothness (sec)
Felt side	66	77.8	6.5	30
Wire side			6.3	25

2.1.2. 도공 안료

1급 clay인 α -Gloss(ECC)와 중질 탄산칼슘인 SETACARB(Omya)를 도공안료로 사용하였으며, 그 특성은 Table 2와 같다. 각각의 안료를 50:50의 비율로 혼합하여 도공액을 제조하였다. 도공액의 배합 처방은 Table 3에 나타내었다.

Table 2. 안료들의 성질

	백색도(%)	평균 입자경(μ m)	< 2 μ m 입자경
α -Gloss	89	0.41	92
SETACARB	93	0.45	98

Table 3. Coating color formulation

Coating method	CLC-6000
Coat weight	17 g/m ² (One side coating)
Dryer	IR dryer(36 Quarts)
Calender	Roll temperature 65°C, line pressure 65kg/cm, 2 pass

	Ingredients	Parts on pigment 100
Pigment	Clay	50
	CaCO ₃	50
Binder	Latex (KSL220)	12
	CMC (Finnfix-5)	0.25
Additive	Dispersant (WY-117)	0.1
	Insolubilizer (Wet rub)	0.3
	NaOH(10%)	0.1
Color properties	TSC(%)	65

2.1.3. 도공용 바인더 및 첨가제

라텍스의 주요 물성인 Tg, 입자경, Gel함량과 도공지의 품질 특성과의 상관 관계를 규명하기 위하여 Tg, 입자경이 각각 다른 8종류의 라텍스와 Gel함량이 다른 2종류의 라텍스를 실험실에서 직접 제조하여 사용하였다. 제조된 라텍스의 Tg는 DCS-7(Differential Scanning Calorimeter), 입자경은 Autosizer II, Gel 함량은 툴루엔 용매법을 사용하여 측정하였으며, 이들의 설질을 Table 4에 나타내었다.

그 외에 증점, 보수제의 기능을 가지고 있는 CMC(Finnfix-5)는 교반기가 설치된 중탕기(water bath)에서 10% 용액으로 호화시켜 사용하였으며(Table 5), 도공액의 pH 조절을 위하여 10% NaOH 용액과 내수화제 Wet rub, 분산제 WY-117를 각각 0.1 pph, 0.3 pph, 0.1 pph 첨가하여 도공액을 제조하였다.

Table 4. Physical properties of SB latices polymerized in laboratory

Latex sample	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Tg(°C)	-10	-2	+6	+20	+ 5	+ 6	+4.5	+5.5	+8	+20
Average particle size(Å)	1300	1500	1350	1450	950	1350	1550	1800	1500	1450
Gel content(%)	84	83	81	83	82	83	80	79	45	83

Table 5. Cooking condition of CMC

	호화 온도(℃)	호화시간(분)	용액농도
CMC(Finnfix-5)	60	10~20	10 %

2.2. 실험 방법

2.2.1. 도공액 제조

도공액을 제조하기 위하여 일정한 분산용기에 물과 분산제, 10% NaOH를 첨가하고, 배합기(cowless dissolver)에 설치, 고정시킨 후 약 2~3분 정도 교반 후 clay, 탄산칼슘과 같은 안료를 소량씩 서서히 투입, 분산시키면서 내수화제 등 첨가제를 넣어 균일한 분산액을 만든다. 안료의 분산이 완료되면 10%로 호화된 CMC용액을 서서히 투입한 후 10~20분 정도 교반하여 안료의 분산을 완료한다. 분산이 완료된 도공액을 다시 120 mesh의 nylon주머니로 여과하여 응집물, 불순물, 기포 등을 제거 시킨다. 그런 후 분산된 안료를 180℃ 회전하는 교반기(agitator)로 옮겨 라텍스를 첨가한 후, 10분 정도 충분히 교반하여 도공액을 제조, 도공액의 물성 측정 및 도공을 실시하였다. 라텍스를 첨가하기 전에 180° 회전하는 교반기로 분산하는 이유는 분산할 때 발생하는 기포의 발생을 억제하는 효과가 있기 때문이다.

2.2.2. 도공 방법

도공지의 제조는 pilot machine인 CLC-6000(Cylindrical Laboratory Coater)를 이용하여 도공을 실시하였으며, 도공 조건은 Table 6에 나타내었다.

Table 6. Experimental condition for paper coating

Coating machine	CLC-6000
Coating speed(m/min)	800
Blade thickness(inch)	0.012
Blade angle(°)	35
Dryer	IR dryer(36 Quarts)

3. 결과 및 고찰

3.1. 라텍스의 물리적 특성이 도공지 품질에 미치는 영향

3.1.1. 라텍스의 Tg값과 도공지 품질

(가) 도공지의 강도(剛度, stiffness)와 접착력

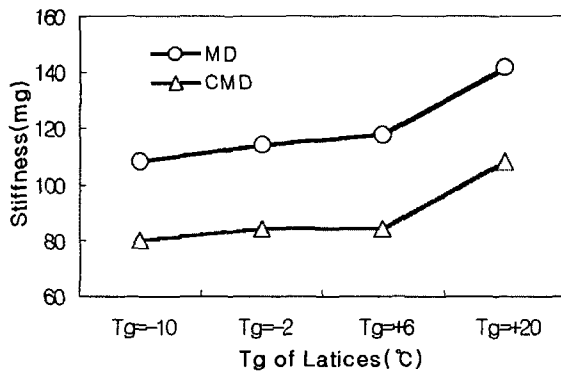


Fig. 1. Effect of latex Tg on stiffness of coated paper

라텍스의 폴리머 입자는 성질이 열가소성임으로 온도의 상승에 따라 glassy상에서 rubbery상으로 전이되어 성막(film formation)이 진행되고, 이 때 접착력을 발휘하게 된다. 라텍스의 조성 중에서는 주로 soft monomer인 butadiene과 hard monomer인 styrene의 비율에 의하여 Tg 값이 결정되는 데, Fig. 1에서 보는 바와 같이 Tg가 높을수록 도공지의 강도가 높다는 것을 알 수 있다. 이는 라텍스가 건조

하게 되면 수분이 증발되고, 입자끼리 서로 융착되어 성막을 형성, 접착력을 발휘하게 되는 데, 이 때 형성된 성막이 단단한 성질을 가지고 있기 때문이다. 라텍스와 같은 일반적인 폴리머 재료는 동적점탄성과 온도의존성을 가지고 있어 동적점탄성 E'의 변화에 따라 Glassy영역, 전이영역, rubbery영역, 유동영역 등 4가지의 영역으로 구분할 수 있다.

따라서 온도의 의존성이 있는 라텍스의 Tg는 낮을 수록 건조 공정에서 입자 간의 융착이 쉽고, 안료를 피복하는 면적도 크게 되어 접착력이 증가된다는 것을 알 수 있다. Fig.3은 RI-II Tester(KRK, Japan) 인쇄적성 시험기로 인쇄한 시편을 나타낸 것으로 Tg값이 +20°C인 경우 접착력이 현저히 저하된다는 것을 보여 주고 있다. 이는 라텍스 폴리머의 성막성이 실온에 가까운 Tg +20 부근에서부터 급격히 저하되기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

(나) 인쇄광택과 K&N 잉크수리성

Fig. 3에서 보는 바와 같이 도공지의 인쇄광택과 K&N 잉크 수리성도 위에서 서술한 도공층의 성막성과 상호 관계가 있는 것으로 보인다. 즉, Tg값이 높을 수록 인쇄광

택이 저하되고, K&N잉크의 수리성이 높아지는 것은 라텍스의 성막성의 부족에 의해 잉크의 흡수성이 증가되기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

K&N ink drop은 도공지에 K&N잉크를 도공지에 약 0.5mm 두께로 도포하여 2분 경과 후 닦아내어 백색도를 측정하고, 도포하기 전과 후의 백색도 저하율로 환산하여 K&N 잉크수리성을 측정하였다.

$$K\&N\ ink\ drop\ (\%) = \frac{\text{도포 전의 백색도} - \text{도포 후의 백색도}}{\text{도포 전의 백색도}} \times 100$$

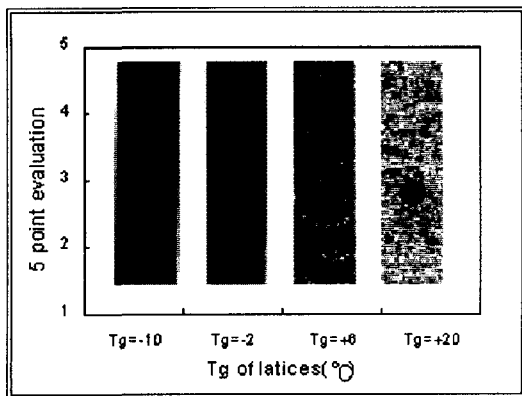


Fig. 2. Correlation between latex Tg and dry pick strength of coated paper.

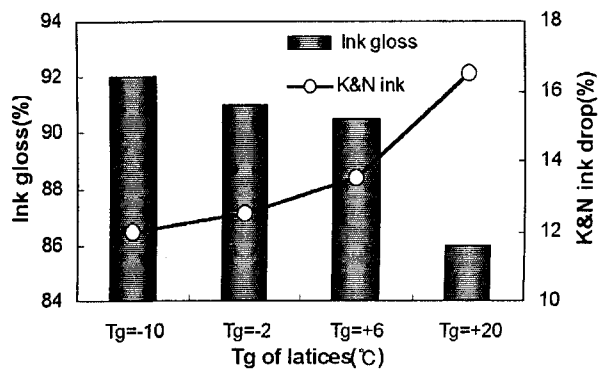


Fig. 3. Effect of latex Tg on Ink gloss and K&N ink drop of coated paper.

3.1.2. 라텍스의 입자경과 도공지 품질

(가) 도공액의 물성

라텍스의 입자경에 따른 도공액의 점도는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 저전단 영역, 고전단영역에서 점성 거동이 다르게 나타난다. 이는 라텍스 입자가 구상의 형상을 가지고 있기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다.

즉, 입자경이 작으면 단위 면적당 입자수가 많게 되어 안료들 사이에 충전 밀도가 높아 저전단 점도는 높게 되지만 고전단영역에서 안료들의 유동 흐름성을 더욱 좋게 하기 때문이다.

(나) 접착강도와 인쇄광택

라텍스의 입자 크기는 도공층 형성 과정에서 안료와의 접착력과 건조 후 형성되는 라

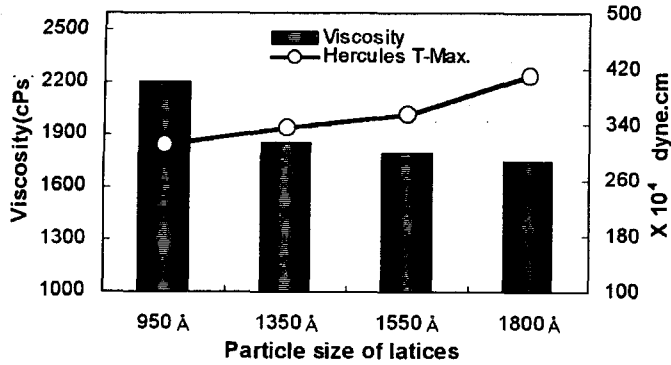


Fig. 4. Correlation between viscosity and T-Max. by HERCULES viscometer.

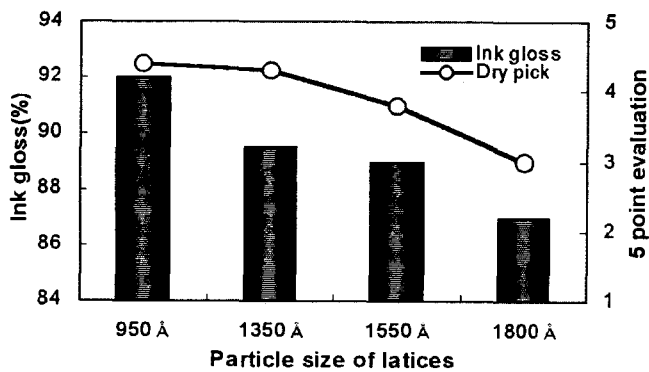


Fig. 5. Effect of particle size of latex on ink gloss and dry pick of coated paper.

는 결과를 가져온다는 것을 확인하였다.

3.1.3. 라텍스의 Gel함량과 web지의 품질

라텍스의 Gel함량이 web지의 내브리스터성에 미치는 영향을 검토하기 위하여 Gel함량이 45%, 83%인 두 제품을 이용하여 접착강도와 web지의 중요한 품질인 투기도와 내브리스터 적성을 측정된 결과 라텍스의 물성 중에서 Gel함량에 지배적인 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 Gel함량이 낮은 경우 내브리스터성과 투기도가 증가하였다. 이는 라텍스의 Gel함량이 수분의 투과성과 밀접한 관련이 있다는 것을 의미한다. 라텍스의 Gel함량은 폴리머의 가교밀도를 나타내는 것으로 유기용매인 톨루엔에 녹지 않고 팽윤만 되는 물질로 전체 폴리머 입자에 대한 분율로 나타낸다.

텍스의 성막 특성에 많은 영향을 미치게 된다. 본 실험에서는 바인더로서 주요 역할을 수행하는 라텍스의 입자 크기에 의해 도공지의 품질에 미치는 영향에 대하여 알아 보았다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 라텍스의 입자 크기가 작을 수록 접착강도, 인쇄광택은 향상된다는 결과를 나타내었다. 이는 입자 크기가 작을 수록 단위 중량당 입자수가 많아지고, 도공 건조할 때 안료를 에워싸는 전체 표면적이 증가되기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 건조 후 형성된 라텍스 필름이 도공층에 많이 존재할 수록 안료와 안료의 접착력을 증가시키고, 도공층 중에서 잉크 비히클의 침투를 억제시켜 인쇄광택을 향상시키

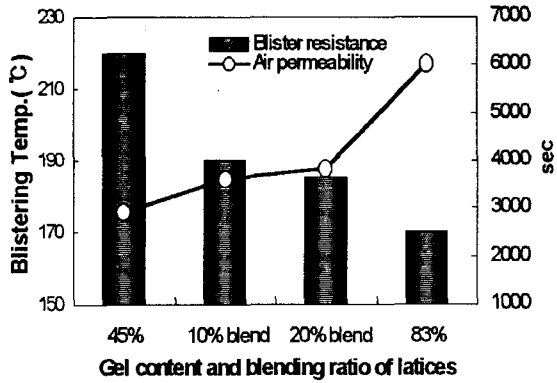


Fig. 6. Effect of gel content of latex on blister resistance and air permeability of coated paper

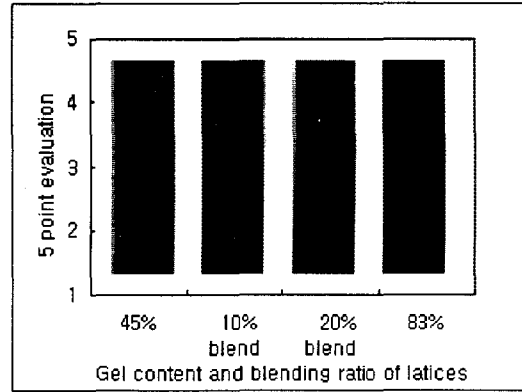


Fig. 7. Effect of gel content of latex on dry pick of coated paper.

Fig. 6, Fig. 7에서 보는 바와 같이 Gel함량이 83%인 라텍스를 Gel함량이 45%의 라텍스와 10%, 20% 혼합하여 web지의 품질을 평가한 결과, Gel함량이 높은 라텍스의 배합비율이 증가할 수록 투기도와 내브리스터성이 감소되는 반면 접착력은 증가된다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 원인은 Gel함량이 낮을 수록 건조 후 용착된 폴리머 입자의 열적인 변형이 크고, 가교도, 응집력이 저하되기 때문인 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 실험은 제지 도공용 바인더인 라텍스의 물리적 특성인 Tg, 입자경, Gel함량등을 평가하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 라텍스의 Tg는 건조, 용착된 라텍스 폴리머의 전이 온도로 Tg가 높은 경우 도공지의 stiffness에서 우수한 결과를 보였으나, 접착강도, 인쇄광택이 저하되는 결과를 보였다.
2. 라텍스의 입자경은 폴리머의 입자 크기로 구상의 형상을 가지고 있어 입자 크기가 작을 수록 높은 전단응력에서 우수한 유동 흐름성을 나타내었으며, 건조과정을 거치면서 안료들 사이에 많이 충전되어 접착강도, 인쇄광택이 향상되는 결과를 얻었다
3. 라텍스의 물리적 특성 중에서 Gel함량은 폴리머의 가교밀도로 Gel함량이 낮은 경우 고온에서의 열적인 변형이 쉽고, 수분의 투기성이 우수하여 도공지의 투기도, 내브리스터성에서 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 도공, 건조 후 안료들 사이에 용착된 라텍스 폴리머는 응집력과 강도(強度)의 저하로 인하여 도공층의 접착력이 저하되는 결과를 보였다.