

건조 온도 및 경화시간이 도공지 품질에 미치는 영향

박동국*¹⁾²⁾, 최희연¹⁾, 김영하¹⁾, 이용규²⁾

1) 금호석유화학(주), 2) 강원대학교 재지공학과

1. 서론

도공지 제조에 있어서 건조 조건과 도공지 제조 후 경화시간은 도공층의 구조변화에 중요한 역할을 한다. 이러한 도공층의 구조 변화는 도공지의 광학적인 품질과 인쇄품질에 다양한 영향을 미치고 있는 것으로 알려져 왔다.

일반적으로 종이 도공용으로 사용되는 라텍스는 탄성과 유연한 필름 성막특성을 부여할 필요가 있는 그라비아용의 낮은 Tg(이하 low Tg)의 라텍스와 뻣뻣한 필름 성막특성을 부여할 필요가 있는 경량지 또는 강도(stiffness)보강용으로 높은 Tg(이하 high Tg)의 라텍스가 일부 적용하여 사용되고 있으나, 아트지와 판지 도공용으로는 거의 대부분이 $-10^{\circ}\text{C} \sim +20^{\circ}\text{C}$ 범위의 Tg를 가진 라텍스가 널리 사용되고 있다. 라텍스의 Tg가 너무 낮으면 도공층 표면이 점착성을 나타내어 고온의 소프트 칼렌더 및 고속 칼렌더에서는 Tg와 gel함량이 높은 라텍스를 적용하는 것이 바람직하다. 그러나 라텍스의 Tg가 높으면 도공지의 stiffness는 향상되나, 접착강도가 떨어진다. 이를 해결하기 위하여 입자를 구조화시켜 접착강도를 유지하면서 각각의 요구 특성에 접근할 수 있도록 라텍스를 설계하고 있다.

본 연구에서는 도공액에서 접착제의 용도로 사용되고 있는 라텍스의 주요 물성 중에 하나인 Tg값과 이들 제조 조건과의 상관성을 관찰하고자 Tg값이 각각 다른 2종류의 라텍스를 사용하여 건조온도의 변화 및 도공, 건조 후 상온에서 방치, 시간경과에 따라 도공층 형성과정에서 도공지의 품질에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

2.1.1 도공용 원지

본 실험에서 사용된 도공원지는 국내 A사에서 제조한 평량 $68\text{g}/\text{m}^2$ 의 원지를 사용하였으며, 원지의 물리적 성질은 Table 1과 같다.

Table 1. Physical properties of base paper

Properties	Value
Grammage(g/m ²)	68.0
Whiteness(%)	83.0
Paper gloss(%)	10.5
Smoothness(sec)	20.0

2.1.2 도공 안료

도공안료는 1급 클레이(α -gloss, ECC)와 중질 탄산칼슘(SETACARB, Omya)를 각각 전체 100 중량부를 기준으로 50/50의 비율로 혼합하여 사용하였다.

2.1.3 도공용 바인더

바인더는 음이온계의 SBR 라텍스와 CMC(Finnfix-5)를 기본배합으로 설계하였으며 라텍스는 Tg가 높은 것과 낮은 것의 2 종류를 실험실에서 직접 합성하여 사용하였다. 라텍스의 제조방법은 유화중합방식으로 스틸렌과 브타디엔을 주 모노머로해서 합성하였으며, 전체의 모노머 중에서 초기에 25phm를 합성하고, 연속해서 75phm의 모노머를 연속 투입하는 방법으로 Tg가 각각 다른 2종의 라텍스를 합성하여 사용하였다. 라텍스의 합성조건 및 특징은 Table 2, 3에 나타내었다.

Table 2. Polymerization method of SBR latex for paper coating

	Set value
Morphology	Homogeneous
Monomer charge(phm)	
Initial/Increment	25/75
Reaction temperature(°C)	
Initial	55
Increment	from 60 to 80
Reaction time(min)	
Initial	60
Increment	± 500

Table 3. Physical properties of SBR latex synthesized in laboratory

Properties	Latices	Low Tg(A)	High Tg(B)
Solid content(%)		50	50
pH		8.0	8.0
Surface tension(dyne/cm)		55	54
Viscosity(cps)		200	250
Tg(°C)		-8°C	+22°C
Mean particle size(Å)		1600	1500

2.2 실험 방법

2.2.1 도공액의 제조

실험용 안료 분산기에 물과 분산제, 10% NaOH수용액을 넣고, 2~3분간 교반시킨 후 클레이와 탄산칼슘을 순차적으로 투입하고 내수화제, 윤활제와 같은 첨가제, 그리고 10%의 CMC용액과 라텍스를 넣고 충분히 교반하여 도공액을 제조하였으며, 그 배합처방과 도공액의 물성은 Table 4, 5와 같다.

Table 4. Coating color formulation

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

Table 5. Properties of coating color

Color properties	Low Tg(A)	High Tg(B)
TSC(%)	65	65
pH	9.1	9.0
Viscosity	1800	1700
Water retention(g/m ²)	68	72
Hercules Viscosity (×10 ⁴ dyn.cm)		
T-Max.	380	368
Thixo.	120	108

2.2.2 도공 및 건조

건조 온도 변화에 따른 실험에서는 바코팅 후 열풍건조기를 사용하였으며, 경화실험에서는 35°블레이드가 장착된 파이롯트 코터인 CLC-6000(Cylindrical Laboratory Coater, Wayerhouser)을 이용하여 도공을 실시하였다.

건조는 CLC에 부착된 전기식 적외선 건조기(36 Quarts lamps)를 사용하였다.

2.2.3 칼렌더링

칼렌더는 steel/cotton 롤로 구성된 슈퍼칼렌더를 사용하여 선압 60 Kg/cm, 표면온도 50℃에서 2회 통과시켜 표면처리를 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 건조 온도가 도공지의 품질에 미치는 영향

3.1.1 접착강도

도공 후 건조과정에서 건조온도의 상승은 라텍스 입자의 필름성막이 쉽고, 안료의 피복율이 증가되어 접착강도는 높아지는 경향을 나타낸다. 그러나 Tg가 높은 라텍스 처방은 Tg가 낮은 라텍스 처방과는 달리 저온 건조영역에서 접착강도가 현저히 저하된다는 것을 알 수 있다. 특히 Tg가 높은 라텍스의 Tg값 +22℃보다 낮은 온도인 상온(20℃)조건에서는 라텍스의 필름 성막이 거의 진행되지 않았다는 것을 알 수 있었다.¹⁾

Fig. 1은 건조온도와 라텍스의 Tg값에 의한 라텍스의 필름성막상태를 확인하기 위하여 RI-II(AKIRA, Japan)인쇄기로 인쇄한 시편을 나타낸 것으로 상온 건조조건에서 왼쪽의 Tg가 낮은 라텍스(Tg : -8℃)의 처방은 필름 성막이 진행된 반면에 Tg가 높은 라텍스(Tg : +22℃)의 처방은 필름 성막이 진행되지 않아 접착 기능을 거의 발휘하지 못하고 있는 상태를 보여주고 있다.

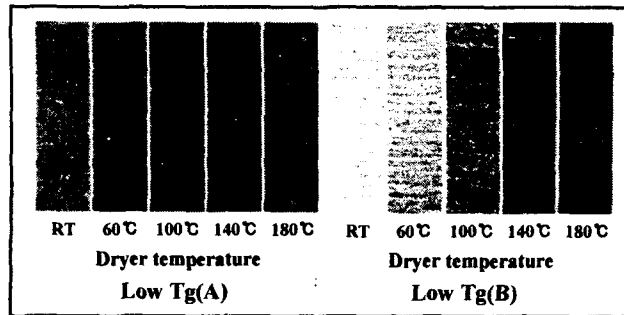


Fig. 1 Effect of dryer temperature on pick strength of coated paper

3.1.2 평활도

도공지 제조에 있어서 도공 후 건조공정은 도공층의 형성에 지배적인 영향을 미치게 된다. 건조공정에서는 빠른 부동화에 의해 도공액의 이동(migration)을 최소화하는 것이 매우 중요하다. 도공액의 물성 중에서 도공액의 이동에 영향을 미치는 물성은 보수성이지만 도공액의 조성성분의 특성에 의해서도 많은 영향을 미치게 된다. 도공액의 조성 중에서 바인더인 라텍스는 구형의 입자형상을 가지고 있어 건조온도가 증가하면 수분 증발과 함께 바인더의 이동이 쉽게 일어날 수 있다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 Tg가 높은 라텍스 처방은 상온 및 저온건조영역(100°C이하)에서 평활도가 Tg가 낮은 라텍스 처방보다 양호하게 나타나고 있는데, 이는 도공 후 라텍스의 필름 성막이 Tg가 낮은 라텍스의 처방에 비해 Tg가 높은 라텍스는 필름 성막이 충분히 진행되지 않기 때문인 것으로 해석할 수 있다.²⁾ 그러나 고온 건조 영역(100°C이상)에서 건조될 경우 역으로 Tg가 높은 라텍스 처방에서 평활도가 저하된다. 이는 도공층 표면으로의 더 많은 바인더 이동에 의해 불균일한 도공층이 형성되기 때문인 것으로 판단된다.

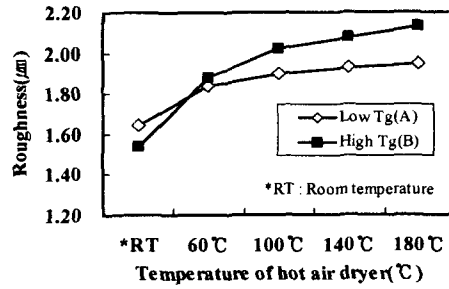


Fig. 2 Effect of dryer temperature on roughness of coated paper

3.1.3 백지광택

Fig. 3은 건조온도와 백지광택과의 관계를 나타낸 것으로 평활도의 특성과 비슷한 경향을 나타내고 있다. 즉, 건조온도의 상승에 의해 도공층 표면으로 바인더의 불균일한 이동과 라텍스 필름 성막성의 증가로 백지광택이 저하되는 것으로 생각된다.

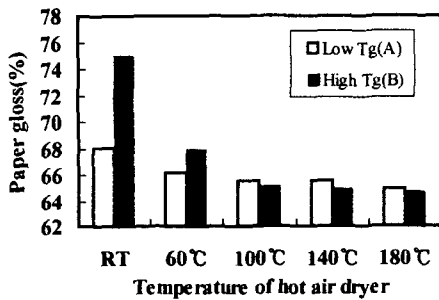


Fig. 3 Effect of dryer temperature on paper gloss of coated paper

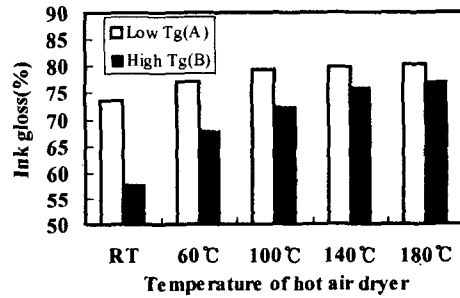


Fig. 4 Effect of dryer temperature on ink gloss of coated paper

3.1.4 인쇄광택

Fig. 4에 나타낸 바와 같이 인쇄후 광택도는 도공층에 형성되는 라텍스의 필름성막성에 의해 영향을 받고 있다는 것을 알 수 있다.³⁾ 일반적으로 건조온도의 상승은 도공층의 필름성막층의 증가로 안료들 사이의 공극을 감소시키고, 표면으로 바인더의 이동을 촉진시켜 도공층 표면 방향으로 바인더의 밀도를 증가시키게 된다. 이러한 영향에 의해 인쇄잉크의 침투가 지연 및 억제되어 인쇄광택이 향상되는 것으로 생각된다.

3.1.4 잉크 흡수성 및 뒷묻음

앞서 서술한 바와 같이 도공 후 건조온도의 증가는 도공층 표면방향으로 바인더의 밀도를 증가시켜 잉크의 흡수성과 잉크 셋오프(set-off)성을 저하시키는 것으로 나타내었다.(Fig. 5, Fig. 6). 특히, Tg가 높은 라텍스를 처방한 경우 고온 건조영역에서는 잉크의 흡수성, 잉크 셋오프성의 저하 폭이 크게 나타난다. 이러한 현상은 저온영역에서 라텍스의 필름성막이 거의 진행되지 않지만 고온 건조영역으로 온도의 상승이 진행되면서 도공층 표면쪽으로 바인더의 이동이 촉진되기 때문인 것으로 생각된다.

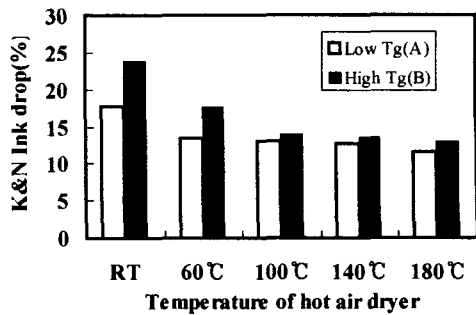


Fig. 5 Effect of dryer temperature on K&N ink drop of coated paper

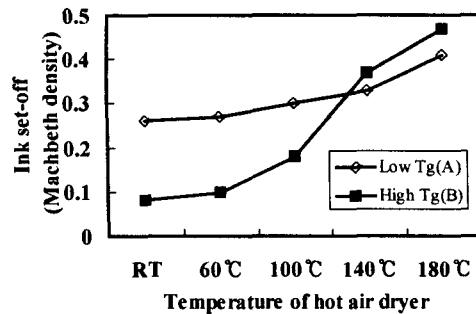


Fig. 6 Effect of dryer temperature on ink set-off of coated paper

3.2 도공 후 경화시간이 도공지 품질에 미치는 영향

3.2.1 접착강도

라텍스는 도공하여 건조하기 전까지는 폴리머 입자의 형상을 그대로 유지하고 있으나, 건조과정에서 입자끼리 융착되어 접착기능을 발휘하게 된다. Fig. 7은 RI-II 인쇄기로 인쇄한 wet-pick시편으로 건조가 완료된 후에도 경화시간에 따라 접착강도에 영향을 미치고 있다는 것을 보여주고 있다. 특히, 라텍스의 Tg가 높은 것이 낮은 것보다 경화시간에 의한 영향을 더 많이 받는다는 것을 알 수 있다.

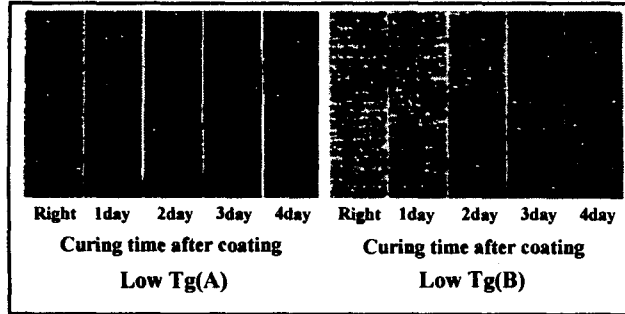


Fig. 7 Effect of curing time on wet-pick strength of coated paper

3.2.2 인쇄광택과 중복인쇄성

Fig. 8, 9는 도공 후 일정기간 동안 경화가 진행됨에 따라 인쇄광택이 향상되고, 잉크 트래핑성이 저하되는 것을 보여주고 있다. 이러한 현상은 도공 후 일정기간 동안 도공 층의 경화가 진행되어 안료들 사이에 융착되었던 라텍스 필름성막층의 재배열이 일어났기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

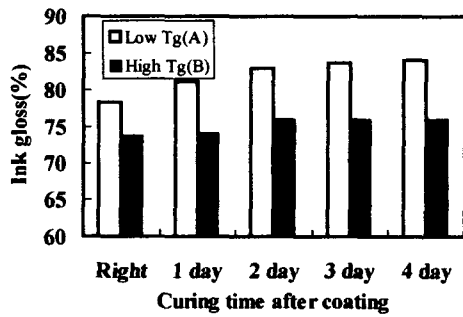


Fig. 8 Effect of curing time on ink gloss of coated paper

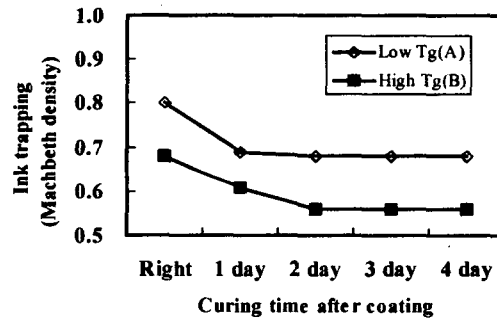


Fig. 9 Effect of curing time K&N ink drop of coated paper

4. 결 론

본 연구는 라텍스의 주요 물성 중에 하나인 라텍스의 Tg값이 건조온도 및 경화시간에 의해 도공지의 품질에 미치는 영향에 대하여 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 건조온도의 상승은 수분 증발과 함께 도공액의 이동으로 불균일한 도공층을 형성, 도공지의 평활도와 백지광택을 저하시키는 것으로 나타내었다.
2. 건조 온도가 상승될수록 라텍스의 필름성막성과 도공층의 바인더 밀도를 증가시켜 접착강도와 인쇄광택을 향상시키는 결과를 나타내었으며, 반면에 잉크의 흡수성을 저하시키는 경향을 나타내었다.
3. 도공 후 경화시간의 증가는 도공층에 형성되어 있는 라텍스 필름성막층의 재배열에 의해 접착강도, 인쇄광택이 향상되고, 잉크트래핑성이 저하되는 결과를 나타내었다.
4. 라텍스의 Tg값이 높으면 건조온도 및 경화시간에 의해 접착강도, 인쇄광택, 잉크의 흡수성과 같은 도공지의 품질에 더 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

인 용 문 헌

- 1) Souich MUROI., Coating Structure of Coated Paper, COATING TIMES, No. 171, p.1(1986)
- 2) R. E. HENDERSHOT and R.T.KLUN., Fundamentals of Emulsion Polymer Technology, 1990 Coating Binder Course, TAPPI Press. Atlanta, p.81
- 3) A.R. PROCTER and J.F. HOOVER., Styrene-Butadiene Latex in Paper and Paperboard Coating Application, 1990 Coating Binder Short Course, TAPPI Press, Atlanta, p.93