

도공지 노화에 관한 연구(I)

– 도공지 강제열화 시 라텍스가 도공지의 광학적 특성에 미치는 영향 –

김선경 · 조병욱 · 이용규[†]

(2011년 1월 31일 접수: 2011년 2월 28일 채택)

Studies on the Aging Behavior of Coated Paper(I)

–Effect of latex on optical properties of coated paper during dry heat aging–

Sun-Kyung Kim, Byoung-Uk Cho and Yong-Kyu Lee[†]

(Received January 31, 2011: Accepted February 28, 2011)

ABSTRACT

This study was carried out in order to elucidate the effect of latex dosage and properties on aging behavior of coated paper. The coated paper with five different coating formulations were prepared and also four different latices were used. The coated paper were thermally aged at 105 °C for 14 days and the optical properties were measured. Increasing latex content increased the magnitude of reduction in brightness and whiteness. In addition, the variations in CIE a^*b^* were larger with increasing latex dosage. Latex which has the lower gel content and the higher Tg showed the higher reduction in brightness and whiteness and much variation in CIE La^*b^* . However the particle size of latex didn't affect to thermal behavior of coated paper. These results indicate that latex which has higher Tg and lower gel content is the one of the main factors affecting aging behavior of coated paper.

Keywords : thermal aging, aging, latex dosage, latex properties, yellowing, Tg, gel content

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

[†] 주저자(Corresponding author): e-mail: yklee@kangwon.ac.kr

1. 서론

소비자들은 고품질의 종이를 원하는 경향을 보이고 있다. 좁은 의미의 고품질은 현재의 상태를 의미하지만 넓은 의미에서는 일정기간 후의 상태 즉, 상태의 지속성까지 포함한다. 이러한 소비자들의 경향에 의하여 종이의 현재 상태뿐만 아니라 일정기간 후의 상태도 중요한 척도로 생각되어진다.¹⁾

최근 인쇄 기록물에서의 도공지 사용량은 점차적으로 증가하고 있다.²⁾ 도공지는 다공성의 원지위에 주성분인 안료와 바인더 그리고 부성분인 기타 첨가제들로 구성된 도공액을 도포한 종이이다. 그 중 바인더는 천연 및 합성 고분자 물질로서 안료와 안료 및 안료와 원지의 접착 역할을 하고 있다. 도공용 바인더 중 SB(styrene-butadiene)계열의 라텍스는 광택 및 접착력이 우수한 반면에 변색성이 상대적으로 낮다고 알려져 있다. 이러한 변색성을 가진 바인더를 사용함에 따라 주위 환경에 의해서 상태의 변화가 일어날 수 있다는 것이다.³⁾ 도공용 바인더 중 내변색성을 가진 다른 계열의 라텍스가 존재하며, 노화방지를 위한 여러 가지 처리들이 존재하고 있다.^{4~6)} 하지만 가격적인 측면과 작업성 및 인쇄성 때문에 전 세계 제지업계 대부분은 SB 계열의 라텍스를 사용하고 있는 실정이다. 이에 따라 SB계열의 라텍스로 제작되어진 도공지의 내변색성에 대한 자세한 연구가 필요하게 되었다.

이에 본 연구는 제지업계에서 일반적으로 널리 사용되는 SB계열의 라텍스 물성 및 첨가량 조건을 가지고 도공지를 제작하여 강제 열화 시킨 후 라텍스 첨가량 및 물성이 도공지의 광학적 특성에 미치는 영향에 대하여 연구하였다.

2. 재료 및 방법

2. 1. 공시재료

2. 1. 1. 도공원지 및 안료

본 연구에 사용된 도공원지는 H사의 백상지를 사용하였다. 도공용 안료는 GCC(Setacarb-K) 및 Clay(α -gloss)를 사용하였으며 그 물성은 Table 1에 나타내었다.

2. 1. 2. 바인더 및 기타첨가제

도공용 바인더는 L사에서 분양받은 4종의 SB계열 라텍스를 사용하였고, 그 물성은 Table 2와 같다. L1과 L2 비교 시 입자경에 의한 변화를 확인할 수 있으며 L1과 L4 비교 시 Tg에 따른 변화, L3와 L4 비교 시 gel content에 의한 변화를 확인할 수 있다. 기타 첨가제로는 분산제, 윤했제, 내수화제, 증점제를 사용하였다.

2. 2. 실험방법

2. 2. 1. 도공액의 제조

도공액의 고형분 농도를 65%로 제조하였다. 라텍스 첨가량의 영향을 실험하고자 L1 라텍스로 Table 3과 같이 제조하였으며, 라텍스 물성의 영향을 조사하고자 Table 2의 4가지 종류의 라텍스를 활용하여 Table 4의 배합비로 도공액을 제조하였다.

2. 2. 2. 도공지 제작

도공지는 실험실용 반자동 코터(K-control coater, RK print Coat Instrument Ltb, U.K)를 사용하여 제작

Table 1. Properties of pigments

	GCC	Clay
Type	slurry	powder
Average particle size(μ m)	1.1	3.8
Viscosity(cPs)	280	-
Solid content(%)	74.96	99.9

Table 2. Properties of latices

	Tg(°C)	Gel content(%)	Particle size(Å)	pH
L1	-7~3	70~80	1050~1250	7.5~8.5
L2	-7~3	78~88	750~950	7.5~8.5
L3	18~28	45~55	1150~1350	7.5~8.5
L4	17~27	75~85	1100~1300	6.5~7.5

Table 3. Formulations of coating color (Latex dosage) (unit:pph)

	A	B	C	D	
GCC		70			
Clay		30			
Binder	8	12	16	20	
NaOH		0.12			
Dispersant		0.02			
Lubricant		0.10			
Insolubilizer		0.50			
Thickener		0.30			

Table 4. Formulation of coating color (Latex properties)

	Formulation
GCC	70
Clay	30
Binder	10
NaOH	0.12
Dispersant	0.02
Lubricant	0.1
Insolubilizer	0.5
Thickener	0.3

하였으며 도공량을 편면 18±2 g/m²으로 조정하였다. 도공 후, 105℃의 열풍 건조기(YJ-8600D, Yujin Electronics, KOREA)에서 30초간 건조하였다. 제조된 도공지는 조습처리(23±1℃, 50±1%)를 한 후 슈퍼캘린더(Supercalender, Beloit Corporation, U.S.A.)를 사용하여 온도 70℃, 압력 400 psi에서 1회 통과시켰다.

2. 2. 3. 도공지 열화

제조되어진 도공지는 105±5℃로 조절된 열풍건조기에서 총 14일 동안 열화 시켰다.

2. 2. 4. 도공지 물성 측정

열화기간 14일 동안 2일 간격으로 도공지 물성을 측정하였다. 측정 물성으로는 백색도, 백감도 및 색상(CIE La^{*}b^{*}) 값을 측정하였다(Elrepho 3300, Datacolor, International, U.S.A.). 백색도 및 백감도는 초기 값을 100으로 환산하여 그 변화량을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3. 1. 라텍스 첨가량이 도공지의 광학적 성질에 미치는 영향

3. 1. 1. 백색도, 백감도

Fig. 1은 열화기간 동안 라텍스 첨가량에 따른 백색도 값을 Fig. 2는 백색도의 변화량을 보여주고 있다. 원지가 도공지보다 높은 백색도 값을 보여주고 있는데 이는 원지에 첨가되어진 형광증백제의 영향이라고 사료되어진다. 열화가 진행됨에 따라 도공지의 백색도는 감소하였다. 열화기간 동안에 라텍스 첨가량이 증가함에 따라 백색도 값이 낮아지는 것을 확인할 수 있었으며 또한 백색도의 변화량도 커짐을 확인할 수 있었다.

Fig. 3은 열화기간 동안 라텍스 첨가량에 따른 백감도 값을 Fig. 4는 백감도의 변화량을 나타내고 있다. 열화에 따라 도공지의 백감도는 급격하게 감소된다는 것

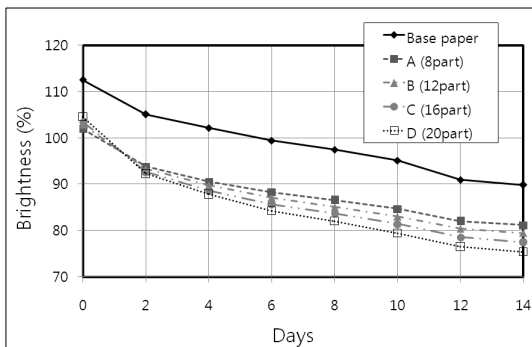


Fig. 1. Effect of dry heat aging on brightness at various latex dosage.

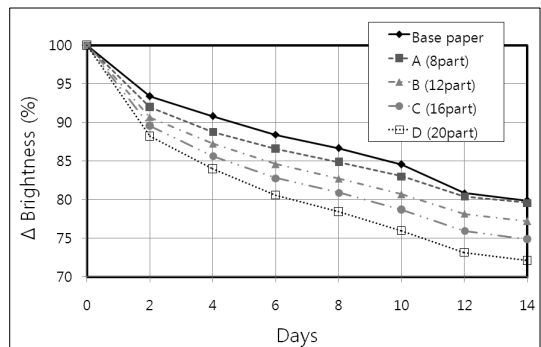


Fig. 2. Effect of dry heat aging on Δ brightness at various latex dosage.

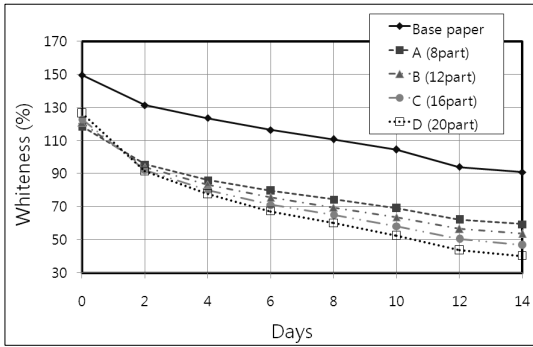


Fig. 3. Effect of dry heat aging on whiteness at various latex dosage.

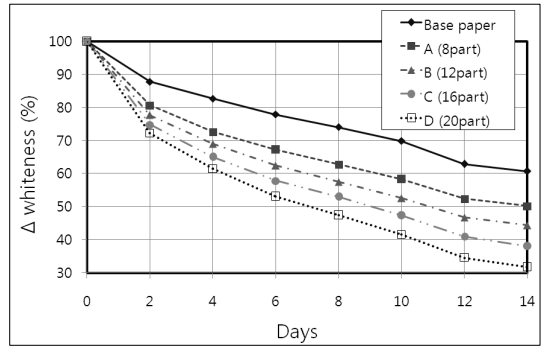


Fig. 4. Effect of dry heat aging on Δ whiteness at various latex dosage.

을 확인할 수 있었다. 그 경향은 백색도와 같이 라텍스 첨가량이 증가할수록 열화에 따라 백감도 값은 감소하며 백감도의 변화량은 증가한다는 것을 확인하였다.

3. 1. 2. 색상(CIE La*b*)

Fig. 5는 열화기간 동안 라텍스 첨가량에 따른 명도(L)값을 나타내고 있다. 백색도와 백감도와는 달리 큰 변화를 확인하지 못하였다. 하지만 열화에 따라 조금 감소하였으며 라텍스 첨가량이 증가할수록 낮은 L값을 가진다는 것을 확인하였다.

Fig. 6은 열화기간 동안 라텍스 첨가량에 따른 a* (green-red) 및 b* (blue-yellow) 값을 나타내고 있다. 라텍스 첨가량이 많아질수록 낮은 a* 값을 가지며 높은 b* 값을 가진다는 것을 확인하였다. 특히 b* 값은 열화에 따른 도공지의 황변화(yellowing) 현상과 관련되어 있는데 라텍스 첨가량이 증가할수록 b* 값이 증가되는 것

을 확인할 수 있었다. 이는 라텍스가 열화에 따른 도공지의 황변화 현상에 영향을 미치는 요인 중 하나라고 사료되어진다. 또한 a* 값은 초기에 감소하다 일정기간 후부터 다시 증가하였다. 이는 도공지 및 도공원지(백상지)에서도 같은 경향을 나타내었다.

3. 2. 라텍스의 Tg, 입자경 및 Gel content가 도공지의 광학적 성질에 미치는 영향

3. 2. 1. 백색도, 백감도

Fig. 7은 열화기간 동안 라텍스 물성에 따른 백색도의 값, Fig. 8은 백색도의 변화량을 나타내고 있다. gel content가 낮은(L3, L4 비교 시) L3가 높은 백색도 값을 가지며 변화량이 작음을 확인할 수 있었다. 또한 L4와

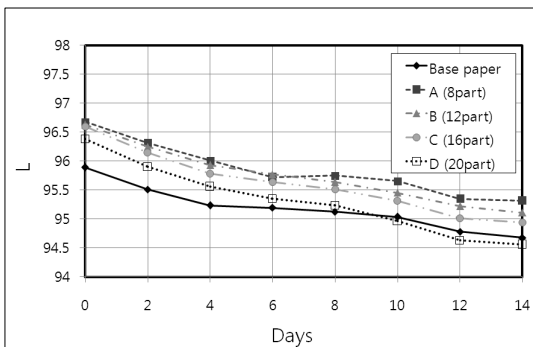


Fig. 5. Effect of dry heat aging on L value at various latex dosage.

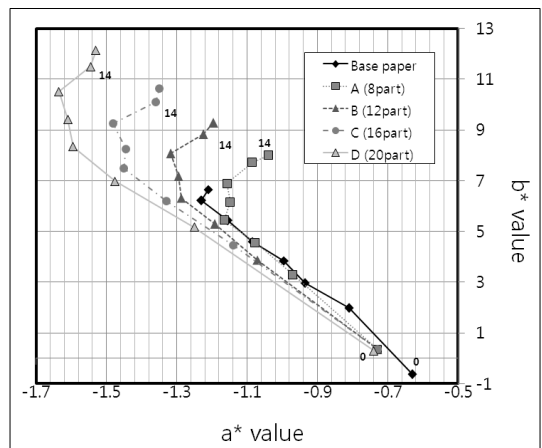


Fig. 6. Effect of dry heat aging on a* and b* value at various latex dosage.

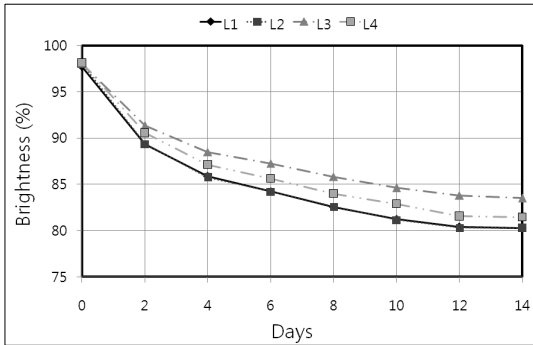


Fig. 7. Effect of dry heat aging on brightness at various latex properties.

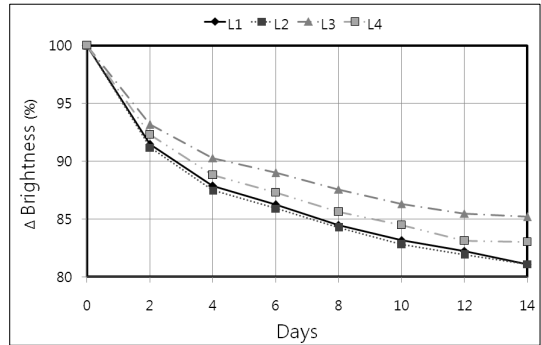


Fig. 8. Effect of dry heat aging on Δ brightness at various latex properties.

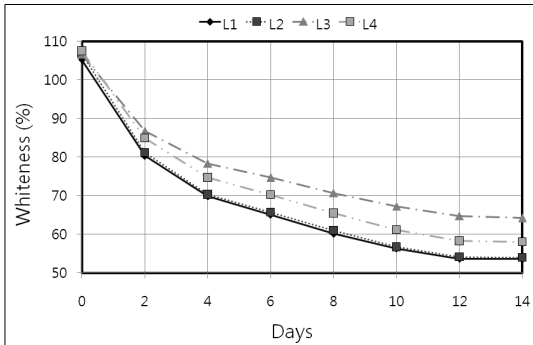


Fig. 9. Effect of dry heat aging on whiteness at various latex properties.

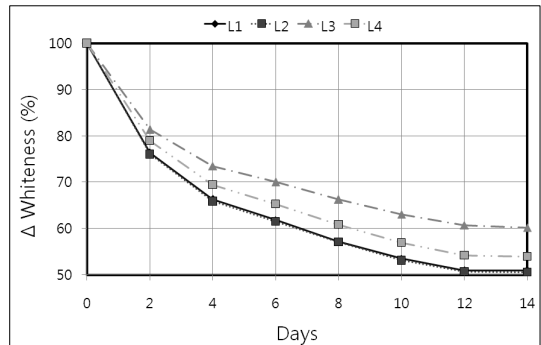


Fig. 10. Effect of dry heat aging on Δ whiteness at various latex properties.

L1 비교 시 Tg 값이 클수록 높은 백색도 값을 가지며 변화량이 작음을 확인할 수 있었다. 하지만 L1과 L2를 비교하였을 때 라텍스의 입자경에 의한 차이는 확인할 수 없었다.

Fig. 9는 열화기간 동안 라텍스물성에 따른 백감도 값을, Fig. 10은 그 변화량을 나타내고 있다. 백감도는 대체적으로 백색도와 같은 경향을 보여주었다. Tg가 높을수록 또한 gel content가 낮을수록 높은 백감도 값을 가지며 변화량이 작음을 알 수 있었으며 입자경은 크게 영향을 미치지 않는 것을 확인하였다.

3. 2. 2. 색상(CIE La*b*)

Fig. 11은 열화기간에 따른 명도(L) 값을 보여주고 있다. Get content가 낮은 L3는 다른 종류의 라텍스보다 높은 L값을 가지는 것을 확인할 수 있었다. Tg가 낮을수록 L값의 변화가 큰 것을 확인하였지만 그 차이는

미비하였다. 입자경은 L값의 변화에 영향을 크게 미치지 못한 것으로 사료되어진다.

Fig. 12는 열화기간 동안의 라텍스 물성에 따른 a* (green-red) 및 b* (blue-yellow) 값을 보여주고 있다.

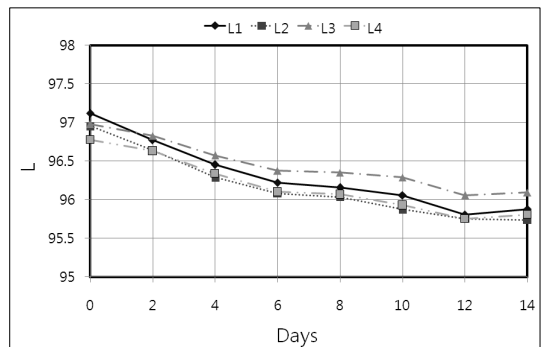


Fig. 11. Effect of dry heat aging on L value at various latex properties.

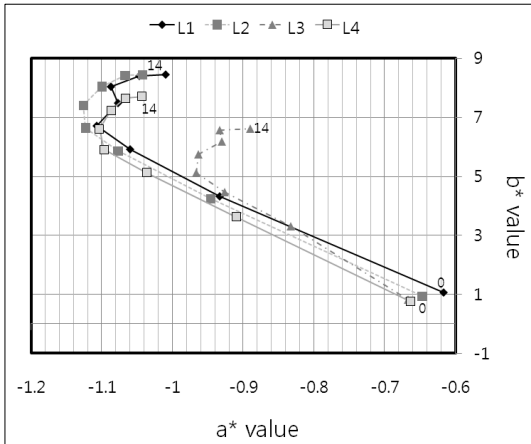


Fig. 12. Effect of dry heat aging on a^* and b^* value at various latex properties.

라텍스 물성 중 Tg와 gel content는 열화에 따른 도공지의 황변화에 미치는 주요한 인자라고 사료되어진다. 그 결과 라텍스 물성 중 Tg가 높으며 gel content가 낮은 L3가 황변화 현상이 가장 적음을 알 수 있었으며 열화에 대한 안정성이 가장 높은 것으로 생각되어진다.

4. 결론

본 연구에서는 라텍스의 첨가량과 물성이 열화 시 도공지의 광학적 특성에 미치는 영향을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 라텍스 첨가량이 증가할수록 열화기간에 따른 백색도 및 백감도의 값이 감소되며 변화량은 증가한다는 것을 확인할 수 있었다.
2. 라텍스 첨가량이 증가할수록 CIE L 및 b^* 값이 감소하였다. 특히 a^* 값은 열화기간에 따라 감소하다가 증가하는 경향을 나타내었다.
3. Gel content가 낮고 Tg가 높을수록 도공지의 열화에 따른 백색도 및 백감도의 값이 증가되며 변화량은 감소한다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 입자경에 의한 백색도 및 백감도의 큰 변화는 확인할 수 없었다.
4. Gel content가 낮고 Tg가 높을수록 b^* 값이 감소한

다는 것을 확인하였다. 또한 Tg가 증가함에 따라 b^* 값 및 변화량이 감소한다는 것을 확인하였다.

연구 결과에 따르면 라텍스 첨가량은 열화에 따른 광학적 특성의 값 및 변화량에도 영향을 미쳐 도공지의 열화에 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 또한 라텍스 물성에서 gel content 및 Tg 값은 열화에 따른 도공지의 황변화(yellowing)에 영향을 미치는 요인 중 하나인 것을 확인하였다.

본 연구로부터 도공지의 주성분인 라텍스가 열화에 따른 도공지의 황변화에 미치는 영향을 알 수 있었으나 그 기작 및 반응에 대한 자세한 연구가 필요하다는 것을 확인하였다. 그리하면 현재 품질 및 일정시간 후의 품질이 우수한 고품질의 도공지를 생산할 수 있을 것이라 사료되어진다.

인용문헌

1. Joseph J. Fay, Chris F., Antioxidant, UV Stabilizers & other Functional Polymer Additives for Hot melt Application, PLACE Conference & GLOBAL HOT MELT Symposium, 2003
2. 이용규, “도공개론 및 도공지 시장의 최근동향”, Journal of Korea TAPPI Vol.34. No.3, 2002
3. V. Mailly, J. F. Le Nest, J. M. Serra Tosio, and J. Silvy, Yellowing of coated papers under the action of heat, daylight radiation and nitrogen oxide gas, TAPPI JOURNAL, Vol. 80(5), May 1997
4. Theodore A. Del Donno, New acrylic chemistries -Formaldehyde free binders and high temperature non-yellowing binder, Nonwovens Conference, 1993
5. V. Mailly, J. F. Nest, J. M. Serra Tosio and J. Silvy, Yellowing of coated papers under the action of heat, daylight, radiation and nitrogen oxide gas, TAPPI Journal Vol. 80 No. 5, 1997
6. Tamal Ghosh, David Cogswell, Allan Cunningham and David Raue, Inhibition of brightness reversion in coated groundwood sheets: Effect of coated weight, application method and coating ingredients, TAPPI Coating conference, 2002