

시온안료에 의한 기능성 도공층 설계

신동준*, 김선경, 이용규

강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과

1. 서 론

도공지는 안료와 바인더를 주성분으로 하는 도공액을 원지 위에 도포한 종이로 도공의 주목적은 종이의 백색도 및 광택 등의 외관적성 향상으로 인한 미적 상품가치 증가와 인쇄효과의 향상에 있다. 이러한 인쇄나 포장을 목적으로 하는 도공지 이외에 감압기록지나 감열기록지 등과 같은 기능성 도공지도 있다.¹⁾

도공지의 수요는 세계 인구와 경제 성장률의 상승으로 인하여 함께 점차 증가하고 있는 추세이다. 또한 근래에는 종이자체의 특징보다 종이 스스로에게 기능성을 부여해주는 특수지의 수요가 증가하고 있다. 게다가 기능성 특수지에 대한 기술이 점차 발전하고 있으며 그 기술들은 기업과 국가 간의 경쟁력으로 대두되어지고 있다.

이러한 기능지를 생산하는 공정은 초지공정과 도공공정으로 나눌 수 있다. 초지공정의 경우 지필을 형성하는 과정이 통제되지 않고 무작위로 지층이 형성되기 때문에 균일한 기능성을 부여하기 어렵다. 도공공정의 경우 초지공정보다 많은 기술들을 접목시킬 수 있다는 장점이 있기 때문에 대부분의 기능지는 도공공정에서 제조 되는 추세이다.

이러한 기능성 도공지는 산업용지와 생활용지 등에 적용되어지고 있으며 특히, 유가증권, 은행권용지 등과 같은 보안이 필요한 용지는 원지 자체를 바꿈으로서 위조 및 변조방지 기술을 높여 보안성을 향상시킬 수 있다는 것이다.²⁾

따라서 본 연구는 온도에 의해 색상이 결정되는 시온안료를 소량 적용하여 온도에 반응하는 기능성 도공지를 제조하는데 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공원지, 안료

본 연구에 사용된 도공원지는 H사의 원지를 분양받아 사용하였다. 물성은 Table 1과 같으며, 도공용 안료의 물성은 Table 2에 나타내었다.

Table 1. Properties of base paper

	Base weight(g/m^2)	Thickness(μm)
Base paper	75	100

Table 2. Properties of pigments

pigment	Clay	GCC 95	Cotalc-1250
Type	powder	slurry	powder
pH	7.0	9.5	10.3
Viscosity(cPs)	-	197	-
Solid content(%)	99.9	75.1	99.9
Brightness(%)	87.5	91.3	83.10
Company	E사	O사	K사

2.1.2 바인더와 기타 첨가제

바인더는 라텍스(Lutex 701, LG-chemical, KOREA)를 사용하였고, 그 물성은 Table 3과 같다. 분산제(Dispersant), 윤활제(Lubricant), 내수화제(Insolubilizer), 증점제(Thickener)를 기타 첨가제로 사용하였다.

Table 3. Properties of Latex

Solid content (%)	Particle Size (\AA)	Viscosity (cPs)	Tg ($^{\circ}C$)	Gel content (%)
50.0	1100	300	3	80

2.1.3 시온안료

특정한 온도($31^{\circ}C$)에서 색상이 가역 반응하는 시온안료를 사용하였다. 시온안료의

물성은 Table 4에 나타내었고 그 형상은 Fig. 1과 같다.

Table 4. Properties of ThermoChromic Pigment

Temperature color change (°C)	31-33
material of capsule wall	urea-formaldehyde
diameter (μm)	1-5
shape	rounded
color change	blue to white

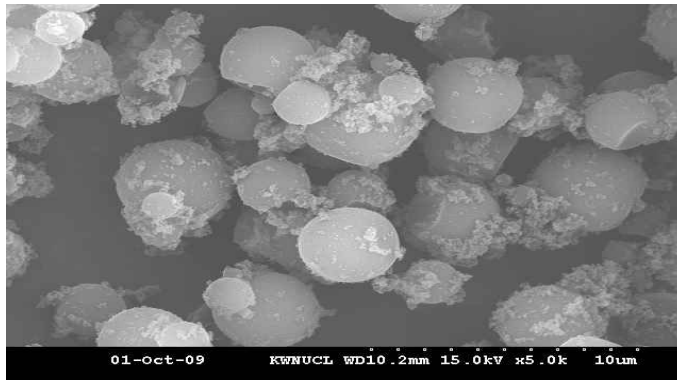


Fig. 1. SEM image of ThermoChromic Pigment.

2.2 실험방법

2.2.1 도공액의 제조

도공액은 Table 5와 같이 배합하여 제조하였다. 물에 NaOH를 넣어 pH를 조절한 후에 분산제와 안료 및 특수안료를 첨가하여 슬러리 형태로 약 15분간 교반 후 각각의 첨가제를 유동제, 바인더, 윤활제, 내수화제 순으로 첨가하여 도공액을 제조하였다.

Table 5. Formulations of coating color

	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2
GCC95	100		-		-		70		70	
Clay		-	100		-		30		-	
Talc		-		-	100		-		30	
Binder	10									
NaOH	0.12									
Dispersant	0.02									
Lubricant	0.5									
Insolubilizer	0.3									
Thickener	0.1									
Thermochromic pigment	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
Solid content(%)	65		60		50		60		60	

2.2.2 도공액의 물성 측정

도공액의 점도는 저점단 점도계(DV-II Viscometer, Brookfield, U.S.A)를 사용하여 측정(60rpm에서 No. 4 spindle) 하였고, pH는 pH측정기 (PB-11, Sartorius Korea. Ltd)를 사용하였으며, 보수도는 보수성 측정기(Water retention meter, AA-GWR, Kaltec scientific inc, U.S.A)를 사용하여 30초 동안 탈수한 양으로 평가하였다.

2.2.3 도공지 제조

실험용 반자동 코터 (K-control coater, RK print Coat Instrument Ltb, U.K)를 사용하여 원지에 도공량 $22 \pm 1 \text{ g/m}^2$ 로 편면 도포한 후, 105°C의 열풍 건조기 (YJ-8600D, Yujin Electronics, KOREA)에서 30초간 건조하였다. 슈퍼 캘린더(Supercalender, Beloit Corporation, U.S.A.)를 사용하여 온도 70°C, 압력 300 psi에서 도공면이 Cotton filled roll쪽으로 향하게 하고 2회 통과하여 도공지를 제조하였다.

2.2.4 도공지의 물성측정

도공지 물성은 거칠음도(PPS, L&W, Sweden), 백지광택(Gloss meter, Model T480A, Technidyne corp, U.S.A.), Brightness, L*a*b*, (Elrepho 3300, Datacolor, International, U.S.A.)를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 도공액 물성 평가

Fig. 2는 시온안료를 소량 첨가한 것과 첨가하지 않은 도공액의 물성을 측정한 결과를 보여준다. 안료의 종류에 따라 각각의 도공액 물성은 변화하였지만, 시온안료의 첨가는 도공액 물성에 영향을 주지 않음을 확인했다.

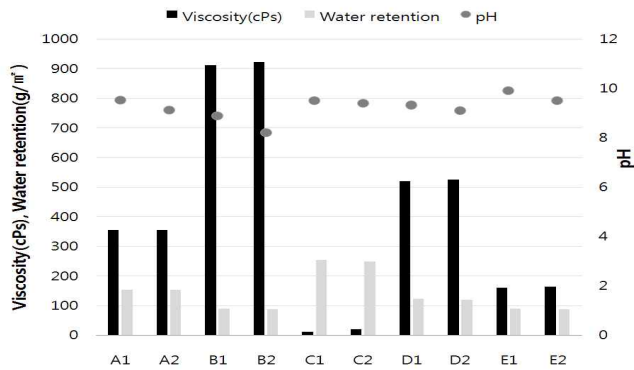


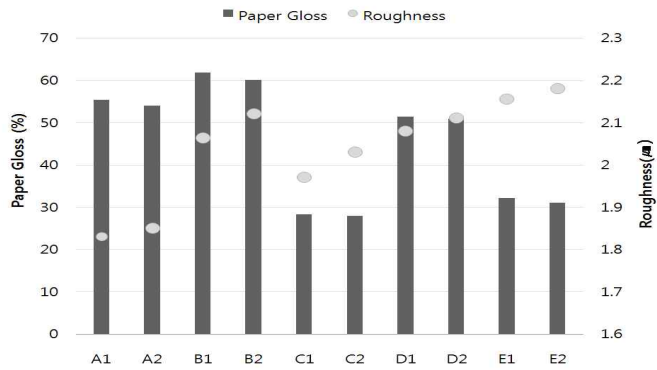
Fig. 2. Viscosity, water retention and pH.

3.2 도공지의 물성 평가

3.2.1 백지광택, 거칠음도

안료의 종류에 관계없이 소량 첨가되어진 시온안료는 도공지의 백지광택과 거칠음도에 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다(Fig. 3). 백지광택의 경우 캘린더링 적성이 우수한 클레이가 높은 값을 나타내는 것을 확인 할 수 있었고, 탈크를 사용한 C와 E의 경우 낮은 백지광택을 나타내었다. 이는 Lee등이 도공용 안료로 탈크를 연구한 결과, 탈크를 적용하였을 때 도공지 자체의 광택도는 떨어진다는 결과와 일치한다.³⁾ 거칠음도의 경우 안료의 입자가 작은 중질탄산칼슘이 낮은 값을 나타내었고, 입자의 큰

탈크의 경우는 무른 성질로 인하여 캘린더링 적성이 우수하기 때문에 낮은 결과를 보였다.



3. Paper gloss and roughness.

3.2.2 색상, 백색도

시온안료를 소량 첨가한 도공지 경우 푸른색계통(-b*)의 색상을 나타냈으며 안료의 종류에 따라 미세한 차이를 보였다. 그 중에서도 클레이를 적용한 도공지 B와 D의 b* 값이 다른 안료를 적용한 도공지보다 높았다. 이는 클레이 자체 색상에서 b* 값이 높기 때문이라고 사료된다(Fig. 4). 또한 안료를 혼합한 D와 E가 혼합하지 않은 경우보다 b*값이 낮게 측정되었다. 클레이를 적용한 B, D의 백색도 값은 다른 안료를 적용한 도공지보다 낮은 경향을 보였으며 소량의 시온안료의 첨가는 백색도에 영향을 주지 않음을 확인했다.

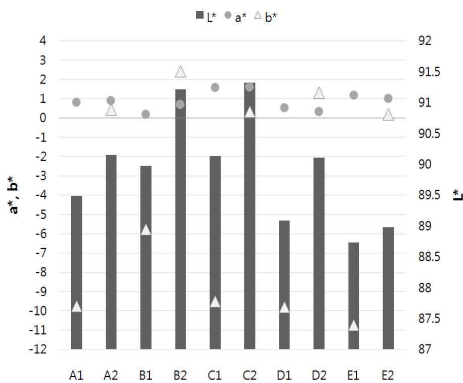


Fig. 4. CIE L* a* b*.

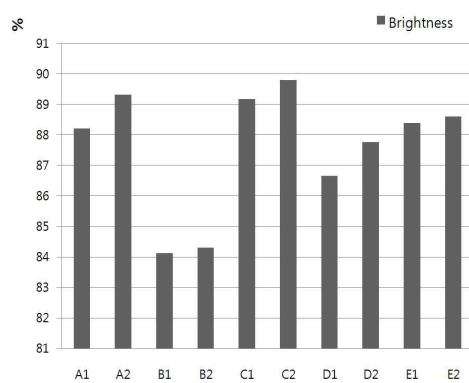


Fig. 5. Brightness.

3.2.4 색변화 측정

Fig. 6은 31℃ 이하에서 관찰한 도공지의 표면 사진이고 Fig. 7은 31℃ 이상 조건에서 도공지의 표면 사진이다. 31℃이하에서는 푸른색을 나타내었고 31℃ 이상에서는 흰색을 나타내었다. 이 현상들은 가역반응 한다는 것을 온도변화를 통해 확인할 수 있었다.



Fig. 6. 일정온도(31℃)이하 조건에서의 사진.(blue)

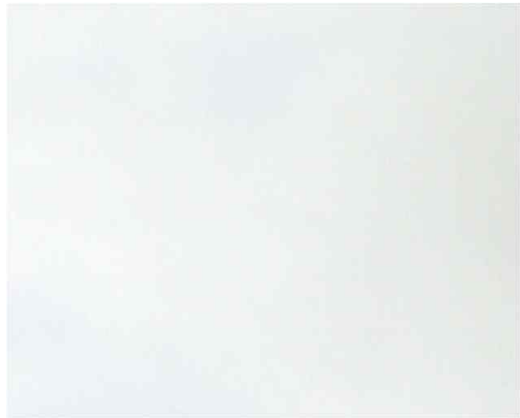


Fig. 7. 일정온도(31℃)이상 조건에서의 사진.(white)

4. 결 론

본 연구는 시온안료를 소량 적용하여 온도에 반응하는 기능성 도공지를 제조하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 도공액과 도공지의 물성은 안료의 종류에 따라 변화하였지만, 소량 첨가된 시온안료는 도공액과 도공지에 영향을 미치지 않는 것으로 평가되었다.
2. 시온안료를 첨가하면 도공지의 *b 값은 -(푸른색)쪽으로 이동하였다.
3. 제작되어진 기능성 도공지는 안료의 종류와 상관없이 모두 제조 가능하고 일정한 온도(31℃)에서 가역 반응하여 두 가지 색상으로 변화하는 것으로 관찰되었다.

본 연구에서 제작한 기능성 도공지의 경우 새로운 장치나 설비의 추가 없이 도공액의

조성만을 변화시키기 때문에 경제적인 방법으로 기능성을 갖춘 도공지 생산이 가능하다. 이러한 기능성 도공지는 산업용지와 생활용지 등에 적용되어질 수 있고 특히 일반인도 손쉽게 구별할 수 있는 보안 용지로 설계가 가능하다고 사료된다. 또한 기능성 도공지 위에 인쇄가 가능하기 때문에 추가적인 기술들이 접목될 수 있을 것이라 기대된다.

5. 참 고 문 헌

1. 이용규, “도공개론 및 도공지 시장의 최근동향”, Journal of Korea TAPPI Vol.34. No.3, 2002
2. CUIHUA DONG외 3명, “Effect of Papermaking Process on Chromatic Aberration of Reversible Thermochromatic Anti-counterfeiting Paper”, IKey Lab of Science and Technology of Eco-Textile, Jiangnan University
3. Chang Keun Kim, Young Kye Lee. “Development of talc for paper coating”, The 41st International Seminar on Pulping and Papermaking Technology, 2005
4. 2001 정승태, 이택형, 이광호, 시온도료가 도포된 골프 연습용 타겟에 관한 발명
5. Robert M Chrisite, Sara Robertson and Sarah Taylor, “Design Concepts for a Temperature-sensitive Environment Using Thermochromic Colour Change”, 2007
6. Tim Harrison, “The reality of university science”, PHYSIC EDUCATION, 2007
7. L. Johansson, “Chromatic Properties of Thermochromatic Ink”, University of Linköping
8. L. Johansson, “CREATION OF PRINTED DYNAMIC IMAGES”, Linköping Studies in Science and Technology, 2006
9. John C. Crano, T. Flood, D. Knowles, A Kumar, B. Van Gemert, “Photochromic compounds: Chemistry and application in ophthalmic lenses”, 1996
10. Charlotte Beard and Pro. Mark Weller, “Pigment of the future”, Creating a colourful life