

안료의 배합비가 더블 도공지의 물성 및 인쇄적성에 미치는 영향*

김창근·이용규†

Effects of Blending Ratio of Pigments on Properties and Printability of the Double Coated Paper

Chang-Keun Kim and Yong-Kyu Lee†

ABSTRACT

The main objective of this study was to investigate effects of pigment mixed with different ratio on the double coated paper. Mineral pigments such as clay and ground calcium carbonate(GCC) as well as hollow sphere plastic pigment were used to evaluate the physical, optical properties and printabilities of double coated paper. The physical properties such as gloss and smoothness, and the printability(ink gloss) of double coated paper were measured to evaluate the effects of the bottom layer on improving the properties of top layer.

The data indicated that the usage of hollow sphere plastic pigment for the bottom layer coating improved the surface properties of double coated paper, and that ink gloss was significantly influenced by the structure of bottom layer even when hollow sphere plastic pigment was used for the bottom layer coating.

Key words : Double coated paper, Clay, Ground calcium carbonate(GCC), Hollow sphere plastic pigment, Paper gloss, Ink gloss, Smoothness,

1. 서 론

고품질 도공지 생산을 위한 노력은 오래전부터 계속되어져 왔다. 특히 1980년대부터 유럽에서 시작한 더블도공에 대한 연구는 90년대 초반에 우리나라에서도 대형 고속 코터가 국내에 도입되면서 활발히 연구되기 시작하여 현재 국내 백상지 제조회사의 대부분이 품질의 고급화와 원가절감이라는 목적으로 지속적으로 연구가 진행되고 있다.

도공액의 80% 이상을 차지하는 안료의 선택은 매우 중요하다. 이십여년 전에는 클레이가 대표적인 안료로서 많이 사용되어져 왔으나, 도공작업성, 품질향상, 인쇄적성 및 원가절감의 목적으로 중질 탄산칼슘의 사용이 지속적으로 증가하고 있다. 국내의 풍부한 원료를 바탕으로 1992년부터 국내에서 양산하기 시작한 중질 탄산칼슘은 1996년 130천톤, 1997년 165천톤, 1998년 170천톤, 1999년 243천톤에 이어서 2000년에는 약 310천톤을 예상하는 등 급속하게 증가하고

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

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

Table. 1 Physical properties of base paper

Contents	Basic weight (g/m ²)	Opacity (%)	Brightness (%)	Smoothness (sec)
Value	75.0	86.6	94.4	9.0

있다. 아울러 품질도 매우 향상되어 초미립 입자의 안료도 생산되고 있다. 반면에 전량 미국과 브라질로부터 수입하고 있는 클레이는 1996년 158천톤, 1997년 177천톤, 1998년 134천톤 1999년 157천톤에 이어서 2000년에는 약 164천톤이 소비될 것으로 예상하고 있다. 즉 중질 탄산칼슘의 사용량이 지속적으로 증가하고 있는 반면에 클레이 소비량은 정체성을 보이고 있다. 특히 제지 생산량 증가에 비하면 클레이의 소비량은 상대적으로 감소한 것이라 할 수 있다.¹⁾

싱글 도공방식과 달리 전분으로 사이징 처리된 원지의 각각의 면에 2회 도공하는 더블도공 방식은 고품질을 선호하는 유럽에서 일반적으로 사용되는 도공방식이다. 특히 더블 도공지의 경우 싱글 도공지에 비하여 도공지의 광학적, 물리적 특성 뿐만아니라 전반적인 인쇄적성도 우수한 결과를 보이고 있다.^{2,3)}

따라서 본 연구에서는 1차, 2차 도공에 적용되는 안료의 배합비를 다양하게 변화시켜 도공을 한 후 도공지의 광학적, 물리적 특성 및 인쇄적성을 검토하였고, 특히 최근에 국내에서도 대량생산되고 있는 중공형 유기안료를 혼합하여 보다 뛰어난 더블 도공지의 생산 가능성을 알아보았다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공용 원지

본실험에 사용된 도공용 원지는 국내 H사에서 제조한 75 g/m²의 중성지를 사용하였으며 그 물성은 Table 1에 나타내었다.

2.1.2 도공안료

본실험에 사용된 도공용 안료는 일급 클레이(α -Gloss[®], ECC), 중질 탄산칼슘(hydrocarb-90[®], Omya), 중공형 유기안료(HP-1055[®], Rohm and Hass)를 사용하였다

2.1.3 바인더

도공용 바인더로는 SBR Latex(KSL-220[®], 금호석유화학(주))를 사용하였으며 그 특성을 Table 2에 나타내었다.

2.2 실험방법

2.2.1 도공액 제조

도공액을 조제하기 위하여 슬러리 상태의 중질 탄산칼슘 일정량을 고속 교반기로 교반시키면서 라텍스와 기타 첨가제로서 윤활제(Nopcote C-155[®]: 한국산노프코(주)), 내수화제(Insol-A[®]: 새한산업(주)), 증점제(JT-30[®]: 정원화학(주)) 등을 순차적으로 일정 시간간격을 두고서 첨가한 다음 완전한 분산이 이루어지도록 30분간 교반 시켰다. 제조한 도공액의 배합비는 Table 3, 4와 같다.

Table 2. Properties of binder for paper coating

Binder	pH	Solids content (%)	Particle size (μ m)	Tg (°C)
SBR Latex	7.5	50.1	0.14	11

Table 3. Coating color formulation-I

Coating color		Ratio of pigments				
Top coating (GCC*:Clay)		100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
Under coating	GCC:Clay	100 : 0				
		75 : 25				
	GCC:Clay:HSP*	98 : 0 : 2				
		73.5 : 24.5 : 2				

* GCC : Ground Calcium Carbonate, HSP: Hollow Sphere Plastic Pigment

Table 4. Coating color formulation-II

Coating color	Ratio of pigments	
Top coating (GCC:Clay:HSP)	98.0 : 0 : 2.0	
	73.5 : 24.5 : 2.0	
	49.0 : 49.0 : 2.0	
	24.5 : 73.5 : 2.0	
	0 : 98.0 : 2.0	
Under coating (GCC:Clay)	100 : 0	75 : 25

2.2.2 도공지 제조

준비된 도공액을 도공용 원지에 실험실용 반자동 코터인 K-coater를 이용하여 도공량 14 g/m²(under layer 7 g/m², top layer 7 g/m²)으로 맞추어 편면 도공지를 제조하였다. 이때 도공지의 건조는 열풍순환식 건조기로 105 °C에서 30초간 건조하였다. 제조된 도공지를 실험실용 슈퍼캘린더를 사용하여 선압 50 kg/cm, 온도 70°C에서 10 m/min의 속도로 4회 통과 시켜 물성 및 인쇄적성 측정용 시료로 사용하였다.

2.2.3 도공지의 광학적 및 물리적 특성 측정

도공지의 백지 및 인쇄광택 측정은 TAPPI Standard T480 om-92에 의하여 광택도 측정기를 사용하여 입사각 75°로 조사하여 반사되는 광량을 광택도로 하였다. 평활도는 Bekk식 평활도 측정기로 측정하였다. 제조된 도공지의 백색도

와 불투명도는 백색도 측정기(Elrepho 3300)을 이용하여 측정하였다. 마지막으로 인쇄광택은 RI-III를 사용하여 도공지를 인쇄한 후 인쇄후 광택도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 1차 도공의 안료배합이 미치는 영향

3.1.1 광택도 및 평활도

그림 1에서 보는 바와 같이 도공지의 광택도는 1차 도공의 안료 배합에 관계없이 2차 도공(top coating)의 클레이 함량이 증가함에 따라 광택도가 직선적으로 증가하는 경향을 보였다. 이는 1차 도공과 2차 도공에서 각각의 도공층의 도공량이 동일하였고, 2차 도공층이 1차 도공층에 전체적으로 피복되었기 때문에 나타난 결과이다. 따라

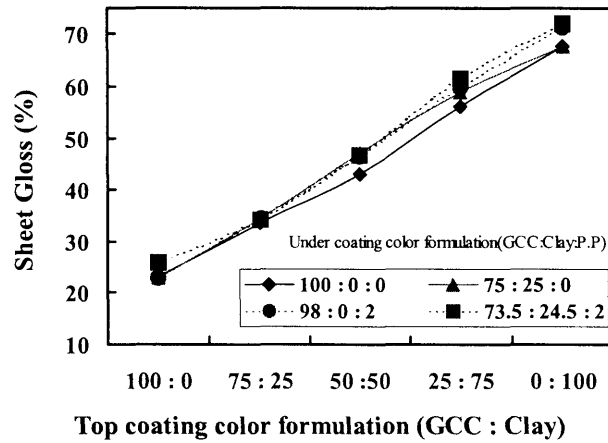


Fig. 1. The sheet gloss of coated paper depending on the conditions of top and under coating formulation.

서 원가절감을 위해서는 1차 도공층에 적용되는 도공안료를 가격이 비교적 저렴한 중질 탄산칼슘의 사용량을 증대시키는 것이 좋을 것으로 사료된다.

그리고 2차 도공에서 클레이의 함량이 증대함에 따라 도공지의 광택도가 증가하는 것은 클레이 자체의 형상이 판상으로 구형에 가까운 무정형의 형상을 가진 중질 탄산칼슘보다는 광택도가 매우 높기 때문이다.

그림 2에서 보는 바와 같이 도공지의 평활도는 1차 도공층에 100% 중질 탄산칼슘을 적용한 도공지가 클레이를 일부 혼합한 것보다 전반적으로 떨어지는 결과를 보였다. 이는 1차 도공에 단독으로 중질 탄산칼슘을 적용하게 되면 도공된 도공층의 공극구조가 개방형일 뿐만아니라 공극 자체가 클레이를 혼합한 것보다 크기 때문에 2차 도공시 도공액의 수분이 급속하게 1차 도공층으로 흡수되어 2차 도공액의 평편화(leveling)가

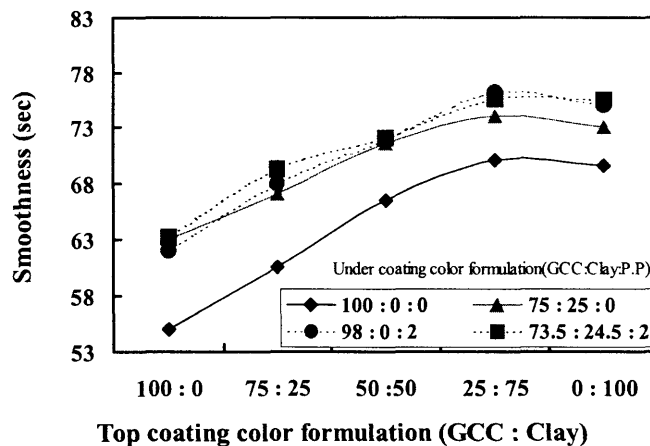


Fig. 2. The smoothness of coated paper depending on the conditions of top and under coating formulation.

미쳐 이루어지지 못하고 부동화가 되었기 때문이라 사료된다.³⁾

그리고 2차 도공에서 클레이 혼합비율이 증가할수록 평활도가 증가하는 경향을 보였으나 클레이의 함량이 75% 이상에서는 오히려 다소 떨어지는 경향을 보였다. 이는 판상인 클레이의 함량이 증가할수록 도공층을 구조화시킴으로서 도공지의 평활도는 증대시키나 구형인 중질 탄산칼슘이 소량 첨가함으로써 도공층을 벌키(bulky)하게 만들고 캘린더링 적성을 향상시켰기 때문이다.⁷⁾ 이 결과는 이전의 많은 연구들과도 같은 결과를 보였다.^{5~9)}

그리고 1차 도공에서 중공형 유기안료를 적용한 도공지가 2차도공의 안료배합에 관계없이 다소 우수한 것으로 나타났다. 이는 적용된 중공형 유기안료가 캘린더링 적성을 향상시켰기 때문이다.¹⁰⁾

3.1.2 인쇄후 광택도

그림 3에서 보는 바와 같이 인쇄후 광택도는 백지광택도 결과와 동일하게 2차 도공 안료 배합비에서 클레이의 함량이 증가할수록 인쇄후 광택도가 증가하는 경향을 보였다. 이는 일차적으로 백지광택도가 클레이 함량이 증가하면서 높았기 때문이다. 특히, 백지광택도와는 달리 1차 도공층

의 안료 배합비에 따라 인쇄후 광택도는 다소 차이를 보였다. 즉, 1차 도공층에 중공형 유기안료를 적용한 것이 적용치 않은 것보다 인쇄후 광택도가 다소 높은 경향을 보였으며 중질 탄산칼슘, 클레이 그리고 중공형 유기안료의 배합비를 73.5:24.5:2.0으로 한 배합비의 도공지가 가장 우수한 결과를 보였다.

그리고 1차 도공에서 클레이를 첨가한 것이 그렇지 않은 것보다 우수한 경향을 보였는데, 이는 클레이를 적용한 1차 도공층의 공극구조가 물병입구모양의 형태를 나타내고 있어 2차 도공액의 바인더 마이그레이션을 억제시켜, 바인더가 2차 도공층에 많이 잔류되어 잉크가 전이 될 때 잉크의 흡수를 억제시켜 인쇄후 광택도가 증가한 것이라 판단된다.⁸⁾

3.1.3 불투명도

그림 4에서 보는 바와 같이 도공지의 불투명도는 전반적으로 2차 도공층에 클레이의 함량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 이는 클레이 함량이 증가하면서 클레이 자체가 도공층 내부에서 세로 면과 모서리가 만나는 카드하우스 구조를 만들면서 도공층이 벌키해지고, 따라서 도공층 내부에 공기층이 많아지면서 빛의 광산란을 증가시켜 불투명도가 증가한 것이라 판단된다. 아울러

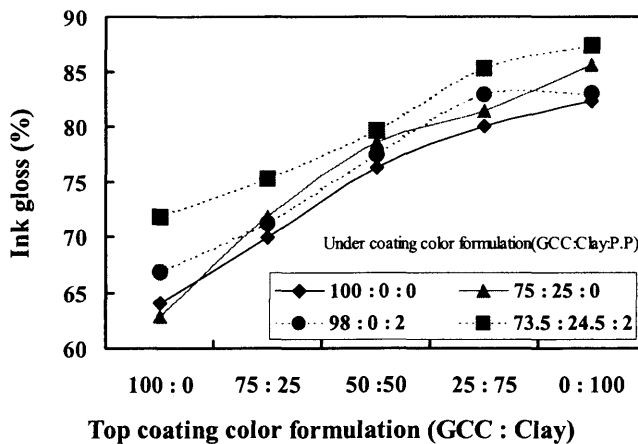


Fig. 3. The ink gloss of coated paper depending on the conditions of top and under coating formulation.

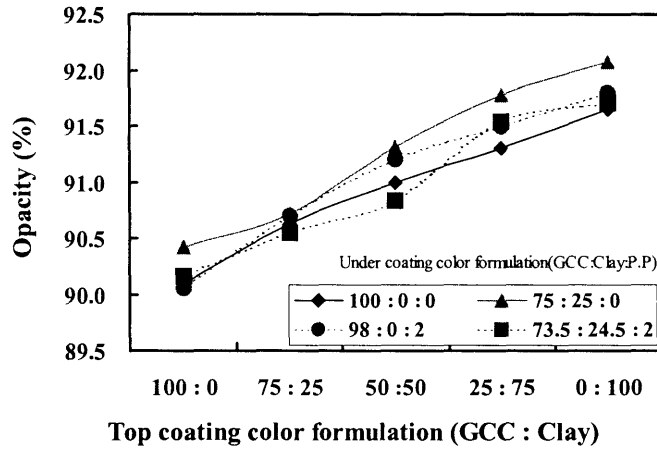


Fig. 4. The opacity of coated paper depending on the conditions of top and under coating formulation.

1차 도공층의 안료 배합비에서 클레이를 혼합한 것이 그렇지 않은 것보다 다소 높은 것으로 나타났다. 이는 위의 결과와 같이 클레이 자체의 카드 하우스 구조때문에 도공층이 벌키해지고 공기가 포함된 도공층이 형성되면서 빛의 광산란을 증가시켜 불투명도가 증가한 것이다. 그리고 중공형 유기안료를 1차 도공층에 투입한 결과 2차 도공층의 클레이, 중질 탄산칼슘의 배합비에 관계없이 우수한 결과를 보였다. 그리고 1차 도공층에 중질 탄산칼슘 단독에 중공형 유기안료를 2part 혼합

하면 불투명도의 상승효과가 있었으나 클레이를 약 25part 투입하였을 경우는 그 효과가 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 상대적으로 큰 중공형 유기안료가 중질 탄산칼슘과 클레이 사이에서 묻혀버렸기 때문이라 판단된다.¹³⁾

3.2 2차 도공의 안료배합이 미치는 영향

3.2.1 광택도 및 평활도

그림 5에서 보는 바와 같이 2차 도공의 안료배

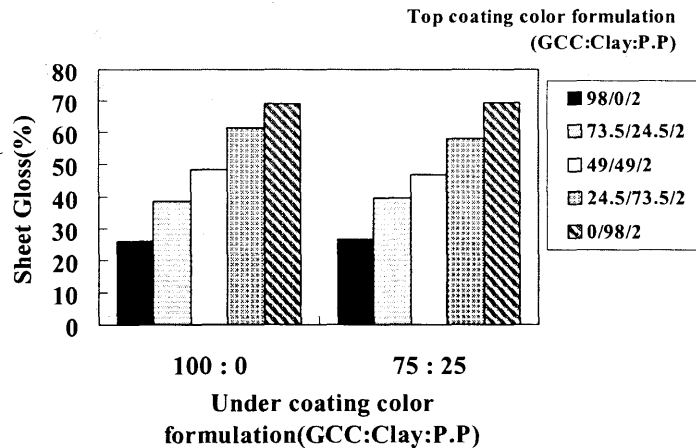


Fig. 5. The sheet gloss of coated paper depending on the conditions of top and under coating formulation.

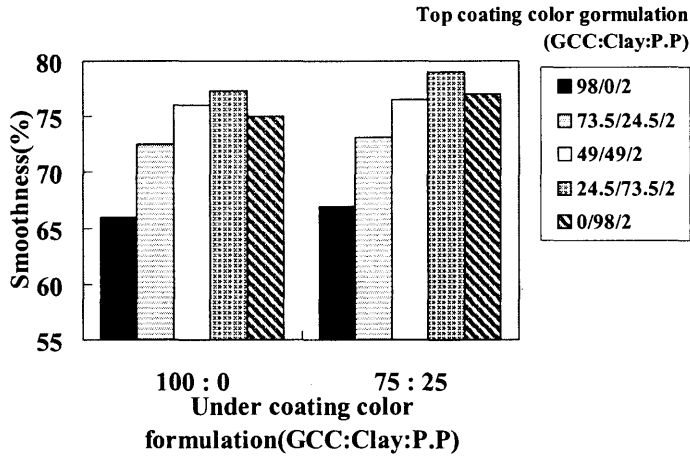


Fig. 6. The smoothness of coated paper depending on the conditions of top and under coating formulation.

합이 도공지의 광택도에 미치는 영향은 같은 종류의 안료를 1차 도공에 적용했을때보다 매우 큰 차이를 보이고 있다. 하지만 위의 3.1.1의 결과와 같이 1차 도공층의 안료배합이 도공지의 물성에는 거의 영향을 미치지 않았다.

2차 도공에서 클레이의 배합비가 증가할수록 광택도가 증가하는 경향을 보였고, 아울러 중공형 유기안료가 혼합되면 광택도가 증가하는 경향을 보였다. 그리고 2차 도공에서 클레이의 함량이 증가함에 따라 도공지의 광택도가 증가하는 것은 클레이의 형상이 판상으로 구형에 가까운 무정형의 형상을 가진 중질 탄산칼슘보다는 클레이 자체의 광택도가 매우 높았기 때문이다. 아울러 중공형 유기안료는 켈린더링 적성을 향상시키는 결과를 보였다.¹⁰⁾

그림 6에서 보는 바와 같이 도공지의 평활도는 클레이의 배합비가 증가할수록 향상되는 경향을 보였으나, 클레이 단독에 중공형 유기안료만을 첨가한 도공지의 평활도가 오히려 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 편평비가 높은 클레이 단독을 적용할 경우 중질 탄산칼슘이 혼합되었을 때 보다 켈린더링 적성이 떨어져 평활도가 오히려 감소하는 경향을 보였다. 이는 이전의 많은 연구와도 일치하는 것이다.

특히, 중질 탄산칼슘:클레이:중공형 유기안료의

배합비가 24.5:73.5:2.0일 때 가장 우수한 결과를 보였다.^{12,13)}

3.2.2 인쇄후 광택도

그림 7에서 보는 바와 같이 인쇄후 광택도도 백지광택도 결과와 동일하게 2차 도공 안료 배합비에서 클레이의 함량이 증가할수록 인쇄후 광택도가 증가하는 경향을 보였다. 하지만 1차 도공층의 안료혼합이 중질 탄산칼슘과 클레이의 비가 75:25이고 2차 도공의 안료배합에서 중질 탄산칼슘:클레이:중공형 유기안료의 배합비가 0:98:2일 때 백지광택도 결과와는 반대로 감소하는 결과를 보였다. 이는 상대적으로 백지광택도가 매우 높았기 때문이라 사료된다. 그리고 1차 도공층의 안료 배합비는 큰영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

그리고 1차 도공에서 클레이를 첨가한 것이 그렇지 않은 것보다 전반적으로 우수한 경향을 보였는데 이는 클레이를 적용한 1차 도공층의 공극 구조가 물병입구모양의 형태를 나타나고 있어 2차 도공액의 바인더 마이그레이션을 억제시켜, 바인더가 2차 도공층에 잔류되어 잉크의 흡수가 억제되었기 때문에 인쇄후 광택도가 높았기 때문이다.¹⁴⁾

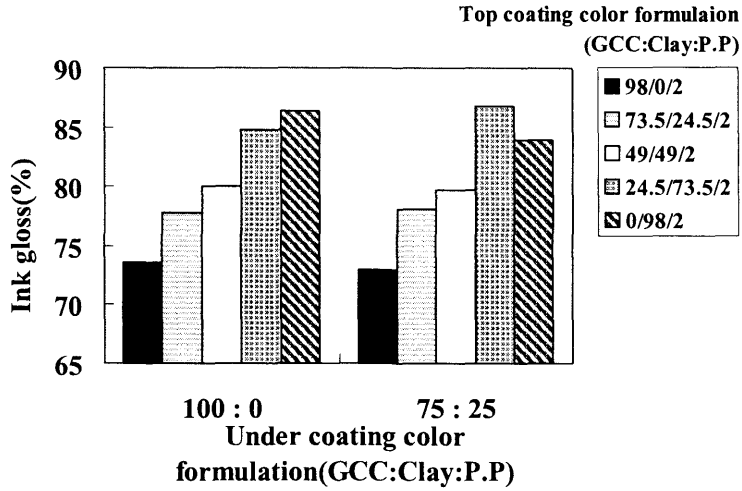


Fig. 7. The ink gloss of coated paper depending on the conditions of top and under coating formulation.

3.2.3 불투명도

그림 8에서 보는 바와 같이 도공지의 불투명도는 1차 도공층의 안료배합에서 중질 탄산칼슘을 단독으로 작용한 것이 클레이를 25part 혼합한 것보다 우수한 경향을 보이고 있다. 이는 1차 도공에서 중질 탄산칼슘의 입도가 큰 것을 적용함으로써 도공층의 공극이 많이 형성되어 불투명도

가 증가한 것으로 사료된다. 그리고 2차 도공층에 클레이의 함량이 증가할수록 불투명도가 증가하는 경향을 보였다. 이는 클레이 함량이 증가하면서 클레이 자체가 카드하우스 구조를 형성하면서 도공층이 벌키해지고 공기가 포함된 공극층이 많아지면서 빛의 광산란을 증가시켜 불투명도가 증가한 것이다.

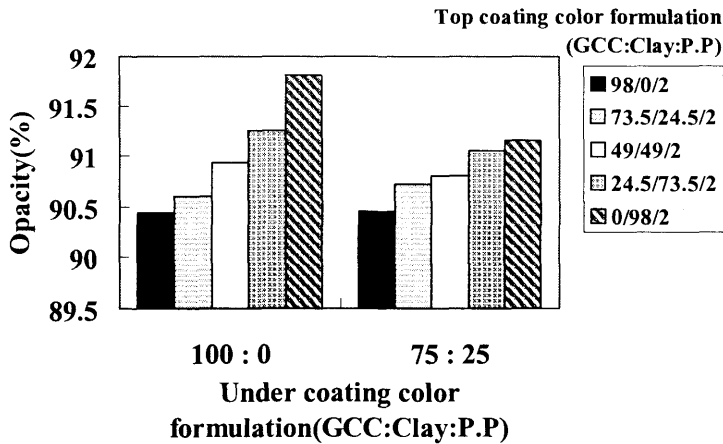


Fig. 8. The opacity of coated paper depending on the conditions of top and under coating formulation.

4. 결 론

본 연구에서는 최근에 고품질의 도공지를 생산하기 위한 방편으로 많은 연구가 이루어지고 있는 더블도공에서 1차, 2차 도공에 적용되는 안료의 배합비를 다양하게 변화시켜 도공을 한 후 도공지의 광학적, 물리적 특성 및 인쇄적성을 검토한 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 1차 도공에 적용되는 안료의 배합비보다는 2차 도공에 안료의 배합비가 주로 영향을 미쳤다. 따라서 1차 도공에 적용하는 안료는 가격이 저렴하고 국내에서 대량으로 생산되는 중질 탄산칼슘을 적용하고, 2차 도공에 도공지 품질을 극대화 시킬수 있는 안료를 적용하는 것이 적절하다.
2. 2차 도공에 적용한 안료중에서 클레이 함량이 증가할수록 도공지의 광택도, 불투명도, 인쇄후 광택도 그리고 평활도 등이 증가하는 경향을 보였다. 그러나 클레이를 100% 단독으로 적용할 경우 평활도는 다소 떨어지는 결과를 보였다.
3. 1차, 2차 도공에 관계없이 중공형 유기안료를 첨가한 도공지의 특성이 첨가하지 않은 것보다 광택도, 불투명도 그리고 인쇄후 광택도가 우수한 결과를 보였다.
4. 중공형 유기안료의 첨가위치에 따른 영향을 비교할 경우 광택도는 2차 도공층에 중공형 유기안료를 첨가한 경우 우수한 경우를 보였고, 불투명도 개선을 위해서는 1차 도공층에 중공형 유기안료가 첨가하는 것이 효과적인 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

1. Kim and Lee, Journal of KTAPPI Vol. 33. No. 3, 2001
2. R. Åkesson, Tappi coating conference 1992, p231
3. Bluvol and E. T. Swanson, Paper Technology (4):13(1993)
4. Kim and Lee, Journal of KTAPPI Vol. 33. No. 1, 2001
5. Lee, H. L., Korea TAPPI 26(4): 25 (1994).
6. J. N. Ishley, E. J. Osterhuber, 1990 Coating Conference. TAPPI PRESS, Atlanta p.237~250
7. Lepoutre, P., Degrace, PPI 11, 1978, p. 301.
8. Bundy, W. M., Harrison, J. L. and Ishley, J. N. 1983 Coating Conference. TAPPI PRESS, Atlanta p. 175~187.
9. Dessauer, G., Stark, H. 1988 Coating Conference. TAPPI PRESS, Atlanta p. 225~269.
10. Lee and Lee, Journal of KTAPPI Vol. 33. No. 2, 2001
11. Kim and Lee, Journal of Korea TAPPI Vol. 33. No. 2, 2001
12. Lee, Park and Jeong, Journal of KTAPPI, Vol.32 No.(86), 2000
13. Lee, and Jeong, Journal of KTAPPI, Vol.32 No.4(87), 2000
14. Kim and Lee, Journal of KTAPPI Vol. 31. No. 3, 1999