

블리스터링에 관한 연구(제1보)

– 안료의 배합비가 블리스터링에 미치는 영향 –

임원석 · 하영백 · 김창근*¹ · 이용규[†]
(2007년 2월 14일 접수: 2007년 5월 22일 채택)

Studies on the Blistering Resistance(I)

– The influence of pigment ratio on blistering resistance –

Won-Seok Lim, Young-Baek Ha, Chang-Keun Kim*¹, and Yong-Kyu Lee[†]
(Received February, 14, 2007: Accepted May 22, 2007)

ABSTRACT

Recently the use of web offset printing has been increasing, which can provide high print speed, mass production, and high print quality. However, high speed web offset printing has frequently undergone a blistering problem when the printed paper passes through hot air dryers. Blistering occurs in the middle of the base paper or in the coating layer. This paper focused on the blistering occurring in the base paper. In order to elucidate the effect of pigment ratio on blistering, 6 types of coating color were prepared with varying GCC/clay ratios and printability and blistering were investigated focusing on structure changes in the coating layer. When the clay content in the coating layer was increased, surface roughness and surface strength were decreased and paper gloss was increased. In addition, it was found that the coating layer structure with high clay content, which contains lots of discontinuous pores, hindered water vapors to penetrate out and, as a result, blistering occurred.

Keywords : *blistering resistance, blending ratio, ink set-off, paper gloss, ink gloss, dry pick, wet pick, roughness, coating layerpapermaking, AKD sizing, ageing*

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

*1 강원대학교 창강제지기술연구소(Changgang Institute of Paper Science and Technology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

† 주저자 (Corresponding Author): E-mail: yklee@kangwon.ac.kr

1. 서론

시대에 흐름에 따라 인쇄매체가 다양해지고 도공지에 대한 소비자의 요구가 높아지면서 이에 상응하는 종이물성, 인쇄적성 및 도공기술의 많은 개발과 연구가 진행되어져왔다. 종이 도공에서 가장 중요한 요소 중 하나인 도공액은 안료가 90% 가까이 차지하고 있어서 그 선택이 중요하다. 1990년 이전에는 클레이(clay)가 대표적인 안료로써 많이 사용되었으나 고속도공과 품질향상, 인쇄적성 및 원가절감의 목적으로 중질 탄산칼슘(GCC, Ground Calcium Carbonate)의 사용량이 지속적으로 증가하고 있다. 국내의 풍부한 원료를 바탕으로 1992년부터 국내에서 생산되기 시작한 중질 탄산칼슘은 1996년 130천 톤의 사용량에서 매년 증가하여 2000년에는 약 300천 톤, 2006년에 이르러서는 약 800천 톤(필러포함)으로 급속히 사용량이 증가되어 왔다. 아울러 품질도 매우 향상되어 초미립 입자의 안료도 생산되고 있다. 반면에 전량 미국과 브라질로부터 수입하고 있는 클레이는 1996년 158천 톤의 수입량을 보였는데, 2000년에도 약 160천 톤, 2006년에도 약 140천 톤을 수입하였다. 즉 중질 탄산칼슘의 사용량이 지속적으로 증가하고 있는 반면에 클레이 수입량은 소폭 감소하는 추세를 보이고 있다. 국내 종이 생산량 증가에 비하면 클레이의 소비량은 상대적으로 많이 감소한 것이라 할 수 있다.¹⁾

국내의 대다수 제지공장들도 도공액의 안료 중에서 중질 탄산칼슘의 비율을 65~80%까지 증가시키고 있다. 이는 스트리크나 스크래치 같은 불량을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 고농도 도공액의 적용이 가능하여 건조 효율 및 생산속도를 향상시킬 수 있기 때문이다. 그리고 클레이에 비하여 상대적으로 가격이 낮기 때문에 원가절감에도 많은 기여를 하고 있다. 이렇게 원가절감과 품질향상이 이루어진 종이를 생산하는 것은 최종적으로 좋은 인쇄적성을 가지게 하기 위함이다.²⁾

최근 인쇄 속도가 빠르고 대량 인쇄가 가능하고 쉬트 오프셋(sheet offset) 인쇄와 품질이 대등한 인쇄 화상을 얻을 수 있는 운전 오프셋(web offset) 인쇄의 비율이 상대적으로 크게 증가하고 있다. 그러나 고속의 운전 오프셋 인쇄는 고온의 건조 과정을 거치면서 블리스터링(blistering)이란 문제를 발생하게 된다.

블리스터링이란 운전 오프셋 인쇄 공정에서 용지가 고온에 노출되어 원지층 내부의 수분이 팽창하면서 도공층을 통과하지 못하여 종이 내부가 외견상 부풀어 오르는 현상을 말한다. 현재까지 연구결과에 의하면 블리스터링은 원지의 결합강도와 도공층의 물성에 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 블리스터링이 발생하면 파지로 인한 펄프의 손실, 건조에너지의 낭비, 원유기반 화학약품 같은 재화가 낭비된다. 무엇보다 대량 소비자인 인쇄업체측의 클레임은 같은 날 생산된 인쇄용지를 모두 수거해야 하는 손실을 주기 때문에 이것을 예방하기 위해 블리스터링의 중요성을 인식하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 도공층 구조 변화에 중점을 두고 중질 탄산칼슘과 클레이의 혼합비율을 달리하여 안료혼합비가 블리스터링에 미치는 영향을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 원지

본 연구에 사용된 원지는 국내 S사에서 분양받은 75 g/m² 제품을 사용하였다.

2.1.2 도공 안료

본 연구에서 사용한 도공안료는 국내에서 주로 사용하는 국외 O사의 도공용 중질 탄산칼슘을 사용하였으며, 클레이는 국외 E사 제품을 사용하였다. 각 안료들의

Table 1. Properties of pigments

Pigments	Solid content(%)	pH	Mean Size(μm)	Under 2μm(%)	Brightness(%)	Viscosity(cPs)
GCC - 95	75.09	9.53	0.42	90.2	91.70	267
No. 1 Clay	99.3	9.25*	-	91	88.80	350*

* pH & viscosity at 73% slurry.

Table 2. Properties of binder

Binder	Surface tension(dyne/cm)	Viscosity(cPs)	Tg(°C)	Gel contents(%)	Particle size(μm)	pH
Latex	47	75	0	42	0.12~0.14	8.0

특성은 Table 1에 나타내었다.

2.1.3. 바인더

본 연구에 사용한 바인더는 국내 L사의 SB(Styrene-Butadiene)계 라텍스를 사용하였으며, 그 특성을 Table 2에 나타내었다.

2.2 실험방법

2.2.1 도공액 조제

도공액을 조제하기 위하여 슬러리 상태의 중질 탄산칼슘을 교반시키면서 클레이, 라텍스, 윤활제, 내수화제, 증점제 등을 순차적으로 일정 시간간격을 두고 첨가한 다음 완전한 분산이 이루어지도록 30분간 교반시켰다. 도공액의 최종 고형분 농도는 65%로 맞추었으며 배합비는 Table 3과 같다.

2.2.2 도공액의 물성 측정

도공액의 점도는 Brook Field형 점도계로 측정하였다. 보수성은 보수성측정기(A Å-GWR)로 2 bar 압력에서 30초 동안 탈수된 양을 측정하였다.

2.2.3 도공지 제조

도공지의 제조는 실험실용 반자동 코터(K-control coater, RK print coat instruments Ltd.)로 편면도공량 $15 \pm 1 \text{ g/m}^2$ 이 되도록 코팅한 후 온도 105°C 에서 30초간 건조하여 양면도공지를 제조하였다. 또한 제조된 도공

지를 실험실용 슈퍼캘린더(Beloit 753, USA)로 표면온도를 선압 300 psi, 온도 70°C 에서 10 m/min의 속도로 2회 통과시켰다.

2.2.4 도공지의 물성 측정

도공지의 백지광택 측정은 TAPPI Standard T480 om-92에 의하여 광택도 측정기를 사용하여 입사각 75° 로 조사하여 반사되는 광량을 광택도로 하였다. 거칠음도는 거칠음도 측정기(PPS, L&W Parker Print Surf Roughness tester)를 사용하여 1 MPa의 압력으로 측정하였다. 투기도는 투기도 측정기(Gurley's Densometer)를 사용하여 투과시간을 측정하였다. 백색도는 백색도 측정기(Elrepho 3300)를 사용하여 측정하였다.

2.2.5 도공지의 인쇄적성 측정

도공지의 인쇄적성은 RI-II 인쇄시험기를 사용하여 Dry pick, Wet pick strength, Ink set-off, 인쇄 광택을 측정하였다.

2.2.4 도공지의 블리스터링 측정

종이 도공 후 Paper Test Method PKO-PTM 027-96에 의거하여, Fig. 1과 같이 오일배스(Oil bath)에 실리콘유(Silicon oil)를 넣고 $150^\circ\text{C} \sim 225^\circ\text{C}$ 범위에서 5°C 단계별로 $5 \times 5 \text{ cm}$ 시편을 3-4초간 담가 블리스터링 발생 여부를 육안으로 확인하였다.

Table 3. Formulation of coating color

	1	2	3	4	5	6
GCC	100	90	80	70	60	50
No.1 Clay	0	10	20	30	40	50
NaOH			0.05			
Dispersant			0.05			
Latex			10			
Lubricant			0.7			
Insolubilizer			0.5			
Thickener			0.2			

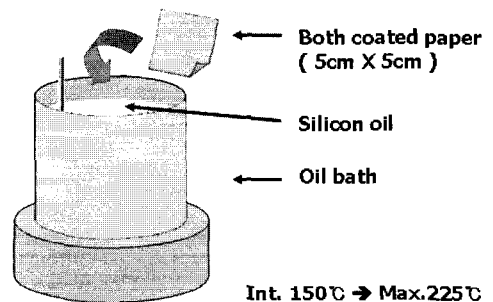


Fig. 1. Blistering test diagram.

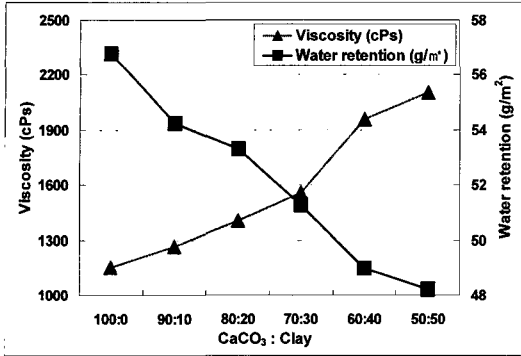


Fig. 2. Viscosity and water retention.

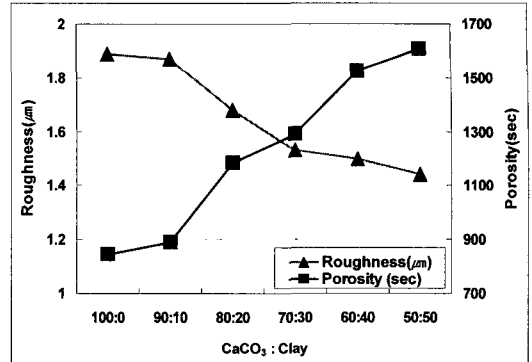


Fig. 3. Roughness and porosity.

3. 결과 및 고찰

3.1 도공액 특성

Fig. 2에서 보는 바와 같이 도공액 점도는 클레이의 함량이 늘어남에 따라 증가하는 경향을 보였고, 또한 보수성도 향상되는 결과를 보였다. 이는 클레이의 입자 형태가 육각판상이어서 중질 탄산칼슘보다 상대적으로 탈수 저항성이 크기 때문이라 판단된다. 이 결과는 Kim 등³⁾이 중질 탄산칼슘과 클레이의 적용비율을 조정한 연구에서 1급 클레이와 중질 탄산칼슘의 혼합비를 변화시켜 도공액의 보수성을 측정한 결과 안료의 혼합비율이 증가할수록 보수성이 떨어지는 경향을 보였으며, 클레이의 양이 증가하면서 구형에 가까운 탄산칼슘 사이에 판상의 클레이가 존재함으로써 다소 공극이 많은 도공층을 형성하여 탈수량이 증가하였다는 결과와 일치하였다.⁴⁾

3.2 도공지 물성

3.2.1 물리적 특성

Fig. 3은 중질 탄산칼슘과 클레이의 혼합비율에 따른 거칠음도와 투기도를 나타낸 것이다. 거칠음도는 클레이의 혼합비율이 증가함에 따라 개선되는 경향을 보였다. 이는 중질 탄산칼슘보다는 판상인 클레이가 도공층을 구조화시켜 도공지의 평활성을 증대시켰기 때문이다.⁵⁾

투기도는 클레이의 비율이 50 part일 때 가장 높은 결과를 보였다. 이는 클레이가 증가함에 따라 도공층의

공극형태가 비연속적인 형태로 형성되었기 때문이다. 클레이의 비율이 10 part일 때까지는 투기도 증가량이 적은데 반하여 클레이의 비율이 20 part일 때 급속하게 증가하는 경향을 보였다. 이것은 판상의 클레이 함량이 증가하면서 도공층 공극의 형태를 병목형(bottleneck)으로 변형시켰기 때문이라 생각된다.

3.2.2 광학적 특성

Fig.4에서 보는 바와 같이 클레이의 혼합비율이 증가함에 따라 도공지의 광택도는 증가하는 경향을 보였는데, 이는 클레이 자체의 뛰어난 광택 발현 특성 때문이다. 그리고 위 결과는 평활도 결과와도 일치하는 것이며, 이전의 많은 연구들도 동일한 결과를 보였다.⁶⁻⁷⁾

백색도는 중질 탄산칼슘과 클레이의 혼합비율이 100:0일 때 백색도가 가장 좋은 것으로 나타났다. 즉, 도공지의 백색도는 중질 탄산칼슘의 혼합비율이 증가함

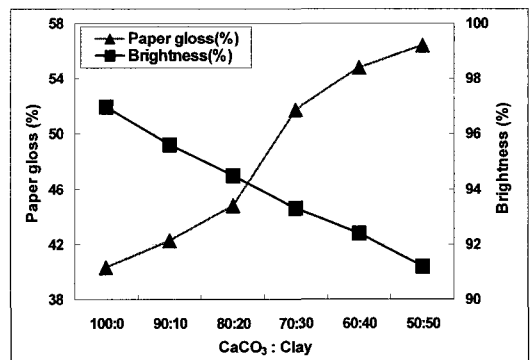


Fig. 4. Paper gloss and brightness.

에 따라 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 적용한 중질 탄산칼슘의 자체 백색도가 클레이보다 높은 결과 때문이다.

3.3 블리스터링

Fig. 5에서 보는 바와 같이 블리스터링은 클레이의 함량이 증가할수록 떨어지는 경향을 보였다. 이것은 도공층의 공극형상이 비연속적으로 생성되어 구조화되었고, 따라서 수분 투과 장애가 발생하여 블리스터링이 낮은 온도에서 발생한 것이라 판단된다. 인쇄된 샘플의 경우 블리스터링이 발생하는 온도가 인쇄되지 않은 샘플보다 더 낮은 온도에서 블리스터링이 일어났다. 이것은 잉크 입자가 도공층의 공극을 막아 표면 공극률을 저하시켜 수분의 이동을 막았기 때문이다.

3.4 인쇄적성

3.4.1 Dry & Wet pick strength

Fig.6는 중질 탄산칼슘과 클레이의 혼합비율에 따른 도공지의 표면강도 특성을 나타낸 것이다. 도공지의 Pick 강도는 중질 탄산칼슘 양이 증가할수록 우수한 결과를 보였다. 이것은 Dry pick과 Wet pick에 대한 강도가 강해진다는 것을 의미하는데, 이것은 본 연구에 사용된 클레이가 중질 탄산칼슘보다 미세하여 바인더 요구량이 많아졌기 때문이라 생각된다.

3.4.2 Ink set-off와 인쇄광택

도공지는 일반적으로 약 30%의 공극을 가지고 있다. 그리고 도공층에는 많은 공극 또는 모세관이 존재한다. 여기서 작은 공극이나 모세관이 많이 분포해 있

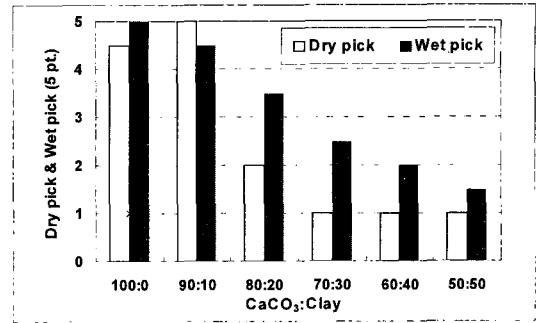


Fig. 6. Dry pick and wet pick.

을 경우, 잉크의 3대성분인 안료, 비히클, 기타 첨가제 중에서 점도가 가장 낮고 접촉각이 낮은 용제성분인 비히클이 모세관력에 의해서 선택적으로 침투하게 된다.⁸⁾ 즉 잉크 중 용제성분의 흡수속도가 빨라져 잉크 세트가 빨라지게 된다. 잉크의 표면이 공기와 접촉하면서 산화중합 반응에 의해 표면에 피막이 형성되는 것을 잉크가 세트되었다고 하며, 완전히 내부까지 고경화되는 현상을 건조(hardening) 되었다고 한다. 따라서 잉크가 세트되었다는 것은 뒷문음이나 인쇄물의 잉크가 묻어나지 않는 것이다. 한편 잉크의 택(tack)으로 잉크 세팅을 설명하게 되면 종이에 인쇄된 잉크가 최고 택에 달한 것으로 볼 수 있다.⁹⁾ 만약 도공층의 공극 크기가 적절치 못할 경우 잉크 성분 중 비히클 성분만이 선택적으로 종이에 침투되어 잉크중의 안료 성분만이 남게 되어 외부 마찰에 의해서 쉽게 인쇄부가 떨어져 나가는 초킹(chalking)이 발생하게 된다.¹⁰⁾

Fig. 7에서 보는 바와 같이 Ink set-off는 클레이의 혼합비가 증가할수록 양호해지는 경향을 보였다. 이것은

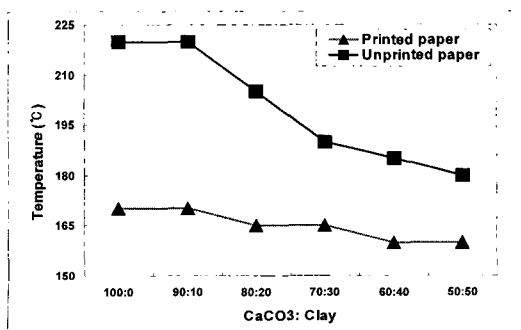


Fig. 5. Blistering of printed / unprinted Paper.

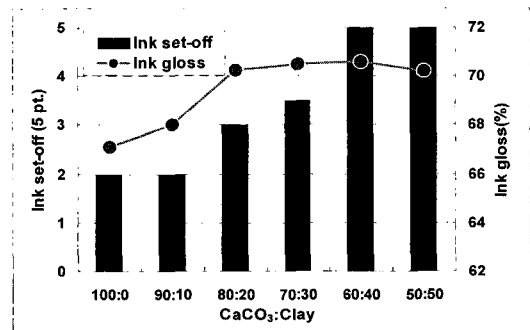


Fig. 7. Ink set-off and ink gloss.

위의 표면강도 결과에서 클레이 함량이 증가함에 따라 픽강도가 떨어지는 결과와 일치한다. 즉, 바인더량이 상대적으로 적었기 때문이다.

인쇄광택은 클레이 함량이 20 part까지는 크게 증가하였으나, 그 이상에서는 증가 폭이 둔화되었다. 이것은 클레이가 중질 탄산칼슘보다 입자크기가 미세하여 첨가된 바인더량이 상대적으로 적어 잉크가 도공층으로 과도하게 흡수되었기 때문이라 판단된다. 이것은 Kim 등⁴⁾이 클레이의 혼합비에 따른 잉크전이량을 측정된 결과 클레이 함량이 증가할수록 잉크전이량이 감소한다고 한 결과와도 일치하는 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 중질 탄산칼슘과 클레이의 배합 비율을 다르게 하여 도공한 후 도공지의 블리스터링 특성과 인쇄적성 대해서 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 블리스터링은 클레이의 배합비율이 늘어날수록 불량해지는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 중질 탄산칼슘보다 편평비가 높은 클레이가 도공층 표면으로 수분이 빠져나가는 것을 방해한 것으로 판단된다. 인쇄된 도공지의 블리스터링은 인쇄되지 않은 도공지보다 더욱 불량했는데, 잉크 안료가 공극을 막아 지층 내부의 수분이 외부로 빠져나갈 공극이 줄어들었기 때문이다. 이것으로 미루어 보아 도공층의 공극구조와 인쇄 여부가 블리스터링에 커다란 영향을 준 것을 알 수 있었다. 블리스터링을 개선하려면 편평비가 낮은 안료를 사용하고, 잉크층의 공극률을 증가시키면 개선될 것이다.

2. 클레이 비율이 증가할수록 Ink set-off가 향상되고 도공층 표면강도가 저하되는 경향을 보였으며, 인쇄광택도 백지광택같이 급속히 증가하지 못하였다. 이것은

실험에 사용된 클레이의 바인더 요구량이 중질 탄산칼슘에 비해 높기 때문이다.

인용문헌

1. 한국제지공업연합회, 제지계 330(2):65-66 (2001).
2. Kim, C. K., Lee, Y. K., Studies on the pore of Coating Layer and Printability.(IV) -Effect of Blending Ratio of Pigments, J. Korea TAPPI 33(3):29-36(2001).
3. Kim, B. S., Jung, H. C., and Park, C. Y., Effects of Coating Component Parts on the Characteristics of High Solids Coating(II)-Effects of Solids Content and Mixing Ratio of Calcium Carbonate and Clay on Properties of Coated Paper, J. Korea TAPPI 28(3) : 23(1996).
4. Kim, C. K., Lee, Y. K., Studies on the pore of Coating Layer and Printability.(II) -Effect of Pigment Shape on Pore of Coating Layer, J. Korea TAPPI 33(1):53-61(2001)
5. 이학래, 도공안료 혼합물의 일차임계 고형분과 구조화 특성, 펄프 · 종이기술, 26(4) : 25(1994).
6. Ishley, J. N., and Osterhuber, E.J., A new precipitated calcium carbonate pigment for high gloss coated papers, 1990 Coating Conference. TAPPI PRESS, Atlanta, pp.237-250.
7. Bundy, W. M., Harrison, J. L., and Ishely, J. N., Chemically induced kaolin floc structures for improved paper coating, 1983 Coating Conference. TAPPI PRESS, Atlanta, pp. 175-187.
8. Sakebi K., Ink set and Trapping, Japan Tappi 48(8) : 39(1994).
9. 윤종태, 인쇄적성개론, 부경대학교, p. 107(1997).
10. Villianos, B., Sign of TheWindmill, No. 3, p.8., VanSon Holland Ink Corp., Mineola, New York.