

인쇄과정에서 코팅 용지의 국부적인 표면강도 변화에 관한 연구

윤 종 태

부경대학교 공과대학 화상정보공학부

The Local Surface Strength Variation of Coated Papers during Printing

Jong-Tae Youn

Division of Image and Information, College of Engineering, Pukyong National University

Abstract

The local surface strength variation of coated papers were measured at various speeds on a number of coated paper samples to study the effects of speed and ink tack on coating pick.

Coating pick phenomenon is observed in an ink transfer variation curve as a decrease in the slope of the curve. On the other hand, it causes an actual decrease in net ink transfer to paper with an increase in speed. The effect of speed on coating pick depends on ink tack, ink film thickness and surface properties of coating layer formation of paper. A novel device to measure the surface strength can rate the coating paper in a different order. Comparison are made between dry test of coating paper pick and wet coating pick test of printing in IGT printability tester.

Coating formulation is the main key to prevent from coating pick. The binder level increases, the coating pick and the slop decrease. The piling on blanket in printing is a problem when the coating pick is occur on a local area rather than average surface strength of coated papers.

1. 서 론

정보화 시대에 맞는 고해상도, 컬러 인쇄물의 보급을 위해서는 고급인쇄 용지가 필요하며 현재 가장 많이 사용되는 고급 인쇄용지는 아트지와 같은 코팅용지이다. 그동안 제지업계에서는 컴퓨터의 발전과 급속히 발전하는 인쇄기술 및 관련 산업에 부응하기 위하여 고해상도의 용지에 관한 연구에 지대한 관심을 기울이고 있었다.¹⁾ 특히 최근에는 600 DPI 의 고정밀도 인쇄물을 원하는 곳이 있기 때문에, 필히 코팅용지의 인쇄적성을 향상시켜야할 시점에 와 있다.²⁾ 즉, 종래에는 일부 인쇄원이나 제판용 필름을 제작할 때, 또는 고정밀도의 사진을 복제할 때에나 사용했던 코팅 용지가 이제는 범용 인쇄 방식으로 널리 사용하게 되었다. 인쇄물의 해상력은 현재 용지의 표면 특성에 더욱 영향을 받아서 용지의 종류에 따라 인쇄물의 해상력이 좌우되게 된 것이다.

그러나 코팅 용지에 인쇄한 인쇄물에서는 국부적인 용지 표면 강도의 변화로 코팅 부분이 뜯기거나 부분적인 모틀링(mottling)이 발생하고 있다.³⁾ 이 뜯긴 분말들은 그대로 잉크로 전이되어 인쇄에서 파일링(piling)의 원인이 되므로 이 코팅 픽(coating pick), 모틀링 및 파일링이 결국 고정밀도의 인쇄물 생산을 좌우하는 중요한 문제점들이다.⁴⁾

이와 같은 중요성에도 불구하고 현재까지 코팅용지의 국부적인 표면 강도의 균일성 측정법과 위와 같은 인쇄과정에서의 문제점을 해결하기 위한 연구가 충분히 이루어지지 않았다. 따라서 인쇄업자와 제지업자간의 분쟁의 소지가 되고 있다. 결국 현재 고정밀도의 좋은 인쇄물을 얻기 어려운 실정을 초래하고 있는 것이다. 또한, 인쇄 기계 역시 기계적, 전자적으로는 대단한 발전을 보아왔으며, 인쇄 메커니즘의 발달도 많은 진전을 보았으나, 이에 부응하는 인쇄용지의 개발은 뒤떨어져서, 현재는 코팅 용지의 개발이 고정밀도 인쇄물의 해상력을 좌우하는 율속 단계(controlling unit)로 되어 있다.

따라서 본 연구는 현재 코팅용지의 국부적인 표면강도 측정법을 개발하고, 이 개발된 측정법에 의해 국부적인 표면강도를 측정함으로써, 코팅용지의 원료 및 공정상 문제와 인쇄기계에서의 인쇄적성을 조정하여 고 해상력의 용지 인쇄적성을 향상시키고자 하는데 목적이 있다.

2. 실 험

2-1. 코팅 재료 및 조건

본 실험에서 사용된 코팅 용지는 건조된 안료들과 바인더 및 첨가제들을 사용한 일반 아트지의 코팅 컬러 제조법에 따라 제조하였다. 샘플용지의 코팅 컬러(coating color)는 안료는 50% clay (Hydrafine 90TM), 44% ground calcium carbonate (Hydrocarb 90TM)

) 그리고 6% titanium dioxide (RPSTM)로 조성되어있다. 또한 분산제로서는 Polyacrylate (Dispex N40TM)를 사용하였으며, 분산제는 슬러리 상태에서 건조한 안료기준으로 0.45%를 가하였다. 바인더로는 16 파트의 라텍스를 첨가하였고 코팅 재료의 최종 pH는 8.0~8.5 가 되도록 하였다.

코팅 컬러에서 총 고형분의 양은 62~68%로 하였고 이것은 코팅 방법에 의해 이 범위 내에서 약간씩 달라질 수 있다. 실험실적인 시편제작에는 드로우 다운 로드(draw down rod)를 사용하였는데 이 때 고형분의 양은 61~62 %이었다. CLCTM (cylindrical laboratory coater)를 사용하여 코팅을 할 때는 코터 속도 960 m/min로 하였다. 건조는 열풍과 적외선 건조를 시켰다. 코팅용지는 온도 23°C, 습도 50%의 인쇄실에서 24시간 이상 둔 후에 실험하였고, 일반적인 종이의 실험은 TAPPI Standards 와 TAPPI Useful method에 따라서 수행하였다.

2-2. 표면강도 측정과 인쇄적성 시험기

코팅 용지에서 국부적인 표면 강도를 측정하기 위하여 fig 1 과 같은 흡입식 표면 강도 측정법을 고안하였다. 진행하는 용지의 표면에 벨벳 형질을 놓고 그의 마찰에 의해서 코팅지의 표면에서 나오는 잔유물들을 일정한 레귤레이터(regulator)가 있는 파이프를 통해 진공펌프로 빨아들여서 검은 색의 바탕 위에 회수하여 농도계로 농도를 측정하는 법(농도 값은 반대로 나옴)과 자동으로 통과하는 먼지나 잔유물들의 양을 측정하는 방법을 사용하였다.

MD 방향의 부분적인 표면 강도 측정법은 나무 봉과 풀에 의해 기계적으로 떼는 방법인 비도피지에서 사용했던 것과 같은 방법을 사용하였다⁵⁾. 그리고 인쇄의 전이 정수를 구하기 위하여 IGT를 사용하였다. IGT에서 압력은 20 kp/cm로 주었고, 속도는 1~4 m/sec의 범위에서 정속과 가속에서 수행하였다.

잉크는 현재 시판되는 오프셋 프로세스 청색 잉크를 사용하였으며, 안료와 염료 역시 현행 인쇄용 잉크의 성분을 사용하였다. 잉크 시험은 레오메타(Rheometer)와 택코메타(Tack-o-meter)를 이용하여 점탄성과 택을 측정하였다. 실험용 잉크의 물성조정은 연육기(three roll mill)와 강력 교반기를 사용하여 만들었다. 이 잉크의 점도는 120~240 Poise/70 sec⁻¹ 이었다.

첫번째는 feasibility 실험으로 인쇄적성 시험기로 인쇄적성을 검토한 뒤, IGT로 직접 인쇄하여 인쇄물 시료를 만든다. 인쇄물 시료는 마이크로 슬라이드(microslide)에 의해 2μ 정도의 두께로 잘라서 500 배율 정도의 현미경과 전자 현미경으로 관찰하여 잉크의 침투 상태를 확인하였다. 그리고 잉크와 코팅 용지, 인쇄기기 조건을 변경해 가면서 조사된 식에 실제 실험한 값이 근접하는지를 검토하고, 그 값이 잘 맞으면 미리 값을 준 후 인쇄하여 인쇄물의 품질을 관찰하는 실험을 하여 인쇄물의 해상력을 검토하였다. 여

기서 W-F 전이방정식에 의해 전이 정수를 구하고 전이정수와 표면강도와의 관계를 검토하였다.

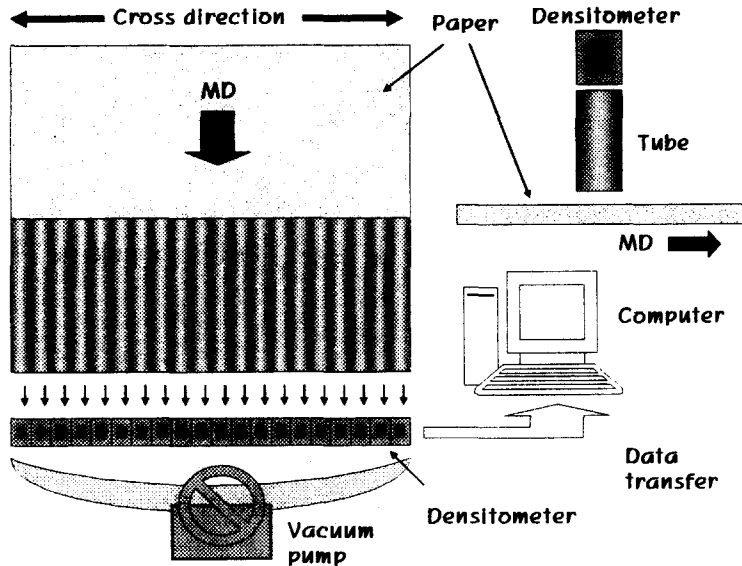


Fig. 1. Schematic diagram of vacuum type surface strength tester.

3. 결과 및 고찰

3-1. 코팅지의 CD 방향 잔여물

코팅 용지의 잉크 안료 및 비이클의 점착성을 좋게 하기 위해서는 용지에 대한 고분자 용액의 점착력과 함께 안료와의 물리화학적 특성을 고려해야 한다. 물론 여기에는 코팅 용지와 안료의 상호 물리화학적 관계를 연구하고, 용지의 흡수성 및 안료의 특성 등을 검토하는 방법으로 연구를 하는 것이 우선이다. 그러나 인쇄 잉크의 성분이 복잡하고 역시 코팅지의 성분이 다양하고 복잡하기 때문에, 거시적인 유동물성적으로 문제를 해결하는 것이 편리하다. 그러므로 본 연구에서는 후자의 방법을 따랐다. 흡착식 빨대와 벨벳 형겼을 마찰시켜 회수된 잔여물을 농도계로 측정된 결과가 fig. 2이다.

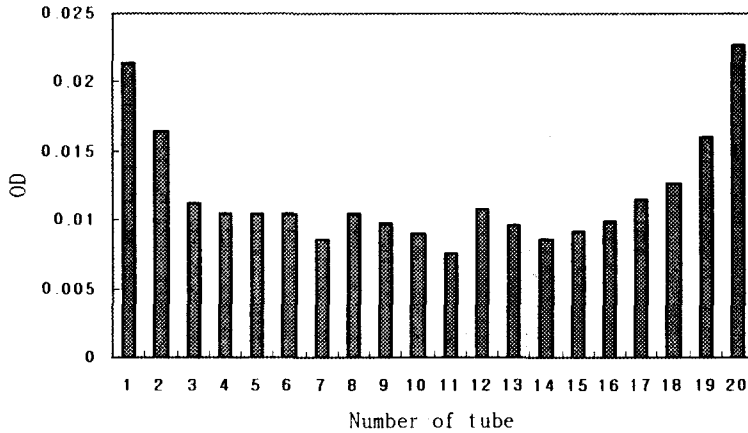


Fig. 2. Optical density change caused by coating pick on cross direction in press.

위의 결과만을 가지고 보면 용지의 CD(cross direction) 방향에서 양쪽 끝 부분의 뜯김이 많이 발생하는 것으로 보이지만, 사실은 재단한 부분에서 나온 잔여물들이 영향을 주었다고 볼 수 있다. 인쇄공정에서는 미세한 뜯김 뭉치들이 잉크로 가기 때문에 이것들이 파일링의 원인이 될 수 있는 것이다. 특히 비도피지의 경우는 이런 재단에서 나오는 잔여물의 영향이 더욱 커서 그에 대한 대비를 철저히 하는 것이 중요하다고 생각된다. 앞서 발표한 비도피지의 국부적인 연구에서 잉크의 택과 용지의 표면강도의 관계를 밝힌 바 있지만,⁵⁾ 정상적인 4m/sec까지 인쇄 속도에서 용지의 표면강도는 대부분 잉크의 택보다 높다. 그 이유는 잉크가 용지를 적시기 때문에 건조한 용지의 표면강도가 다소 낮다고 해도 용지의 표면이 뜯기지는 않는다는 것이다. 보다 심각한 문제는 잉크의 택보다 용지의 부분적인 강도 차이가 될 수 있다.

3-2. 잉크의 전이와 코팅 픽

인쇄기계에서 잉크의 택은 잉크 롤러 방향으로 작용하고 용지의 표면 강도는 압통 방향으로 작용한다. 즉, 두개의 힘은 서로 반대 방향으로 작용하고 있다. 잉크의 전이 실험은 천칭으로 인쇄 전 후의 잉크의 무게를 측정하는 방법을 사용하였다. 전이되는 잉크의 양을 각 지점 별로 측정하여 fig. 3과 같이 국부적인 인쇄전이 계수를 얻었다. 만일 코팅 픽이 일어나지 않는다면, 인쇄판 상에서 잉크의 필름 두께와 종지로 전이된 잉크의 전이 방정식은 전형적인 W-F의 전이 방정식에서 분열지점이 0.5에 근접하게 될 것이다. 그러나 만일 코팅 픽이 일어난다면 전이량이 달라질 것이다. IGT에 의한 실험에 의해서 실험실적으로 잉크의 전이와 코팅 픽의 관계를 알 수 있었다.

f잉크 필름의 두께가 얇을 때는 주로 잉크의 전이량은 고정화 잉크량에 좌우된다. 이것은 잉크의 피복면적과 관계가 있다. 그러므로 고속 인쇄에서는 잉크의 두께가 결국 잉크의 농도를 좌우하게 된다고 볼 수 있다. 잉크의 전이에서 코팅 픽의 영향은 인쇄판상에 잉크의 양이 증가할수록 커지는 것을 알 수 있었다. 그 이유는 잉크의 택이 작용하기 때문이다. 비도피지에서 실험한 결과는 잉크의 두께가 얇은 곳에서 린팅(linting)이 많이 발생하는 것을 알 수 있었다. 그러나 본 연구에서와 같이 코팅지의 경우에는 잉크가 충분히 침투되지 않은 상태에서 전이되기 때문에 잉크 택이 많이 작용하는 것으로 생각할 수 있다.

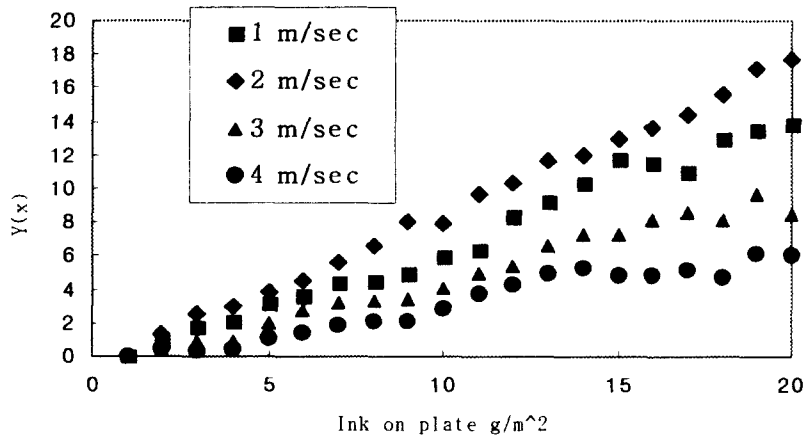


Fig. 3. Ink transfer curves at different speed of printing.

3-3. 코팅지의 CD 방향 표면강도

인쇄를 한 뒤에 코팅 픽을 찾는 일은 쉽지 않다. 왜냐하면 인쇄 후에 핀 홀(pin hole)이 생겼다고 해도 그것이 코팅 픽에 의한 것인지, 또는 피복 면적이 좋지 않은 것인지를 알 수 없기 때문이다. 따라서 어느 일정한 크기의 핀 홀을 기준으로 하고 인쇄물의 단면을 확대하여 뜯김인지를 구별함으로써 홀의 개수를 알 수 있었다.

Fig. 4는 홀의 개수에 의한 코팅 픽을 예측한 결과이다. 이 결과는 건식 용지의 코팅 픽 실험과 유사하게 CD 방향의 양쪽 끝에서 많은 홀이 발생되는 것으로 보이지만, 사실은 재단에서 떨어진 조각들의 잔재에 의한 영향으로 생각된다. 전반적으로 건식 보다는 인쇄물에서 고른 분포를 보인다. 중앙부분에서 홀이 다소 적게 보이는 것은 롤러의 압력이 균일하지 않거나 코팅 및 캘린더링이 균일하지 않은 결과로 생각된다.

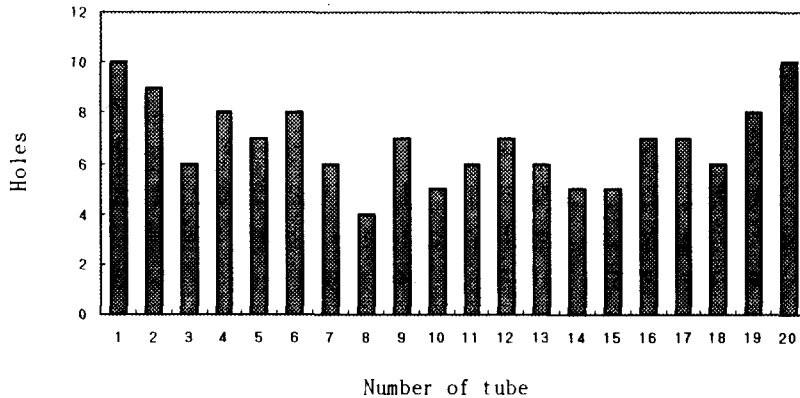


Fig. 4. Holes after printing caused by coating pick on cross direction in press.

3-3. 인쇄 속도와 용지의 국부적인 표면강도

인쇄 속도가 빠르면 당연히 코팅 픽은 더 많이 일어나는 비례관계를 보인다. 어떤 부분에서 일어나든지 코팅 픽은 인쇄에서 파일링과 직결되고, 또 파일링은 인쇄의 통수가 계속 될수록 점점 증가하기 때문에 용지의 평균적인 표면강도에 의존하지 않는다. Fig.5는 인쇄 속도에 따른 코팅픽의 영향을 측정된 결과이다. 인쇄 속도가 빨라지면 코팅픽이 생기고 상대적으로 잉크의 전이량이 줄어든다는 것을 예측할 수 있다.

인쇄에서 가장 큰 문제 중의 하나인 파일링은 용지의 국부적이고 부분적인 표면강도에 따라서 일어나게 되는 것이다. 그러므로 코팅용지를 인쇄용지로 사용할 경우는 전사적인 품질관리가 절대적으로 필요하다. 한 줌의 흙이 한 드럼의 물을 오염시키는 것과 같은 이치이다.

3-4. 바인더와 국부적인 표면강도

바인더 마이그레이션(migration) 또는 바인더 레벨에 의한 표면강도의 변화에 대한 예측은 이미 발표된 바 있다⁵⁾. 중요한 문제는 코팅 용지에 사용되는 라텍스의 균일성에 대해 검토하는 것이 중요하다. 이에 따라서 글루(glue)에 의한 방법을 권장하고 싶다. 만일 라텍스를 선택하고자한다면 적당한 유동물성을 검토한 후에 사용해야 한다. 상업용으로 사용되는 완전히 가수 분해된 라텍스의 점도 범위는 매우 큰데, 일반적인 수용성 셀룰로오스 유도체보다도 훨씬 크다. 표면 바인더로 사용되는 라텍스는 매우 인장 강도가 높고, 투명성과 유연성이 높으며 내유성이 우수한 필름을 형성해야 표면강도가 높아진다는 것이 잘 알려져 있다. 또한 라텍스 용액은 내수성이 좋고, 사이즈 프레스나 캘린더 박스

에서 사용이 가능하나, 그 유동 특성이 다일러턴트(dilatant)한 경향을 나타내므로, 고속 초지기에서 적용할 때 문제 발생 소지가 큰 것이 단점이다. 따라서 이와 같은 특성들을 미리 검토하고, 안료와 계면 화학적 상호 관계를 검토해야 한다.

잉크는 많은 물질의 혼합체이므로 잉크와 바인더의 물리화화적인 관계는 모폴로지로서 해석하기 어렵다. 우선 잉크 방울의 표면장력을 측정할 수 있어야 한다. 이와 함께 잉크의 전기적인 성질을 고려하여 잉크 방울의 크기와 거동에 관한 모델을 설계해야만 국부적인 표면 강도를 과학적이고 정량적으로 계산할 수 있다. 현재 이법에 의해 측정된 결과는 충분히 잉크의 택을 용지의 표면 강도가 극복할 수 있다는 것을 이미 보고하였다. 문제는 부분적인 강도의 저하 및 불순물의 유입이 결국 파일링의 주 원인이 된다는 것을 알 수 있었다.

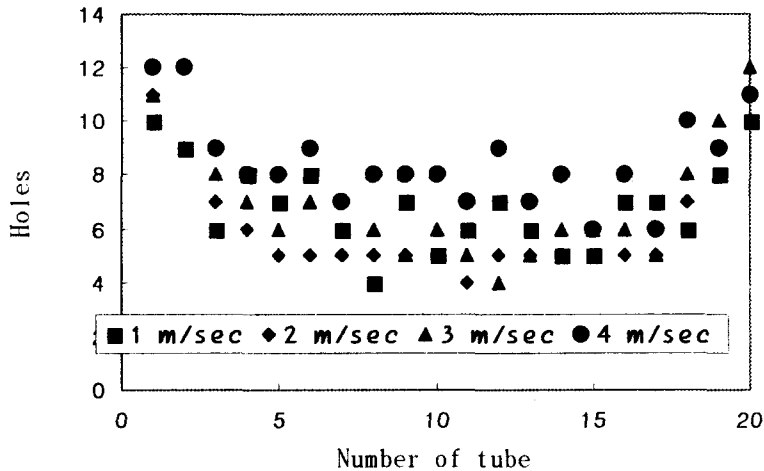


Fig. 5. Holes after printing caused by coating pick at different printing speeds.

3. 결 론

현재 인쇄과정에서 문제가 되는 파일링은 코팅지의 평균적인 표면강도의 저하 보다는 국부적인 문제가 더 심각하다. 따라서 코팅용지의 국부적인 표면강도를 측정하기 위하여 진공식 표면강도 측정기를 개발하였다. 개발된 측정법에 의해 국부적인 표면강도를 측정 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 코팅지의 CD 방향 잔여물은 양쪽 단재면 부근에서 심각하게 발생된다는 것을 알 수 있었다.
- 2) 잉크의 전이 상수를 구함으로서 코팅 픽의 영향을 예측할 수 있었다.

- 3) 코팅지의 CD 방향 표면강도는 중앙 부분이 강함을 알 수 있었다.
- 4) 인쇄 속도에 따라서 코팅 픽은 증가하고 코팅지는 잉크 필름의 두께가 두꺼워질수록 고속에서 코팅 픽이 많이 일어난다. 그러나 저속에서는 그 반대의 현상이 일어난다는 것을 알 수 있었다.

이와 같은 결론을 바탕으로 코팅용지의 원료 및 공정상 문제와 인쇄기계에서의 인쇄적성을 조정하여 고 해상력의 용지 인쇄 적성을 향상시키고 파일링을 줄일 수 있다고 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2003학년도 부경대학교 기성회 학술연구비 지원사업에 의하여 연구되었으므로 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) J.T.Youn, D.W.Bousfield, Filament Dynamics in steady stretching and cyclic test., 11th ISCST, p. 186~189 (2002).
- 2) T. Kouno, A Study of Print Mottle., Japan Tappi Journal, p. 82~87 (2002).
- 3) K. Yamazaki, T. Ishikawa and Y. Hattori., Fundamental Study on Ink Mottling., Japan Tappi Journal, p. 24~28 (1993).
- 4) T. Glatter and D. W. Bousfield, Print Gloss Development on a Model Substrate, Tappi Journal., **80(7)** p. 125~132 (2000).
- 5) J.T.Youn and D.W.Bousfield, On the ink-paper interaction in printing, The Korean Printing Society, **19(3)**, p 102~115 (2001).