

# 인쇄 모틀의 발생 원인과 대책

-발생 원인-

이 학 래†

(2002년 1월 24일 접수; 2002년 2월 12일 채택)

## What causes the print mottle on coated papers?

Hak Lae Lee†

(Received on January 24, 2002; Accepted on February 12, 2002)

### 1. 서론

대부분의 종이는 인쇄라는 과정을 거친 다음에 문화 전달매체나 포장재료로 사용된다. 즉 인쇄란 대부분의 문화 및 산업용지가 필연적으로 거쳐야만 하는 단계라고 할 수 있다. 따라서 인쇄적성은 문화 및 산업용지의 품질 가운데 극히 중요한 위치를 점하고 있다. 특히 근래에 들어 인쇄 품질에 대한 요구도가 높아지고 다색 인쇄가 보편화됨에 따라 외양이 수려하고 인쇄적성이 우수한 도공지나 도공판지(이하 도공지라 통칭)의 소비가 급속하게 높아지고 있다. 이는 일반적으로 도공지는 비도공지에 비하여 백색도, 불투명도, 광택도 등이 우수하여 외양이 수려할 뿐만 아니라 표면평활성, 망점재현성, 잉크 홀드아웃 등 인쇄적성이 우수하기 때문이다.

하지만 아무리 도공지라고 하더라도 인쇄결함이 전혀 발생하지 않는 것은 아니다. 특히 픽킹 (dry pick, wet pick), ink set-off, mottling 등과 같은 인쇄결함은 비도공지보다 도공지를 사용하는 경우에 더욱 빈번히 발생한다. 도공지의 인쇄 시 빈번히 발생하는 인쇄결함 가운데 인쇄모틀(print mottle)은 현재 가장 널리 사용되는 평판오프셋인쇄 방식으로 도공지를 다색 인쇄할 경우에 단색 인쇄부나 망점인쇄부가 균일한 색

조나 인쇄광택을 나타내지 못하고 얼룩진 상태로 인쇄되는 인쇄결함을 의미하는데 이는 도공지 인쇄 시에 가장 흔히 발생하는 매우 중요한 인쇄결함이다. 외국의 통계자료를 살펴보면 오프셋인쇄시에 발생하는 인쇄 트라블의 35% 정도가 불균일한 인쇄라고 보고 되고 있다.

인쇄모틀의 발생원인은 잉크, 축입물(혹은 습수) 및 피인쇄체인 종이에서 찾아 볼 수 있으며 인쇄기의 운전조건도 이에 영향을 한다. 예를 들어 잉크의 레벨링 특성이 불충분하면 Fig. 1에서 보인 것과 같이 인쇄 nip의 출구에서 잉크가 필름 스피리팅 (film splitting) 된 다음 균일한 두께로 레벨링되지 않기 때문에 잉크의 두께 차이가 피인쇄물의 표면에 나타나고 결과적

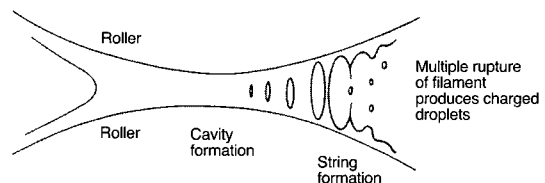


Fig. 1. Film splitting phenomenon at the printing nip.

• 서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과 (Department of Forest Product, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Republic of Korea).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: lhakl@plaza.snu.ac.kr

으로 인쇄얼룩으로 감지된다.

하지만 동일한 잉크와 인쇄조건에서 인쇄할 경우, 사용된 종이에 따라서 모듈의 발생 유무가 달라진다면 인쇄모듈의 원인이 종이에 있다는 지적을 받을 수밖에 없다. 이러한 경우에 인쇄결함의 책임은 제지업체가 져야 할 것은 자명하다. 실제로 발생하는 인쇄얼룩의 원인을 조사한 결과 잉크나 습수에 기인한 것이 9%, 인쇄공정의 오류에 의해 발생한 것이 16%였으며, 나머지 75% 인쇄불량의 원인이 피인쇄체인 종이에 기인하였다고 보고된 바 있다. 특히 도공지의 경우가 비도공지에 비해서 인쇄모듈이 발생할 확률이 크게 높다.

인쇄모듈 발생비율에 관한 통계 조사 결과 전체 인쇄모듈의 98%가 도공지 인쇄 시에 나타났으며 겨우 2%만이 비도공지를 사용한 경우에 발생되었다고 보고된 바 있다. 이러한 통계수치는 바로 인쇄적성 향상을 목표로 하는 도공지의 최대 걸림돌 가운데 하나가 인쇄모듈이라는 것을 보여주고 있다. 따라서 도공지의 품질향상을 위해서는 인쇄모듈이 발생하지 않는 도공지를 생산하는 것이 극히 중요하다고 하겠다.

여기에서는 먼저 도공지를 평판옵셋인쇄기로 다색인쇄할 경우 인쇄모듈의 발생 원인과 그 평가방법을 살펴보고, 인쇄모듈이 도공지의 품질특성과 어떤 관련성을 갖는지 논의해 보고자 한다.

지금까지 인쇄모듈과 관련된 많은 논문이 발표된 바 있으나 경우에 따라서 그 결과 및 해석이 상반되는 경우도 발견할 수 있다. 이는 아직도 인쇄모듈에 관해서 더욱 많은 연구가 필요하다는 사실과, 모듈링현상이 매우 다양한 변수에 의해서 영향 받는다는 것을 의미한다. 여기에서는 현재 일반적으로 인정되고 있는 모듈의 원인과 대책을 중심으로 살펴보고자 한다.

## 2. 평판옵셋 인쇄기의 구성과 인쇄과정

평판옵셋인쇄기로 도공지를 다색인쇄하는 경우에 빈번하게 발생하는 인쇄모듈의 원인을 살펴보기 위해서는 먼저 평판옵셋인쇄기의 구성과 인쇄공정을 이해

하는 것이 필요하다.

평판인쇄란 화선부와 비화선부가 동일한 평면상에 존재하는 인쇄판을 사용하는 인쇄 방식이다. 평판 옵셋인쇄에 사용되는 인쇄판의 화선부는 소수성을, 비화선부는 친수성을 갖도록 제작된다. 따라서 평판인쇄판의 화선부는 비극성의 잉크와 친화성이 크고 비화선부는 극성의 축임물과 친화성이 크다.

Table 1을 보면 화선부의 극성표면에너지는 비화선부에 비하여 크게 낮으며 잉크와 비슷함을 알 수 있다. 잉크로 도피된 화선부의 극성 표면에너지는 Table 1에서 보는 바와 같이 잉크 자체의 값에 비하여 증가되는데 이는 소량의 축임물이 인쇄기 상에서 잉크에 유화되기 때문이다.

평판 옵셋인쇄기는 Fig. 2에 나타난 것과 같이 판동(plate cylinder), 브랭킷동(blanket cylinder) 및 압동(impression cylinder)으로 구성되어 있다. 압동에 장착된 인쇄판에는 축임물과 잉크를 가할 수 있도록 다수의 롤이 장치되어 있다. Fig. 2에서 보는 것과 같이 인쇄판에는 축임물이 잉크보다 먼저 가해지도록 설

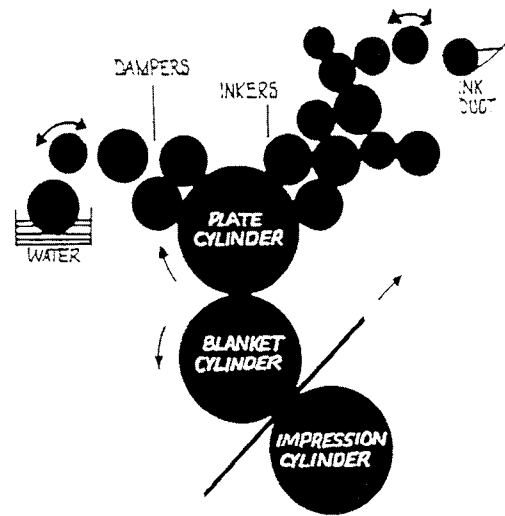


Fig. 2. Offset printing machine.

Table 1. Surface energy of the image and nonimage areas of offset printing plates

(unit: dynes/cm)

Area	Total surface energy	nonpolar surface energy	polar surface energy
image area	44.9	34.7	10.2
nonimage area	76.5	34.7	41.8
ink	33.5	27.7	5.8
ink on image area	41.3	29.9	11.4

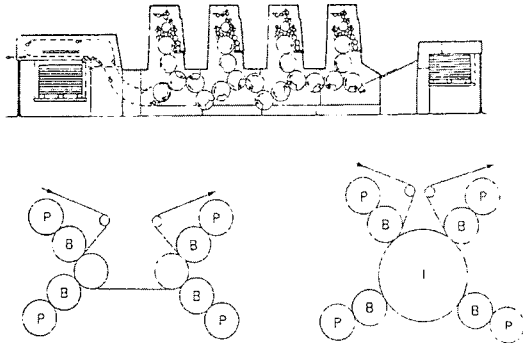


Fig. 3. Typical four color presses.

계되어 있다. 축임장치를 통과한 인쇄판은 친수성 비화선부가 습수로 균일하게 도포된다. 하지만 축임장치를 통과하더라도 소수성의 화선부에는 축임물이 전이되지 않는다. 즉 축임장치 통과 직후의 화선부에는 축임물이 전혀 없거나 미립의 방울상태로 소량 존재할 뿐이다. 이 다음 판동 상의 인쇄판이 잉크 물을 통과하면 축임물이 없는 화선부에 잉크가 약  $1\sim3\ \mu\text{m}$ 의 두께로 입혀진다. 하지만 축임물로 도포된 비화선부에는 잉크와 축임물의 반발에 의해 잉크의 전이가 일어나지 못한다. 평판인쇄에 사용되는 축임물의 역할은 이것으로 완료된다. 즉 축임물은 인쇄판의 비화선부에 잉크가 전이되지 않도록 하기 위해서 사용되는 것이다.

이 다음 인쇄판이 고무 브랭킷과 접하면 잉크와 축임물이 브랭킷으로 전이된다. 마지막으로 고무 브랭킷 상의 잉크와 축임물은 종이로 전이되어 한 색깔의 인쇄가 완료된다. 고무 브랭킷은 매우 부드럽다. 따라서 이는 종이의 평활성이 극히 우수하지 않더라도 잉크의 전이가 양호하게 일어나게 하며, 종이에 의한 인쇄판의 마모를 감소시키는 역할을 한다.

다색 인쇄를 할 경우에는 필요한 잉크 수만큼의 인쇄기를 직렬로 배열하여 연속적으로 인쇄한다. 평판음셋인쇄기는 Fig. 3에서 보는 것과 같이 유닛형과 로랜드(Roland)형 (1압동 2색형 혹은 1압동 4색형)이 있다. 유닛형은 압동 수와 판동 및 브랭킷동의 수가 같은 것이고 로랜드형은 한 압동에 2개 혹은 4개의 브랭킷동이 배열된 것이다.

일반적인 4색인쇄 시에는 인쇄품질을 높이고택(tack)이 높은 잉크부터 인쇄하기 위해서 흑(black), 청(cyan), 적(magenta), 황(yellow)의 4색을 순차적으로 사용한다. 경우에 따라서는 흑색과 청색의 순서를 바꾸어 인쇄하기도 한다.

### 3. 인쇄모틀의 종류와 원인

인쇄모틀은 발생 원인에 따라서 (1) Back trap mottle 과 (2) Fountain water mottle(Wet trap mottle, Ink refusal mottle)의 두 가지로 구분할 수 있다.

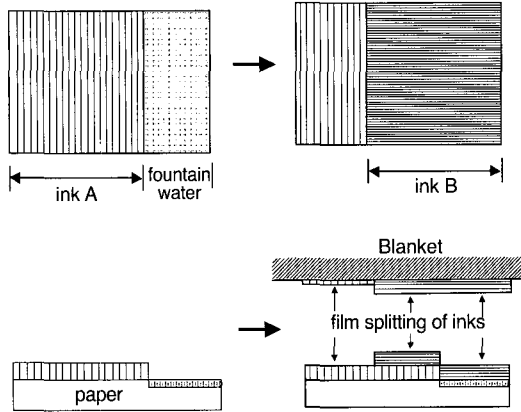
#### 3.1 Back Trap Mottle

인쇄된 종이 다음 인쇄기의 브랭킷과 압동 사이를 통과하게 되면 앞서 인쇄된 잉크의 일부가 브랭킷으로 재전이되는 현상이 발생한다. 이러한 현상은 피인쇄체의 화선부에 위치한 선쇄잉크가 다음 인쇄 nip에서 비화선부와 접하는 경우에만 발생한다.

여기에서는 설명의 편의를 위해서 제 1색이 인쇄된 종이 제 2색기를 통과할 경우를 예를 들어 설명하도록 하겠다.

브랭킷은 고무로 제조되기 때문에 잉크와 같이 소수성을 띤다. 따라서 비화선부에 해당하는 브랭킷 표면에는 축임물이 인쇄판에서와 같이 필름상으로 존재하지 못하고 방울형태나 불규칙한 형태로 변형되어 존재한다. 즉 축임물은 친수성인 인쇄판의 비화선부 상에서는 균일한 필름 상태로 존재하지만 브랭킷으로 전이되는 순간 그 균일성이 소실된다. 따라서 제 2색기 브랭킷 상의 비화선부는 습수로 도포되지 않고 노출된 부분이 존재하며 이곳에 피인쇄물로부터 제 1색기의 잉크가 재전이된다. 하지만 제 1색기에서 가해진 피인쇄물상의 선쇄잉크가 제 2색 인쇄 nip에서 화선부와 접하는 경우에는 브랭킷 상의 제 2색 잉크가 피인쇄체상의 선쇄잉크 위로 전이된다. 그 반대현상은 발생하지 않는다. 즉 이중으로 잉크가 입혀지는 부분에서는 피인쇄체상의 잉크가 브랭킷으로 재착육되는 현상(back trapping)은 발생하지 않는다. 이는 선쇄잉크의 택이 후쇄잉크의 택보다 높도록 잉크가 제조되기 때문이다. 지금까지 설명한 내용은 Fig. 4에 도식적으로 나타내었다.

하지만 잉크의 사용 순서를 달리한다면 피인쇄면 상의 선쇄잉크가 다음 인쇄기의 브랭킷으로 화선부, 비화선부할 것 없이 모두 전이되는 현상도 발생할 수 있다. 이 경우에는 다색인쇄가 불가능하게 된다. 따라서 일반적으로 다색 인쇄기의 제 2,3,4색 브랭킷에는 앞서 가해진 잉크가 전이되어온다고 볼 수 있다. 이때 어느 정도의 잉크가 브랭킷으로 back trapping되는가에 따라서 피인쇄물 상에 잔류하는 잉크의 두께가 달

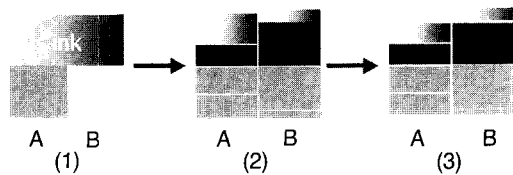


**Fig. 4. Ink transfer phenomena of the first and second inks onto paper.**

라진다.

만약 피인쇄면의 잉크 흡수성이 균일하다면 Fig. 4에서 본 것과 같이 back trapping되는 잉크의 양은 균일하게 유지된다. 만약 제 1색기를 통과한 종이 제 2색기로 이동되는 동안 제 1색기에서 전이된 잉크가 완전히 고화된다면 전혀 back trapping이 발생하지 않는다. 이러한 두 경우에는 back trapping에 의한 인쇄모틀은 발생하지 않는다. 하지만 도공지의 잉크 흡수 특성은 부위별로 매우 다르다. 뿐만 아니라 평판인쇄기의 인쇄유닛 사이의 체류시간은 1초 이하로 극히 짧고 인쇄 유닛 사이에 건조기가 설치되어 있지 않은 관계로 잉크의 완전한 부동화는 발생하지 못한다. 특히 최근 들어 인쇄속도의 상승에 따라 인쇄유닛 사이에서의 잉크 흡수는 크게 낮아지고 있다.

전술한 바와 같이 부동화되지 않은 잉크의 일부는 다음 인쇄 유닛의 브랭킷으로 재전이된다. 이 때 피인쇄면의 잉크 흡수성이 부분적으로 다른 경우에는 Fig. 5에 순차적으로 도시한 바와 같은 현상이 발생한다. 즉 Fig. 5에서 보는 것과 같이 안료와 비히클로 구성된 잉크가 인쇄기 상에서 피인쇄체 위로 전이된 순간 (Fig. 5의 (1)단계) 피인쇄체 상의 잉크두께는 거의 균



**Fig. 5. Difference in ink absorption rate causes back trap mottle.**

일하다. 피인쇄체로 전이된 잉크는 모세관작용에 의해 종이 내부로 침투하기 시작한다. 이때 피인쇄체 표면에 공극이 적은 부분 (Fig. 5-A)과 공극이 많은 부분 (Fig. 5-B)이 존재하는 경우, A 부분에서는 액상의 잉크 비히클 침투속도가 B 부분보다 낮게된다. 따라서 다음 인쇄 낱으로 이전되는 시간 동안 공극이 많은 B 부분에서는 잉크 비히클의 침투가 크게 발생하지만 공극이 적은 A 부분에서는 적게 발생한다. (Fig. 5의 (2)). 즉 공극율이 높은 B 부분에서는 잉크 고형분의 상승이 상당한 두께에 걸쳐 진행되지만 A 부분에서는 그렇지 못하다. Fig. 5의 (2)와 (3)에는 잉크의 고형분이 상승된 부분을 검게 도시하였다. (하지만 실제적으로 Fig. 5에 나타난 것과 같이 잉크의 고형분이 상승된 부분과 상승되지 않은 부분이 명백하게 구분되는 것은 아니다. 즉 잉크의 고형분은 표층으로부터 멀어질수록 점진적으로 상승된다. 설명의 편의를 위해서 Fig. 5에는 잉크 고형분이 단속적으로 변화된다고 가정하였을 뿐이다. 하지만 back trap mottle의 원인을 설명하는데는 이것이 더욱 쉽게 이해할 수 있는 모델이며 점진적인 농도변화를 가정한 경우와 동일한 결론에 도달한다.) 잉크는 고형분이 상승하면택과 점도가 높아진다.택과 점도가 높은 잉크는 필름 스프리팅에 의해 영향 받지 않는다. 즉 고형분이 상승된 상태의 잉크는 항상 피인쇄면에 잔류하며 다음 인쇄기 상에서 브랭킷으로 재전이되지 않는다. 이와 반대로택이 상승하지 않은 잉크의 일정비율은 (약 50%) 다음 인쇄기의 브랭킷으로 필름 스프리팅에 의해 재전이된다. 따라서 Fig. 5의 (3)에서 보는 것과 같이 잉크 비히클의 흡수가 낮은 A 부분에서는 잉크의 재전이 현상이 B부분에 비하여 크게 발생하며 결과적으로 피인쇄체 상의 잉크 두께 A 부분은 B 부분보다 작게 되어 인쇄얼룩으로 나타나게 된다. 다시 말하면 A 부분은 B 부분에 비하여 적은 양의 잉크가 도피되어 있기 때문에 흐리게 보이게 된다. 이러한 기작에 의해 발생하는 인쇄얼룩을 back trap mottle이라 한다.

일반적으로 종이를 인쇄하게 되면 Fig. 6에 보인 것과 같이 종이에 가해진 잉크의 양이 증가할수록 인쇄강도는 증가하다가 일정한 수준에서 유지된다. 만약 피인쇄체 상의 잉크량이 상당히 크다면 Fig. 6에서 볼 수 있는 것과 같이 잉크 도피량 변화에 따른 인쇄강도의 차이가 나타나지 않지만, 잉크의 도피량이 3g/m<sup>2</sup> 이하의 경우에는 색조의 차이를 눈으로 감지할 수 있게 된다. 이는 다시 말하면 잉크 도피량이 높은 경우에는 인쇄모틀이 발생하지 않는다는 뜻과 같다. 도공지는 평활성이 높기 때문에 전이되는 잉크의 양이 비도

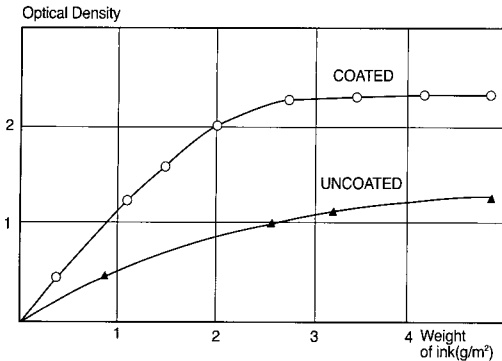


Fig. 6. Optical density on coated and uncoated papers as a function of weight of ink.

공지에 비해 낮다. 즉 도공지가 비도공지에 비해 인쇄 모틀을 발생시킬 소지가 크다.

뿐만 아니라 Fig. 6에서 보는 것과 같이 도공지의 경우가 잉크도피량의 차이에 따라서 인쇄 강도가 더 크게 변화되므로 인쇄모틀이 나타나는 경향이 비도공지에 비해 상당히 높다. 따라서 인쇄모틀은 전술한 바와 같이 주로 도공지에서 발생되며 비도공지의 경우에는 발생빈도가 훨씬 낮다.

### 3. 2 Fountain Water Mottle

Fountain water mottle은 wet trap mottle 혹은 ink refusal mottle이라고도 불린다. 앞서 설명한 back trap mottle은 축임물과 무관한 현상이다. 하지만 평판오프셋인쇄에서는 축임물을 늘 사용하고 있으며 이 때문에 인쇄얼룩이 자주 발생한다.

축임물과 관련된 인쇄모틀은 다시 크게 두 종류로 나눌 수 있다.

첫째, 종지로 전이된 축임물의 흡수가 충분히 진행되지 않아서 발생하는 인쇄모틀이 있고,

둘째, 인쇄판의 화선부에 미립의 방울형태로 축임물이 올라가 있기 때문에 발생하는 인쇄모틀이 있다.

#### (1) 축임물의 흡수율 변이와 인쇄모틀

인쇄판상의 축임물은 브랭킷을 거쳐 종지로 전이된다. 만약 종지의 축임물 흡수 특성이 부분적으로 다른 경우에는 한 종이 표면 상에 앞의 인쇄기에서 전이된 축임물이 후쇄 잉크를 인쇄할 때까지 완전히 흡수된 부분과 흡수되지 못한 부분이 동시에 존재할 수 있다.

이런 상태에서 후쇄잉크를 입히게 되면 축임물이 없는 부분과 있는 부분에서의 잉크전이량이 달라지며 결과적으로 인쇄모틀이 발생한다. 이러한 인쇄모틀은 피인쇄체 표면에 축임물의 존재를 전제로 하기 때문에 제 2,3,4색 인쇄기에서 발생하며 제 1색의 경우에는 발생하지 않는다.

#### (2) 인쇄판의 화선부에 존재하는 축임물에 의한 인쇄 모틀

이 현상에 의하여 발생하는 인쇄 모틀의 기작은 Fig. 7에 도식적으로 나타내었다.

전술한 바와 같이 평판인쇄에 축임물이 가해지면 친수성의 비화선부는 축임물에 의해서 균일한 두께로 도피된다. 소수성 화선부에는 축임물이 올라가지 않지만 많은 경우에 극소량의 축임물이 화선부 상에 방울형태로 존재하는 현상이 나타난다. 이 다음 잉크가 인쇄판에 가해지면 일정한 두께의 잉크가 화선부로 전이된다. 이때 화선부 상에 존재하던 축임 방울은 잉크에 묻히게 된다. 이 인쇄판 상의 잉크와 축임물을 브랭킷으로 전이시키게 되면 축임물의 표면장력과 점도가 잉크에 비하여 크게 낮기 때문에 축임물 방울이 존재하는 화선부에서는 필름 스프리팅 현상이 주로 축임물 방울에서 발생된다. 따라서 브랭킷 상의 잉크 표면에는 축임물 방울이 노출되어 있게 된다. 이를 종지로 전이시키면 잉크의 전이가 축임물 방울에 의해 저해되며 결과적으로 인쇄모틀이 발생한다. 이러한 인쇄모틀은 제 1,2,3,4색 인쇄기에서 모두 발생하는 점이 종지의 축임물 흡수율 변이에 따른 인쇄 모틀과 다른 점이다.

일반적으로 인쇄얼룩이 발생하는 비율은 back trap mottle에 기인하는 경우가 66% 정도로 가장 높

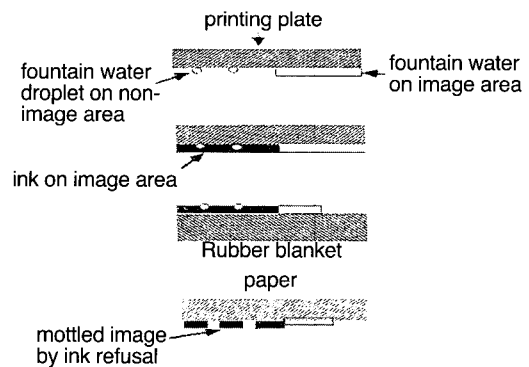


Fig. 7. Fountain water droplet on nonimage area may cause mottled image by ink refusal.

고, fountain water mottle에 기인하는 경우가 14% 정도이며, 픽킹된 도공층이나 단단하게 건조된 잉크에 의한 오염이 20% 정도이다.

### 4. 인쇄모듈의 평가방법

인쇄모듈을 평가하는 방법으로는 stain test, 실험실적 인쇄시험법, 인쇄물의 화상시험법 등이 있다.

#### 4.1 Stain Test

Stain test를 이용하여 인쇄모듈을 시험하는 방법에는 K&N 잉크 시험법, Croda 잉크 시험법, Porometrique Noir 잉크 시험법의 세 종류가 주로 사용되고 있다. 이들 잉크는 백색안료와 염료를 함유한 비건성유로 구성되어 있다. 이들 잉크의 특성은 Table 2에 나타내었다.

스테인 테스트를 할 경우에는 이들 잉크를 종이 위에 도피하고 일정한 시간이 경과한 다음 과량의 잉크를 제거하고 종이의 광반사율을 측정한다.

잉크의 흡수속도는 잉크 흡수 전후 종이의 광반사율

Table 2. Characteristics of inks used for stain test

Ink	Color	Time for testing	Penetration tendency
K&N	Bluish Gray	2 min	High
Croda	Red	0.5 min	Low
Porometrique Noir	Black	2 min, 10 sec	Medium

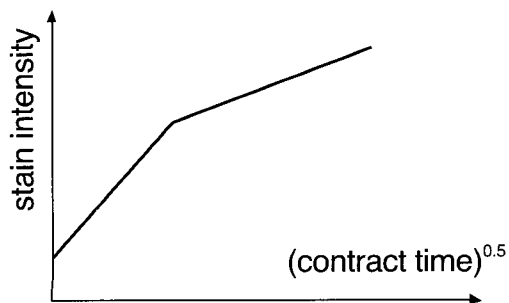


Fig. 8. Relationship between stain intensity and ink penetration time.

을 다음의 공식 [1]에 대입하여 계산한다.

$$\text{잉크 스테인의 농도} = (R_p - R_s)(100/R_p) \quad [1]$$

여기에서  $R_p$ 는 백지의 광반사율,  $R_s$ 는 잉크 흡수 후의 광반사율이다. 따라서 이 공식을 사용하면 잉크 흡수량이 증가할수록  $R_s$ 값이 저하하므로 잉크 스테인의 농도는 증가한다.

스테인 테스트에 사용되는 잉크의 흡수 특성을 흡수 시간을 변화시키면서 측정하면, Fig. 8에 보인 것과 같이 잉크 스테인의 농도와 시간의 제곱근 사이에 직선적인 관계가 얻어지며, 일정한 흡수시간에 도달하면 직선의 기울기가 급속히 변화된다.

Fig. 8의 y절편은 도공층 표면의 요철 정도를 의미하는 것으로 도공층의 표면이 거칠수록 그 값은 증가한다. 흡수시간이 적은 경우에 얻어지는 직선의 기울기는 도공층의 잉크 흡수성을 의미하며, 도공층의 잉크 흡수성이 클수록 기울기는 증가한다. 기울기가 급속히 저하된 부분은 도공층이 잉크로 포화된 다음 이를 통하여 원지층으로 잉크가 흡수되는 것을 의미한다.

Fig. 9는 세 종류의 도공지의 잉크 흡수성을 분석한 결과이다. 여기에서 보는 것과 같이 수퍼 칼렌다링 전의 종이가 수퍼 칼렌다링 후의 종이보다도 높은 y절편 값을 보이고 있다. 이는 수퍼 칼렌다링에 의해서 표면의 평활성이 크게 향상됨을 의미한다. 또 캐스트 코트지가 가장 높은 초기 잉크 흡수율을 보이고 있는데 이는 이 도공지가 도공층의 공극율이 높게 유지된 상태에서 제조되기 때문이다.

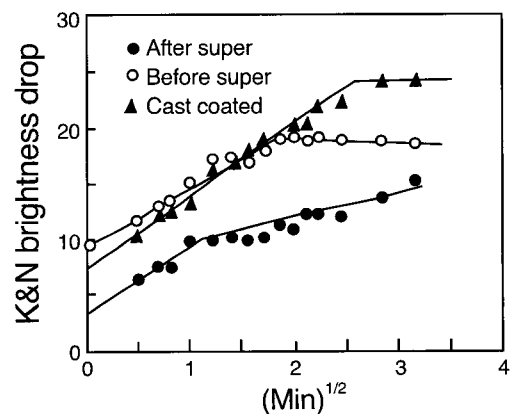


Fig. 9. Ink absorption characteristics of coated papers

## 4.2. 실험실적 인쇄시험법

인쇄모틀 평가에는 IGT 인쇄적성시험기나 Prufbau 인쇄적성시험기를 사용할 수도 있다. 이들 인쇄적성시험기로 back trap mottle을 평가하기 위해서는 두 번째 인쇄기상의 필름 스프리팅현상을 고무 디스크를 이용하여 모의 실험하는 것이 일반적이다. Fountain water mottle은 먼저 축임물을 종이에 가하고 인쇄함으로써 평가한다. 최근에는 인쇄판 화선부 상의 축임물 존재에 의한 인쇄모틀을 평가하기 위한 방안도 소개된 바 있다.

## 4.3. 화상분석법

인쇄물의 화상을 얻은 다음 이를 화상분석하여 잉크 농도의 변이계수 등을 Fast Fourier Transformation 방법 등을 활용하여 계산하면 모틀의 정도를 정량적으로 분석할 수 있다. 최근 들어 화상분석법을 이용한 인쇄모틀 평가가 점차로 일반화되고 있다.

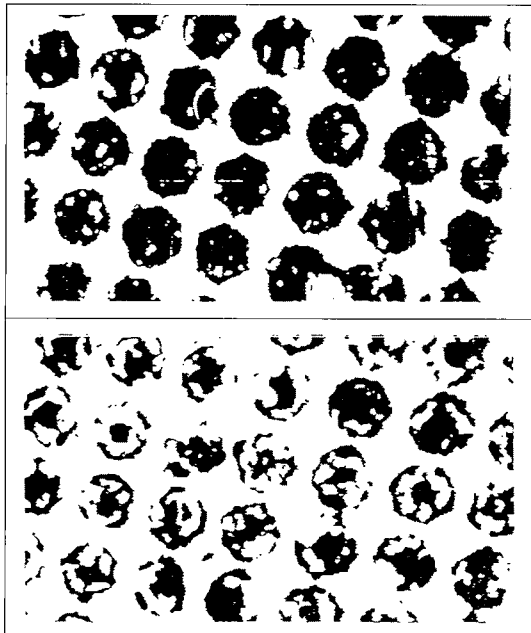


Fig. 10. Print mottle caused by the size variation of printed dots.

## 5. 도공지의 특성과 인쇄모틀

앞에서 살펴본 바와 같이 인쇄모틀이란 본질적으로 잉크의 전이와 흡수 특성 불균일에 의해 도공지 표면에 잉크가 불균일하게 존재하기 때문에 발생한다. 이는 Fig. 5의 (3)에서 본 바와 같이 잉크의 도피량 즉 피인쇄물 상의 잉크 두께가 불균일하거나 망점의 형태나 크기가 일정하지 않기 때문에 발생한다.

민인쇄면(solid tone area)의 경우에는 잉크의 밀도가 부분적으로 다르기 때문에 인쇄모틀이 발생하는 경우가 대부분이다. 즉 민인쇄면의 경우에는 어느 부분은 잉크의 농도가 높고 어느 부분은 농도가 낮게 인쇄되기 때문에 인쇄모틀로 인식되는 경우가 많다.

망점인쇄부의 경우에는 망점의 형태나 크기가 일정하지 않아서 인쇄모틀로 인식되는 경우와, 망점의 크기와 형태는 균일하더라도 각 망점의 잉크 농도가 다르기 때문에 인쇄모틀로 평가되는 경우가 있다. Fig. 10은 망점의 형태 및 크기 변화에 의해 발생한 인쇄모틀의 예를 보여주고 있다. Fig. 10의 아래에 위치한 망점은 위의 것에 비하여 크기가 작고 불규칙한 형태로 인쇄된 것을 알 수 있다. Fig. 11은 정상인쇄면과

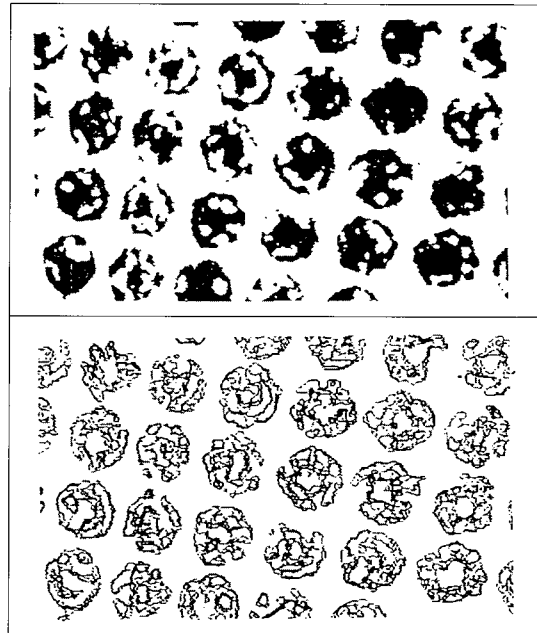


Fig. 11. Print mottle caused by the ink density difference. (Top: normal printed dots, Bottom: printed dots with low ink density due to improper ink transfer).

거의 동일한 망점 형태를 띠고 있으나 잉크의 농도가 낮아 인쇄모듈이 발생한 예를 보여주고 있다. 즉 동일한 형태의 망점일지라도 잉크의 전이량이 차이가 있으면 흐리게 감지된다.

잉크의 전이와 흡수 특성 불균일에 기인하는 인쇄모듈을 해결하기 위해서는 무엇보다도 도공지의 전평면에 걸쳐 균일한 도공층을 형성시키는 것이 중요하다. 즉 도공지의 물성이 전체적으로 완전히 균일하다면 도공지에 의한 인쇄모듈은 발생되지 않는다. 하지만 도공액이 도피되는 원인은 어떤 크기를 갖는 섬유와 이의 응집체에 의해 구성되어 있기 때문에 균일한 물질이 아니다. 따라서 완벽한 균일성을 갖는 도공층을 이러한 원지 상에 형성시킨다는 것은 본질적으로 불가능하다고 하겠다. 결과적으로 가능한 변이가 적은 도공층을 형성시키는 것이 인쇄모듈의 발생을 억제하기 위한 최선의 수단이라고 하겠다.

지금까지 인쇄모듈의 주된 원인으로 첫째, 부위에 따른 바인더 마이그레이션의 불균일성, 둘째, 부위에 따른 도공량의 변이가 지적된 바 있다.

여기에서는 인쇄모듈과 가장 밀접한 관련성이 있으며 일반적으로 널리 인정되고 있는 내용을 중심으로 의논하도록 하겠다.

### 5.1. 바인더 마이그레이션과 도공량 변이에 따른 인쇄모듈의 발생

망점인쇄된 인쇄면의 모듈은 Fig. 10에서 본 바와 같이 각 망점의 크기 변이에 의해서 인쇄모듈이 발생하는 경우와 Fig. 11에서 본 것과 같이 각 망점의 잉크 농도가 상이하기 때문에 인쇄모듈로 인식되는 경우가 있다. 특히 fountain water mottle의 경우에는 망점의 크기가 불균일하기 때문에 인쇄모듈로 인식되는 경향이 높다. 이는 Fig. 12에서 보는 것과 같이 세 종류 인쇄면상의 망점 면적을 분석한 결과에서도 잘 나타나고 있다. 육안적으로 볼 때 시료 C가 가장 모듈이 심한 것으로 판명되었으며 시료 A가 가장 우수한 인쇄상태로 판명되었다. 이는 망점의 크기 변이가 심할수록 인쇄모듈로 감지되는 경향이 높다는 것을 증명하고 있다.

Fig. 12에 나타난 세 도공지 표면의 바인더 변이를 조사한 결과 Fig. 13에서 보는 것과 같이 시료 A가 가장 균일한 반면 시료 C의 표면 바인더 함량이 가장 불균일하였다. 이는 변이계수(표준편차/평균) r값이 시료 C의 경우에 가장 컸다는 사실로도 알 수 있다. 따라서 Fig. 12와 13의 결과로부터 망점부의 인쇄모듈

은 도공지 표면의 바인더 분포가 불균일할 수록 크게 나타난다는 것을 알 수 있다. 도공액 상태에서는 바인더 함량이 균일하기 때문에 도공지 표면의 바인더 함량 변이가 발생한 이유는 원지 상에 도공액이 도피된 다음에 발생한 현상 즉 부분적인 바인더 마이그레이션의 차이에 기인한다고 볼 수 있다.

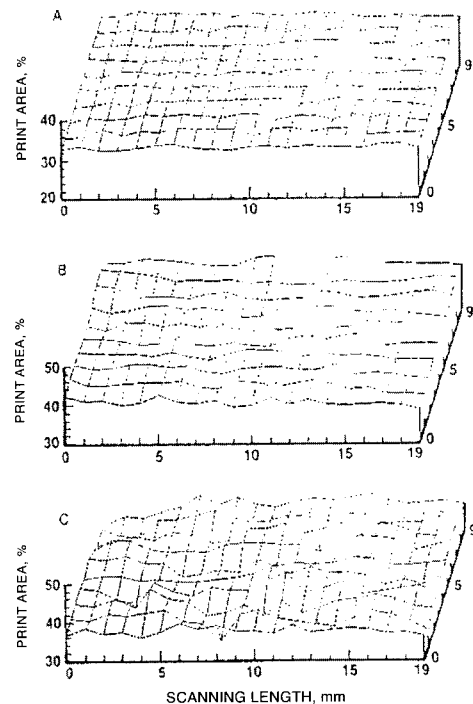


Fig. 12. Two dimensional profiles of the printed dot area in three samples.

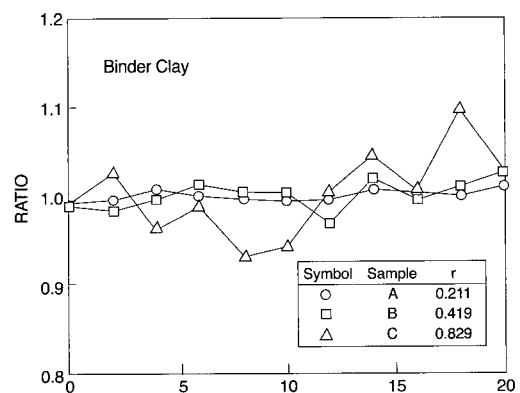


Fig. 13. Top surface profile of the ratio of binder:clay.

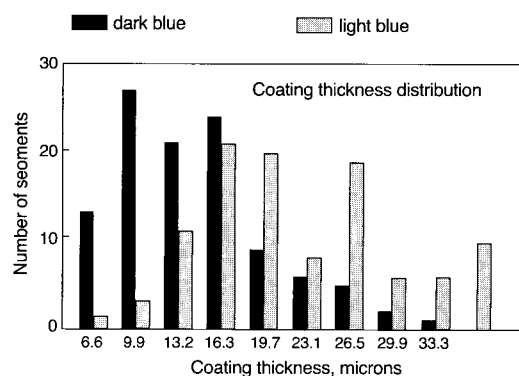


**Table 3. Latex binder contents and variation coefficients of normal printed area and mottled area**

	Mottle area		Normal printing area
	Light area	Dark area	
Latex binder content (relative value)	3884	3681	3615
Variation coefficient (%)	7.2	6.8	3.8

전술한 바와 같이 민인쇄면의 인쇄모틀은 진한 인쇄면과 연한 인쇄면이 동일 인쇄면상에 공존하는 경우에 발생한다. 그렇다면 과연 연한 인쇄면과 진한 인쇄면 가운데 문제를 야기시키는 부위는 어느 곳인지 알아야만 모틀의 발생 원인을 밝힐 수 있을 것이다. 이를 조사하기 위해서 Whalen-Shaw 등은 인쇄모틀이 발생된 도공지의 진한 인쇄면과 연한 인쇄면을 취하여 레이텍스의 함량을 조사하고 이를 모틀이 발생하지 않은 동일 도공지의 정상 인쇄면과 비교한 결과 Table 3과 같은 결과를 얻었다.

Table 3에서 보는 것과 같이 모틀이 발생한 인쇄면의 레이텍스 함량 변이계수는 정상인쇄면에 비해 크게 높음을 알 수 있다. 이는 Fig. 13의 결과와 일치하는 것이다. 또 인쇄모틀이 발생된 부위 가운데 진한 인쇄면의 레이텍스 함량이 정상 인쇄면과 비슷하지만 연한 인쇄면의 레이텍스 바인더 함량은 정상 인쇄면에 비해 크게 높음을 알 수 있다. 이는 연한 인쇄면이 비정상적인 인쇄 상태를 나타내고 있다는 것을 시사하고 있다. 즉 표층의 바인더 함량이 높은 표면은 잉크 흡수성이 저하되고 이에 따라 back trapping된 잉크량이 증가하여 연한 인쇄면으로 나타나게 되는 것이다.



**Fig. 14. Coating thickness distribution for light and dark blue printed areas.**

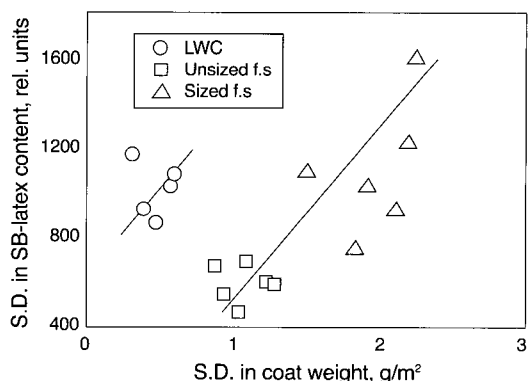
그렇다면 동일한 도공면에서도 부위에 따라 표층의 바인더 함량이 변화되는 이유는 무엇인가? 그 원인을 알아보기 위해서 Whalen-Shaw 등은 인쇄모틀이 발생한 도공지의 도공량 변이를 조사하였다. 그 결과 Fig. 14에서 보는 바와 같이 연한 인쇄면의 도공량이 진한 인쇄면에 비하여 크게 높다는 것이 밝혀졌다. 따라서 도공량이 높은 부분에서는 표층으로의 바인더 마이그레이션이 심하게 발생하고 결과적으로 잉크의 흡수성을 저하시켜 back trap mottle을 일으킨다는 것이 증명되었다.

Fig. 14의 결과는 화학펄프로 초지된 원지를 사용하여 얻어진 것이지만 전술한 현상은 woodfree sheet 뿐만 아니라 기계펄프를 함유한 원지의 경우에도 동일하게 나타남이 Engstrom 등의 연구결과 밝혀진 바 있다.

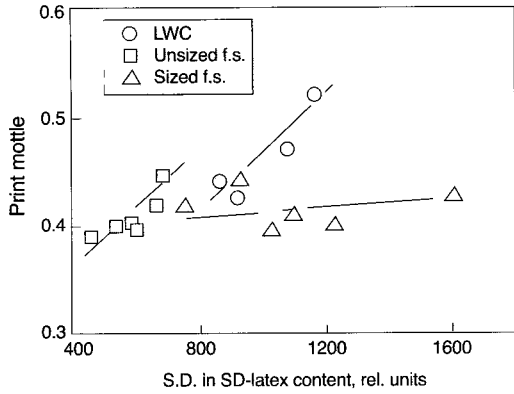
즉 Fig. 15와 16에서 보는 것과 같이 LWC 원지 및 woodfree sheet 모두 도공량 변이가 증가할수록 표층의 레이텍스 함량변이가 커지며 이는 인쇄모틀의 증가로 연결됨을 알 수 있다.

일반적으로 도공량의 증가는 Fig. 17에서 보는 것과 같이 곧 표층으로의 바인더 마이그레이션 증가를 발생시킨다. 따라서 동일한 도공면 상에 도공 층이 두꺼운 부분과 얇은 부분이 공존할 경우에는 도공량이 높은 부위에서의 표층 바인더 함량이 높게 되는 것은 명백하다고 할 수 있다. 그 이유는 두꺼운 도공층 부위에서는 건조공정에서 표면으로부터 증발되는 수분의 양이 증가하고, 이에 따라 더 많은 양의 바인더가 물과 함께 표층으로 마이그레이션되어 오기 때문이다.

아무리 지함이 우수한 종이라 할지라도 원지 표면에

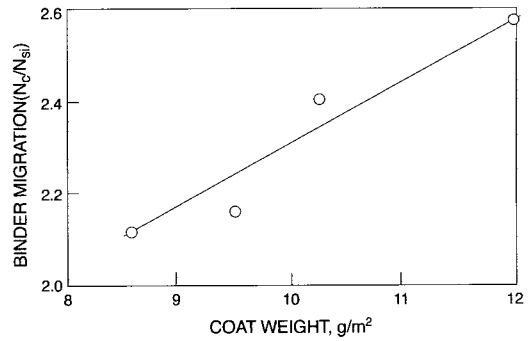


**Fig. 15. The standard deviation in SB-latex content in the coating surface as a function of the standard deviation in coat weight.**



**Fig. 16. The mottle in the offset print as a function of the standard deviation in SB-latex content in the coating surface.**

존재하는 요철에 의해 도공량 변이가 발생하는 것은 피할 수 없는 현실이다. 이러한 현상은 블레이드 코터와 같이 레벨링 코팅(levelling coating)을 하는 경우가 에어 나이프 코터와 같은 컨투어 코팅(countour coating)을 하는 경우보다 심하게 발생한다. 따라서 일정한 수준의 지합과 평활성을 갖는 원지를 코팅할 경우에 인쇄모듈을 최소화하기 위해서는 부분적인 도



**Fig. 17. Binder migration increase with increasing coating weight.**

공량 변이가 바인더 마이그레이션 변이로 연결되지 않도록 함으로써 표층의 바인더 함량 변이를 최소화시키는 방안을 모색할 필요가 있다.

여기에서 먼저 강조하고 싶은 점은 인쇄모듈이란 도공표면의 바인더함량 변이에 의해 발생하며 표층의 평균적인 바인더 함량과는 무관하다는 사실이다. (참고문헌은 "인쇄모듈의 발생원인과 대책-대책-" 부분에 있음).