

# 인쇄 모틀의 발생 원인과 대책

-대 책-

이 학 래†

(2002년 1월 24일 접수; 2002년 2월 12일 채택)

## How can we solve the problem of print mottle?

Hak Lae Lee†

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

### 1. 서 론

앞서 도공지를 평판옵셋인쇄기로 다색인쇄할 경우 인쇄모틀의 발생 원인과 그 평가방법을 살펴보고, 인쇄모틀이 도공지의 품질특성과 어떤 관련성을 갖는지 논의해 보았다.

여기에서는 도공지의 가장 큰 문제점의 하나인 인쇄모틀을 극복하기 위해 요구되는 도공지의 품질특성은 무엇이며 이를 달성하기 위한 방법에는 어떤 것이 있는가 생각해 보고자 한다.

### 2. 도공량과 고형분에 따른 도공층 두께 및 물의 분율

인쇄모틀이란 도공층 위에 전이된 잉크의 흡수가 불균일하게 발생할 경우에 나타나며 이는 바인더 마이그레이션과 도공층 두께의 불균일에 기인한다. 바인더 마이그레이션이란 도공액 내의 물이 이동하기 때문에 발생한다. 따라서 바인더 마이그레이션은 이동하는 물의 양과 그 속도에 의해 좌우된다.

도공액에 포함된 물은 원지의 흡수에 의해 원지 내부로 이동할 수 있으며, 건조과정 중에는 증발에 의해

도공표면으로 이동할 수 있다. 따라서 동일한 건조공정을 활용하는 경우에 도공액의 고형분이 높다면 바인더 마이그레이션은 그만큼 감소한다. 도공액의 고형분화와 관련된 사항은 많이 알려져 있기 때문에 생략하고, 건조 속도의 조절을 통한 바인더 마이그레이션 조절에 관해 Hagen의 분석을 기초로하여 논의해 보기로 하겠다.

도공액 내에 포함된 물의 분율( $V_w$ )은 다음 식 [1]에 의해 계산할 수 있다.

$$V_w = (1-S_c)/[1-S_c(1-R_d)] \quad [1]$$

여기에서  $S_c$  = 도공액의 고형분율  $R_d = 1/\text{고형분 평균밀도}$ 이다

습한 도공층(wet coating layer)의 이론적 두께( $t_c$ )는 도공량( $W_c$ )과 고형분율로부터 다음과 같이 계산할 수 있다.

즉  $W_c = t_c(1-V_w)/R_d$  이므로  $t_c = W_c R_d / (1-V_w)$ 로 쓸 수 있고 여기에 식 [1]을 대입하고 정리하면 다음 식 [2]가 얻어진다.

$$t_c = W_c [1-S_c(1-R_d)] / S_c \quad [2]$$

• 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

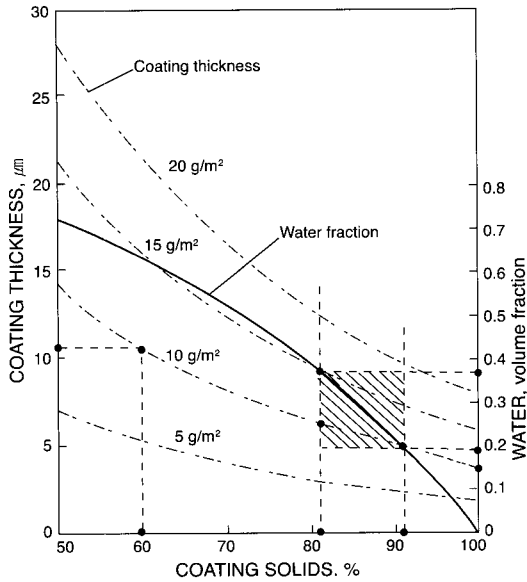


Fig. 1. Coating layer thickness and volume fraction of water in the coating layer vs. coating solids.

만약  $R_d$  값으로 0.4를 사용하면 도공액의 고형분과 도공량 변화에 따른 습윤 도공층의 두께와 물의 부피분율은 Fig. 1과 같게 된다.

도공층이 완전히 부동화된 상태에서의 도공층 내 물의 부피분율은 도공층의 공극율과 같은 0.2~0.37의 범위에 있을 것이므로 Fig. 1로부터 부동화된 도공층의 고형분은 81~91%의 범위에 존재할 것이라는 사실을 알 수 있다.

이로부터 건조 도공층의 두께를 구할 수가 있다. 예를 들어 도공량이 10g/m<sup>2</sup>의 경우에는 부동화된 상태의 도공층 두께가 5~6.4μm에 해당함을 Fig. 1로부터 알 수 있다. 또 고형분 60%에서의 습윤도공층의 두께는 10.6μm에 해당함도 알 수 있다. 도공량 10g/m<sup>2</sup>의 도공층이 완전히 건조되면 이론적으로 공극율 0의 도공고형분이 원지 상에 4μm 두께로 형성된 것과 같다. 다시 말하면 도공액의 고형분을 공극이 전혀 없는 상태에서 4μm의 두께로 원지 상에 도피하면 평량이 10g/m<sup>2</sup>가 되는 것이다. 따라서 고형분 60%의 도공액을 원지 상에 도피하였다면 이 때 물의 두께는 10.6μm - 4μm = 6.6μm가 된다. 이렇게 계산한 결과는 Fig. 2에 나타내었다.

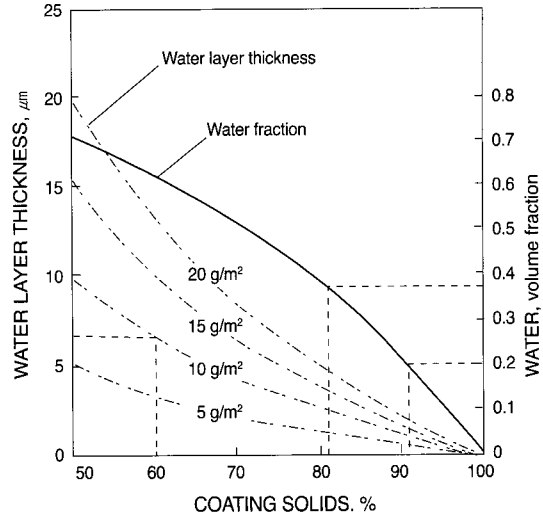


Fig. 2. Water layer thickness vs. coating solids.

### 3. 흡수현상에 따른 도공층의 구조 변화

일반적으로 백토의 두께는 0.2μm이고, 도공량이 10g/m<sup>2</sup>인 경우 완전 건조된 도공층의 두께는 4μm이므로 이 도공층에는 4μm/0.2μm = 20, 즉 20개의 백토 안료가 수직 방향으로 배열되어 있다. 또 전술한 바와 같이 평균적인 물의 두께는 고형분 60%, 도공량 10g/m<sup>2</sup>인 경우 6.6μm이므로 이를 21로 나누면(도피 직후에는 표층에도 수막이 존재하므로 20이 아니라 21로 나누어 평균 두께를 구함) 백토 안료 사이에 두께 약 0.31μm의 물층이 존재한다는 결과가 얻어진다. 일반적으로 레이텍스 바인더의 직경은 0.1~0.2μm이므로 고형분 60% 상태에서는 백토입자 사이에 존재하는 물의 두께가 바인더의 크기보다 크다(0.31μm > 0.1~0.2μm). 따라서 레이텍스 입자는 자유히 이동할 수 있다.

하지만 물이 제거되어 원지 상의 도공액 고형분이 부동화점인 81~91%에 도달하게 되면 Fig. 2에서 보는 바와 같이 물의 두께가 1.0~2.4μm로 감소된다. 이를 백토 사이의 평균 물두께로 환산하면(20으로 나누면) 0.05~0.12μm가 얻어진다. 그러므로 이 경우에는 백토 사이의 거리가 레이텍스 입경보다 가깝다. 따라서 레이텍스 바인더 입자는 백토에 의해 완전히 고정된 상태가 된다. 즉 부동화점 이후에는 레이텍스 바인더가 더 이상 마이그레이션 될 수 없다. 그러므로 부동화점 이후에는 아무리 건조 속도를 증가시켜도 바인더 마이그레이

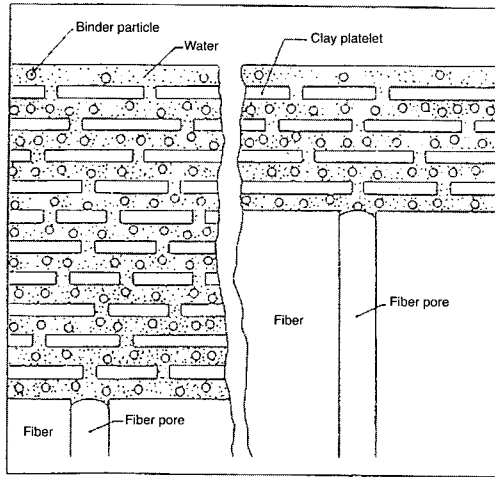


Fig. 3. Diagram of latex-bound coating immediately after the coating is applied.

이션은 발생하지 않는다. 따라서 이 단계 이후의 건조 속도는 인쇄모틀과 무관하다고 할 수 있다. 하지만 부동화 단계 이전의 건조 속도는 바인더 마이그레이션을 유발시키므로 적당하게 조절할 필요가 있다.

백토와 레이텍스 바인더로 구성된 도공액을 원지 상에 도피한 직후의 모식도를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에는 원지의 요철에 따른 도공량 변이를 나타내기 위해서 도공층을 크게 두 부분으로 구분하였다. 여기에서 보는 바와 같이 도피 직후에는 도공량이 높은 부분이나 낮은 부분할 것 없이 백토 입자 사이의 거리가 충분하기 때문에 레이텍스 입자는 자유롭게 움직일 수 있는 상태로 존재하고 있다.

만약 도공액 내의 물이 모세관 현상에 의해 원지 내부로 흡수되면 Fig. 4와 같은 결과가 나타난다. 여기에서 보는 것과 같이 레벨링 코팅이 행해진 원지의 볼록한 부분에는 도공량이 적은 관계로 물이 원지로 흡수되면 곧 부동화 상태에 도달하지만 도공량이 높은 부분에서는 아직도 부동화되지 않고 있다. 또 물이 원지로 흡수되어 백토 입자 사이에 물의 메니스커스가 발생하면 원지에 의한 물의 흡수는 더 이상 발생하지 않게되며 결과적으로 잔존하는 물은 모두 표면증발에 의해 제거되어야만 한다. 이때 부동화점에 도달하지 못한 도공량이 높은 부분에서는 건조과정 중 표층으로의 바인더 마이그레이션이 발생할 수 있다. 하지만 도공량이 적은 부분은 이미 부동화점을 지난 상태이므로 이곳에서의 바인더 마이그레이션은 발생하지 않는다. 따라서 도공 표면의 바인더 함량은 도공층이 두꺼운 부분에서 높게

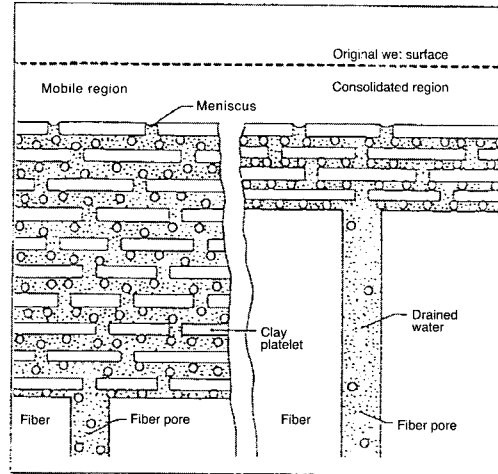


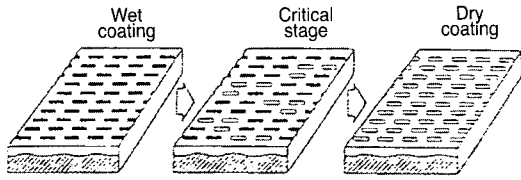
Fig. 4. Diagram of latex-bound coating after dewatering without drying.

되고 도공량이 적은 부분에서는 낮게 된다.

앞의 Fig. 3과 4를 살펴보면 동일한 도공액을 한 원지에 도피한 경우에도 원지의 요철에 따라서 부동화 현상의 발생 시점이 다를 수 있다는 것을 알 수 있다. 또 도공면 중 일부분이 부동화된 다음 건조가 과도한 속도로 진행되면 부동화점에 도달하지 못한 부위에서 바인더 마이그레이션이 표층으로 심하게 발생하여 부동화점에 도달한 부위에 비해 표면 바인더 함량이 크게 높아질 것이라는 사실을 예측할 수 있다. 이는 전술한 바와 같이 인쇄모틀로 연결될 것은 자명하다.

#### 4. 인쇄모틀을 감소시키기 위한 건조기술

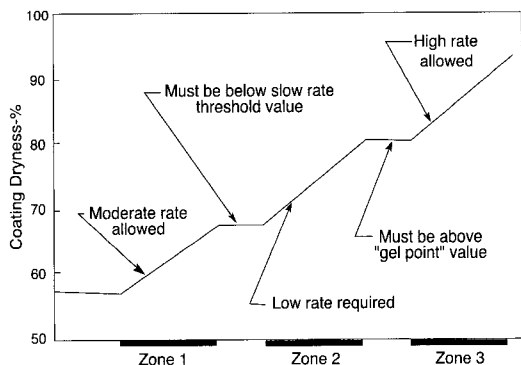
도공지의 건조과정은 Fig. 5에 보인 바와 같이 크게 세 단계로 구분해 볼 수 있다. Fig. 5의 왼쪽에 나타난 것과 같이 도공액이 원지 상에 도피된 직후에는 전체 도공면에 수막이 존재하고 있다. 즉 모든 도공층은 부동화점 이전의 상태로 존재한다. 하지만 시간이 경과함에 따라 원지에 의한 물의 흡수와 표면 증발이 발생하여 도공층의 고형분은 상승하며 부분적으로 부동화된 도공층이 나타나기 시작한다. 다시 말하면 도공층의 부동화란 전 도공표면에서 동시에 발생하는 것이 아니며, Fig. 5의 가운데에서 보는 바와 같이 부분적으로 발생되기 시작하는 것이다. 물론 원지의 흡수특성이 균일한 경우에는 Fig. 4에서 보인 바와 같이 도



**Fig. 5. Transition from completely wet surface over partially dried surface towards completely dry coating surface.**

공량이 낮은 부분부터 부동화된다. 이는 건조에 의한 표면 증발수분량은 전도공층에 걸쳐 균일하게 발생된다고 볼 수 있기 때문이다. 이러한 단계에서 건조속도를 높게 유지하면 표층으로의 바인더 마이그레이션이 부동화되지 못한 부분에서만 심하게 발생하고 결과적으로 건조 후 도공표면의 바인더 함량 변이는 증가한다. 따라서 도공액의 부동화가 부분적으로 진행되기 시작한 시점으로부터 전 도공면의 부동화가 완료되기까지는 건조속도를 낮게 유지하는 것이 인쇄모듈의 감소를 위해서 필요하다. 하지만 더욱 건조가 진행되어 도공면 전체가 부동화된 이후에는 아무리 건조 속도를 증가시켜도 바인더 마이그레이션이 발생하지 않기 때문에 건조속도를 임의로 상승시킬 수 있음은 전술한 바와 같다.

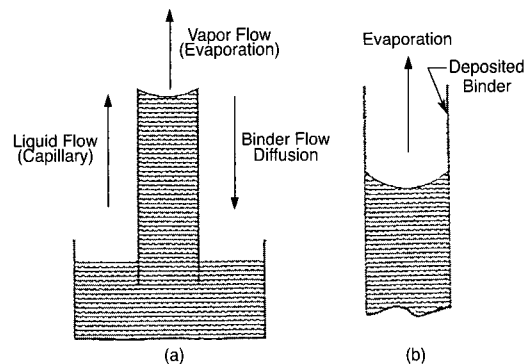
따라서 만약 3-zone dryer를 사용하는 경우에는 Fig. 6에 나타낸 것과 같은 건조 방식을 채택하는 것이 바람직하다. 즉 여기에서 보는 바와 같이 제2건조부에서는 저속건조를 행하여 부분적인 바인더 마이그레이션을 최소화 하는 것이 필요하다. 특히 제 2 건조



**Fig. 6. Typical calculated coating dryness profile for a starch bound formulation using a three zone dryer.**

부 입구에서는 부분적이거나 도공층의 부동화가 발생하지 않도록 하는 것이 필요하며, 제 2 건조부의 출구에서는 전 도공층의 부동화가 완료되어 있어야만 할 것이다. 도공액의 부동화가 발생하기 시작한 순간으로부터 완료된 시점까지의 고형분 범위는 critical solids range라고 칭한다. 만약 건조기의 구성이 Fig. 6과 다른 경우라 할지라도 critical solids range에서의 건조속도를 낮게 유지하는 것이 인쇄모듈의 발생억제를 위해 필요하다는 점은 동일하다.

그렇다면 이 critical solids range에서의 건조속도를 어떤 방법으로 낮게 유지시키는 것이 유리한지 생각해 볼 필요가 있다. 일 예를 들어 첫째, 단순히 건조기의 온도를 낮출 경우와, 둘째 건조기의 온도는 높게 유지하면서 관계습도를 높게함으로써 건조속도를 저하시킨 경우를 비교해보자. 이 두 경우 모두 표면으로부터 증발되는 수분의 양은 일정하다고 할지라도 도공층의 온도는 후자의 경우가 훨씬 높게 유지되고 있다. 도공층의 온도가 높으면 물의 점도가 저하하므로 물속의 전분 바인더의 확산이 더욱 용이하게 일어날 수 있다. Fig. 7에 도식적으로 나타낸 바와 같이 바인더 마이그레이션은 표면에서 증발되는 물을 보충하기 위해서 도공층 내부로부터 표면으로 이동되어 오는 물에 의해 발생한다. 하지만 마이그레이션에 의해 표면의 바인더 농도가 높아지면 바인더는 농도 경사에 의해 도공층 내부로 재확산되려는 경향을 나타낸다. 이 때 만약 물의 온도가 높다면 전분 바인더의 확산이 더욱 잘 일어나게 되고 결과적으로 마이그레이션의 영향은 감소될 수 있다. 레이텍스 바인더의 경우는 전분과는 달리 농도 경사에 의한 재확산은 발생하지 않는다. 하지만 도공층의 온도가 높으면 물의 전인력(drag force)이 약해지기 때



**Fig. 7. Relationship between evaporation, capillarity and diffusion.**

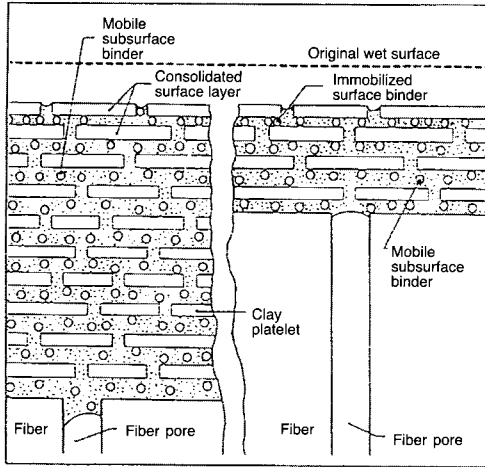


Fig. 8. Diagram of latex-bound coating after drying without dewatering.

문에 마이그레이션이 적게 발생한다. 따라서 인쇄모틀의 원인이 되는 도공지 표면의 바인더 함량 불균일성을 저하시키기 위해서는 저속 건조부의 온도는 높게 유지하면서 건조속도를 낮게 하는 것이 유리하다.

위에서 우리는 도공층의 부동화가 완료되면 건조 속도를 원하는 대로 변화시켜도 도공지의 품질특성에는 영향을 미치지 않는다는 것을 알았다. 하지만 critical solids range 이전 단계에서의 건조속도는 어떻게 조절하는 것이 좋은지 언급하지 않았다. 이를 살펴보기에 앞서 먼저 도공액 내의 물이 표면으로부터 증발될 경우에 발생하는 도공층의 구조변화 모델을 생각해 보기로 하겠다.

Fig. 8은 도공층 내의 물이 표면증발하는 경우에 발생하는 현상을 도식적으로 나타낸 것이다. 초기 건조속도가 높은 경우에는 물이 도공 표면으로부터 빠른 속도로 증발되기 때문에 Fig. 8에서 보는 것과 같이 도공표면에 존재하는 안료 입자 사이에 물의 메니스커스가 곧 형성된다. 물이 더 증발되면 표층의 안료 입자 사이에 있던 물이 우선적으로 제거되기 때문에 도공표면에 존재하는 안료의 수직거리가 가까워진다. 즉 표층에 위치한 안료는 부동화된 상태가 되지만 도공층 내부에서는 부동화가 발생되지 않는다. 특히 중요한 사실은 도공량의 대소에 관계없이 표층의 부동화가 균일하게 진행된다는 사실이다. 이는 다시 말하면 초기 건조속도를 증가시킬수록 건조 도공표면의 평균바인더 함량은 증가할지 모르지만 바인더 함량의 변이는 저하된다는 것을 뜻한다. 즉 초기 건조부의 건조속도를 높이는 것이 인쇄모틀의 방지에 유리하다 (Fig. 9).

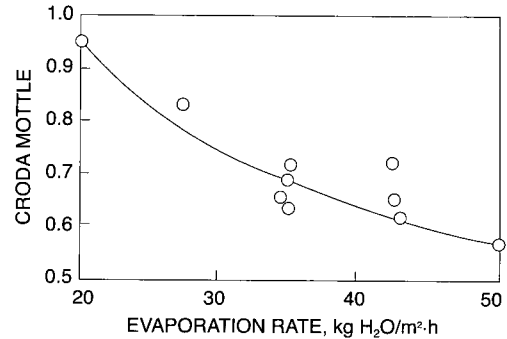


Fig. 9. Croda mottle as a function of evaporation rate. As evaporation rate increases, mottle decreases.

### 5. 인쇄모틀의 방지 대책

지금까지 인쇄모틀의 발생 원인과 이와 관련된 도공지의 품질 특성 및 건조공정에 대해서 살펴보았다. 전술한 내용으로부터 인쇄모틀을 방지하기 위한 방안을 충분히 유추해 볼 수 있었을 것이라고 생각되지만 이를 다시 정리하여 보고자 한다.

먼저 원지의 균일성이 무엇보다도 중요하다. 이는 지합의 균일성, 표면평활성, 사이징의 균일성 등을 포함한다. 앞서 살펴 본 것과 같이 도공량의 변이는 바인더 마이그레이션에 따른 도공지 평면상의 바인더 함량 불균일을 초래하는 주된 원인이 된다. 또 원지의 사이징도가 불균일하면 도공액의 흡수특성이 변화되므로 지합과 평활성이 양호한 원지라 할지라도 부동화점이 동시에 얻어지지 않아 인쇄모틀을 발생시킬 수 있다.

표층으로의 바인더 마이그레이션이 인쇄모틀의 주된 원인이라고 판단된 경우에는 이를 최소화하기 위해 도공액의 고고형분화를 고려할 필요가 있다. 하지만 일반적으로 블레이드 코터의 경우에는 이미 고고형분화된 도공액을 제조, 활용하고 있는 경우가 많기 때문에 현실적으로 무의미한 경우가 많다.

인쇄 잉크의 부동화를 촉진하는 것이 특히 back trap mottle의 방지에 효과가 크다. 이를 위해서는 도공층의 표면에 작은 요철이 다수 형성되도록 하며, 도공층의 공극율을 높게 유지시키는 것이 필요하다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 경질탄산칼슘이나 적절한 플라스틱 안료를 사용하는 것이 바람직하다. 경우에 따라서 바인더 함량을 저하시키는 방안도 활용할 수 있을 것이다. 이는 물론 인쇄 시 픽킹을 발생시키지 않는 한도에서 가능한 것이다.

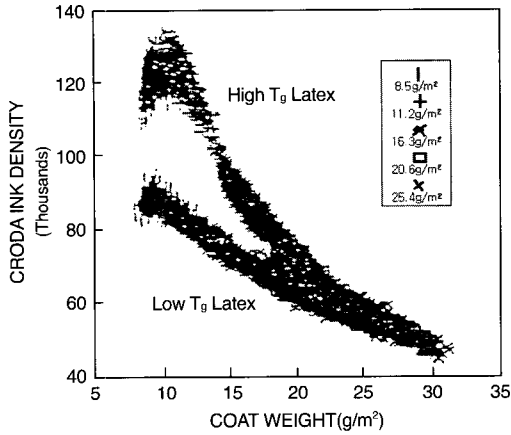


Fig. 10. The effect of the glass transition temperature of latex binders on croda ink density.

레이텍스 바인더는 잉크 비히클에 함유된 방향족 성분의 침투로 팽윤되어 특히 제 3,4색 인쇄기 상에서 불균일한 back trap splitting과 picking을 발생시키는 경우가 있다. 이의 방지를 위해서는 광물유에 대한 침투저항성이 있는 전분, 카제인, PVOH, CMC등을 2~3% 혼합하는 것이 바람직하다. 하지만 과량의 수용성 바인더가 첨가된 경우에는 이들의 마이그레이션 경향이 레이텍스에 비하여 높기 때문에 불리할 수 있다.

레이텍스 바인더 가운데에서는 유리전이온도가 낮은 것이 인쇄모듈을 나타내는 경향이 적다. 이는 Fig. 10에서 보는 것과 같이 Tg가 낮은 레이텍스를 활용할 경우 도공량의 변이에 따른 잉크흡수성 변이가 적게 발생하기 때문이다. 즉 Tg가 낮은 레이텍스를 사용하면 도공량의 변이가 있다 할지라도 인쇄모듈로 나타나는 경향이 훨씬 적게된다. 하지만 도공량이 25g/m²이 상인 경우에는 그 영향이 적다.

도공액에는 다양한 계면활성제가 혼합되고 있다. 특히 레이텍스의 유화제, 분산제, 소포제 등으로 사용되는 물질은 대부분 계면활성제이다. 이들이 도공층의 표면에 잔존하게 되면 도공지의 액체 흡수 특성이 크게 변화된다. 만약 축입물의 흡수성이 이들 계면활성제의 존재에 의해 크게 높아지게 된다면 인쇄판의 화선부에 존재하는 축입방울에 의한 fountain water mottle이 심각하게 발생할 가능성이 높다.

블레이드 코터의 경우 short dwell application (SDA)이 long dwell application(LDA)에 비하여 인쇄모듈을 저하시키는 경향이 있다. 이는 Fig. 11에서 보는 것과 같이 SDA를 사용하는 경우에는 LDA에 비

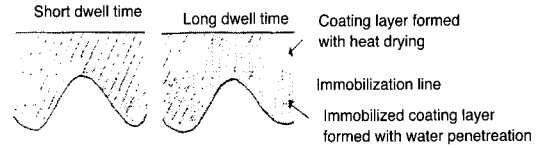


Fig. 11. Immobilization of coating layer for short dwell and long dwell time application.

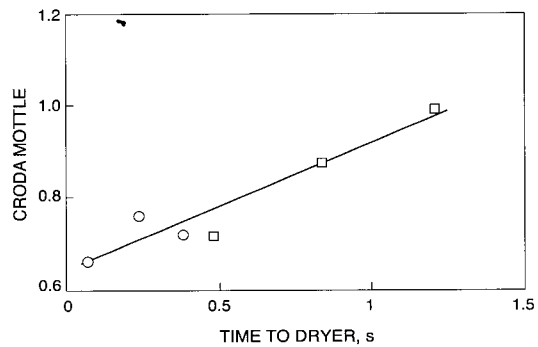


Fig.12. Croda mottle as a function of the time between coating application and entry into the dryer. When the dryer is located closer to the blade, the amount of water that can drain into the base paper before immobilization of the coating is minimized, which in turn leads to less mottle.

하여 건조부에 도달할 때까지 부동화가 적게 진행된 상태가 되기 때문이다. Fig. 11에서 보는 바와 같이 LDA의 경우에는 원지에 의한 물의 흡수에 의해 도공량이 낮은 부위는 건조부에 도달하기 이전에 부동화 상태에 도달하게 되지만 도공량이 높은 부분은 부동화 점보다 낮은 농도 상태에서 건조부로 옮겨지게 된다. 이와는 달리 SDA의 경우에는 모든 도공표면의 농도가 부동화점 이하인 상태로 건조가 시작된다. 즉 LDA에서는 도공표면의 레이텍스 부동화가 상온상태인 건조부 이전에 완료되는 부위와 고온의 건조부에서 발생하는 부위의 두 경우가 공존하지만 SDA를 활용하면 모든 부분에서의 부동화가 건조부에서 발생하므로 더 균일한 도공표면이 얻어지는 것이다.

위 Fig. 11의 결과는 블레이드로부터 건조부까지의 거리를 짧게 유지시키는 것이 유리하다는 것을 시사하고 있다. 이 경우에도 도공액 내의 물이 원지로 침투되는 양이 저하되므로 균일한 바인더 분포가 얻어질 수 있기 때문이다. 이는 Fig. 12에서 보는 바와 같이 실험적으로 확인된 바 있다.

또 앞에서 자세하게 논의한 바와 같이 부동화점 근처에서는 건조속도를 낮게 유지시키는 것이 좋다. 도공액의 부동화점은 안료의 조성, 바인더의 함량 등에 따라서 크게 변화하기 때문에 각 도공액의 조성에 따라 새로이 분석하는 것이 필요할 것이다. 지금까지 문헌상에는 고형분 73~91% 범위에서 부동화 현상이 발생한다고 보고된 바 있으며 부동화점 부근에서의 건조속도로 LWC의 경우  $5\text{kg}/\text{m}_2\text{h}$ 가 제시된 바 있다.

## 6. 결론

지금까지 도공지의 인쇄모틀이 발생하는 원인과 이와 관련된 도공지의 특성 및 도공공정에 관해 살펴 보았다. 인쇄품질의 요구도와 인쇄속도가 높아짐에 따라 앞으로 인쇄모틀과 관련된 크레임은 더욱 크게 증가할 것으로 예측된다.

이러한 문제가 발생하는 경우에는 먼저 그 원인을 명백히 밝혀내야만 올바른 조치를 취할 수 있을 것이다. 인쇄모틀 뿐만 아니라 모든 문제의 올바른 진단을 위해서는 그 현상에 대한 과학적인 이해가 선행되어야 할 것이다. 이것이 제지기술의 과학화가 필요한 이유라고 하겠다. 이를 위해서는 부단없는 자료 조사 및 분석과 아울러 인쇄업계와 제지업계간의 의견 교환이 요구된다. 하지만 이러한 정보를 각 제지공장에 알맞도록 재구성하고 현실화시키기 위해서는 제지기술자들의 끊임없는 문제의식 및 해결을 위한 노력이 필요하다고 생각된다.

## 참고 문헌

1. Arai, T., Yamasaki, K., Suzuki, T., Ogura, and Y. Sakai, Tappi J, 71(5):47 (1998).
2. Aschan, P.-J., Tappi 56(4):78 (1973).
3. Aschan, P.-J., Tappi J. 69(12):35 (1986).
4. Engstrom, G., I. Fineman, A. Persson, and R. Akesson, Tappi J. 65(11):81 (1982).
5. Engstrom, G., G. Strom, and P. Norrdahl, Tappi J. 70(12):45 (1987).
6. Engstrom, G., M. Rigdahl, J. Kline, and J. Ahlroos, 1991 TAPPI Coating Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, 169 (1991).
7. Falter, K.-A., and U. Schmitt, 1998 TAPPI Coating Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, 159 (1988).
8. Fugiwara, H., N. Fujisaki, I. Shimizu, and I. Kano, 1989 TAPPI Coating Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, 121 (1998).
9. Fugiwara, H., N. Fujisaki, and C. Kaga, 1991 TAPPI Coating Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta 179 (1991).
10. Gane, P.A.C., Paper Technology 20(4):34 (1989).
11. Hagen, K.G., Tappi J. 69(1):93 (1986).
12. Hagen, K.G., Tappi J. 72(5):77 (1989).
13. Hamada, T., J. Jap. Tappi 24 (6):303 (1970).
14. Isoard, J.C., 1983 TAPPI Coating Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, 143 (1983).
15. Kline, J.E., 1988 TAPPI Coating Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, 67 (1988).
16. Kruk, H., 1989 TAPPI Coating Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, 199 (1989).
17. Lafaye, J.F., G. Gervason, J.P. Maume, and P. Piette, Tappi J. 70(8) : 43 (1987).
18. Lee, H.L., Tappi J. 24(4):26 (1992).
19. Lepoutre, P., J.H. DeGrace, and P.J. Mangin, Tappi 62(5):33 (1979).
20. Lepoutre, P., and G. Means, Tappi 61(11):85 (1978).
21. Louman, H.W., 1991 TAPPI Coating Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, 505 (1991).
22. MacGregor, M.A., and E.T. Connors, Tappi J. 79(9):95 (1987).
23. Matsubayashi, H., and Y. Satio, 1992 TAPPI Coating Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, 161 (1992).
24. Middleton, J.D., and R. Groves, 'The Influence of Latex on Print Mottle', in 1987 PITA Paper Coating Conference Proceedings, PITA (1987).
25. Nishioka, T., K. Matsumoto, A. Uchida, and K. Fujita, 1986 TAPPI Coating Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, 55 (1986).
26. Norrdahl, P.C., Tappi J. 74(5):73 (1991).
27. Ranger, A.E., The Role of Fundamental Research in Papermaking (Ed. J. Brander) Mech. Eng. Publ., London, 685 (1983).
28. Saito, Y., H. Matsubayashi, Y. Takagishi, 1992 Pan-Pacific Pulp and Paper Technology Conference Proceedings, Book B, 45 (1992).
29. Thistlethwaite, R.H., 'Mottle Problems in Coating

- Layer' , in 1978 PITA Paper Coating Conference Proceedings, PITA (1987).
30. Voss, H., and W.E.Garber, Tappi 58(9):99 (1975).
31. Walker, W.C., Tappi 64(5):71 (1981).
32. Whalen-Shaw, M., and T.Eby, 1991 TAPPI Coating Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, 401 (1991).