

# 원지의 사이징 특성이 도공액의 침투에 미치는 영향

김봉용<sup>†</sup>

접수일(2013년 1월 21일), 수정일(2013년 2월 5일), 채택일(2013년 2월 7일)

## The Influence of Base Paper Sizing on Coating Penetration into Paper

Bong Yong Kim<sup>†</sup>

Received January 21, 2013; Received in revised form February 5, 2013; Accepted February 7, 2013

### ABSTRACT

The influences of heat treatment and surface sizing on coating penetration were studied using two types of commercial base papers. Dry oven was used for heat treatment and laboratory rod draw down coater was used for surface sizing and coating application. Coating penetration was evaluated by measuring the roughness of the backside of coating layer. The backside of the coating was exposed by dissolving the fibers in a cupriethylenedimine(CED) solution. The results showed that both heat treatment and surface sizing were the effective methods to increase sizing degree and to reduce coating penetration.

**Keywords** : Heat treatment, Surface sizing, Roughness, Coating penetration

### 1. 서 론

도공 공정에서는 안료가 배합된 수용액상의 도공액이 도공지의 외관품질과 인쇄적성의 향상을 위하여 원지에 도공되어 진다. 도공 시 도공액의 원지로의 침투 특성은 도공지의 품질을 좌우하는 중요한 요소이며 더욱이 도공 초기의 액체 침투 거동이 도공액의 부동화와 도공지의 품질에 결정적인 영향을 미치게 된다. 이러한 관점에서 원지 표면에서의 안료가 배합된 도공액의 침

투와 섬유액의 액체 흡수 거동에 대한 이해<sup>1)</sup>는 액체 침투 저항성과 도공 품질을 위해서 대단히 중요하다. 액체 침투 저항성의 결여는 도공액의 원지로의 과도한 침투나 빠른 이동의 원인이 될 수 있다. 그러나 안료 자체의 침투는 액상 물질의 침투와 상관하지 않을 수도 있다. 액체 침투 저항성을 조절하기 위하여 보수제의 첨가 등 도공액의 물성 변화를 생각할 수 있으나 원지의 표면처리<sup>2)</sup>도 하나의 좋은 방법이 될 수가 있다. 공장에서 생산되는 대부분의 도공용 원지는 내침사이징 또는 내침 및

• 경북대학교 농업생명과학대학 임산공학과(Dept. of Wood Science and Technology, College of Agriculture and Life Science, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea)

† 주저자(corresponding author) :E-mail: bykim@knu.ac.kr

경우에 따라 표면사이징을 병행하고 있으나 이러한 표면사이징 및 표면처리가 도공액의 침투 특성 및 도공지의 표면 특성에 미치는 영향에 대한 연구는 미미한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 공장에서 생산된 상업용 도공원지를 사용하여 원지의 열처리 및 표면사이징이 사이즈도 및 내수성에 미치는 영향과 이에 따른 도공시 도공액의 침투 특성을 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 도공원지

도공용 원지는 국내 제지사에서 도공용으로 제조된 평량 80 g/m<sup>2</sup> 및 200 g/m<sup>2</sup>의 2 종류의 중성지를 사용하였으며 원지의 기본적인 물성은 Table 1에 표시 하였다.

#### 2.1.2 사이징용 전분 및 도공액

표면사이징용 전분으로는 hydroxyethylated 전분을 5% 농도로 호화하여 사용하였으며 도공 안료는 kaolin clay No. 2, 바인더로는 SB라텍스(620 NA, Dow)를 사용하였다. 이때 도공액의 바인더 레벨은 7 pph, 도공액의 고형분 농도는 63%로 조절하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 기본실험

원지의 사이즈도 향상을 위한 열처리는 dry oven을 이용하여 100℃에서 일정시간 처리하였으며 표면사이징과 도공은 실험실용 rod coater를 사용하여 실시한 후 자연건조 하였고 캘린더 처리는 하지 않았다. 또한

Table 1. Properties of the base paper

Properties	A paper	B paper
Basis weight(g/m <sup>2</sup> )	80	200
Thickness(mm)	0.10	0.25
Void fraction	0.49	0.51
Apparent density(g/cm <sup>3</sup> )	0.81	0.80
Porosity(sec.)	41	48
Surface roughness(μm)	3.4	3.3
Sizing degree(Hercules, sec.)	65	11
Median pore diameter(μm)	3.4	3.6

흡수율은 원지를 상온의 물에 일정시간 침적 시킨 후 여분의 물을 흡수지로 닦아내고 침적 전후의 무게를 측정하여 계산하였고 Hercules 기기로 사이즈도를 측정하였으며 표면 거치름도는 Stylus profilometer (Alpha-step 200, Tencor instrument)를 이용하여 측정하였다.

#### 2.2.2 도공액 침투 실험

도공지 시편을 Cupriethylenediamine(CED) 용액에 침적시켜 원지인 섬유 부분을 용해시키고 도공층만 분리하였다.<sup>3)</sup> 도공지 시편을 CED 용액에 침적하기 전에는 시편의 셀로판테이프를 도공층 표면에 붙여 섬유 분리 후 도공층이 부스러지는 것을 방지하였다. 도공지 시편을 CED 용액에 침적시켜 30-40분간 가볍게 진동시키면 원지 부분인 섬유가 겔 형태로 변하고 이것을 물로 씻어 제거하면 도공층만을 얻을 수 있었다. 이렇게 얻어진 도공층 이면의 거치름도를 측정하여 도공액의 침투 특성을 평가하였다.<sup>4)</sup> 도공층 표면의 거치름도는 도공지 상태에서 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 열처리에 의한 원지의 내수성 변화

Fig. 1에는 dry oven 100℃에서 일정시간 열처리한 A, B원지의 사이즈도 변화 상태를 보여주고 있다. 열처리 시간이 증가하면 할수록 사이즈도가 서서히 증가하는 것을 알 수 있으며 24시간 정도 열처리를 하면 전혀 열처리를 하지 않은 원지보다 Hercules 사이즈도가 거의 2배 가까이 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한

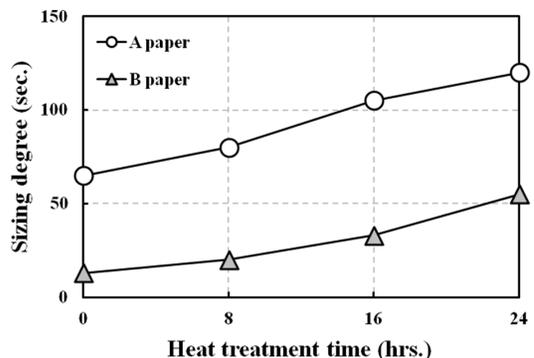


Fig. 1. Hercules sizing degree of base paper by heat treatment.

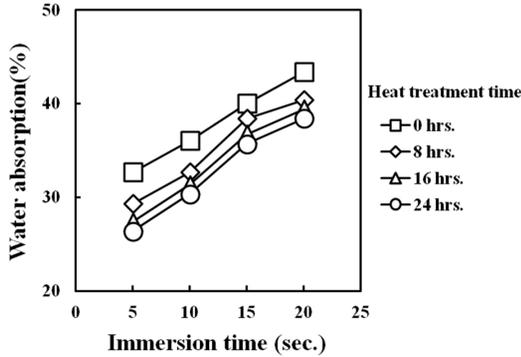


Fig. 2. Water absorption of A paper with change of immersion time.

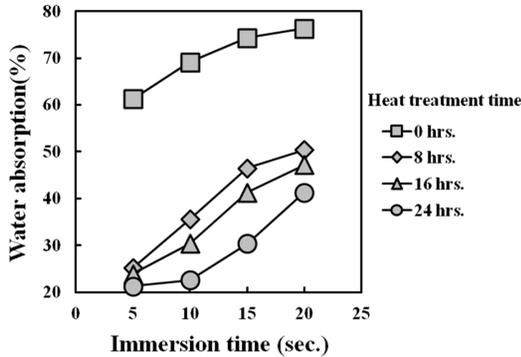


Fig. 3. Water absorption of B paper with change of immersion time.

현상은 친수성이 강한 섬유 표면이 열처리에 의해 상당히 각질화 및 소수화 되고 있음을 보여주고 있는 결과라고 할 수 있다. 종이의 열처리 방법은 후 가공 개념으로 종이의 표면형태를 변화시키지 않으면서 내수성 즉 사이징효과<sup>5)</sup>를 발휘 할 수 있다는 측면에서 표면사이징 보다 유효한 방법이 될 수도 있을 것이다. 이러한 방법으로 원지의 액체 저항성을 높이면 도공액의 원지의 침투 저항성도 높아 질 것으로 예측 된다. Fig. 2에는 평량이 80 g/m<sup>2</sup>인 A원지, Fig. 3에는 평량이 200 g/m<sup>2</sup>인 B원지를 열처리 시간을 다르게 한 시편을 만들어 물속에서 일정시간 침적 시키면서 침적시간에 따른 흡수율의 변화를 표시하였다. 전반적으로 침적시간이 길어짐에 따라 원지의 흡수율이 증가하고 있음을 알 수가 있다. A원지는 열처리 시간에 관계없이 침적시간이 길어짐에 따라 흡수율이 비슷한 양상으로 모두 서서히 증가

하는 경향을 보이고 있으나 평량이 2배 이상 높고 사이즈도가 낮은 B원지의 경우는 열처리를 많이 하여 흡수율이 낮은 종이가 열처리를 하지 않은 종이보다 침적시간이 증가 할수록 흡수율의 증가 속도가 약간 큰 경향을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 흡수율에 직접 관여하는 기공율과 사이즈도 중에서 Table 1에서 보면 기공률은 두 종류의 원지가 비슷하나 사이즈도가 A원지 65초, B원지 11초인 것을 감안하여 관찰하면 열처리 하지 않은 경우는 B원지가 흡수율이 상대적으로 훨씬 높게 나타나고 있으며 열처리에 의한 흡수율의 감소 효과도 사이즈도가 낮은 B원지가 크게 나타나고 있다. 이러한 결과로 미루어 보아 사이즈도가 낮은 종이가 열처리에 의한 내수성 향상 효과를 상대적으로 크게 볼 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.2 표면사이징에 의한 원지의 사이즈도 및 거치름도의 변화

Fig. 4에는 A원지, B원지 각각의 표면사이징 전후의 사이즈도 변화를 나타내었다. 모두 내침사이징이 되어 있는 원지로 Table 1에서 보는 바와 같이 기공율, 투기도 및 밀도 등은 A, B원지 서로 비슷하나 평량, 두께에서 차이가 나며 특히 사이즈도는 A원지가 65초로 B원지의 3배 가까이 높은 것을 알 수 있다. 표면사이징 후의 각각의 사이즈도를 보면 A원지는 125초, B원지는 35초로 증가하였다. 사이징 전후를 비교하면 초기 사이즈도가 낮고 평량이 높은 B원지가 A원지보다 사이즈도의 높은 증가율을 보이고 있다. 표면사이징의 사이징 효과는 원지의 표면상태, 내침사이징 정도, 기공률, 밀

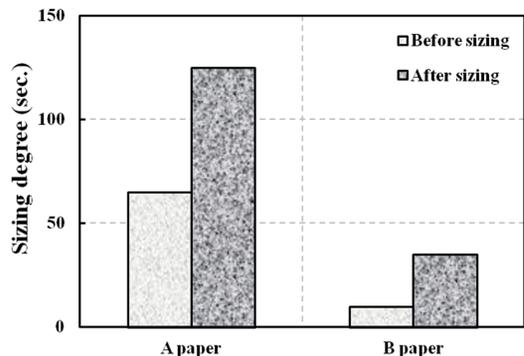


Fig. 4. Hercules sizing degree of base paper before and after surface sizing.

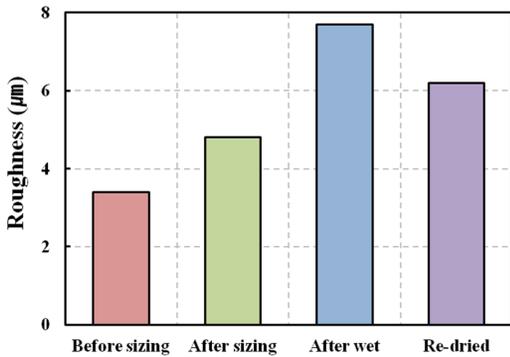


Fig. 5. Roughness of A paper before and after surface sizing, after wet and re-dried.

도 등의 영향을 광범위 하게 받게 되므로 정밀한 검토가 요구 되겠으나 경우에 따라서는 표면사이징이 내침사이징의 보조 효과를 초월하는 특수한 목적으로 사용할 수도 있을 것으로 예측된다. Fig. 5는 A원지의 표면사이징 전후, 표면사이징 한 원지를 물에 침적 후, 다시 재 건조 후의 표면 거치름도의 변화를 보여주고 있다. 여기에서 알 수 있듯이 표면사이징 후에 원지의 표면 평활 상태가 표면사이징 전보다 많이 나빠져 거치름도가 상당히 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 침투된 수분에 의한 섬유 팽윤 및 수소 결합의 파괴에 따른 섬유 직립(fiber rising) 등의 원인을 생각 할 수 있으며 본 실험을 통하여 액체 침투에 의한 원지의 거치름도 증가 정도를 직접 확인 할 수 있었다. 그러므로 표면사이징의 가장 큰 단점은 수분이 다량 함유된 사이징 액의 침투 및 재 건조에 의한 원지표면의 거치름도의 증가라

고 할 수 있다. 이러한 원지의 거치름도의 증가는 도공시 도공액의 침투에 부적합한 영향을 미치며 도공면의 거치름도 증가 원인이 되므로 원지의 표면사이징의 실시는 신중한 접근이 요구되며 특수한 경우는 원지의 표면상태의 변화가 전혀 없이 내수성을 증가 시킬 수 있는 열처리 방법이 더욱 유용한 현실적인 방법으로 생각되며 실제 적용 검토를 생각해 볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

### 3.3 원지의 열처리가 도공층의 거치름도에 미치는 영향

Fig. 6에는 A원지, Fig. 7에는 B원지를 일정시간 열처리 하여 사이즈도를 증가 시킨 원지를 도공한 경우에 도공층의 표면, 이면의 거치름도 변화를 표시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 도공층의 표면보다 이면의 거치름도가 상당히 높으며 열처리에 의해 사이즈도가 증가함에 따라 도공층의 표면, 이면의 거치름도가 서서히 감소하는 경향을 보이고 있으며 특히 도공 침투 특성을 평가하는 중요 지표가 되는 도공층 이면의 감소 변화가 큰 것을 알 수 있다. 또한 사이즈도가 낮고 평량이 높아 두께가 두꺼운 B원지가 A원지보다 원지의 사이즈도 증가에 따른 도공층 이면 거치름도의 감소폭이 큰 것을 알 수가 있다. 이러한 결과로 보아 과도한 도공액의 침투는 도공층의 이면은 물론이고 도공층 표면의 거치름도에도 영향을 미치어 전반적인 도공 품질에 관여하게 되므로 원지의 사이즈도를 적정하게 조정하는 것이 중요 하다고 할 수 있다. 원지의 대부분을 차지하는 섬

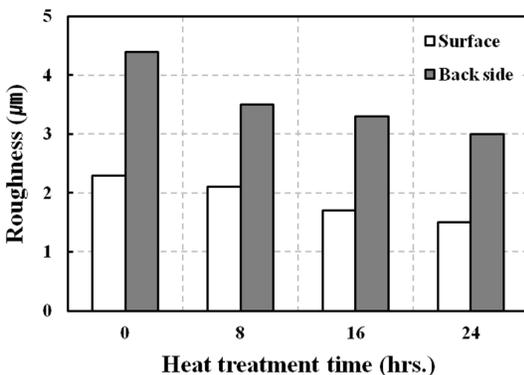


Fig. 6. Surface and back side roughness of coating layer for A paper by heat treated to increase sizing level.

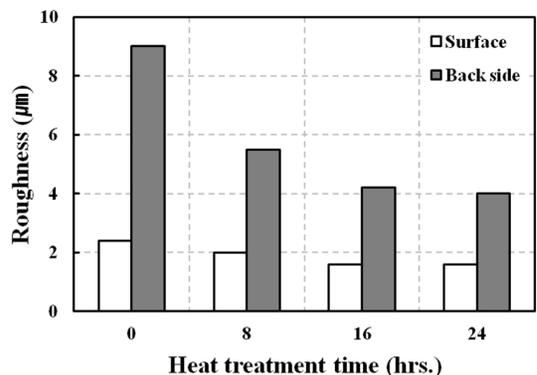


Fig. 7. Surface and back side roughness of coating layer for B paper by heat treated to increase sizing level.

유의 수분에 의한 팽윤에 의해 원지 표면의 기공이 작아 지거나 서서히 닫혀지므로 도공액 침투가 줄어들 수 있고<sup>4)</sup> 아울러 원지의 기공도, 흡수율 및 섬유 특성에 따라 도공액의 침투 특성이 영향을 받을 것으로 생각된다. 또한 Fig. 6, Fig. 7에서 확실하게 알 수 있듯이 열처리 하지 않은 원지의 경우 사이즈도가 낮아 도공액 침투가 많아지면 도공층 표면보다 특히 도공층 이면의 거치름도가 상당히 나빠지는 것으로 보아 도공액의 침투 현상 및 특성<sup>6)</sup>과 도공층 이면의 거치름도는 밀접한 상관관계를 가지고 있으며 이러한 도공층 이면의 거치름도를 이용한 도공액 침투의 평가방법은 유효한 방법이 될 수 있다고 판단된다.

### 3.4 원지의 표면사이징이 도공층의 거치름도에 미치는 영향

Fig. 8에는 표면사이징하기 전의 A, B원지를 도공한 도공층의 표면, 이면의 거치름도를 나타내었고 Fig. 9에는 표면사이징한 후의 A, B원지를 도공한 도공층의 표면, 이면의 거치름도를 측정된 결과를 표시하였다. Fig. 8에서 알 수 있듯이 표면사이징하기 전의 원지의 도공층의 경우는 내침사이징으로 사이즈도가 높은 A 원지가 사이즈도가 낮은 B원지보다 도공층 표면, 이면의 거치름도가 상당히 낮으며 사이즈도가 낮은 B원지의 경우는 도공층의 표면, 이면의 거치름도 차이가 많이 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 원지의 사이즈도가 낮은 경우는 도공액의 침투가 많아짐에 따라 도공층 이면의 거치름도 증대뿐만 아니라 여기에 영향을 받은 도공층 표면의 거치름도도 높아져서 도공지의 표면특성과 인쇄적성에 상당히 나쁜 영향을 미칠 가능

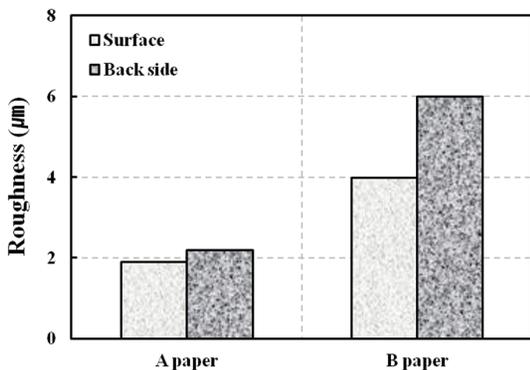


Fig. 8. Surface and back side roughness of coating layer before surface sizing of base paper.

성이 있으므로 도공 침투 특성을 감안한 적절한 원지의 내수성 확보가 대단히 중요하다는 것을 보여주고 있다.

Fig. 9에는 표면사이징한 원지를 도공한 경우에는 도공층의 표면, 이면의 거치름도가 상당히 증가하는 것을 보여주고 있으며 Fig. 10에는 내침사이징과 표면사이징한 원지를 도공한 도공층의 거치름도를 비교하여 표시하고 있으나 모두 표면사이징을 한 원지를 도공하면 도공층의 거치름도가 상당히 증가함을 알 수가 있다. 표면사이징은 사이즈도와 표면특성은 향상시킬 수 있으나 Fig. 4에서 알 수 있듯이 원지의 거치름도를 커지게 하는 결과를 초래하여 도공층의 거치름도에도 매우 나쁜 영향을 미치므로 도공 원지의 표면사이징 적용은

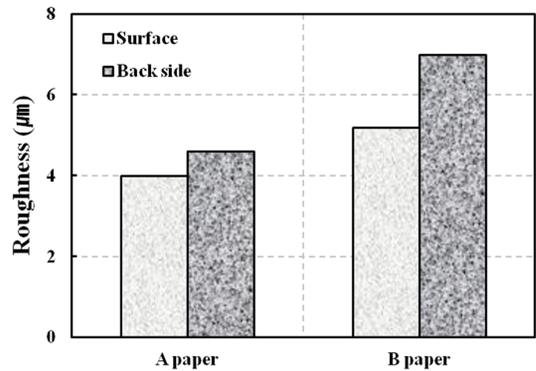
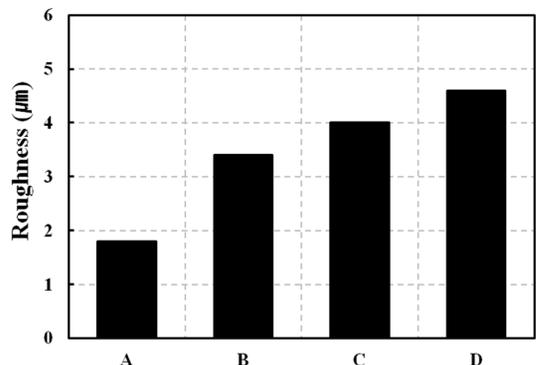


Fig. 9. Surface and back side roughness of coating layer after surface sizing of base paper.



A : coating surface of internal sized, B : back side of internal sized  
C : coating surface of surface sized, D : back side of surface sized

Fig. 10. Comparison of internal and surface sized coating roughness for A paper.

신중할 필요가 있다. 그러므로 도공원지는 특수한 경우를 제외하고는 표면사이징 보다는 내침사이징<sup>7)</sup> 및 열처리 등과 같은 원지의 변형 및 거치름도를 증가시키지 않는 방법으로 내수성을 증가시켜야 좋은 품질의 평활한 도공층을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

도공공정에서 도공액의 원지 내부로의 침투 거동 및 특성을 구명하는 것은 도공지의 품질향상과 품질의 안정성을 위하여 대단히 중요하다. 그러므로 본 연구에서는 도공용 원지를 열처리 및 표면사이징으로 내수성이 다른 원지를 만들어 도공을 실시하였으며 원지의 내수성 정도에 따른 도공층의 표면 및 이면의 거치름도 변화를 측정하여 도공액의 침투 특성을 평가하였다. 원지의 열처리에 의해서도 종이의 변형 및 표면의 평활성을 전혀 저해하지 않고 사이징 효과를 볼 수 있었으며 도공액의 침투 저항성 향상에도 효과가 있었다. 그러나 표면사이징은 사이즈도를 증가시키는 긍정적인 측면이 있으나 원지 자체의 거치름도를 증가시켜 결국에는 코팅층의 평활성을 나쁘게 할 수 있으므로 신중한 접근이 필요한 것으로 확인되었다. 이러한 결과로 보아 원지의 사이징처리 정도 뿐만 아니라 원지의 표면 거치름도도 도공액의 침투 특성에 영향을 미치는 중요한 인자인 것으로 판단되었다.

## 사 사

이 논문은 2012학년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

## 인용문헌

1. Salminen, P. J., Studies of water transport in paper during short contact time, Ph. D. theses, Laboratory of paper chemistry, Abo Academi, Turku, Finland(1988).
2. Adams, A. A., Effect of size press treatment on coating holdout, Tappi 66(5), 87(1983).
3. Dickson, R. J., Lepoutre, P., Mechanical interlocking in coating adhesion to paper, Tappi 80(11), 149-157(1997).
4. Akinli - Kocak, S., Heiningen, A. V., and Bousfield, D. W., The influence of fiber swelling on coating penetration, Tappi Coating conference preprint(2002).
5. Kim, B. Y., and Cheong, S. J., The influence of paper stock on characteristics of sizing, J. Korea TAPPI 37(2), 11-20(2005).
6. Clark, N. O., Windle, W., and Beazley, K. M., Liquid migration from coating colors, Tappi 53(12), 2232-2235(1970).
7. Kim, B. Y., and Bousfield, D. W., Characterization of base paper properties on coating penetration, J. Korea TAPPI 35(5), 17-25(2003).