Journal of Korea TAPPI
Vol. 46. No. 2, 2014, 16-21p
ISSN(Print) : 0253-3200
Printed in Korea
http://dx.doi.org/10.7584/ktappi.2014.46.2.016

도공원지의 특성에 따른 도공액 침투성 평가

김봉용†

접수일(2014년 2월 25일), 수정일(2014년 4월 20일), 채택일(2014년 4월 22일)

Investigation of Coating Color Penetration depending on the Properties of Base Paper

Bong Yong Kim†

Received February 25, 2014; Received in revised form April 20, 2014; Accepted April 22, 2014

ABSTRACT

Characteristics of coating color penetration into paper were elucidated using various types of pulps and pigments. A commercial paper, KP and TMP handsheets were used for base paper. Clay and GCC were used as coating pigment. Laboratory rod draw down coater was used for coating application. Coating color penetration was evaluated by measuring the roughness of surface and back side of a coating layer. The results of coating roughness showed that clay was much better than GCC as a coating pigment. In case of pulp type, KP base paper was more effective than TMP base paper to reduce coating penetration.

Keywords *: KP, TMP, Clay, GCC, Roughness, Coating color penetration*

1. 서 론

수용액상의 도공액이 원지 위에 도포되어지는 도공공정에서 도공액이 고체상의 원지로 이동되는 침투 특성은 도공지의 품질을 좌우하는 중요한 요소이다. 일반적인 도공액은 clay나 탄산칼슘과 같은 안료를 분산제의 도움으로 물속에서 슬러리로 만들고 여기에 바인더와 소량의 첨가제를 혼합하여 제조한다. 이렇게 제조된 도공액은 도공 시 피도공체인 원지로 일정시간 연속적으로 침투되어지며 이때 대부분의 안료는 원지 표면에 남아 도공층을 형성하나 상당부분의 액체는 도공층에서 이탈하여 원지 속으로 침투하게 되며 일부분의 안료도 원지의 기공 부분으로 빨려 들어가는 복합적인 침투 현상이 일어나게 된다. 이러한 도공액의 원지로의 침투과정에서 도공액의 레올로지 특성과 원지 표면의 흡액 거동은 도공액의 초기 부동화와 도공지의 품질에 중요한 영향을 미치게 된다. 그러므로 안료가 배합된 도공액의 원지 표면으로의 침투와 원지 펄프의 액체

• 경북대학교 농업생명과학대학 임산공학과(Dept. of Wood Science and Technology, College of Agriculture and Life Science, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea)
† 교신저자(corresponding author) :E-mail; bykim@knu.ac.kr

흡수 거동에 대한 이해[1]는 액체 침투 저항성의 조절과 도공 품질의 확보를 위하여 대단히 중요하다. 액체 침투 저항성의 결여는 도공액의 원지로의 신속한 이동이나 과도한 침투의 원인이 되어 도공 품질을 저하시킬 수가 있다. 액체 침투 저항성을 조절하기 위하여 안료의 가공 및 배합, 보수제의 첨가에 의한 도공액의 물성 변화를 시도해 보는 것과 원지의 펄프 종류에 따른 특성 변환 및 사이징처리[2] 등도 하나의 좋은 방법이 될 수가 있다. 그러나 원지를 구성하는 펄프 종류 및 도공액의 안료 형태가 도공액의 침투 거동에 미치는 영향에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 펄프 및 안료의 종류에 따른 도공액의 원지로의 침투 특성에 대하여 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공용 원지

도공용 원지는 제지공장에서 도공용으로 생산된 평량 80 g/m^2(H-80)의 중성지, 상업용 LBKP(KP) 및 표백 열기계펄프(TMP)를 고해를 하지 않은 상태로 TAPPI 표준법 205에 따라 실험실에서 제조한 평량 70 g/m^{2}의 각각의 수초지를 사용하였다. 사용된 3종류 도공원지의 기본적인 물성은 Table 1에 표시하였다.

2.1.2 사이징용 약품 및 도공액의 제조

내첨사이즈제로는 AKD 에멀전을 이용하였으며 표면사이징용 전분으로는 hydroxyethylated 전분을 5% 농도로 호화하여 온도를 65℃로 유지시키면서 사용하였다. 도공용 안료는 Imerys사의 kaolin clay(평균입자경 1.8 ㎛) 및 GCC(평균입자경 2.0 ㎛)의 2 종류를, 그리고 바인더로는 SB라텍스(620NA, Dow)를 사용하였다. 이때 분산제는 0.1 pph 투입하였으며 도공액의 바인더 레벨은 7 pph, 도공액의 고형분 농도는 63%로 조절하였다. 기타 첨가제는 사용하지 않았다.

2.2 실험방법

2.2.1 사이징 및 도공

H-80 원지의 사이즈도 향상을 위한 열처리는 dry oven을 이용하여 100℃에서 24시간 실시하였으며 KP, TMP 원지는 AKD를 0.1% 내첨사이징 하였다. 원지의 표면사이징과 도공은 실험실용 3번 rod coater를 사용하여 실시한 후 자연건조 하였고 캘린더 처리는 하지 않았다.

2.2.2 사이즈도 및 거칠음도 측정

사이즈도 측정은 Hercules 기기를 이용하였으며 도공층 표면, 이면의 거칠음도는 Stylus profilometer (Alpha-step200, Tencor instrument)를 사용하여 측정하였다. 거칠음도 측정시 scan 하는 힘은 7 mg, scan 길이는 2000 ㎛, scan 시간은 40초 이었다.

2.2.3 도공층 분리 및 도공액 침투 특성 평가

도공을 한 도공지에서 도공층의 분리 실험은 도공지의 시편을 cupriethylenediamine(CED)용액에 침적시켜 원지인 섬유 부분을 용해시키고 도공층만을 분리하였다.[3] 도공지 시편을 CED용액에 침적하기 전에는 시판의 셀로판테이프를 도공층 표면에 부쳐 섬유 분리 후 도공층이 부스러지는 것을 방지하였다. 도공지 시편을 CED용액에 침적시켜 30-40분간 가볍게 진동시키면 원지 부분인 섬유가 겔 상태로 변하고 이것을 물로 씻

Table 1. Properties of base paper

Properties	H-80 paper	KP paper	TMP paper
Basis weight(g/m^2)	80	70	70
Thickness(㎜)	0.100	0.140	0.250
Apparent density(g/cm^3)	0.81	0.50	0.34
Void fraction	0.49	0.67	0.77
Porosity(sec)	41	3	67
Surface roughness(㎛)	3.4	3.2	3.8
Size degree (Hercules, sec)	65	276	42

어 제거하면 도공층만을 얻을 수 있었다. 이렇게 얻어진 도공층의 이면 거칠음도를 측정하여 도공액의 원지로의 침투 특성을 평가하였다.[4] 도공층 표면의 거칠음도는 도공지 상태에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 안료가 도공층의 거칠음도에 미치는 영향

Fig. 1과 Fig. 2 에는 국내 제지공장에서 도공용으로 생산된 종이(H-80)를 원지로 사용하여 clay, GCC를 각각 안료로 사용한 도공액을 도포하였을 경우의 도공층 표면과 이면의 거칠음도 변화를 표시하였다. 같은 안료 사용에 있어서 도공층 이면의 거칠음도가 도공층 표면의 거칠음도 보다 거의 2배 가까이 높음을 알 수 있다. 이것은 도공시 도공액의 원지로의 침투가 활발히 일어나고 있어 도공층과 원지가 접촉하는 계면상에서 액체 이동에 따른 안료 각 성분의 재배치로 인한 복합된 현상들이 도공층 이면의 거칠음도를 특히 높이는 요인으로 생각 할 수 있다.[5] Fig. 1 및 Fig. 2에서 안료에 따른 거칠음도의 변화를 관찰하여 보면 도공층 표면과 이면 모두 GCC 도공액이 clay 도공액의 경우보다 거칠음도가 크게 나타나고 있는 것을 알 수 있으며 특히 도공층 이면의 거칠음도는 GCC의 경우가 clay 도공액보다 더욱 크게 높아져 있음을 알 수가 있다. 일반적으로 안료도공은 clay 도공이라고 불릴 정도로 도공적성 및 평활성, 은폐성 등의 품질이 우수한 clay가 많이 사용되어 왔으나 최근에는 안료의 생산량에 관련된 원가 등의 문제로 GCC가 더 많이 사용되고 있는 실정이다. 형태학적으로 clay는 대부분 육각판상의 모양을 하고 있으며 또한 편평비(aspect ratio)가 커서 표면 피복성이 좋은 반면에 일반적인 GCC는 무정형 형태로 되어 있으며 이러한 형태적 특성도 도공액의 침투 특성에 미치는 주요한 요인으로 판단된다. 본 실험에서 clay 도공액의 도공층 이면 거칠음도가 GCC 도공층보다 작은 결과로 보아 clay 도공액의 원지로의 침투가 GCC 도공액보다 적게 일어난다고 생각 할 수 있으며 아울러 도공층 표면의 평활성도 clay 안료가 GCC 안료보다 좋은 것으로 나타나 도공액의 원지로의 침투 현상은 도공층 이면뿐만 아니라 크기는 작지만 표면에도 비슷한 영향을 미치므로 적정 안료의 선택과 도공액 침투의 적절한 조절에 의해 도공지의 표면 평활성을 향상 시킬 수 있음을 알 수 있었다. Fig. 1, Fig. 2에서 C, D의 경우는 H-80 원지를 24시간 열처리 하고 난 후에 clay, GCC 도공액을 도공한 경우의 도공층 표면과 이면의 거칠음도 변화를 보여주고 있다. 열처리 하기 전의 H-80 원지의 Hercules 사이즈도는 65초 이었으나 열처리 후는 117초로 사이즈도가 2배 가까이 증가하였다. 열처리한 원지를 사용한 경우의 도공층 표면, 이면의 거칠음도는 열처리 전보다 모두 작아짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 열처리에 의에 섬유의 소수화가 초래되고 원지의 흡수성이 저하되는 현상에 기인하는 것으로 사이징처리에 의해 원지 흡수성을 적절하게 조절함으로써 도공액의 과도한 침투를 방지하며 도공층 표면의 평활성 유지에도 도움이 될 것으로 판단된다.

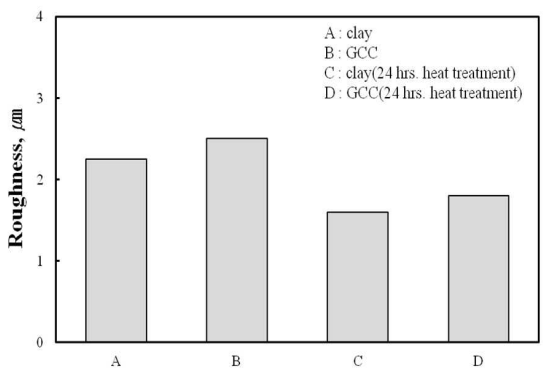

Fig. 1. Surface roughness of coating layers before and after heat treatment of H-80 paper for clay and GCC pigments.

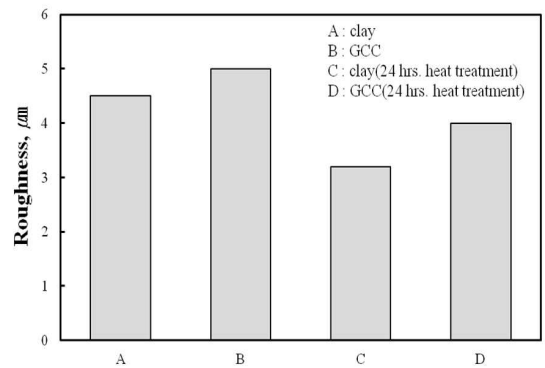

Fig. 2. Back side roughness of coating layers before and after heat treatment of H-80 paper for clay and GCC pigments.

3.2 펄프 및 안료에 의한 도공층의 거칠음도 변화

Fig. 3과 Fig. 4 에는 KP 수초지를 원지로 사용하고 clay, GCC를 각각 사용한 도공액을 원지표면에 도포하였을 경우의 도공층 표면과 이면의 거칠음도 변화를 나타내었다. A, B 의 경우는 원지를 사이징 하지 않은 경우이고 C, D 는 AKD 0.1% 첨가하여 내첨사이징을 하였다. Table 1에서 보는바와 같이 KP 원지의 표면 거칠음도는 3.2 ㎛ 로서 세 종류의 원지 중 가장 낮은 거칠음도 값을 가지고 있다. Fig. 3, Fig. 4에서 알 수 있듯이 KP 원지의 경우도 GCC 도공액이 clay 도공액보다 도공층의 표면, 이면의 거칠음도가 높은 것으로 보아 GCC 도공액의 도공 침투가 clay 도공액보다 많이 일어났음을 추정할 수 있다. 또한 도공액의 침투 특성이 도공층 이면은 물론이고 도공층 표면의 거칠음도를 높이는 요인이 될 수 있었음을 재차 확인할 수 있었다. KP 원지의 사이징 전의 Hercules 사이즈도는 0초이었으나 AKD 0.1% 로 내첨사이징한 후에는 사이즈도가 276초로 상당히 높았다. 내첨사이징한 KP 원지를 사용하였을 시도 GCC 도공액이 clay 도공액보다 도공층의 거칠음도가 높게 나타남을 알 수 있었다. 그러나 사이징 처리를 하지 않은 원지보다 사이징 처리를 했을 때 도공층의 거칠음도가 많이 저하된 수치를 보여주고 있으며 또한 도공층 표면과 이면의 거침름도의 차이는 약간 크게 됨을 알 수 있었다. Fig. 5, Fig. 6 에는 TMP 수초지를 원지로 사용하였을 경우의 clay, GCC 도공액의 도공층 거칠음도를 표시하였다. Table 1에서 알 수 있듯이 TMP 원지는 KP 원지, H-80 원지에 비해 밀도가 낮고 기공이 많으며 원지 자체의 표면 거칠음도가 높은 특징을 가지고 있다. TMP 원지는 전반적으로 KP 원지에 비해 clay, GCC를 각각 사용한 도공액 모두 도공층의 표면과 이면의 거칠음도가 상당히 높음을 알 수 있었으며 특히 도공층 이면의 거칠음도는 TMP 원지 사용의 경우가 KP 원지보다 2배 정도 높은 수치를 보여주었다. 또한 TMP 원지 사용의 경우는 KP 원지, H-80 원지와 다르게 GCC 도공층이 clay 도공층보다 거칠음도가 약간 낮은 특이한 현상을 보여 주고 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 안료의 특성보다는 소수성 물질인 리그닌 함량이 높고 벌키(bulky)하며 기공이 크고 기공률이 높은 TMP 원지의 특성에 기인하는 현상이라고 생각된다.[6)]

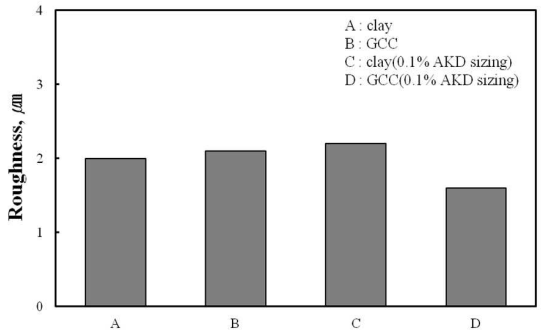

Fig. 3. Surface roughness of coating layers before and after AKD sizing of KP paper for clay and GCC pigments.

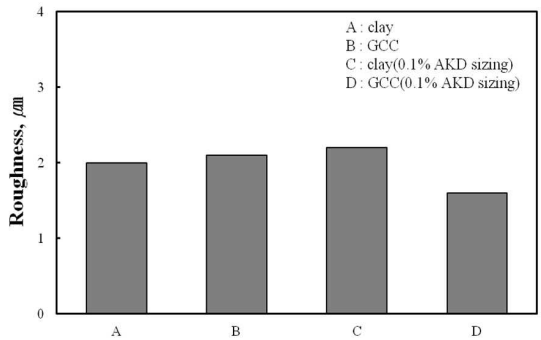

Fig. 4. Back side roughness of coating layers before and after AKD sizing of KP paper for clay and GCC pigments.

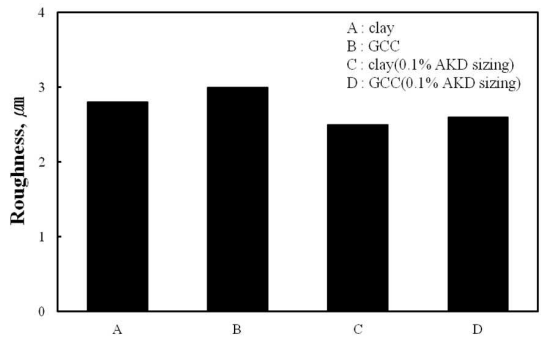

Fig. 5. Surface roughness of coating layers before and after AKD sizing of TMP paper for clay and GCC pigments.

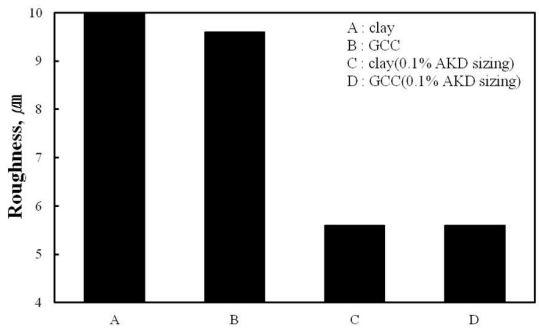

Fig. 6. Back side roughness of coating layers before and after AKD sizing of TMP paper for clay and GCC pigments.

AKD 1% 를 내첨사이징한 후의 TMP 원지의 사이즈도는 0초에서 42초로 향상되었는데 이렇게 사이징한 TMP 원지를 사용하였을 경우에도 사이징하지 않은 원지보다 도공층의 거칠음도가 감소하는 일반적인 현상을 보여 주었다. 그러나 TMP 원지의 도공층 이면의 거칠음도의 경우는 2종류 도공액 모두 사이징 전보다 사이징 후의 경우가 거의 절반 정도로 감소되어 KP 원지와 비교해서 TMP 원지의 사이징효과가 상당히 큰 것을 확인 할 수 있었다. 또한 TMP 원지의 경우는 KP 원지와는 다르게 clay와 GCC를 각각 사용하여 도공지를 제조하였을 경우 도공액 간의 도공층의 거칠음도 차이가 거의 없음을 관찰 할 수 있었으며 이러한 결과로 보아 섬유특성, 기공률, 사이즈도 및 밀도 등의 원지의 특성이 도공액 침투에 영향을 미치는 중요한 인자[6]임을 확인 할 수 있었다.

3.3 표면사이징 및 안료에 의한 도공층의 거칠음도 변화

Fig. 7에는 제지공장에서 생산된 도공용 원지(H-80)를 표면사이징한 후, 이 원지에 clay, GCC를 각각 안료로 사용한 2종류의 도공액을 도공한 도공층의 표면과 이면의 거칠음도를 측정하여 나타내었다. GCC 도공이 clay 도공보다 도공층의 거칠음도가 높은 일반적인 경향을 보여주고 있으나 Fig. 1, Fig. 2 에 나타난 것과 같이 표면사이징을 하기 전의 원지를 사용한 경우보다 도공층의 표면 거칠음도가 특히 많이 증가한 경향을 보이고 있다. 표면사이징 후의 원지의 사이즈도가 65초에서 125초로 증가하였음에도 불구하고 표면사이징 시 원지 자체의 거칠음도 증가가 도공층 표면 거칠음도 증가에 영향을 미친 것으로 판단되어 도공시 원지의 표면사이징의 적용은 신중한 접근이 필요함을 알 수 있었다. Fig. 8에는 표면사이징한 KP 원지, Fig. 9에는 표면사이징한 TMP 원지를 사용한 경우의 도공층의 거칠음도를 표시하였다. 모두 clay 도공이 GCC 도공보다 거칠음도가 낮게 나타난 것으로 보아 clay 도공이 보다 좋은 표면 특성을 보여주고 있음을 알 수 있다. 표면사이징을 하였을 때 KP 원지는 사이즈도가 0초에서 2초, TMP 원지는 0초에서 145초로 증가하여 표면사이징 적성에도 차이가 있었으며 KP 원지는 표면사이징의 효율 향상을 위하여 내첨사이징이 우선되어야 함을 보여 주었다. KP, TMP 원지도 H-80 원지와 마찬가지로 표면사이징 후에 도공하였을 경우에 특히 도공층 표면의 거칠음도가 많이 증가하는 경향을 알 수 있었으며 또한 GCC 도공의 경우가 clay 도공보다 도공층 표면과 이면의 거칠음도 차이가 커짐을 관찰할 수 있었다.

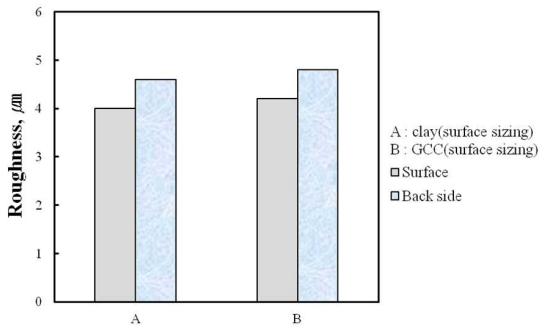

Fig. 7. Surface and back side roughness of coating layers after surface sizing of H-80 paper for clay and GCC pigments.

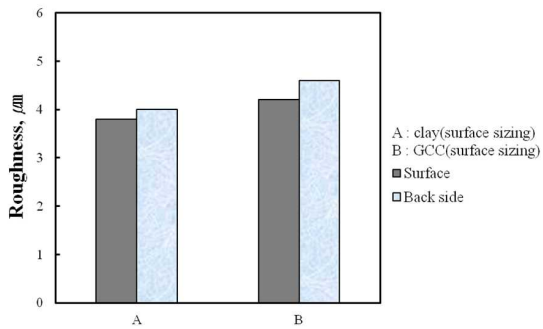

Fig. 8. Surface and back side roughness of coating layers after surface sizing of KP paper for clay and GCC pigments.

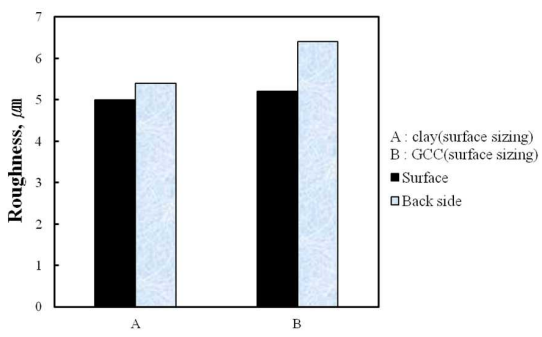

Fig. 9. Surface and back side roughness of coating layers after surface sizing of TMP paper for clay and GCC pigments.

4. 결 론

도공지 제조공정에서 도공액의 원지로의 침투 저항성 및 침투 특성을 구명하는 것은 도공지의 품질향상과 품질의 안정성을 위하여 대단히 중요하다. 그러므로 본 연구는 원지의 주원료인 펄프와 도공액의 주성분인 도공안료의 특성이 도공액의 침투 특성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 수행되었다. 실험에서는 종류가 다른 펄프를 사용하여 만든 원지 위에 안료를 달리하여 만든 도공액을 도공한 후에 도공층을 분리하여 얻어진 도공층의 표면 및 이면의 거칠음도의 변화를 관찰하여 도공액의 침투 특성을 평가하였다. 전반적으로 clay 안료 도공액이 GCC 도공액보다 도공층의 거칠음도의 변화가 적고 표면성이 좋은 것으로 보아 clay 안료가 GCC 안료보다 도공액의 침투 특성 및 저항성에 좋은 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 또한 펄프 종류에 따라서는 TMP 원지의 경우가 KP 원지보다 도공액의 침투가 크게 나타났으나 표면사이징에 의한 도공액 침투 저항성의 효과는 TMP 원지가 좋은 것을 확인할 수 있었다.

사 사

이 논문은 2012학년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

Literature Cited

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 J. 66(5) : 87(1983).
3. Dickson, R. J., Lepoutre, P., Mechanical interlocking in coating adhesion to paper, Tappi J. 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. Clark, N. O., Windle, W., and Beazley, K. M., Liquid migration from coating colors, Tappi J. 53(12) : 2232-2235(1970).
6. Kim, B. Y., and Bousfield, D. W., Characterization of base paper properties on coating penetration, Journal of Korea TAPPI 35(5) : 17-25(2003).