

고농도 도공과 원지의 흡수특성이 인쇄모틀에 미치는 영향

—PEA Module를 이용한 인쇄모틀 평가—

유성종^{*1} · 조병욱^{*2} · 김용식^{*1} · 이용규[†] · 이세현
(2007년 1월 25일 접수: 2007년 5월 22일 채택)

Effect of High Solid Coating and Water Absorption Uniformity of Base Paper on Print Mottle

—Evaluation of print mottle with PEA module—

Sung-Jong Yoo^{*1}, Byoung-Uk Cho^{*2}, Yong-Sik Kim^{*1}, Yong-Kyu Lee[†] and Se-Hyun Lee
(Received January 25, 2007: Accepted May 22, 2007)

ABSTRACT

PEA(Print Evenness Analyzer) Module can be utilized as a tool to evaluate print mottle. The tester is designed to measure the uniformity of liquid penetration into paper at very short contact time. To evaluate effects of base paper properties on print mottle, the experiments were performed with 3 types of base paper whose sizing degree, roughness and porosity were varied. Coated papers were produced with high solid coating color (70%) and low solid coating color (67%). Uniformity of water absorption into base paper and coated paper was measured with PEA. It was found that, in order to minimize print mottle, base paper shall be produced with a high sizing degree and low roughness and the concentration of coating color shall be kept as high as possible, providing that it has proper rheology properties for coating process.

Keywords : *print mottle, high solid coating, base paper water absorption*

• 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea)

*1 EN paper 주식회사(En paper Co. LTD, Nueup-dong Osan-si, Gyeonggi-do, 447-160, Korea)

*2 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과 창강제지연구소(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea)

† 주저자(Corresponding Author): E-mail: yklee@kangwon.ac.kr

1. 서론

최근 국내/외에서 도공지의 고백색화에 대한 관심이 높아지면서 Clay의 사용량을 줄이고, GCC(Ground Calcium Carbonate, 중질탄산칼슘)나 PCC(Precipitated Calcium Carbonate, 경질탄산칼슘) 같은 고백색 안료의 사용량을 늘려서 형광증백제의 사용량을 최소화하려는 연구검토가 가속화 되고 있다.^{1,2)} 건조부에서 건조 효율 개선 효과가 우수하고 가격이 비교적 저렴한 GCC의 사용량을 증가시킴으로써 원가절감의 효과도 기대된다. 또한 Clay 투입량이 줄어들면 필연적으로 나타나는 백지광택의 저하 문제와 표면 roughness가 높아지는 문제를 도공액의 고형분 함량을 높여서 보완하려는 시도가 이루어지고 있다.²⁾ 고농도 도공시 안료의 배합비율 변화는 도공층의 구조 변화 및 건조 조건의 변화를 일으킨다.

인쇄모틀의 발생 원인은 ink나 물의 흡수에 기인한 것이 약 9%, 인쇄공정의 오류에 의해 발생하는 것이 약 16% 그리고 피 인쇄체인 종이에 의한 것이 약 75%정도 인 것으로 알려져 있다. 또한 비 도공지가 아니라 도공지에서 거의 98% 인쇄모틀이 발생하는 것으로 보고되어 있다.³⁾ 인쇄모틀의 원인을 도공층에서 살펴보면, 첫째 원지의 불균일성으로 인한 부위별 도공량의 변이와 둘째 도공층 두께 방향에서 바인더의 불균일한 분포에 기인한다고 보고되었다.⁴⁾

따라서 이러한 도공지 제조 조건의 변화가 인쇄모틀에 미치는 영향에 대한 연구가 요구된다. 더 나아가 인쇄모틀이 적게 발생하는 도공지를 생산하기 위한 원지의 조건에 대한 검토가 이루어져야 할 것이다. 본 연구에서는 고농도 도공과 원지의 흡수특성이 인쇄모틀에 미치는 영향을 PEA(Print Evenness Analyzer) 초음파 Module을 이용하여 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 안료

본 연구에서 사용한 도공안료는 국내에서 주로 사용하는 도공용 GCC (Setacarb-K ; 오미야) 제품을 사용하였으며, Clay는 #1 Clay(Ultra Gloss LV ; 앵겔하드)를 사용하였다. 각 안료들의 특성은 Table 1과 같다.

2.1.2 바인더

본 연구에 사용한 바인더는 SB(Styrene-butadien)계 라텍스(KSL-202 ; 금호석유화학)를 사용하였으며, 바인더의 자체 특성은 Table 2와 같다.

2.1.3 유동성 개량제

도공액 제조시 Synthetic thickner(JT-35B ; 정원화

Table 1. Properties of pigments

| Pigments | %, <0.23 μ m | %, <0.55 μ m | %, <1.09 μ m | %, <2.15 μ m | Surface Area m ² /cm ³ | Mean Particles diameter(d50%) |
|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|---|----------------------------------|
| GCC | 0.00 | 5.94 | 56.29 | 97.58 | 7.471 | 1.021 |
| Clay | 23.60 | 65.18 | 68.31 | 79.65 | 19.051 | 0.366 |

Table 2. Properties of latex

| Binder | Surface Tension(dyne/cm) | Viscosity(cPs) | Tg(°C) | Gel Contents(%) | Particle Size(Å) |
|--------|--------------------------|----------------|--------|-----------------|------------------|
| Latex | 55.0 | 200 | 2 | 83 | 1600 |

Table 3. Specifications of thickener and rheology modifier

| Series | Chemical composition | Ionic charge | Type |
|---------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Synthetic thickener | Acrylate copolymer | Anion | Alkali swellable |
| Rheology modifier | Acrylate copolymer | Weak cation/ Amphoteric | Absorbed on pigment surface |

학)와 rheology modifier (Revcoat - 753B ; 정원화학)를 사용하였으며, 이들 특성은 Table 3과 같다.

2.2 실험방법

2.2.1 원지 제조

원지의 흡수 특성을 평가하기 위해 Table 4와 같이 사이징 조건을 다르게 한 원지 3종 (155 g/m², 공장제조 샘플)을 사용하였으며, 사이징 된 3종 원지의 물성을 Table 5에서 보여준다. Smoothness는 왕연식 측정기

Table 4. Internal and surface sizing conditions

| Components | BP Series | | |
|-------------------------------|-----------|------|------|
| | BP-A | BP-B | BP-C |
| Internal Sizing (AKD)-%/Pulp | 0.4 | 0.1 | 0.2 |
| Surface Sizing (SAA)-%/starch | 0.0 | 2.0 | 0.0 |

* AKD (Alkyl Ketene Dimer), SAA (Styrene Acrylic Acid)

* Surface sizing pick up : 8 g/m² on both sides

를 사용하였고, roughness는 L&W PPS 측정기를 사용하였다.

BP-A는 사이즈도가 가장 높았고 표면 roughness가 BP-B보다는 낮았으나 BP-C보다 다소 높게 나타났다. BP-B는 사이즈도는 가장 낮고 roughness가 가장 높아서 인쇄모틀에 가장 불리한 특성을 보일 것으로 추정되었다. 그리고 BP-C는 사이즈도는 낮으나 smoothness가 가장 우수하게 나타났다.

2.2.2 농도 변화별 도공액 및 도공지 제조

저농도 도공액은 67%로 제조하였고 고농도 도공액은 70%로 제조하였다. 도공액의 배합비는 Table 6에 나타내었다. 각 농도에서 F1 배합과 F3 배합은 알카리 팽윤형의 synthetic thickener를 사용하였고, F2와 F4 배합은 rheology modifier를 적용하였다. 조제된 도공액의 물성은 Table 7에서 보여준다. 조제된 도공액의 유동특성은 허큘리스 고전단점도계 DV-10을 이용하여 측정 하였다. 도공액 보수성은 ÅA-GWR을 이용하였다.

Table 5. Properties of base papers

| Series | Unit | BP-A | BP-B | BP-C |
|----------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|
| Base paper grammage | g/m ² | 154.3 | 154.1 | 154.6 |
| Thickness | μm | 204.7 | 203.8 | 200.1 |
| Bulk | cm ³ /g | 1.33 | 1.32 | 1.29 |
| Density | g/cm ³ | 0.75 | 0.76 | 0.77 |
| Stöckigt size degree | sec | 9.45 | 2.17 | 2.40 |
| Cobb size degree(30 sec, 100 cc) | g/m ² | 129 | 201 | 231 |
| HST(Hercules Size Tester) | sec | 32 | 1.1 | 1.1 |
| Smoothness | sec | 22.3 | 17.3 | 27.3 |
| Roughness-1 MPa | μm | 6.39 | 7.37 | 5.90 |
| Porosity(Gurley, 100 cc) | sec | 26.2 | 31.3 | 26.8 |

Table 6. Coating color formulations

| Components | Series | Low solid coating form. | | High solid coating form. | |
|---------------------|--------|-------------------------|------|--------------------------|------|
| | | F1 | F2 | F3 | F4 |
| GCC | | 65 | 65 | 80 | 80 |
| Clay | | 35 | 35 | 20 | 20 |
| Rheology modifier | | - | 0.4 | - | 0.4 |
| Synthetic thickener | | 0.15 | - | 0.05 | - |
| Latex | | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 |
| Solids content (%) | | 67 | 67 | 70 | 70 |

Table 7. Properties of coating colors

| Series | Low solid coating | | High solid coating | |
|---|-------------------|-------|--------------------|-------|
| | F1 | F2 | F3 | F4 |
| Low Shear Viscosity(cPs) (Brookfield viscometer-60 rpm) | 2909 | 2809 | 3300 | 3200 |
| High Shear Viscosity(cPs) (Hercules viscometer-6600 rpm) | 39.6 | 29.0 | 41.1 | 46.9 |
| Water retention : g/m ² (2 atm, 1 min) | 145.0 | 145.0 | 198.8 | 111.3 |
| Solids content (%) | 67.0 | | 70.0 | |

도공액은 각 농도에서 저전단 점도가 유사하도록 조제하였다. 그 결과 F2(저농도, rheology modifier 사용)의 경우 F1(저농도, synthetic thickener 사용)과 유사한 water retention 값을 나타내었고, 우수한 고전단 점도 특성을 나타내었다. 고농도 도공액에서 F3 (synthetic thickener 사용)의 경우 고전단 점도는 다소 우수하나 보수성은 지나치게 떨어졌다.

도공지의 제조는 실험용 매엽 Coater(SMT사: 일본)를 이용하여 편면 20 g/m², IR 방사량 15% 그리고 열풍 조건은 온도 150°C에서 7 sec 동안 건조하였다. 도공한 후 선압 1.125 kgf/cm로 칼렌더(KRK; 일본) 처리하였다.

2.3 흡수거동 평가방법

원지 및 도공지의 흡수거동은 PEA(Print Evenness Analyzer) Module을 이용하여 측정하였다. PEA는 초음파를 방출하는 transmitter와 횡방향으로 1 mm 간격마다 32개의 센서가 장착된 receiver로 구성되어 있다

(Fig.1). Sample holder에 시편을 붙여 PEA의 measuring cell에 넣으면 종이 샘플로 물이 흡수, 침투된다. Transmitter에서 방출된 초음파는 종이 샘플을 통과하여 receiver에서 측정되고, 물의 침투 정도에 따라서 측정되는 초음파의 세기가 변화된다. Receiver에서 측정된 데이터를 컴퓨터에서 처리하여 모니터에 1 mm 간격마다 종이의 흡수도를 나타내어준다.

일반적인 인쇄속도를 고려하여, 1초 이하의 짧은 시간 영역에서 흡수거동을 측정/평가 하였으며, 불균일한 흡수로 인한 초음파 세기의 부위별 표준편차를 mottle index로 나타냈다.⁵⁻⁷⁾

3. 결과 및 고찰

3.1 원지 흡수 거동 평가

Fig. 2는 PEA module을 이용하여 측정한 각 원지 샘플들의 시간별 흡수거동을 나타내고 있다. 0.1 sec 영역에서는 사이즈도가 낮고, 표면 smoothness특성이 떨어지는 BP-B가 부위별 흡수거동이 불균일했으며, BP-C의 경우도 0.8 sec와 1.0 sec에서 흡수거동이 불균일하게 변했다. 이에 반해, BP-B, C 대비 사이즈도가 높고, BP-C보다는 roughness가 다소 높으나 BP-B보다는 낮은 BP-A의 흡수거동이 가장 균일하였다.⁴⁾ 0.1 sec 간격으로 각 원지별 흡수거동의 표준편차를 나타낸 Fig. 3을 보면 BP-B의 경우 0.5 sec 이내의 짧은 시간 영역에서 급격히 불균일한 흡수거동을 일으키는 것을 볼 수 있고, 0.5 sec 이상의 영역에서는 균일한 흡수거동으로 변해가는 것을 볼 수 있다. 이는 이미 0.5 sec 이내의 영역에서 거의 흡수과정이 완료되었기 때문인 것으로 사료

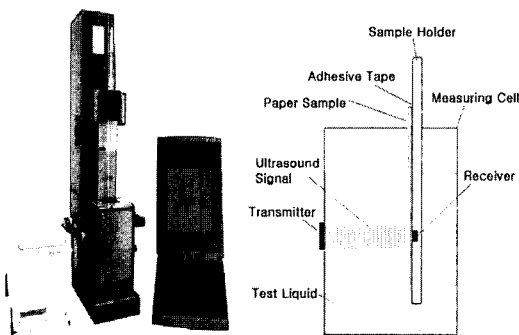


Fig. 1. Principle of PEA(Print Evenness Analyzer) module.

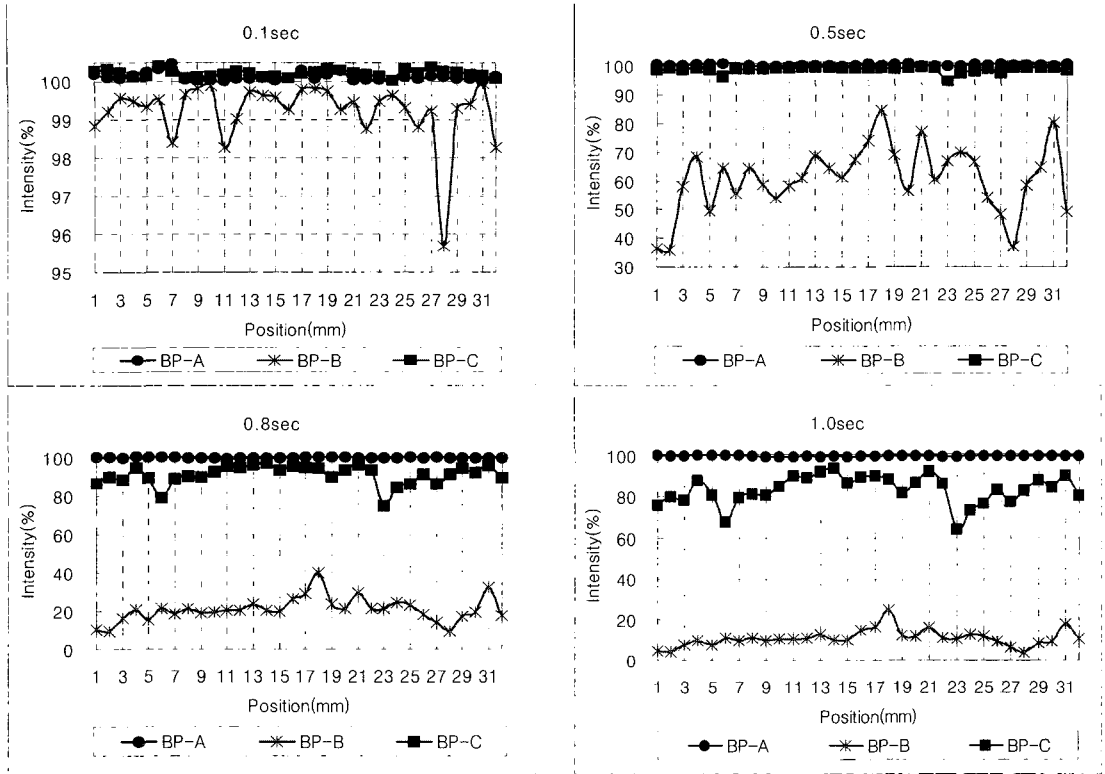


Fig. 2. PEA curves of base paper samples(A, B and C).

된다. 그리고 BP-A의 경우는 0~1sec의 전 영역에서 거의 균일한 흡수 특성을 보였다. 즉, 원지의 사이즈도가 높고 표면 roughness가 다소 낮은 BP-A가 흡수균일성

유지에 유리하였다. 적당한 사이즈도는 도공 시 바인더의 마이그레이션 정도를 제어하고 종이 두께 방향에서 바인더의 분포를 균일하게 하여 도공 후 인쇄모듈의 개선에 큰 영향인자로 작용할 것으로 판단된다.

3.2 도공액의 농도 변화별 흡수 거동 평가

Fig. 4는 제조한 도공지의 도공액 농도 및 원지 종류별 흡수거동을 PEA module을 이용하여 0.3sec 그리고 0.5 sec 영역의 흡수거동 결과를 보여준다. 흡수거동이 불균일한 BP-B와 C의 경우에 저농도 도공을 적용한 경우는 시간이 경과함에 따라 흡수거동의 불균일성이 심화되는 것이 나타났으나, 고농도 도공을 적용하면 균일한 흡수거동이 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 모든 시간에서 고농도 도공이 저농도 도공보다 균일한 PEA 흡수거동을 나타냈다. 이는 고농도 도공이 도공층을 부동화점에 빠르게 도달하게 하므로 바인더 마이그레이션의 억제 효과가 나타나고 균일한 도공층을 형성하기 때

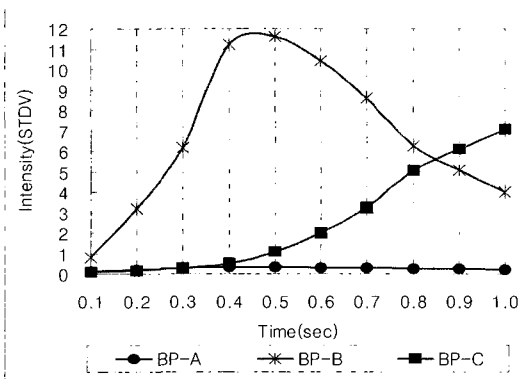


Fig. 3. Standard deviation curves of intensity with water absorption time(BP = A, B and C).

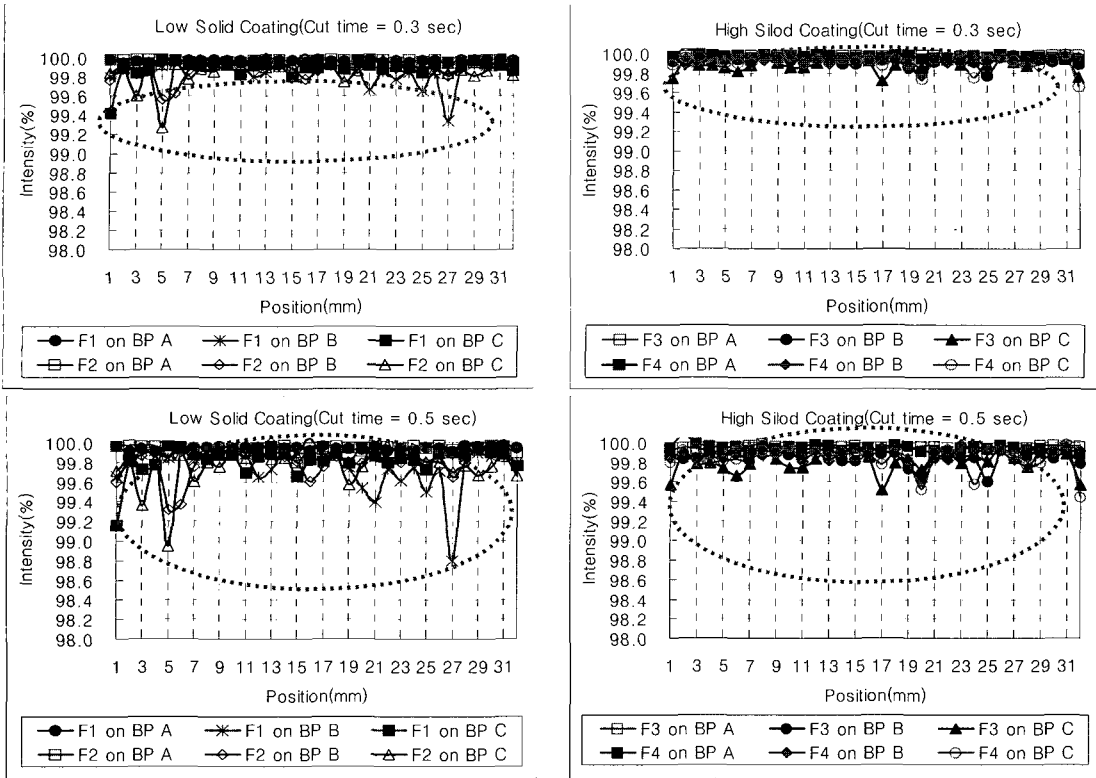


Fig. 4. PEA curves on coated paper samples.

문인 것으로 판단되었다.

3.3 도공 후 원지 종류별의 흡수 거동 평가

각각의 원지에 도공한 도공지의 흡수거동의 균일성

에 대한 평가를 0.1 ~ 0.5 sec의 영역에서의 PEA 흡수 표준 편차를 원지의 종류에 따라 Fig. 6, 8, 10에 나타냈고, 가장 시각적으로 차이를 뚜렷하게 보이는 0.5 sec 영역에서 3D 입체 그래프(x축 : position, y축 : time, z축

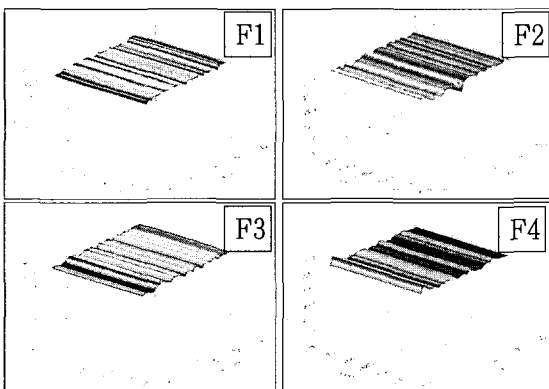


Fig. 5. PEA curves of coated papers for 4 types of coating colors and base paper A.

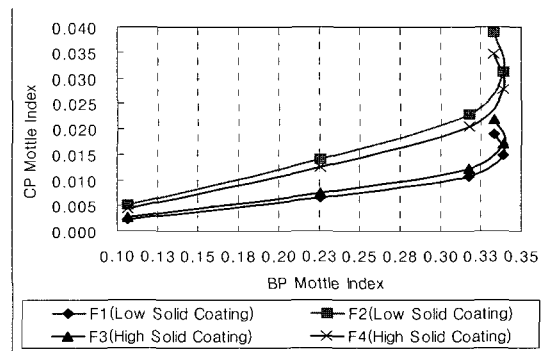


Fig. 6. Effect of the mottle index of base paper on that of coated paper for 4 types of coating colors and base paper A.

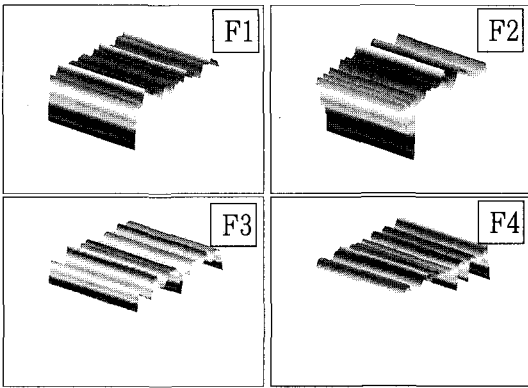


Fig. 7. PEA curves of coated papers for 4 types of coating colors and base paper B.

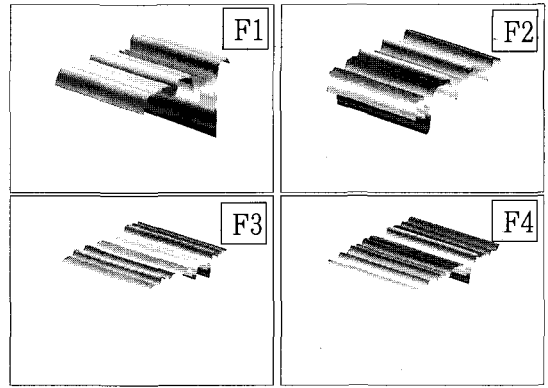


Fig. 9. PEA curves of coated papers for 4 types of coating colors and base paper C.

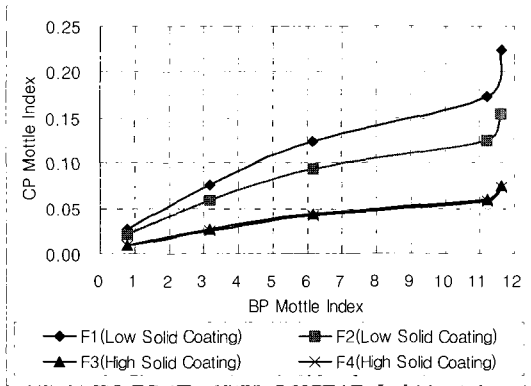


Fig. 8. Effect of the mottle index of base paper on that of coated paper for 4 types of coating colors and base paper B.

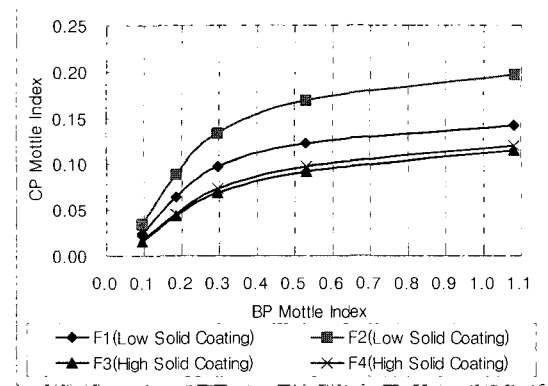


Fig. 10. Effect of the mottle index of base paper on that of coated paper for 4 types of coating colors and base paper C.

: intensity)를 원지 종류별로 Fig. 5, 7, 9에 나타내었다. 도공액 농도별 흡수거동은 BP-A에 도공한 경우가 가장 균일하였으나, BP-B와 C의 경우는 불균일하게 나타났다. 이것은 원지의 흡수 불균일이 도공액의 흡수 불균일을 초래하고 도공층의 부위별 도공량의 변이와 바인더를 두께 방향으로 불균일하게 분포시켜 나타나는 결과로 판단된다. 그리고 roughness가 상대적으로 낮고 사이즈도가 높은 BP-A에 도공한 경우는 도공량의 변이가 적고 바인더 마이그레이션이 억제된 상태로 도공층의 형성이 균일하게 이루어지기 때문에 BP-B와 C 보다는 상대적으로 균일한 흡수거동의 균일성 및 mottle index 수치를 보였다.

4. 결론

인쇄모틀 현상을 예측, 제어하기 위해서 많은 연구 검토가 이루어져 왔다. 그러나 아직까지도 개념적인 면이 강하고 명확한 제어 방법을 적용하는 것은 어려운 것으로 알려져 왔다. 또한 인쇄모틀에 영향을 미치는 인자도 무수히 많은 것으로 알려지고 있으며 그에 대한 수 많은 보고들이 있다.⁸⁾

본 연구에서는 PEA 분석 장비를 이용하여 원지와 도공지의 특성이 인쇄모틀에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. PEA 분석 장비를 사용하여 그동안 개념적이었던 인쇄 모틀의 평가를 좀 더 시각적인 그래프와 함께

수치화 할 수 있었다. 원지의 흡수균일성이 우수하고 roughness가 낮은 경우 인쇄모를 최소화 시킬 수 있고, 원지의 흡수균일성이 다소 떨어지고 roughness가 높은 경우에도 고농도 도공을 적용하여 인쇄모를 최소화 시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다. 결론으로서, 원지는 흡수특성을 낮게 유지하면서 머신캘린더에서 낮은 표면 roughness를 부여하고, 도공액은 도공 작업성을 유지할 수 있는 rheology를 구현하면서 도공액의 농도를 높게 유지 하는 것이 인쇄모들의 발생을 최소화 하는데 유리 한 것으로 나타났다.

인용문헌

1. Rainer Knappich, Peter Burri, Gerold Lohmuller, and Peter Hugener, Wet and dry coating structure of calcium carbonate pigments with narrow particle size-distribution, Tappi J. 83(2):91-98(2000).
2. Ronald E. Johns, Richard R. Berube, and Richard A. Slepety, Chemically structured kaolin: a new coating pigment, Tappi J. 73(2):77-84 (1990).
3. 이학래, 인쇄모를 발생 원인과 대책, 펄프종이 기술 34(1): 54-63(2002).
4. 이학래, 인쇄모를 발생 원인과 대책, 펄프종이 기술 34(1): 64-71(2002).
5. Skowronski, J., Bousfield, D.W., and DeGrott W., Ultrasonic Systems for Liquid Absorption Measurements - Part.1. New Tester and Methodology for Mottle Problems, 2004 Coating and Graphic Arts Conference.
6. Skowronski, J., Bousfield, D.W., and DeGrott W., Ultrasonic Systems for Liquid Absorption Measurement: Ultrasonic Systems for Liquid Absorption Measurement, 2005 Papermakers Conference.
7. Skowronski, J., Gruener, G., and DeGroot W., Ultrasonic Systems for Liquid Absorption Measurement: Part. 2. Validation of Ultrasonic Testing for Liquid Absorption Uniformity, 2005 Papermaking Conference.
8. Nancy Plowman Sandreuter, Predicting print mottle: a method of differentiating between three types of mottle, Tappi J. 77(7):173-184 (1994).