

다층도공층의 설계에 의한 인쇄적성 개선 (제1보) - 프리코팅층의 바인더 물성이 탑코팅층의 특성에 미치는 영향 -

김선경 · 원종명 · 이용규[†]

접수일(2015년 12월 1일), 수정일(2016년 1월 25일), 채택일(2016년 1월 30일)

Improving printability by designing a multi-layered coating structure (I) - The effect of binder properties in the pre-coating layer on the characteristics of the top-coating layer -

Sun-Kyung Kim, Jong Myoung Won and Yong-Kyu Lee[†]

Received December 1, 2015; Received in revised form January 25, 2016; Accepted January 30, 2016

ABSTRACT

This study was carried out in order to investigate the effect of binder properties in pre-coating layer on the characteristics of top-coating layer and print mottle of coated paper. Four different latices were used as a binder in pre-coating layer, and coating color prepared with a same formulation was applied for top-coating. The properties and print mottle of coated paper were evaluated.

It was found that glass transition temperature (T_g) was the important factor to control the properties of pre- and top-coating layer. PPS roughness of coated paper was decreased and paper gloss was increased with applying binder which has lower T_g . Properties of top-coating layer were affected by the binder used in pre-coating layer. Print mottle of coated paper was improved with using binder which has lower T_g in pre-coating layer. These results indicate that final printability and properties of top-coating layer can be improved with using suitable binder in pre-coating layer.

Keywords: *Multi-layer coating structure, pre-coating layer, print mottle, binder, T_g , particle size, gel content*

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

[†] 교신저자(Corresponding Author): E-mail: yklee@kangwon.ac.kr

1. 서론

인쇄모틀(Mottle)이란 도공지 인쇄 시 나타나는 인쇄 결함 중 하나로서 인쇄면 상에서 잉크가 종이에 균일하게 인쇄되지 않고 작은 얼룩이 나타나는 것을 말한다. 인쇄모틀의 원인은 여러 가지로 규명되고 있지만 그 중 원지의 불균일성으로 인한 부위별 도공량의 변이와 바인더 마이그레이션(Binder migration)에 의한 바인더의 불균일한 분포에 의하여 발생한다는 의견이 주축을 이루고 있다.¹⁻²⁾ 이러한 원인들로 인해 발생하는 인쇄모틀은 인쇄 품질을 저하시킨다.

도공액의 주원료인 바인더는 보통 도공액 내 안료기준으로 8~20 part 정도 사용된다. 바인더는 도공층 내에서 안료와 안료 및 안료와 원지의 접착 역할을 하고 있으며 바인더의 첨가량 및 특성에 따라 도공층의 특성이 달라진다고 알려져 있다.³⁾ 이에 도공용 바인더의 종류 및 특성에 따라 최종 인쇄적성에 영향을 미친다는 연구가 많이 수행되었다. 특히 바인더 물성 중 Tg(유리전이 온도)는 도공층 내 필름 형성능력을 결정하기 때문에 도공층 내 Tg가 다른 바인더 적용 시 서로 다른 특성을 가진 프리코팅층을 형성할 수 있다고 연구하였다.⁴⁾ 또한 바인더의 물성 중 입자경에 따라 바인더의 접착성 및 분포가 변화되며 겔함량(Gel content)에 따라 도공층의 투기성이 변하는 등 바인더의 물성이 도공층에 미치는 영향이 크다고 알려져 있다.⁵⁾

이렇게 서로 다른 물성을 지닌 바인더를 프리코팅층에 각각 적용하면 다른 특성을 가진 프리코팅층을 형성할 수 있다. 그리고 프리코팅층 위에 동일한 탑코팅층 도포 시 서로 다른 특성의 프리코팅층에 의하여 다른 특성의 탑코팅층이 형성된다.

특히 이러한 탑코팅층의 특성은 최종 인쇄적성에 영향을 미친다. 그 중 바인더 불균일 분포에 의한 인쇄모틀 발생이 가능하다는 것인데 인쇄모틀은 탑코팅층에 영향을 미치는 프리코팅층에 의해 영향을 받을 수 있다고 연구하였다.⁶⁻⁸⁾ 그리고 프리코팅층은 프리코팅층을 구성하는

성분인 바인더에 의하여 그 특성이 결정되어지기 때문에 프리코팅층의 바인더 조절을 통하여 탑코팅층의 인쇄모틀에 영향을 미친다고 판단하였다.

이에 본 실험에서는 물성이 서로 다른 네 가지의 바인더를 프리코팅층에 적용하였으며 그에 따른 프리코팅층 및 탑코팅층의 물성변화를 관찰하였으며 인쇄실험을 통하여 인쇄모틀을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 원지

본 연구에 사용된 원지는 국내 H사의 평량 75 g/m², 두께 100 μm의 비도공지를 사용하였다.

2.1.2 안료

도공용 안료는 입자크기가 서로 다른 2종의 GCC 및 1종의 Clay를 사용하였으며 그 물성은 Table 1에 나타내었다.

2.1.3 바인더

도공액 중 바인더에 의한 변화를 확인하기 위해 물성이 서로 다른 4종의 SB(Styrene-Butadiene) 라텍스를 사용하였고, 그 물성은 Table 2와 같다. L1과 L2 비교 시 입자경에 의한 변화를 확인할 수 있으며 L1과 L4 비교 시 Tg에 따른 변화, L3와 L4 비교 시 겔함량에 의한 변화를 확인할 수 있다. 프리코팅층에는 L1~L4 4가지 라텍스를 각각 적용하였으며 탑코팅층에는 L1만을 적용하였다.

2.1.4 기타첨가제

기타 첨가제로는 분산제(A사 제품), 내수화제(B사 제품), 윤활제(C사 제품) 및 유동성개량제(D사 제품)를 사용하였다.

Table 1. Pigment particle distribution

| Pigments | %<10 μm | %<25 μm | %<50 μm | %<75 μm | %<90 μm | Pigment, Mean Particles (d50%, μm) |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------------------------|
| GCC1 | 1.020 | 1.501 | 2.267 | 3.781 | 6.108 | 2.267 |
| GCC2 | 0.203 | 0.298 | 0.722 | 1.147 | 1.526 | 0.722 |
| Clay | 0.144 | 0.203 | 0.293 | 0.586 | 2.090 | 0.293 |

Table 2. Characteristics of latex binders

| Latex | Tg(°C) | Gel content(%) | Particle size(Å) | pH |
|-------|--------|----------------|------------------|---------|
| L1 | -7~-3 | 70~80 | 1050~1250 | 7.5~8.5 |
| L2 | -7~-3 | 78~88 | 750~950 | 7.5~8.5 |
| L3 | 18~28 | 45~55 | 1150~1350 | 7.5~8.5 |
| L4 | 17~27 | 75~85 | 1100~1300 | 6.5~7.5 |

2.2 실험방법

2.2.1 도공액의 제조

프리코팅층 도공액의 고형분 농도를 62%로, 탑코팅층 도공액의 고형분 농도를 65%로 각각 제조하였다. 프리코팅층은 Table 3의 배합비로 제조하였으며, 탑코팅층은 Table 4의 배합비로 도공액을 제조하였으며 도공액 물성은 Table 5와 같다.

2.2.2 도공지 제조

도공지는 실험실용 반자동 코터(K-control coater, RK print Coat Instrument Ltd, UK)를 사용하여 제조하였다. 프리코팅량을 편면 $9 \pm 2 \text{ g/m}^2$ 로 하였다. 도공 후 105 °C의 열풍 건조기(YJ-8600D, Yujin Electronics, Korea)에서 30초간 건조하였다. 제조된 프리도공지에 다시 편면 $9 \pm 2 \text{ g/m}^2$ 로 탑코팅 하였다. 그 후, 슈퍼 캘린더(Supercalender, Beloit Corporation, USA)를 사용하여 온도 70°C, 압력 300 psi에서 도공지가 steel면으로 향하게 한 후 1회 통과시켰다.

2.2.3 도공지 물성 측정

프리코팅층과 탑코팅층의 거칠음도(PPS, L&W, Sweden), 백지광택(Gloss meter, Model T480A, Technidyne Corp, USA), 백색도, 백감도 그리고 불투명도(Elrepho 3300, Datacolor, International, USA)를 측정하였다.

2.2.4 도공지의 인쇄모틀 평가

도공지의 인쇄모틀(mottle)을 평가하기 위하여 Croda 잉크 테스트 및 RI(RI-II, KRK, Japan) 인쇄 실험을 실시하였다. Croda 잉크 테스트는 Croda 잉크를 실험 시편(5 cm×10 cm)에 전이시킨 다음, 일정 시간(3분, 5분) 후 닦아내어 인쇄의 균일성을 판단하였다. RI 인쇄 실험의 경우는 실험시편(3.5 cm×20 cm)에 0.3 cc의

Table 3. Formulations of pre-coating color

| (Unit : Part) | | | | |
|----------------------|------|----|----|----|
| Latex | A | B | C | D |
| GCC 1 | 100 | | | |
| L1 | 10 | - | - | - |
| L2 | - | 10 | - | - |
| L3 | - | - | 10 | - |
| L4 | - | - | - | 10 |
| Rheological modifier | 0.10 | | | |
| Lubricant | 0.50 | | | |
| Insolubilizer | 0.30 | | | |
| NaOH | 0.12 | | | |
| TSC(%) | 62 | | | |

Table 4. Formulation of top-coating color

| (Unit : Part) | |
|----------------------|------|
| | T |
| GCC 3 | 70 |
| Clay | 30 |
| SB-latex | 12 |
| NaOH | 0.12 |
| Dispersant | 0.02 |
| Rheological modifier | 0.10 |
| Lubricant | 0.50 |
| Insolubilizer | 0.30 |
| TSC(%) | 65 |

Table 5. Properties of coating color

| Coating layer | Formulation | Water retention (g/m ²) | Viscosity (cPs) | pH |
|---------------|-------------|-------------------------------------|-----------------|------|
| Pre | A | 112.00 | 250 | 13.4 |
| | B | 99.63 | 260 | 12.8 |
| | C | 97.50 | 290 | 12.4 |
| | D | 101.00 | 320 | 12.2 |
| Top | T | 124.63 | 1100 | 12.0 |

Magenta 잉크를 인쇄한 다음, 0.2 cc의 Cyan 잉크를 Magenta가 인쇄된 시편 위에 천천히 trapping하여 인쇄의 균일성을 확인하였다. 인쇄모틀을 측정하기 위하여 잉크농도 측정기(D196, GRETAG)를 이용하여 각각의 시편에서 50회 정도 잉크농도를 측정 후, 측정값의 표준 오차를 구하여 인쇄 균일성을 평가하였으며 이를 도공지의 인쇄모틀로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 프리코팅층의 바인더 물성에 따른 도공지 물성 변화

3.1.1 거칠음도 및 광택

Fig. 1은 도공지의 거칠음도를 보여주고 있다. 프리코팅층의 경우 Tg가 낮은 라텍스(L1)를 적용했을 때 낮은 거칠음도를 나타내었다(L1과 L4 비교). 그러나 라텍스의 입자경(L1과 L2 비교) 및 겔 함량(L3과 L4 비교)에 의한 차이는 미미하였다. 이러한 결과로부터 프리코팅층에 적용한 라텍스 물성 중 Tg가 도공지의 거칠음도에 가장 큰 영향을 미친다고 판단된다. 이는 Tg가 필름 형성 특성에 가장 큰 영향을 미치기 때문인 것으로 사료된다. 또한 탑층의 거칠음도는 프리코팅층의 거칠음도와 유사한 경향을 나타내었는데 이는 프리코팅층의 표면 거칠음도가 탑코팅층의 거칠음도에 영향을 미쳤기 때문이라고 생각된다.

Fig. 2는 도공지의 광택을 보여주고 있다. 프리도공층의 경우 Tg가 낮은 라텍스(L1, L2) 적용 시 높은 광택 값을 나타내었다(L1과 L4 비교). 그러나 라텍스의 입자경(L1과 L2 비교) 및 겔함량(L3과 L4 비교)의 경우는 거칠음도와 마찬가지로 차이가 미미하였다. 탑코팅층의 광택도 프리코팅층과 유사한 경향을 나타내었다. 이와 같이 탑코팅층에 동일한 도공액을 적용하였음에도 불구하고 다른 결과를 나타낸 것은 프리코팅층 표면 특성이 탑코팅층 표면 특성에 영향을 미치기 때문인 것으로 사료된다.

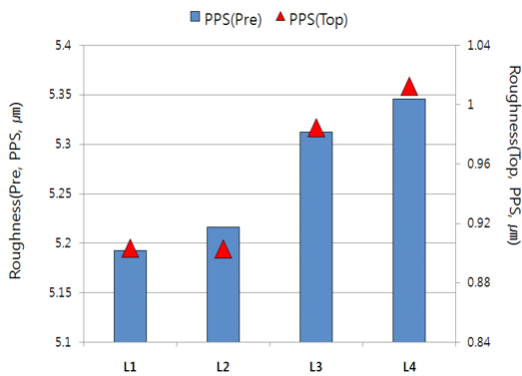


Fig. 1. Roughness of coated paper.

3.1.2 백색도, 백감도 및 불투명도

Fig. 3은 도공지의 백색도 결과를 보여주고 있다. Tg가 낮은 L1 및 L2가 백색도가 높은 경향을 보였으며 특히 Tg가 낮고 입자경이 작은 L2가 백색도가 가장 높았다. 반면 겔함량에 의한 차이는 미미하였다. 또한 백지광택과 거칠음도의 결과와 같이 탑코팅층이 동일함에도 불구하고 프리코팅층의 백색도가 탑코팅층에 영향을 미쳐 다른 결과를 나타낸 것이라 사료된다.

Fig. 4는 도공지의 백감도 결과를 보여주고 있다. 백감도는 백색도와 같은 경향을 나타내었다. Tg가 낮은 L1 및 L2가 백감도가 높은 경향을 보였으며 특히 Tg가 낮고 입자경이 작은 L2가 백감도가 가장 높았다. 반면 겔함량에 의한 차이는 미미하였다. 또한 앞선 백색도의 결과와 같이 탑코팅층이 일정함에도 탑코팅층의 백색도가 다른 결과를 나타냄에 따라 프리코팅층의 물성이 탑코팅층에 영향을 주는 것으로 사료된다.

Fig. 5는 도공지의 불투명도 결과를 보여주고 있다. 프리코팅층의 불투명도에서는 라텍스의 입자경과 Tg에 의한 차이를 보였으며 입자경이 커지며 Tg가 낮을수록 불투명도가 높은 경향을 나타내었다. 반면 탑코팅층 도포 후 그 차이가 미미하였다. 이는 프리코팅층의 불투명도가 탑코팅층의 불투명도에 영향을 미치지 않는다고 판단된다.

3.2 프리코팅층의 바인더 물성이 인쇄모틀에 미치는 영향

3.2.1 RI 테스트

Fig. 6은 RI 테스트용 인쇄기를 이용하여 특성이 다른

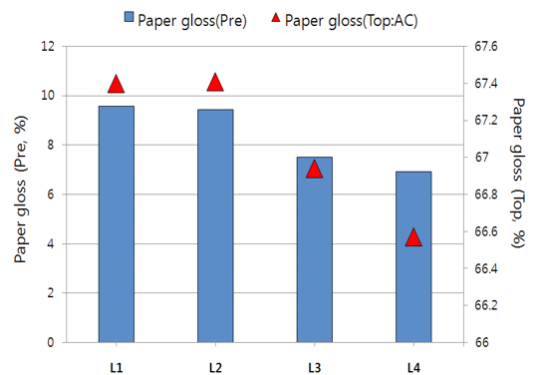


Fig. 2. Paper gloss of coated paper.

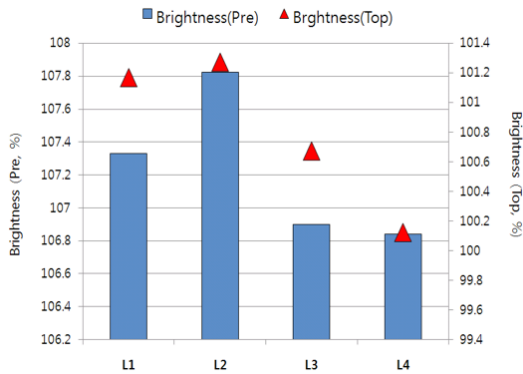


Fig. 3. Brightness of coated paper.

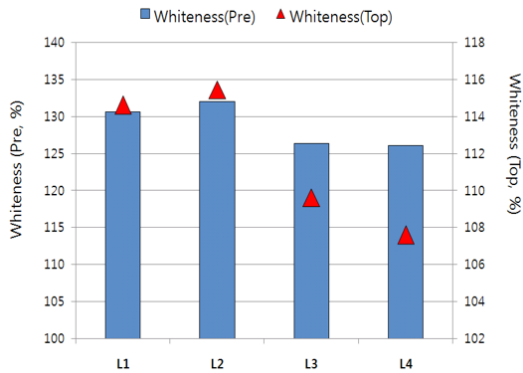


Fig. 4. Whiteness of coated paper.

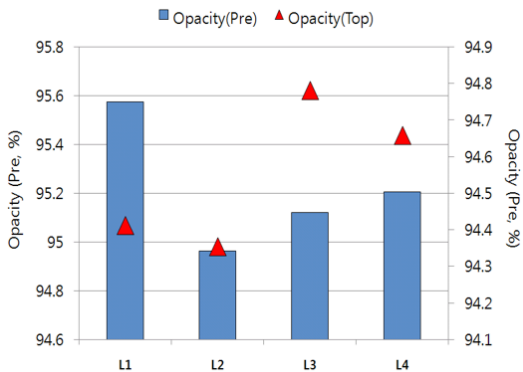


Fig. 5. Opacity of coated paper.

4가지 바인더를 프리코팅층에 각각 적용하여 제조된 도공지에 트래핑을 실시한 후 잉크농도 값의 표준오차를 나타낸 것이다. RI test로 인쇄 모틀(mottle)은 가혹한 인쇄환경(인쇄 속도를 느리게 함) 하에서 트래핑 정도의

변화로 평가한다. 일반적으로 트래핑이 불균일하게 일어나면 이로 인하여 잉크 농도 값의 차이가 발생하여 인쇄모틀이 심해지게 된다.

RI 인쇄 후, 잉크 농도 값의 표준오차는 L1 샘플에서 가장 낮았으며 이는 인쇄 mottle이 가장 적게 발생하였다는 것이다. 이와 같은 결과가 얻어진 것은 라텍스의 Tg가 낮을수록 프리코팅층의 라텍스가 필름 형성능력이 높기 때문에 프리코팅층에서 필름형성의 균일성이 개선되어 탑코팅층의 바인더의 이동 및 분포를 균일하게 해주었기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 라텍스의 입자경(L1, L2 비교) 및 겔 함량(L3, L4 비교)에 따른 차이는 미미하였다.

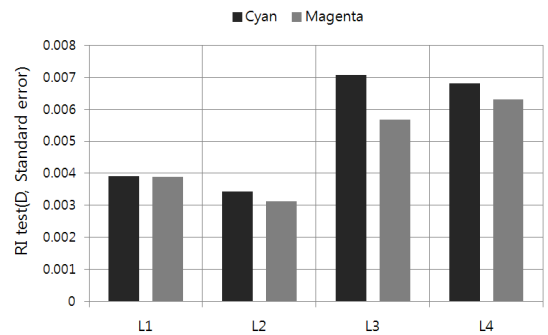


Fig. 6. Standard error result of RI printed image.

3.2.2 Croda ink 테스트

Fig. 7은 인쇄모틀 평가를 위해 특성이 다른 4가지 바인더를 프리코팅층에 각각 적용하여 제조된 도공지에 실시한 Croda ink 인쇄 샘플의 잉크 농도 값의 표준오차를 나타낸 것이다. Croda ink 테스트 실험결과도 RI test와 유사하게 Tg가 낮은 L1 라텍스를 프리코팅층에 적용하였을 때 인쇄모틀이 가장 적게 발생한 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 RI 테스트와 마찬가지로 프리코팅층에 Tg가 낮은 바인더를 적용함으로써 균일한 프리코팅층이 형성되고, 이러한 결과는 곧 탑코팅층의 균일성을 가져와 인쇄모틀이 적게 발생하였다고 사료되어진다. 반면 RI test에서는 확인되지 않았지만 입자경(L1, L2 비교)에 따른 인쇄 모틀 차이를 보여주었으며 입자경이 작을수록 인쇄모틀이 많이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 입자경이 작은 바인더를 프리코팅층에 적용 시 원지위에 도포 후, 바인더 마이그레이션

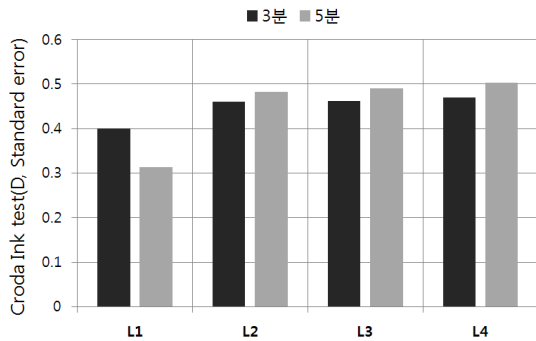


Fig. 7. Standard error result of Croda ink printed image.

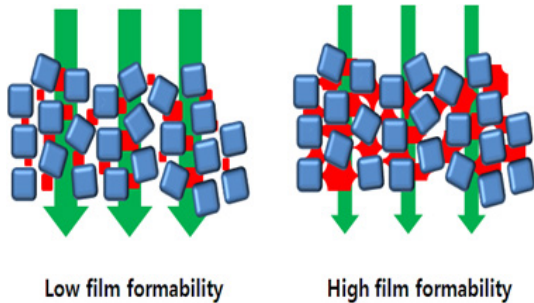


Fig. 8. Water behavior from top coating color with different film formability of pre-coated layer.

이 입자경이 큰 바인더 대비 많이 일어나기 때문이라 사료되어진다. RI 테스트 결과와 동일하게 겔 함량에 의한 차이는 미미하였음을 확인하였다.

연구 결과에 의하면 라텍스 물성 중 Tg가 탑코팅층 및 인쇄모틀에 큰 영향을 미쳤다. 즉, Tg가 낮은 바인더를 사용할 경우 균일한 필름을 형성하게 됨에 따라 탑코팅 시 바인더 마이그레이션이 균일하게 된 균일한 탑코팅층을 형성할 수 있게 된다. 이와 같은 결과는 Fig. 8에서 보는 바와 같이 코팅층 전체가 균일한 필름을 형성하여 인쇄 시 균일한 수분이동을 수반하기 때문에 필름 형성이 불량한 경우와 비교할 때 상대적으로 인쇄얼룩이 감소되는 효과를 얻을 수 있게 된다.

즉 Tg가 낮으며 입자경이 큰 바인더를 프리코팅층에 적용하는 것이 탑층의 물성 및 최종 인쇄적성을 향상시킬 수 있으며 그에 따라 고품질의 도공지를 생산할 수 있다고 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 물성이 서로 다른 네 가지의 SB 라텍스를 프리코팅층에 적용하여 프리코팅층과 탑코팅층의 물성변화를 관찰하였으며 인쇄를 통하여 도공지의 인쇄모틀 현상을 평가하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

Tg가 낮은 라텍스를 프리코팅층에 적용 시 거칠음도가 낮아지고, 광택이 개선될 수 있다는 것을 확인할 수 있었으며, 입자경 및 겔 함량에 의한 차이는 미미하였다. 또한 프리코팅층의 표면 및 필름 형성 특성이 탑코팅층의 표면 특성 및 도공지의 인쇄모틀 특성에 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 도공지의 색상 면에서는 Tg가 낮고 입자경이 작은 라텍스를 프리코팅층에 적용 시 백색도 및 백감도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 반면 겔함량에 의한 차이는 미미하였다. 도공지의 색상도 면 특성과 마찬가지로 프리코팅층의 색상이 탑코팅층에 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 라텍스의 입자경이 작을수록 Tg가 낮을수록 불투명도는 상승하였지만 탑 코팅 후 그 차이는 미미하였다. 라텍스의 물성 중 Tg가 인쇄모틀에 가장 큰 영향을 미쳤으며 Tg가 낮을수록 필름 형성이 더 우수하여 균일한 코팅층을 형성함으로써 인쇄모틀이 감소되었다.

Literature Cited

1. Yoo, S.J., Cho, B.U., Kim, Y.S., Lee, Y.K. and Lee, S.H., Effect of high solid coating and water absorption uniformity of base paper on print mottle. Evaluation of print mottle with PEA module, J. of KTAPPI 39(2):17-24(2007).
2. Arai, T., Yamasaki, T., Suzuki, K., Ogura, T. and Sakai, Y., Relationship between print mottle and coating structure, 1988 Coating Conference(1988).
3. Kan, C. and Van Glider, R.L., Measurement of latex surface energy and its role in paper coating application, 2004 Coating and Graphic Arts Conference(2004).
4. Kumano, A., Higuchi, A., Watanabe, T. and Matsui, H., Reducing mottle through coating

- structure design, Coating Conference Proceedings(1993).
5. Grön, J. and Grankvist, T., Effect of S/B latex on coated layer structure, 1996 International Printing & Graphic Arts Conference Proceedings(1996).
 6. Gagnon, R. and Hiscock, D., Reducing back-trap mottle in multilayer coating systems: influence of precoat composition and structure, 2006 Coating & Graphic Arts Conference(2006).
 7. Nutbeam, C. and Hallam, B., Functional precoats for multilayer coating, Asian Paper Conference(2010).
 8. Yamazaki, K., Nishioka, T., Hattori, Y., and Fujita, K., Study on print mottle effect of binder migration and latex film formability during consolidation process, 1993 Coating Conference Proceedings(1993).