

Coating Color Immobilization Content 측정기법 및 영향인자에 대한 연구

곽상효 · 김진현
한솔기술원 제지연구소

ABSTRACT

This study was done in order to increase production speed using coater dryer in maximum capacity without print mottle. The aim of this study was to measure coating color immobilization content(CCIC) and to decrease CCIC through coating color optimization. The final goal of this study was the prevention of print mottle in maximum drying condition by CCIC control.

As a result the measuring method of CCIC was set by brightness transition and the effective factors in pigments and binders were defined. With color optimization considered this factors, CCIC was decreased by 4%. Through this CCIC decrease and modification of coater utility, the print mottle was prevented even though using coater dryer in maximum.

1. 서론

본 연구는 인쇄모틀의 발생없이 Coater Dryer를 최대로 사용하여 생산속도를 높이기 위한 현장지원 연구활동의 일환으로 수행되었다. 본 연구의 목적은 Coating Color의 부동화점을 측정하고 영향인자를 파악한후 조절가능인자 최적화를 통해 부동화점을 낮추어 Coater Dryer 최대사용시 인쇄모틀의 발생을 억제하는 것이었다.

1.1 Mottle

인쇄모틀은 "Uneven ink absorption at offset printing. Low contrast and low frequency (1~5mm) printing unevenness"라고 정의될 수 있다.(1) 발생원인은 코팅후 건조과정에서의 과도한 binder migration이 주요원인이라고 보고되고 있지만, 원지의 지합 및 흡수성, 도공층의 구조, color formulation, calendering, 인쇄공정 등 수많은 요인들에 의해 복합적으로 발현될 수 있다.(2)

Binder migration은 코팅후 건조과정에서 필연적으로 발생하는데 coating color에 사용되는 binder가 물과 비중이 거의 같고 수용성이기 때문에 건조가 진행되면서 물이 증발하게 되면 같이 이동을 하기 때문이다. 그러므로 건조공정을 부적절하게 설계하여 coating color의 부동화시점에서 강한 증발을 유발시키면 과도한 binder migration을 초래하여 인

쇄모틀이 발생하게 된다. 이러한 사실은 많은 문헌에서 보고되고 있으며 Linda Kim 등은 pilot coater에서 대규모로 실험을 실시하여 이러한 결과를 체계적으로 도출한 바 있다.(3)

1.2 Coating color immobilization content (부동화점)

Immobilization content 혹은 gel content라고 불리우며 건조속도에 상관없이 binder의 이동이 인쇄적성에 무해한 정도까지 저하되는 지점을 의미한다. 부동화점은 1차부동화점(FCC : First Critical Concentration)과 2차부동화점(SCC : Second Critical Concentration)으로 구분할 수 있다.

FCC는 coating color가 metering된 후 건조가 진행되면서 수분이 증발하여 안료입자로서 접촉하기 시작하고 수면이 그 경계면 아래로 내려가기 시작하면서 wet gloss가 소멸되어 광택이 저하되기 시작하는 농도이다. FCC 이하의 농도에서의 강한 건조는 인쇄품질에 미치는 부정적인 영향이 미미하다.

SCC는 건조가 더욱 진행되어 건조된 coating layer 내부에 기공이 발달되기 시작하면서 불투명도가 급격하게 증가하는 농도를 말한다. SCC 이상의 농도에서는 binder의 이동이 거의 없기 때문에 강한 건조도 인쇄품질에 미치는 영향이 미미하다.

FCC와 SCC 사이에서는 건조속도가 조심스럽게 제어되어야 인쇄모틀과 같은 품질문제가 발생하지 않기 때문에 품질적 관점에서의 critical drying zone이라 할수 있다.

1.3 Drying Strategy

Coating 후의 적절한 건조공정에 관해서는 수많은 연구결과들이 보고되어 왔으며, 일반적으로 강한 초기건조, 부동화점 부근에서의 mild한 건조, 부동화점 이후에서의 강한 건조를 시키는 것이 유리하다고 보고되고 있다.

P.C.Norrdahl은 color immobilization area에서 gentle drying을 실시하여야 binder migration이 최소화되어 인쇄모틀이 발생하지 않는다고 보고하였다.(4) Linda Kim 등에 의하면 FCC와 SCC 사이의 critical coating solids zone인 72 ~ 78% 사이에서 강한 건조를 실시하면 back-trap mottle이 심화된다고 보고하였다.(3)

2. 본 론

2.1 부동화점 측정법

Coating color의 부동화점은 다양한 방식으로 측정될 수 있으며 대표적인 방식은 미국의PTI(Protein Technologies International) 등에서 사용하고 있는 점도 변화를 이용한 방식(5), Herbet.A.J.가 보고하고(6) Linda Kim 등이 사용한 광택도 변화를 이용한 방식(3), 그리고 백색도 변화를 이용한 방식 등이 있다. 이외에도 Huang.J. 등이 소개한 infrared moisture sensor를 이용한 방식도 있다.(7)

본 연구에서는 가장 간편한 백색도 변이를 이용한 방식을 채택하여 정형화하였다. 백색도 변이를 이용할 경우 SCC만 측정가능하다는 단점이 있으나 SCC 이후에는 binder migration이 거의 발생하지 않기 때문에 상당한 의미가 있었다.

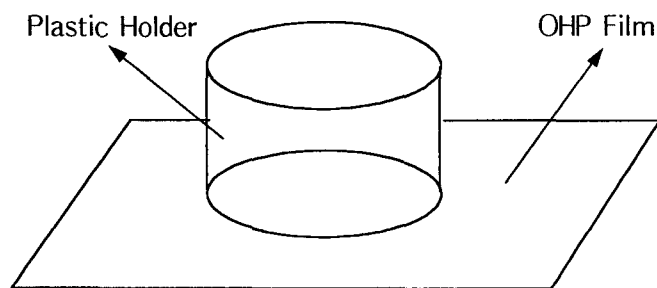


그림 1. SCC 측정용 Cell

백색도 측정은 Technidyne사의 백색도 측정기를 사용하였다. 그림 1.에 측정용 cell을 나타내었고 이 방법을 이용하여 도출되는 결과는 그림 2.와 같다.

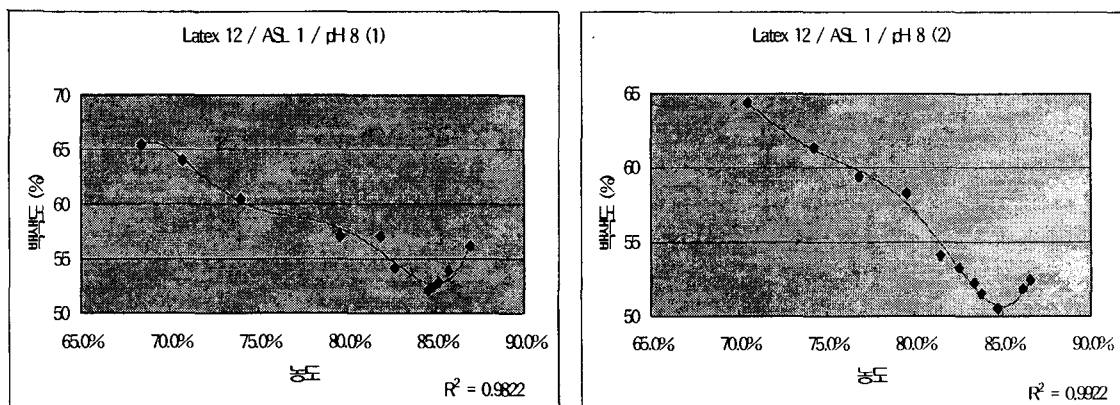


그림 2. 백색도 변이를 이용한 SCC 측정결과

그림 2.에서 볼수 있듯이 시간이 흐름에 따라 wet coating layer 내의 수분이 감소할수록 wet film의 두께가 감소하므로 opacity 저하에 의해 백색도는 감소된다. 그리고 1차 부동화 농도(FCC)에서 도공층 구조가 형성된후 계속적으로 도공층 내부의 수분이 증발하여 기공이 발생하기 시작하면 산란계수가 커지게 되고 이에 따라 백색도는 증가한다. 또한 도공층 내의 free water가 모두 없어지면 백색도는 증가를 멈추고 일정해질 것이라 예상할 수 있다.(7)

따라서 그림 2.에서 백색도의 반전이 일어나는 농도가 2차 부동화점(SCC)이라고 판단할 수 있다. 그림 2.에서 볼수 있듯이 동일한 조건에서 측정된 SCC는 거의 일치한다는 것을 알수 있고, 많은 실험을 통해서 재현성 실험을 해본 결과 상당히 우수한 재현성을 보임을 확인할 수 있었다.

2.2 부동화점 영향인자 파악

부동화점 조절을 위해서는 우선적으로 부동화점 영향인자를 파악하는 것이 필요하였고, 그래서 coating color에서 차지하는 비중이 가장 큰 pigment와 binder의 부동화점에 대한 영향을 파악하기 위한 실험을 진행하였다.

2.2.1 Pigment 변화에 따른 부동화점 변화

igment 배합비만 변경하였고 binder 및 첨가제는 동일하게 적용하였다. Pigment system은 top coating에 일반적으로 사용되는 No.1 Clay(<2 μ m, 90%) 미세탄산칼슘(<2 μ m, 95%), Synthetic Binder Pigment(입자경 0.38 μ m)의 배합비율을 달리하였다.

배합비는 Statistica를 사용하여 실험계획법에 의해 결정하였다. Mixture & Triangular Surfaces Method 중 Simplex-centroid Design을 이용하였는데 3가지 인자의 합이 100이 되는 경우 유용한 방법이다. 각 변수의 범위는 실제 공정에서 변동가능한 정도로 조정하였다. 이렇게 설계된 pigment 배합비로 coating color를 조제하고 SCC를 측정하였다.

표 1. 실험계획법에 의한 pigment 배합비 및 측정된 SCC

사용약품	비고	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
No.1 Clay	< 2 μ m, 90%	45.0	25.0	25.0	35.0	35.0	25.0	31.7
Binder PP	입자경 0.38 μ m			20.0		10.0	10.0	6.7
CaCO3 95	< 2 μ m, 95%	55.0	75.0	55.0	65.0	55.0	65.0	61.6
측정된 SCC (%)		84	85	88	85	86	87	86

SCC 측정결과를 Statistica를 이용하여 분석하였다. Clay의 함량이 높아질수록 SCC가 낮아지는 경향을 보였고, Binder Pigment의 증가에 따라 SCC는 상승하였다. Clay의 함량이 높아질수록 SCC가 낮아진다는 것은 Clay가 binder 및 첨가제와의 상호작용에 의해 일종의 flocculation을 형성하였기 때문으로 판단되며 이는 Huang.J.의 보고와 일치한다.(7)

Binder Pigment의 증가에 따라 SCC가 증가하는 것은 입자경이 작은 구형안료에 의해 미세기공이 증가하기 때문으로 판단된다. 즉 미세기공이 증가하면 거대기공뿐 아니라 미세기공안의 물이 증발하는 농도에서 백색도의 상승이 발생하기 때문에 SCC가 상승한다고 판단된다. 이러한 일련의 pigment 변경에 의한 SCC 변동폭은 최대 4% 정도였다.

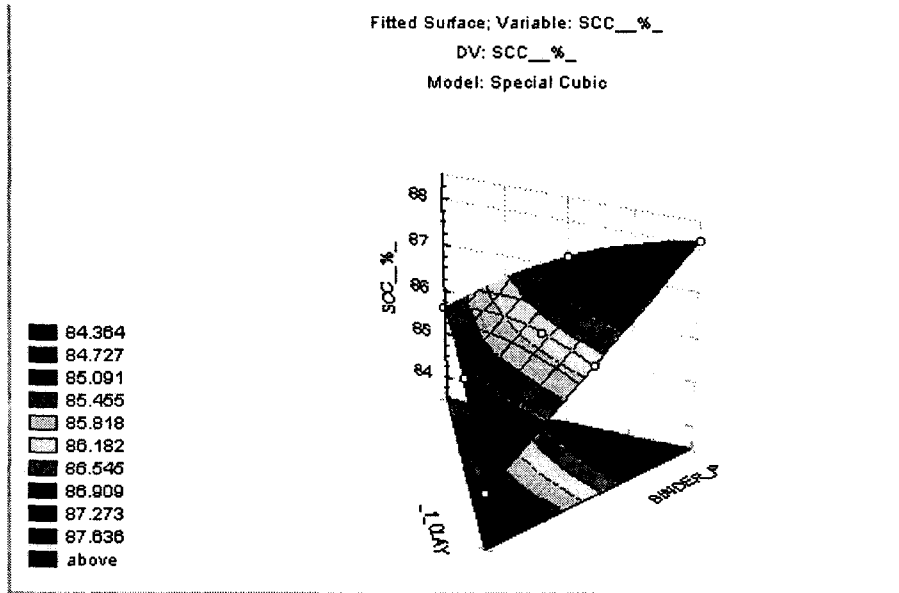


그림 3. 실험결과 통계분석 결과

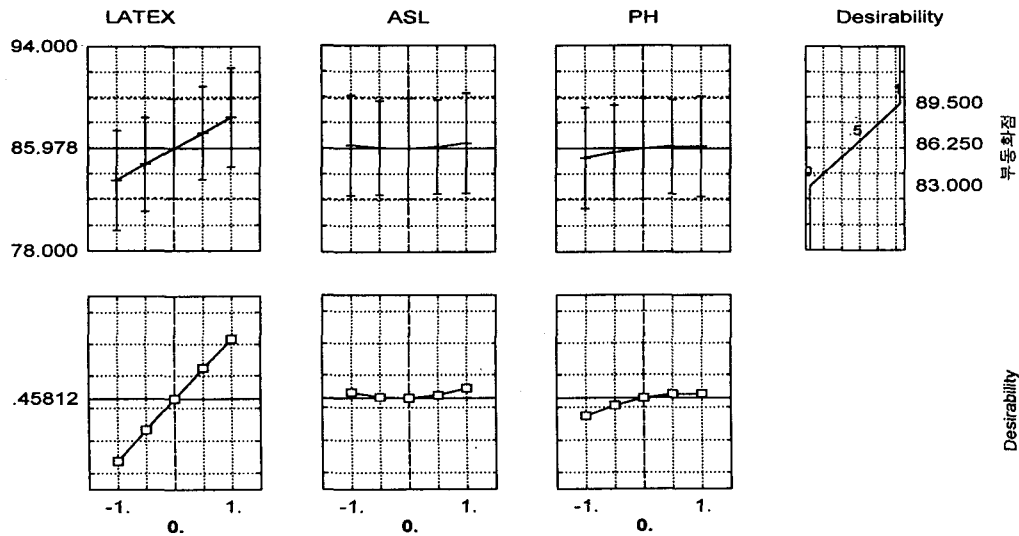
2.2.2 Binder 변화에 따른 부동화점 변화

Coating structure 형성에 중요한 영향을 준다고 알려져 있는 Latex(Carboxylated S/B Latex), ASL(Alkali Swellable Latex), 그리고 Latex와 ASL의 swelling 정도를 control하는 pH 변화에 따른 SCC 변화를 측정하였다. 안료조합은 동일하게 유지하였으며 Statistica를 이용하여 혼합물 실험법에 따라 실험계획을 design하였다.

표 2. Latex/ASL/pH 변화에 따른 SCC 측정 결과

Chemicals	Latex	ASL	pH	부동화점
범위 (parts)	9 ~ 15	0 ~ 1	8 ~ 10	(%)
1	9	0	8	83.5
2	9	0.5	10	83
3	9	1	9	84
4	12	0	10	86.5
5	12	0.5	9	86.5
6	12	1	8	85
7	15	0	9	88
8	15	0.5	8	87.8
9	15	1	10	89.5

측정결과를 통계적으로 분석해 보면 주요영향인자는 latex였으며 ASL 및 pH의 영향은 상대적으로 미미하였다. Latex 투입량이 증가하면 SCC가 높아진다는 사실은 latex film에 의해 미세기공이 증가하면서 미세기공 사이의 수분이 증발하기 시작하는 농도에서 백색도가 상승하기 때문으로 판단된다. 이러한 경향은 Binder pigment의 증량에 따라 SCC가 상승하는 결과와 일치하였다.



4. 실험결과 통계분석 결과

그림 4.의 결과는 statistica를 이용한 통계적 분석결과로 latex 투입량이 ASL 및 pH 변화에 비하여 SCC 변화의 주요요인이라는 사실을 나타낸다.

2.2.3 현장 사용 color의 부동화점 변화

현장사용 top color의 부동화점은 latex 감량, 첨가제 변종 등으로 87%에서 83%까지 저하시킬 수 있었다. 이러한 부동화점 강하와 설비조정에 의하여 인쇄모를 문제를 해결함으로써 coater dryer를 최대로 사용할 수 있었고 이로인해 생산속도를 높일 수 있었다.

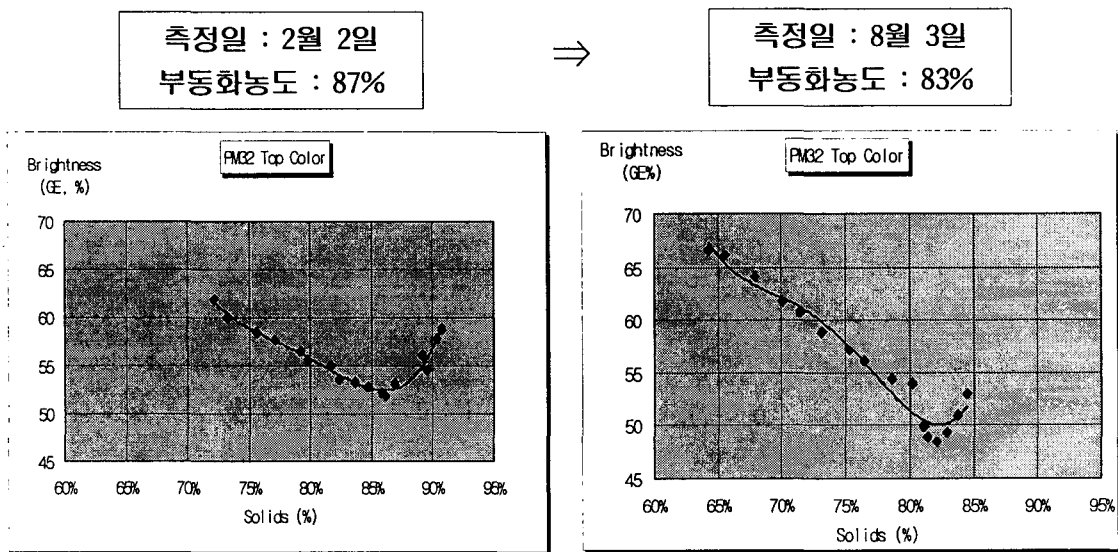


그림 5. PM32 top color 부동화점 강하

3. 결론

- 1) 백색도 변이를 이용한 2차부동화점(SCC) 측정법을 정형화하였다. SCC는 coating color가 건조되면서 백색도가 저하되다가 도공층내 기공의 발달로 백색도가 상승하기 시작하는 농도로 정의되었다.
- 2) Pigment 변경에 의한 SCC 변화를 파악하였다. Clay 함량이 높아질수록 SCC는 감소 하였는데, 이는 Clay가 binder 및 첨가제와 상호작용을 하여 structure를 형성하기 때문이라 판단된다. Binder pigment는 반대경향을 보였는데 이는 미세기공이 증가하기 때문에 거대기공 뿐만 아니라 미세기공 내부의 수분까지 증발하는 농도에서 백색도 전이가 발생하기 때문으로 판단된다.

- 3) Binder와 pH의 변화에 따른 SCC 변화를 파악하였다. 주요영향인자는 Latex였으며, ASL과 pH의 영향은 상대적으로 미미하였다. Latex가 증가함에 따라 SCC가 증가하는 것은 기공의 크기가 작아지기 때문으로 판단된다.

4. 참고 문헌

- 1) Jukka Makinen 외, "Optimization of drying of coated paper by means of automation", Valmet
- 2) Dan Eklund 외, "Uneven ink absorption and its relation to drying of coated paper", *Drying Technology*, 13(4), 919~944(1995)
- 3) Linda H. Kim 외, "Reduction of back-trap mottle through optimization of the drying process for paper coatings", *Tappi J.*, Vol. 81 : No.8., 153~164
- 4) P.C.Norrdahl, 1991 Tappi Coating Conference, pp 417 ~ 437
- 5) N.Willenbacher 외, "A new laboratory test to characterize the immobilization and dewatering of paper coating colors", 1998 TAPPI Coating Conference
- 6) Herbert.A.J., "Test methods to measure coating immobilization solids and associated coating dehydration rates", TAPPI CA Rept., No.920104.03 (1995)
- 7) Huang.J. 외, "An infrared test method to measure coating immobilization", 1996 Coating Conference