

도공층 조성 및 구조의 잉크흡수성에 대한 영향

곽상호^{*,†}, 김진현^{*†}

The influences of coating components and structures on ink absorbency

Sang H. Kwak^{*†}, Jin H. Kim^{*†}

Abstract

The aim of this research was to evaluate the influences of coating components and structures on ink absorbency. The ink absorbency was measured as porosity, K&N ink absorption, Δ gloss and ink set-off. In order to obtain the relationship between the coating structure and the ink absorbency, the binder level was adjusted and two types of pigments were examined. One of the pigments was known to make the porous coating structure and the other one had strong ink affinity. The effects of coating components were studied by applying six different types of latex and various additives. In this research, CLC(cylindrical laboratory coater) and Prufbau printability tester were used.

It was found that the decreasing latex dosage and introducing porous pigment were effective solutions to increase ink absorbency. However, the ink absorbency could not be improved by applying the fine pigment even though it had strong ink affinity. Among the characters of the latex, particle size and surface tension were found to have the strong effect on ink absorbency. The ink absorbency increased with large particle size and low surface tension latex. The additives were varied and it was found that applying to the top coating was effective.

1. 서 론

종이는 외관과 인쇄적성을 향상시키기 위하여 도공을 하는데 인쇄의 고급화, 고속화등으로 인해 잉크흡수 특성을 더욱 향상시키는 도공기술이 요구되고 있다.

대부분 포장용기로 사용되는 백판지의 경우, 인쇄후 over-coating을 실시하는데, 이때 잉크가 충분히 전조되지 않으면 품질불량 및 작업성 저하 등이 발생하게 된다.

이러한 문제를 방지하기 위해서는 도공층 구조 및 성분을 조정하여 잉크의 흡수특성을 최적화 시켜야 한다.

상업적으로 생산되는 도공지의 도공층의 두께는 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ 이며, 구조는 안료 및 바인더가 55 ~ 75%, 공극이 25 ~ 45% (부피비)로 구성되어 있다.¹⁾

^{*}1 한솔기술원 제지연구소 (Institute of Paper Technology, Hansol Institute of Science & Technology, San 56-1, Oeibang-Ri, Sudong-Myun, Namyangju-Si, Kyungki-Do)

옵셋인쇄시 도공층 표면으로 전이되는 잉크는 약 $1.0 \sim 1.5 \mu\text{m}$ 두께를 갖게 되며, 전이된 직후부터 잉크중의 오일이 도공층으로 침투하기 시작하는데, Guyot과 Amram에 의하면 잉크 중의 오일은 도공층의 $2\sim3 \mu\text{m}$ 정도까지만 침투하는 것으로 알려져 있다.

도공층의 가장 중요한 특성은 도공층의 구조 및 화학적 조성으로 알려져 있으며 (Lepoutre 1989), 도공층의 표면구조는 잉크요구량 / 인쇄광택에 큰 영향을 주고, 도공층의 공극분포와 투기도등은 잉크 셋팅 속도에 영향을 준다. (Zang, Aspler 1995).

0.05 ~ 0.5 μm 의 크기를 갖는 도공층의 공극은 잉크 비히클의 모세관 침투를 제어하는 역할을 담당하며, 사용한 바인더의 화학적 조성은 잉크용제의 확산을 제어하여 잉크 tack 상승에 영향을 미친다.²⁾

화학적 조성과 관련하여, 잉크 흡수특성에 영향을 미치는 중요한 성분은 바인더인데, 특히 잉크층에서 잉크오일의 분리에 직접적으로 작용하며, 도공층의 공극구조 형성에 기여함으로써 도공층으로의 잉크오일 흡수에 영향을 주게 된다. (Aspler 1993).

또한 라텍스의 경우 자체의 특성에 의해 결정되는 swelling에 의해서도 잉크오일을 흡수하는 것으로 알려져 있다. (Van Gilder, Purfeerst 1994).³⁾

본 연구는 도공층 성분과 그 구조가 옵셋 인쇄에서의 잉크 흡수특성에 미치는 영향을 분석함으로써, 상관관계를 규명하고자 하였다.

본 연구에서의 잉크 흡수특성 해석은

- ① 도공층의 공극구조를 간접적으로 예측할 수 있는 투기도
- ② 인쇄기 납 통과후의 모세관흡수 및 잉크 흡수능력을 예측할 수 있는 K&N 잉크 흡수율
- ③ 인쇄기 납 통과시의 잉크흡수능을 파악할 수 있는 ink set-off
- ④ 인쇄광택을 이용하였다.

특히, 인쇄광택을 잉크 흡수특성의 해석에 사용한 이유는, 잉크 오일의 도공층 흡수속도에 인쇄광택이 영향을 받기 때문이다. 즉, 잉크 오일의 흡수속도가 빠른경우, 잉크셋팅이 빠르게 진행되며, 이는 전이된 잉크가 충분히 leveling 되지 못한 상황에서의 급격한 잉크점도 상승을 야기시킴으로써 잉크 leveling 불량에 의한 인쇄광택 저하가 발생하게 된다.

급격한 잉크 tack 상승은 잉크 filaments의 leveling 효과를 감소시킴으로써 인쇄광택을 저하시킨다는 연구보고도 이러한 사실을 뒷받침한다.⁴⁾

또한, 인쇄광택은 도공층의 기공크기와 기공부피에 의해 결정된다고도 보고되었다.(Donigian, 1996; Cummings et al., 1996; Desjumaux and Bousfield, 1997; Arai and Nojima, 1997)

그러나 인쇄광택은 백지광택과 백지 거치름도에 크게 영향을 받기 때문에, 본 연구에서는 백지광택의 영향을 상쇄하기 위해 Δ gloss를 이용하였고, 인쇄광택 영향인자로서 거치름도를 같이 표기하였다.⁵⁾

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

도공원지로는 평량 330g/m^2 인 백판지 원지를 사용하였다.

도공안료로는 1급 클레이, 소성 클레이 및 두 종류의 중질탄산칼슘을 사용하였다.

도공용 바인더로는 6종류의 S/B Latex를 사용하였다.

2.2. 도공 방식

도공은 CLC (Cylindrical Laboratory Coater) 6000을 이용하여 실시하였으며, 도공지는 70°C 의 실험실용 Supercalender를 2회 통과시켜 캐린더링 하였고, 최종 제품의 Bulk는 1.33으로 맞추었다. Rod와 Blade를 이용하여 Double 및 Triple coating을 실시하였다.

Table 1. CLC running condition

Speed (m/min)	Pre drying time (sec)	Pre Drying Intensity (%)	Post Drying Power (sec)	Post Drying Intensity (%)
400	15	50	40	100

2.3. 측정

투기도 측정은 PPS (Parker Print Surf)를 이용하였고, 인쇄적성 평가는 Prufbau 인쇄적성 시험기와 RI 인쇄시험기 를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Coating structure 변화에 따른 Ink absorbency

3.1.1. Latex 감량에 따른 Ink absorbency 변화

Fig.1.은 탄산칼슘 위주의 배합을 이용한 Triple coating에서 middle층 라텍스를 1.0 pph 와 1.5 pph 감량하고, top 층 라텍스를 0.5 pph 및 1.0 pph까지 감량한 경우의 실험결과를 나타내었다. 기준안의 물성은 모두 100으로 맞추었다.

Fig.2.는 탄산칼슘 위주의 배합을 이용한 Double coating에서 pre층 라텍스를 1.5pph와 2.0pph 감량하고, top층 라텍스를 0.5pph 및 1.0pph 감량한 경우의 실험 결과를 나타내었다.

Fig.3.은 클레이 위주의 배합을 이용한 Triple coating에서 pre / middle층의 라텍스를 각각 1.0 pph 및 1.5pph까지 감량한 경우의 실험결과를 나타내었다.

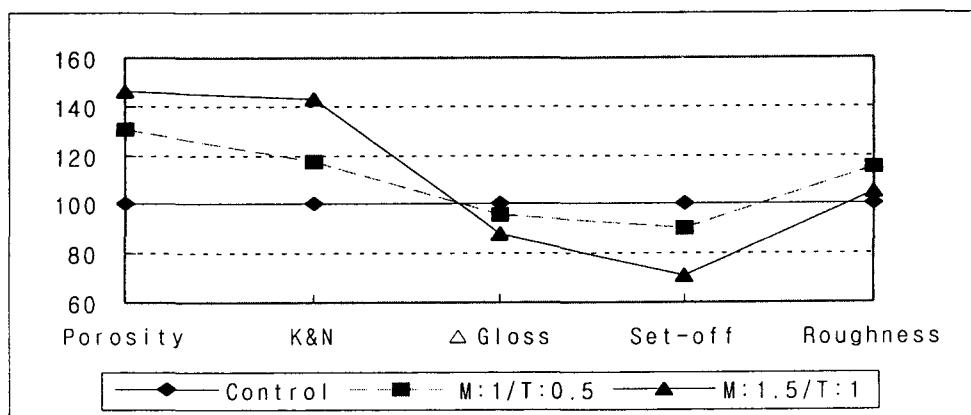


Fig.1. Effects of latex decrease (Triple coating / CaCO₃ base formulation /
M : middle / T : top / Number : Amount of decreased latex , pph)

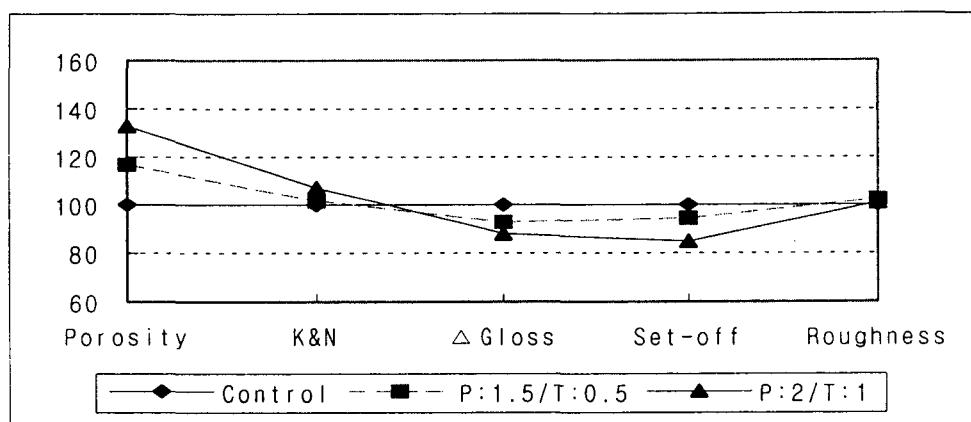


Fig.2. Effects of latex decrease (Double coating / CaCO₃ base formulation /
P : pre / T : top / Number : Amount of decreased latex, pph)

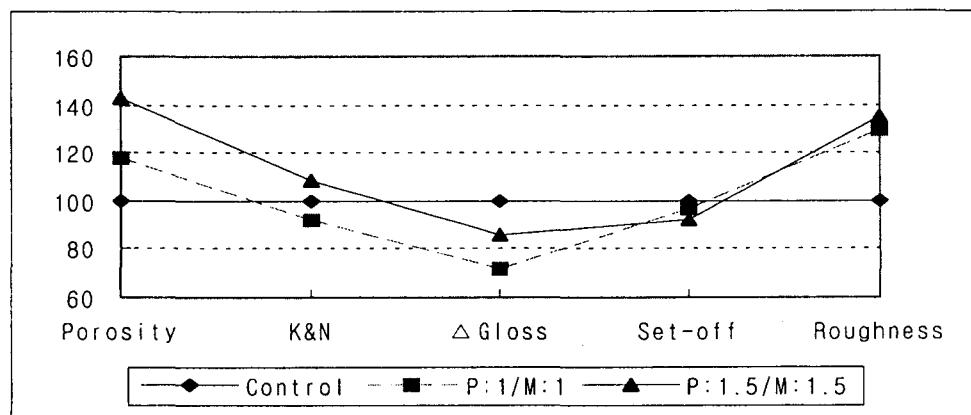


Fig.3. Effect of latex decrease (Triple coating / Clay base formulation /
P : pre / M : middle / Number : Amount of decreased latex, pph)

Fig.1. ~ Fig.3. 및 Table.2.에 나타난 바와 같이 라텍스 첨가량이 감소됨에 따라 투기도, K&N 잉크 흡수율은 증가하고, Δ gloss는 감소한다. 또한 ink set-off가 향상되는 것을 볼 수 있었는데, 이러한 결과는 도공액의 안료조합이 다른 경우는 물론, 상이한 물성의 라텍스를 사용한 경우와 Triple 및 Double Coating에서 모두 동일하였다.

Fig.1과 Fig.2에서 알수 있듯이, 라텍스 감량의 경우 잉크흡수성은 더욱 향상되는 결과를 볼 수 있었고, triple coating에서의 감량효과가 double coating에서보다 큰 것을 확인할 수 있었다. 그 이유는 triple coating에 의해 형성된 도공층이 double coating에 의해 형성된 것에 비해 치밀한 공극구조를 가지기 때문에 다공성 중대효과가 더욱 크게 나타난 것으로 판단된다.

이러한 결과는, 안료조합이 같을때 라텍스의 첨가량을 줄일 경우, 형성되는 기공의 구조는 동일하나 라텍스 필름이 상대적으로 덜 형성되기 때문에 유효한 기공의 숫자가 늘어나게 되고 이로 인해 투기도가 증가하며 잉크를 흡수할 수 있는 능력이 커짐으로 인해 K&N 잉크흡수율 수치가 커지는 것으로 해석할 수 있다.

ink set-off가 향상되고, Δ gloss가 저하되는 것도 같은 해석이 적용될 수 있다.

이상의 결과는 S/B Latex를 8pph에서 18pph까지 증가시켰을 때 투기도와 외부압력하에서의 흡수력이 감소한다는 Eklund와 Rennes의 주장과 일치한다.⁶⁾

따라서 도공지의 잉크흡수성을 향상시키기 위해서는 기타 물성에 영향을 주지 않는 범위에서 라텍스의 양을 감소시키는 것이 효과적인 방법이라는 결론에 도달할 수 있다.

Table.2. Effect of latex decrease (Properties of control is set as 100)

	CaCO ₃ rich formulation				Clay rich formulation	
	Latex A		Latex B		Latex A	
Middle Latex (pph)	control	-1	control	-1		
Top Latex (pph)	control	-1	control	-1	control	-1
Porosity (mL/min)	100	123.3	100	123.0	100	101.8
K&N 잉크흡수율 (%)	100	97.8	100	113.0	100	104.9
Δ Gloss (%)	100	84.7	100	98.3	100	102.5
ink set-off (색농도)	100	88.6	100	90.6	100	75.7
Roughness (μ m)	100	108.1	100	98.1	100	105.9

3.1.2. Pre / Middle층 공극구조에 따른 Ink absorbency 변화

Fig.4.는 Pre 및 Middle층에 bulky한 도공층을 형성하는 소성 클레이 도입에 의해 투기도가 급격히 향상됨을 나타낸 것이다. 특히 두 층에 모두 사용한 경우 더욱 큰 효과를 얻을 수 있었다. 투기도의 상승과 함께 K&N 잉크흡수율 및 ink set-off도 모두 향상되었으며, Δ Gloss는 감소하였다.

이러한 경향은 Pre층에만 적용한 것보다 Middle층 및 Pre, Middle층에 모두 소성 클레이를 도입한 경우 더욱 확연하게 나타났다. 이것은 Middle층의 다공도가 증가하면 Top color가

도공될 때 바인더가 Middle 층으로 이동하게 되어 Top 층 내부에 잔존하는 바인더가 줄어들어 Top 층이 porous해진 결과로 사료된다.

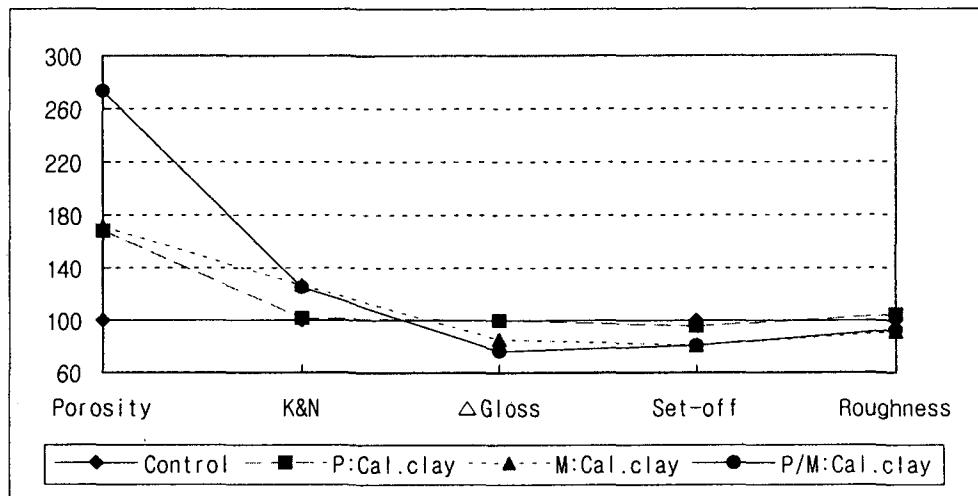


Fig.4. Effect of calcined clay (Triple coating / Clay rich formulation / P : pre / M : middle / Properties of control is set as 100)

3.1.3. Ink affinity 가 높은 안료증량에 따른 Ink absorbency 변화

Middle 층의 잉크흡수성을 제고하여 도공층 전체의 잉크흡수능을 향상시키기 위해 잉크 친화도가 높은 미세입자의 탄산칼슘을 도입한 결과, Table.4.에 나타난 바와 같이, 투기도, Δ Gloss, ink set-off가 향상되었다.

투기도와 ink set-off의 상승은 바인더 투입량을 일정하게 유지하고 미세입자의 탄산칼슘을 도입하였기 때문에 안료의 비표면적이 증대된 상태에서 바인더량이 일정하므로 라텍스 필름에 의해 메워지지 않은 기공이 많아진 이유라고 판단된다.

Top 층에 미세입자의 탄산칼슘을 증량한 경우, 투기도와 인쇄광택은 증가하지만 ink set-off는 저하되는 결과를 볼 수 있었다.

투기도의 증가와 Δ gloss의 저하는 탄산칼슘을 증량하였을 경우 공극이 풍부한 도공층 구조를 가지며, Δ gloss가 증가한다는 보고와 같은 결과였다.⁷⁾

Δ gloss의 증가와 ink set-off의 저하에서 볼 수 있는 잉크수리성 저하는 잉크친화도가 높은 안료가 많아지고 미세기공의 증가하여 잉크중의 오일침투가 초기에 급격하게 진행되지만 잉크 중의 안료에 의한 filter cake이 빠르게 형성되고 이것이 이후의 오일흡수를 저해하여 전체적인 잉크수리성은 저하되는 것으로 유추할 수 있다.

즉, 미세한 도공안료는 매우 작은 공극을 형성하며 이는 조대한 공극에 비하여 잉크 필름으로부터 오일을 흡수하는데 더 효과적이다.^{8) 9)}

Table.3. Effect of pigment size (Properties of control is set as 100)

Middle pigment	coarse CaCO ₃	fine CaCO ₃		
Top (pph)			fine CaCO ₃	fine CaCO ₃ 10pph 증량
Porosity (mL/min)	100	109.9	100	105.5
K&N 잉크흡수율 (%)	100	100.8	100	100
ΔGloss (%)	100	111.4	100	121.8
ink set-off (색농도)	100	94.1	100	104.8
Roughness (μm)	100	85.1	100	99.4

3.2. Coating components 변화에 따른 Ink absorbency

3.2.1. Latex 변종에 따른 Ink absorbency 변화

입자경, Gel Content, 표면장력, Tg가 각각 상이한 S/B 라텍스를 이용하여 실험한 결과 잉크흡수성 차이를 발견할 수 있었는데, 일률적으로 해석하기 어렵기 때문에 각각의 변수요인을 독립적으로 해석하였다.

(가) 입자경 변화에 따른 Ink absorbency 변화

Gel content, 표면장력, Tg가 유사하고 입자경이 상이한 D, F를 비교한 결과, 작은 입자의 Latex를 사용한 F의 경우 투기도, K&N 잉크흡수율, ink set-off가 감소하고 Δgloss가 상승하였다. 투기도와 입자경의 관계는 Gron과 Koskelainen, Grankvist의 주장과 일치하는데 그들은 라텍스의 입자경이 도공층의 구조에 중요한 영향을 미친다고 하였고 입자경이 크면 투기도가 증가하고 입자경이 작으면 접착력이 증가한다고 하였다.¹⁰⁾

따라서 입자경이 큰 라텍스를 사용하는 것이 잉크흡수 측면에서 유리하다고 판단된다.

(나) Tg에 따른 Ink absorbency 변화

일반적으로 S/B 라텍스의 Tg는 도공층의 투기도와 접착강도에 많은 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 낮은 Tg의 soft한 라텍스는 강한 표면강도의 도공층을 형성하지만 투기도의 저하를 초래한다. 높은 Tg의 hard type 라텍스를 증량하여 사용하면 도공층의 다공성이 커지고 동일한 강도를 발현할 수 있다.¹⁰⁾

입자경은 상이하지만 Gel content와 표면장력이 유사한 B, C, E를 비교한 결과 Tg가 낮은 C, E의 경우 ink set-off가 좋아지고 Δgloss가 저하되는 현상을 보였다.

또한 C의 경우 투기도, K&N 잉크흡수율이 저하되지만 E의 경우는 반대 경향을 나타내었다.

본 실험에서 Tg가 낮은 라텍스를 사용한 경우가 잉크흡수에 유리한 결과를 보였는데, 이는 Tg보다 Acrylonitrile등 라텍스의 성분이 더 큰 영향을 주었기 때문으로 판단된다.¹¹⁾

따라서 Tg만 상이하고 성분 및 물성이 유사한 라텍스를 사용하여 다시 한번 고찰할 필요성이 제기된다.

Table.4. Effect of S/B latexes (Properties of control is set as 100)

Latex	A	B	C	D	E	F
입자경(Å)	1700	1600	1450	1400 Bimodal	1450	1300
Gel Content(%)	75	82	83	80	83	80
표면장력	50.2	61.2	64.0	45.3	62.5	46.9
Tg(°C)	7	10	0	10	1	10
Porosity (mL/min)	100	99.6	82.4	107.7	103.1	80.5
K&N 잉크흡수율 (%)	100	78.4	68.2	121.6	84.1	118.2
ΔGloss (%)	100	100	78.5	88.7	79.7	123.7
ink set-off (색농도)	100	89.4	87.3	94.7	75	110.8
Roughness (μm)	100	106.2	115.1	107.5	104.8	115.1

(다) 표면장력에 따른 Ink absorbency 변화

입자경은 상이하지만, Gel content와 Tg가 유사한 B, D, F의 경우를 비교하면 표면장력이 낮을수록 K&N이 상승하는 결과를 확인할 수 있었고 상관관계도 우수하였다.

일반적으로 표면장력이 낮으면 라텍스와 잉크의 상호작용이 증가하여 잉크 흡수가 용이한 것으로 알려져 있으며, 높은 표면에너지로 가진 라텍스는 잉크와 상호작용이 적고, ink tack 상승이 느리다고 알려져 있다.¹²⁾

Ink set-off는 K&N 잉크흡수율과 반대의 결과를 보이는데, 이것은 라텍스의 입자경 감소로 인한 투기도 저하에서 그 원인을 찾을 수 있다.

B와 F의 비교에서 입자경의 감소로 인한 투기도와 ink set-off의 저하, Δgloss의 증가를 명확하게 볼 수 있다.

이러한 결과를 종합하면 표면장력이 낮은 경우 잉크의 모세관 흡수특성은 우수해지지만, 기공 감소로 인한 흡수능 저하를 극복하지는 못한다고 판단된다.

(라) Gel Content 변화에 따른 Ink absorbency 변화

다른 물성들이 상대적으로 유사한 A, B의 경우를 비교하면 Gel content가 높은 B의 경우 ink set-off가 향상되는 것을 볼수 있었다. 투기도 감소와 K&N 잉크흡수율의 저하를 확인할 수 있었는데 입자경이 작은 라텍스에 의한 기공의 감소와, 높은 표면장력에 의해서 모세관을 통한 잉크흡수속도가 느려진 결과로 해석할 수 있다.

ink set-off의 경우 상이한 결과를 보이는데, 이는 Gel content에 의한 영향보다 라텍스 성분, 표면장력등 기타물성에 의한 영향이 더 크게 작용한 것으로 판단된다.

3.2.2. Binder System 변경에 따른 Ink absorbency 변화

(가) Top층 additives 변경에 따른 Ink absorbency 변화

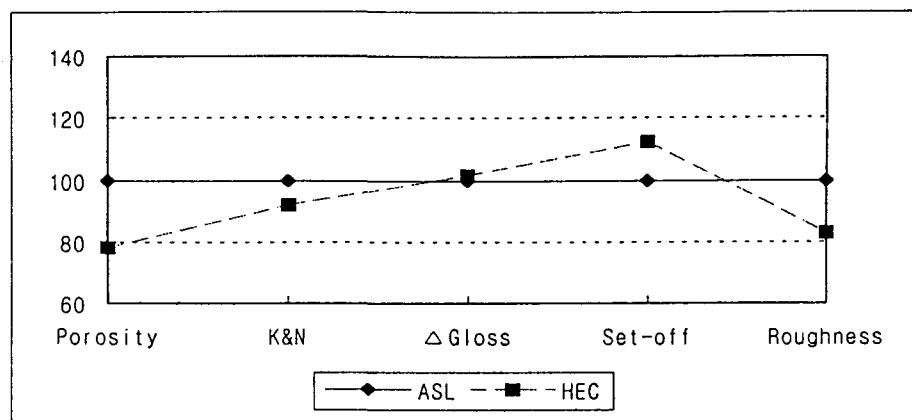


Fig.5. Effect of additives in top color

(ASL^{*} : Alkali Swellable Latex / HEC^{**} : Hydroxyethylcellulose /
Triple coating / CaCO₃ base formulation / Properties of ASL is set as 100)

클레이와 상호작용이 있다고 알려져 있는 HEC를 사용한 경우 ASL에 비해 투기도, K&N 잉크흡수율, ink set-off가 저하되었고, △Gloss는 약간 상승하였다. △Gloss의 상승을 거치름도 하락에 의한 잉크 레벨링 효과에 의한 결과로 보더라도, 잉크흡수성이 저하되었다는 결론에 도달할 수 있었다.

이러한 결과는 CaCO₃ base formulation에서 HEC가 반응할 수 있는 클레이가 적기 때문에 도공구조에 영향을 미치지 못하기 때문으로 판단된다.

(나) Pre층 additives 변경에 따른 Ink absorbency 변화

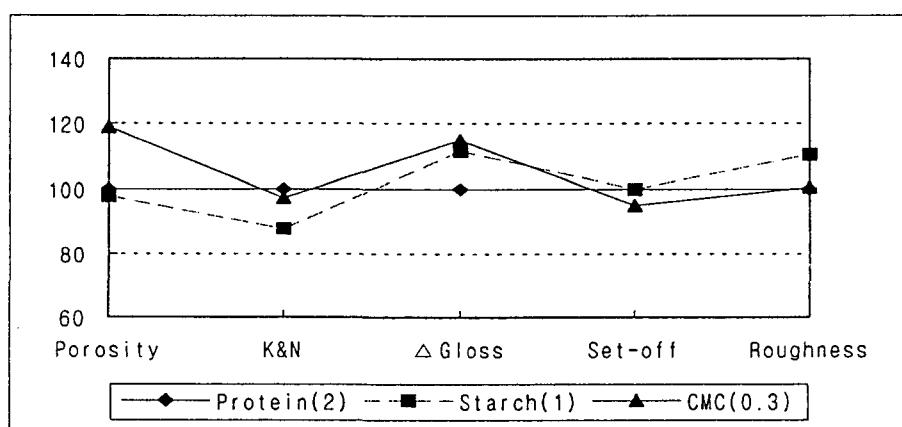


Fig.6. Effect of additives in pre color

(Triple coating / Clay base formulation / number : pph / Properties of control is set as 100)

Pre color의 additive를 변화시킨 결과 잉크흡수성에 미치는 영향이 미미했고, 확실한 경향성을 나타내지는 않았다. 이러한 결과를 볼때 첨가제 변화를 통해서 잉크흡수성을 향상시키려면 top color에 적용을 하는 것이 효과적이라 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 도공층 성분과 구조가 offset 인쇄에서의 잉크흡수 특성에 미치는 영향을 분석함으로써, 그 상관관계를 규명하고자 하였다. 구조적 측면에서는 라텍스 감량, 다공성을 극대화시키는 안료 도입, 잉크친화도가 우수한 미세안료 도입시의 특성을 고찰하였다.

성분적 측면에서는 상이한 물성의 라텍스, 상이한 첨가제 도입시의 물성변화를 고찰하였다. 본 연구에서는 도공층의 다공도를 간접적으로 예측할 수 있는 투기도, 인쇄기 nip 통과후의 모세관흡수 및 도공층의 잉크흡수능력을 예측할 수 있는 K&N 잉크흡수율, 인쇄기 nip 통과시 잉크흡수능을 파악할 수 있는 Ink Set Off 및 인쇄광택을 이용하여 Ink absorbency를 해석하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 도공지의 잉크흡수성을 향상시키기 위해서는 기타 물성에 영향을 주지 않는 범위에서 라텍스의 양을 감소시키는 것이 효과적이었다.
2. 다공성을 극대화시키는 안료를 도입하여 도공층 구조를 다공성을 만들어주는 것은 잉크흡수 측면에서 상당히 유리하였다.
3. 잉크친화도가 우수한 미세안료 도입시 미세안료에 의한 미세기공 형성으로 초기흡수가 너무 급격하게 일어나 잉크흡수성이 저하되는 결과가 초래되었다.
4. 잉크흡수에 유리하게 작용하는 라텍스는 입자경이 크며, 표면장력이 낮은 라텍스였다. 라텍스의 Tg와 Gel content가 미치는 영향은 기존의 보고들과 다른 결과를 보였다.
5. Top coating의 첨가제를 변화시킨 경우 잉크흡수성 변화에 큰 영향을 미쳤으나 base coating의 경우 잉크흡수성 변화에 크게 기여하지 못하는 것으로 판단된다.

인용 문헌

1. D.I. Lee, 1998 Korean paper coating technology seminar, p.8.
2. Xiang Y., Bousfield, D.W., Printing and Graphic Arts Conference, p.93 (1998)
3. Gron J., Dahlvik P., Strom G., Nord. Pulp Pap. Res. J. 13(2):119 (1998)
4. Desjumaux, D., Bousfield, D.W., Glatter, T.P., and Van Gilder, R.L., Proceedings of 1998 TAPPI Coating Conference, p.875
5. Desjumaux D., Bousfield D., 1998 TAGA proceedings, p.618
6. Rennes S., Eklund D., Finish Paper and Timber J.,71(6):698 (1989)
7. 박종열, 이학래, 김병수, 정현채, 한국펄프 종이공학회지, 30(2):62 (1998)
8. Donigian, D., shely, J.N., and Wise, K.J., Proceedings of 1996 TAPPI Coating Conference, p.39
9. Aspler, J.S.,Zang, Y.H., Larrondo, L., and Perron, L, Proceedings of 1997 TAGA Conference, p.162 (1997)
10. Gron J., Koskelainen J., Grankvist T., International Printing & Graphic Arts Conference Proceedings, p.159 (1996)
11. Forbes M., Triantafillopoulos N., Ave'Lallement T., 1998 TAGA proceedings, p. 698
12. Van Gilder, R.L. and Purfeest, R.D., Proceedings of 1994 Coating Conference, TAPPI press, Atlanta, p.243