

안료의 종류가 잉크젯 인쇄특성에 미치는 영향

안국현 · 이광섭 · 이용규

(강원대학교 산림과학대학 제지공학과)

1. 서론

21세기가 지식·정보화 사회로의 이동으로, 종이의 용도도 정보기록 매체로서의 성장 가능성이 커지고 있다. 최근 기업에서는 제안서와 보고서, 프리젠테이션 자료와 각종 문서를 컬러로 인쇄하는 경향을 보이고 있다. 그리고 개인 사용자들도 인터넷의 활성화와 디지털 카메라, 스캐너 등에 힘입어 보다 저렴한 비용으로 고품질의 인쇄물을 출력해 주기 때문에 잉크젯 프린터는 대중에게 착실하게 보급되고 있다. 1999년을 기준으로 종류별로는 잉크젯 프린터가 85%의 큰 폭으로 성장을 했으며 레이저 프린터는 평균 15% 정도 증가된 것으로 나타났다¹⁾.

이와같이 저렴한 비용으로 고품질의 컬러 인쇄물을 출력해주는 잉크젯 프린터의 사용이 대중화 됨에 따라, 잉크젯 프린터의 생산기술 뿐만 아니라 프린터에 사용되는 잉크의 특성과 고품질의 인쇄에 적합한 인쇄용지의 개발등이 중요한 과제로 대두 되고 있다²⁾. 특히, 후자의 경우 수성의 잉크를 사용하는 잉크젯 프린터에 적합한 인쇄용지를 위해서는 잉크와 인쇄용지와의 상호작용에 대한 이해가 요구된다.

잉크젯 프린터에 사용되는 잉크의 경우 60-90%의 수분을 함유하는 수용성 잉크를 사용하게 되는데, 이때 수성의 잉크가 종이와 접촉하면 즉시 수성의 잉크방울과 종이사이에서 상호작용이 발생하게 된다. 종이의 경우, 수성의 잉크에 대해서 잉크방울이 종이내부로 깊이 흡수되기 전에 잉크가 건조가 되어야 하고 wicking 혹은 feathering의 발생을 감소시켜 선명한 문자나 화상을 인쇄할 수 있어야 한다²³⁾. 이상과 같은 조건과 고품질의 인쇄효과를 위해서 잉크의 빠른 건조와 생생한 컬러를 발현할 수 있는 다공성의 합성실리카 안료를 잉크젯 용지에 자연스럽게 사용하게 되었다.

인쇄과정은 프린터, 기질과 도공층과의 상호관계, 그리고 도공 적용 방법등과 같은 많은 영향인자 속에서 수행이 되는데⁴⁾, 본 실험에서는 안료와 함께 도공층에 크게 영향을 미치는 영향인자인 바인더 첨가량을 고정시키고 일정한 도공량의 범위내에서 안료의 종류를 영향인자로 하여 안료의 종류와 잉크와의 상호관계를 고찰하여 잉크젯 인쇄적성에 미치는 영향에 관해서 살펴보고자 하였다. 특히, 원지의 영향없이 안료를 주성분으로 하는 도공층과 수성염료잉크와의 상호작용을 고찰하기 위하여 PET 필름을 사용하였으며, 소수성의 PET 필름과 수성의 도공액과의 도공특성을 부여하는데 주안점을 두고 연구하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공안료 및 바인더

본 실험에 사용된 안료는 서로 다른 종류의 Silica(HP 34M[®] ; KOFRAN, CO., LTD., X-117[®] ; 신홍(주), Y-110[®] ; 신홍(주))와 Silicon dioxide(Tixosil 34K[®] ; KOFRAN CO., LTD.), Aluminum Hydroxide Mactoxine(HP-600[®] ; 신홍(주)) 그리고 No.2 클레이를 사용하였고 Table 1에 이들의 특성을 나타내었다. 그리고 바인더로는 PVA(PVA-117[®], KURARAY CO., LTD.)를 사용하였다.

Table 1. Properties of pigments for paper coating

The type of pigments	pH	Specific Surface Area (m ² /g)	Viscosity		
			cPs	rpm	
Silica	HP 34M	6.80	135	9.82	100
	Y-110	6.70	195	329.35	100
	X-117	6.29	195	248.35	100
Aluminum Hydroxide Mactoxine	HP-600	7.23	10	9.97	100
Silicon Dioxide	Tixosil 34K	6.60	-	9.74	100
No.2 clay		6.94	-	233.6	10

2.1.2 기타첨가제

안료의 분산을 위해 분산제(WJ-400[®] ; WOO JIN INDUSTRIAL CO., LTD.)를 사용하였으며 기포발생을 방지하기 위해서 소포제(PRONAL-208[®] ; WOO JIN INDUSTRIAL CO., LTD.)를 첨가하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 Under coating용 도공액의 제조

소수성의 PET 필름에 수용성의 도공액을 도포하기 위해서 특수접착제와 안료를 일정 비율로 하여 고속교반기(Kady mill)로 교반하여 제조하였다.

2.2.2 Top coating용 도공액의 제조

Top coating용 도공액을 조제하기 위해서 일정량의 실리카를 고속 교반기로 교반하면서 바인더로는 PVA와 CMC(KPP 8020[®], KOREAN GINSENG PRODUCTS CO., LTD)를 첨가하였고 기타 첨가제로 분산제를 순차적으로 일정 시간 간격을 두고 첨가한 다음 완전한 분산이 이루어지도록 1시간 동안 교반 시켰다. 제조된 도공액의 배합비는 Table 2와 같다.

Table 2. Formulation of secondary coating color. (unit:pph)

Pigment	Binder		Dispersant
	PVA	CMC	
100	20	1.5	1.5

2.2.3 도공액의 물성측정

도공액의 점도는 Brookfield형(MODEL DV-III+) 점도계(LV2 spindle)로 측정하였다. 도공액의 pH는 pH meter(Mettler Delta 340)를 사용하여 측정하였다.

2.2.4 도공필름 제조

준비된 under coating용 도공액을 반자동 K-control coater (No.2 bar)를 사용하여 PET 필름위에 편면도공 후 20분간 상온에서 건조하였다. 그리고 실리카를 주성분으로 하는 top coating용 도공액을 약 $8 \pm 1 \text{g/m}^2$ 의 도공량으로 조절하여 반자동 K-control coater를 사용하여 편면 도공필름을 제조 후 상온에서 건조하였다.

2.2.5 도공필름 분석

Water absorption은 T441 om-90의 Tappi standard에 의거하여 측정하였고, T458 cm-94의 Tappi standard에 준하여 일정량의 잉크방울($0.1 \mu\text{m}$)을 마이크로 주사기를 이용하여 필름위에 떨어뜨린 후 화상분석기를 이용하여 접촉각을 촬영하였으며 화상분석기 자체의 프로그램을 이용하여 접촉각을 측정하였다. 그리고 black ink(SEIKO EPSON CO.)를 사용하는 Epson stylus color II 잉크젯 프린터와 HP C1823D color ink를 사용하는 HP deskjet 710C 프린터로 도공필름에 임의의 화상을 인쇄하였다. 그리고 D 196 Densitometer를 이용해서 black 인쇄영역에서 optical density (OD)를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Under coating 도공층 조건이 top coating 도공층에 미치는 영향

본 실험에서는 원지의 영향없이 실리카를 주성분으로 하는 도공층이 잉크젯 프린터에 사용되는 수성염료잉크 대한 상호작용을 고찰하기 위하여 특수접착제를 PET 필름위에 under coating의 주성분으로 사용하였다. 그러나 초기의 실험에서 under coating 후에 실리카를 주성분으로 하는 top coating을 해주었을 때 bar 자국, crack등 여러 가지 문제점들이 노출이 되었다. Photo 1은 crack 발생의 예를 화상으로 보여주고 있다.

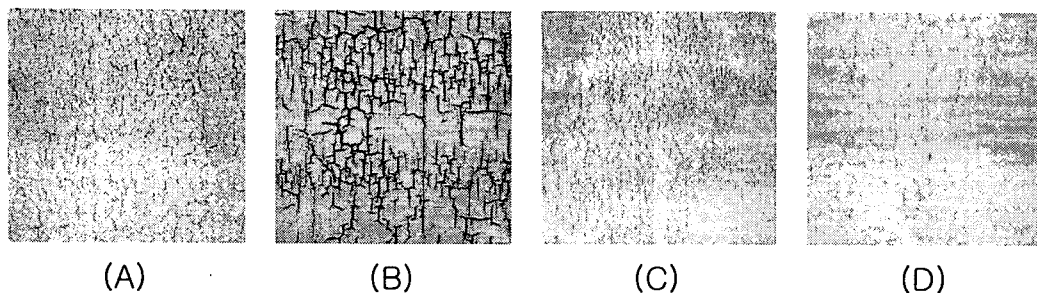


Photo 1. The example of cracking with the condition of under coating

Under coating층에서, 건조조건, 접착제 농도, 안료 종류 따라 top coating층에서 crack 정도를 개선시켰으며 crack과 bar 자국의 발생으로 under coating의 조건이 top coating 구조에 직접적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

3.2 안료의 종류가 잉크젯 인쇄적성에 미치는 영향

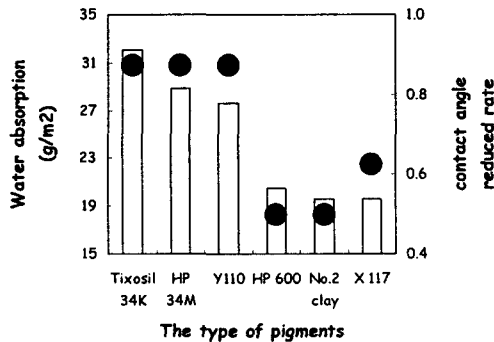


Fig.3 Water absorption and contact angle rate with the type of pigments.

Fig. 3은 일정시간 동안의 접촉각의 변화율과 물 흡수량과의 상관관계를 보여주고 있다. Tixosil 34K, HP 34M 그리고 Y 110 안료로 도공된 도공층은 물 흡수량이 많으면서 도공층 표면에서의 잉크방울의 접촉각 변화율이 큰 경우이고, HP 600과 No.2 클레이로 도공된 도공층에 접촉된 잉크방울의 접촉각 변화율이 매우 작고 도공층으로의 물 흡수량 또한 적은 경우이다. 즉, Tixosil 34K, HP 34M 그리고 Y 110등의 안료로 도공된 도공층은 잉크가

도공층 표면과 접촉 후 지속적인 잉크의 흡수가 도공층 내부로 발생하는 반면 HP 600과 No. 2 클레이 안료로 도공된 도공층은 도공층표면에서 일정량의 잉크방울이 도공층 표면에 접촉 후 잉크가 도공층 내부로 거의 흡수되지 않는 경우이다. 접촉각의 변화율은 다음과 같은 식을 이용해서 나타낼 수 있는데,

$$R = \frac{C - C'}{T - T'} \dots \dots \dots (1)$$

여기서,

- R = 시간에 따른 접촉각의 변화율
- C = T시간 후의 평균 초기 접촉각
- C' = T'시간 후의 평균 접촉각

이다. 본 실험에서는 접촉각 측정시, 잉크가 필름의 표면에 접촉후 2초후에 접촉각을 측정하였고 10초 후 접촉각의 변화율을 계산하였다. Table 3에 안료종류에 따른 잉크방울의 초기 접촉각과 망점면적비 그리고 black 인쇄영역에서의 optical density 값을 나타냈다.

Table 3. The initial contact angle and dot area with the type of pigments

	Tixosil 34K	HP 34M	Y 110	HP 600	No.2 clay	X 117
Contact angle (degree)	44	44	42	30	30	30
CARR*	0.8750	0.875	0.875	0.5	0.5	0.625
Dot area (%)	49	57	65	69	72	75
Optical density (Black OD)	0.58	0.6	1.03	0.89	0.89	1.235

* CARR : Contact angel reduced rate

Table 3에 따르면 도공층 표면에서 갖는 잉크방울의 초기 접촉각의 경우, Tixosil 34K와 HP 34M의 안료로 도공된 도공층이 44°로 가장 큰 각도값을 갖고 HP 600, No.2 클레이와 X 117의 안료로 도공된 도공층은 30°로 가장 작은 각도값을 보이고 있다. Fig. 3과 Table 3에서, Tixosil 34K, HP 34M 그리고 Y 110의 안료로 도공된 도공층에 접촉된 잉크방울의 초기 접촉각(44°)이 크고 접촉각 변화율(0.875)이 클 때 망점의 면적비는 감소했고, 잉크방울의 초기 접촉각(30°)이 작고 접촉각 변화율(0.5)이 매우 작은 HP 600과 No.2 클레이로 도공된 도공층에서의 망점의 면적은 증가하였다. Gemma Morea-Swift등은 XY방향으로 과도한 잉크의 퍼짐성을 방지하기 위해서는 초기 접촉각이 충분히 커야 한다고 밝힌 바 있다²⁾. X 117 안료로 도공된 도공층의 경우, HP 600과 No.2 클레이로 도공된 도공층에 접촉한 잉크방울과 동일한 초기 접촉각(30°)과 HP 600과 No.2 클레이로 도공된 도공층에 접촉한 잉크방울의 접촉각 변화율(0.5) 보다 큰 잉크방울의 접촉각 변화율(0.625) 때문에 두께 방향으로의 잉크침투 보다는 XY 방향으로의 잉크의 확산에 영향을 미쳐 안료의 종류중 가장 큰 망점 면적비가 나타나는 것으로 생각된다.

Tixosil 34K와 HP 34M의 안료로 도공된 도공층은 optical density값이 작으면서 작은 망점면적비를 보여주고 있다. Optical density값은 도공층 표면에 잔류하는 염료의 고형분 농도와 밀접한 관계에 있는데, 입사각에 100%를 반사할 때, optical density 값은 0, 입사각의 10%를 반사할 때, 1의 값을 갖고 입사각의 1%를 반사할 때 2의 값을 가진다. 즉, 표면층에 잔류잉크가 많을수록 optical density 값이 증가하는 것을 알 수 있다⁵⁾. 작은 optical density값과 망점 면적비를 가지는 Tixosil 34K와 HP 34K의 안료로 도공된 도공층에서의 잉크는 XY방향으로의 확산 보다는 두께 방향으로의 침투가 많이 발생했음을 알 수 있다. 그 결과 도공표면층에서의 잔류잉크의 감소로 optical density 값이 감소한 것으로 생각된다. 문자의 면적과 경계면의 비율값의 상관관계를 Table 4에 나타내었다.

Table 4. Print quality parameters from image analysis

Type of pigments	Area of letter (cm ²)			Perimeter of letter (cm)			Ratio Perimeter/Area		
	"C"	"A"	"G"	"C"	"A"	"G"	"C"	"A"	"G"
Tixosil 34K	1.849	2.278	2.801	10.00	11.14	12.81	5.408	4.890	4.573
HP 34M	1.830	2.267	2.647	9.991	11.10	12.45	5.45	4.896	4.703
Y 110	1.847	2.285	2.677	9.959	11.06	12.43	5.39	4.84	4.643
HP 600	1.796	2.258	2.932	27.28	21.30	16.12	15.18	11.85	5.497
No.2 clay	1.524	2.237	2.811	45.21	20.85	18.35	29.66	9.320	6.527
X 117	1.919	2.368	2.990	11.17	12.14	14.01	5.82	5.126	4.685

그리고 Table 4의 측정값을 보다 용이하게 시각적으로 확인하기 위해서 화상분석기를 이용하여 문자 "C"를 촬영하였는데 이를 Photo 2에 나타내었다.

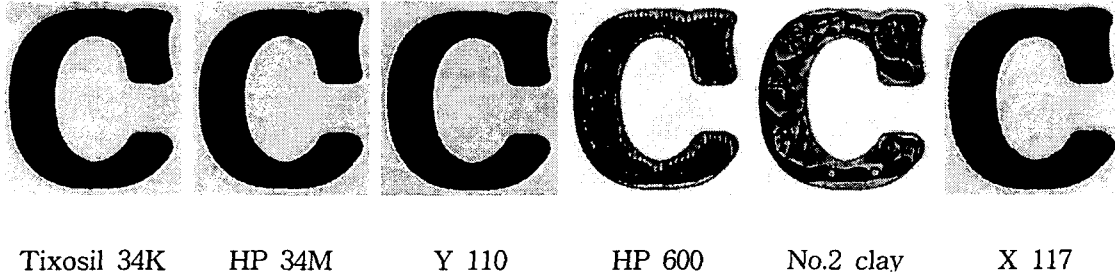


Photo 2. Printed letter "C" on the coated film

망점과 문자에 대한 인쇄품질을 측정하기 위해서 area, perimeter, 그리고 optical density의 측정값이 사용되었다. 여기서 면적은 인쇄물의 선명도정도를 측정하기 위해서 그리고 perimeter는 문자의 wicking과 feathering 정도를 측정하기 위해서 사용되었다⁶⁾.

Table 4에서, HP 600과 No.2 클레이로 도공된 도공층에 인쇄된 문자의 면적은 작지만 perimeter값은 매우 크다. Fig.3에서 언급했듯이 HP 600과 No.2 클레이 안료로 도공한 도공층은 잉크방울의 초기 접촉각(30°)과 접촉각 변화율(0.5)이 작기 때문에 물 흡수량이 매우 적은 도공층을 형성하게 된다. 이러한 도공층의 형성은 Photo 2에서 보는 바와 같이 잉크가 도공층 내부로 침투하지 못하기 때문에 도공층에서 불균일한 잉크의 응집이 발생하게 되고 불균일한 잉크의 응집은 요철의 변화가 큰 문자의 경계면을 형성해 인쇄품질을 저하시키는 결과를 가져온다. 그리고 X 117 안료로 도공된 도공층의 경우, 실험에 사용된 안료중 최대 면적을 가지는 문자를 인쇄하는데 Table 3에서 언급한 잉크방울의 초기 접촉각(30°)과 접촉각 변화율(0.625)의 결과로 인한 최대 망점의 형성이 문자 인쇄시 feathering을 발생시켜 최대 면적값을 갖는 것으로 생각된다.

Y 110 안료로 도공된 도공층의 경우, Tixosil 34K와 HP 34M 안료로 도공된 도공층에 인쇄된 문자의 면적보다 면적이 큰 문자를 인쇄함에도 불구하고 가장 작은 perimeter 값을 가진다. 그리고 Table 3에서 보는 바와 같이, XY 방향으로 과도한 잉크의 확산 때문에 최대의 optical density값을 갖는 X 117 안료로 도공한 도공층의 optical density값을 제외하고는 충분한 잉크 방울의 초기 접촉각(42°)과 적당한 접촉각의 변화율로 가장 높은 optical density값을 가진다. 결과적으로 Y 110으로 도공된 도공층에서 경계면이 명확하고 선명한 우수한 인쇄품질의 화상 혹은 문자를 얻을 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 안료의 종류를 영향인자로 하여 안료의 종류와 잉크와의 상호관계를 고찰하여 잉크젯 인쇄적성에 미치는 영향에 관해서 살펴보았고 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

원지가 인쇄특성에 미치는 영향을 배제하기 위해서 PET 필름을 사용하였다. 이때 under coating층의 조건은 top coating층에서 crack과 bar 자국의 원인이 될 수 있다. 따라서 top coating층에서 문제가 되는 crack과 bar 자국 발생을 방지하기 위해서 적당한 접착제 투입량의 조절이 필요하다.

그리고 도공층 표면에서 접촉된 잉크방울의 접촉각을 측정함으로써 초기의 접촉각과 시간에 따른 접촉각의 변화율이 도공층에서의 망점의 면적비, optical density등과 같은 망점의 형성과 밀접한 관계가 있는 결과를 보여주고 있다. 잉크방울의 접촉각이 증가함에 따라 망점의 면적비는 감소하는데, 잉크방울의 접촉각이 크고 과도한 접촉각 변화율은 두께 방향으로의 잉크의 침투를 빠르게 하여 optical density값이 저하되는 원인이 될 수 있다.

또한 잉크방울의 접촉각이 매우 작고 접촉각의 변화율이 매우 작은 경우, 잉크가 도공층의 두께방향으로 침투하지 못하기 때문에 도공층 표면에서 불균일한 응집이 발생하여 인쇄품질을 저하시키는 원인이 된다. 그리고 잉크방울의 접촉각이 작고 적당한 접촉각의 변화율은 잉크의 과도한 XY 방향으로 퍼짐성을 발생시켜 문자가 인쇄될 때 feathering의 원인이 될 수 있다.

인 용 문 헌

1. <http://www.sisait.kr/199906/newjong/112.htm>, 1999.6 시사컴퓨터 출처
2. Gemma Morea-Swift and Helen Jones, "The use of synthetic silicas in coated media for ink-jet printing", 2000 TAPPI Coating Conference and Trade Fair, p317-328
3. "고품질 잉크젯 인쇄를 위한 종이의 기본적 과제", The paper industry journal 311(8) : p 75-79 (1998)
4. D.M. Chapman, "Coating structure effects on ink-jet print quality", 1997 Coating conference, p73-93
5. "Papermaking science and technology", TAPPI PRESS Book 13, p33 (1998)
6. Gregory E. Kowalczyk and Ralph M. Trksak, "Image analysis of ink-jet quality for multi use office paper", VOL. 81 : No. 10 TAPPI JOURNAL, p 181-190 (1998)