

국산 신문 용지의 인쇄 압력에 따른 잉크 침투 깊이에 관한 연구

유재현[†], 백용국, 윤종태*

[†]부경대학교 대학원 인쇄공학과, (주)조선일보사,

*부경대학교 공과대학 인쇄정보공학과

(2009년 8월 3일 접수, 2009년 9월 28일 최종 수정본 접수)

A Study on the Depth of Ink Penetration according to the Printing Pressure in Domestic Newsprint Paper

*Jae-Hyun Yoo[†], Yong-Kug Baik, Jong-Tae Youn**

[†]Dept. of Graphic Arts Engineering, Graduate School, Pukyong National University,
Chosun Iibo Co., Ltd.,

*Dept. of Graphic Arts Information, College of Engineering, Pukyong National University
(Received 3 August 2009, in final from 28 September 2009)

Abstract

Measuring ink penetration is one of the best ways to know paper printability. Ink penetration was effected by physical properties of newsprint paper. This study was carried out for the purpose of improvement printability with ink penetration of domestic newsprint paper.

The samples were prepared by means of 20 newsprint paper manufacture company in Korea, and were tested by IGT printability tester. The results of this experiments showed that the depth of ink penetration according to the printing pressure. The maximum points in ink transfer curve and the coefficients of oil absorption of the papers also depend mainly upon the situation of anchor points.

Keyword : depth of ink penetration, paper printability, printing pressure, anchor point.

1. 서 론

인쇄용지로 가장 많이 사용하는 종이는 다공성 재료이기 때문에 플라스틱 필름이나 금속박 등과 달리, 액체 흡수 특성이 토양이나 퇴적 암석 등과 공통된 성질을 가지고 있다. 즉, 종이는 섬유소로 되어 있으며 잉크는 액체와 안료의 분산체로 되어 있고, 인쇄 압력이 가해지는 동안 잉크는 모세관 현상과 부분적인 기계적 힘에 의해 용지 속으로 침투되기 때문이다. 특히, 단색 신문 인쇄물이나 은행권 인쇄물 등은 침투 건조형 잉크와 일부 산화 중합 건조 방식을 채택하는 대표적인 예이며, 주로 비이클의 증발이 없고, 단지 종이 중 섬유소들의 네트워크(network)에 의해서 생긴 공간에 잉크의 기름 성분이 침투, 고착되어 건조되는 대표적인 예이다.

종이의 다공성 구조는 일반 종이의 특성인 흡수성, 투과성, 반사율, 불투명도, 압축성 및 조밀도 등과 직접 관련이 있다. 물론 종이의 인쇄 적성은 이들의 성질뿐만 아니고 광택, 표면 강도, 치수 안정성 등과 같은 광학적, 기계적 성질도 포함하고 있으나 본 논문에서는 주로 잉크가 침투된 깊이에 대한 품질 효과에 관해서만 연구하였다.

다공성 재료에 침투되는 잉크 중의 비이클은 종이의 두께 및 횡방향으로 일정한 부분까지 침투되어 정지하는데, 정지한 위치에 따라서 인쇄물의 품질이 달라질 수 있다. 그 이유는 인쇄물의 투묘 효과와 뒤비침(Print Through, 이하 PT), 문어남(Rub Off, 이하 RO) 그리고 뒷문음(Set Off, 이하 SO) 등의 인쇄 품질 특성은 서로 상반되는 결과를 가져오기 때문이다. 또한 PT, RO 그리고 SO 등은 비도피지에 인쇄된 상업 인쇄에서 인쇄 품질에 영향을 주는 주요한 요인들이다.

이미 오래전부터 인쇄 분야의 선진국인 유럽과 미주에서는 그 나라에서 생산되는 인쇄 재료들의 인쇄 적성의 검토를 위하여, 흑색 오프셋 잉크를 시작으로 잉크 물성과 실험실적 민짜 인쇄의 인쇄 품질을 측정하였다. 그리고 그 결과에 따라서 잉크와 용지의 인쇄 적성을 맞추기 위한 참고 자료로 활용하고 있다. 이와 같은 인쇄물은 주로 비도피지에 침투 및 산화 중합 건조 기구를 이용하여 인쇄를 하기 때문에, 인쇄물의 품질은 앵커 포인트(Anchor Point, 이하 AP)¹⁾ 위치가 큰 영향을 미친다. 이 위치는 용지내의 잉크가 침투된 깊이를 과학적으로 표현하는 기준이 되기 때문에, 현재까지 이 분야에 관한 연구가 많은 다른 연구자들에 의해 수행되어 왔다.²⁾

1930년대부터 용지와 잉크 중 기름의 상호 작용을 알아보기 위해 투과광과 용지의 이면의 반사율을 사용하였고, 1950년대에는 Floation 방법과 oscilloscope를 이용하여 침투 현상을 체계적으로 연구하였다. 그 이후 용지의 광학적 특성에 대한 잉크 존재의 효과와 기름 분포에 관한 가정을 극복하기 위해 가로 방향의 분포를 보기 위한 연구가 Sectioning 방법이라 하여 용지를 직각 또는 사각으로 자르는 방법이 많은 논문에서 보고

되어 있다. 최근에는 액체 질소 또는 드라이아이스 등으로 인쇄물을 냉각시켜서 자른 후, 그 단면에 침투된 잉크의 위치를 관찰하는 방법, Microtome 방법 등이 많이 이용되고 있는 실정이다.^{3~9)}

그러나 이러한 잉크와 용지 사이의 침투 관계에 관한 연구들은 이론적이고 수학적 배경에 응용되는 비교적 간단한 실험 결과를 얻기는 하였으나 실험상의 용지와 잉크간의 광학적 특성에만 치우친 단점을 발견할 수 있다. 또한, Sectioning 방법을 이용한 연구 결과들은 용지가 섬유소로 이루어졌기 때문에 단면을 보기 위한 시료 제작에 많은 어려움이 있었다.

따라서 본 연구에서는 시간과 노력이 많이 들기는 하지만, 보다 정밀한 방법으로 시료를 제작하고, 앞서 다른 연구자들에 의해 연구된 광학적 방법^{10~16)}과 비교하며, 몇 가지 인쇄 적성을 검토하고자 하였다.

따라서 본 연구의 가장 궁극적인 목적은 국산 잉크와 종이에 대한 인쇄 적성의 이론적 근거를 제시하고, 인쇄 적성상 이들 잉크와 용지가 가져야할 기본 물성 범위를 밝히는데 있다. 연구 방법은 다른 연구자들이 수행했던 ASTM 및 TAPPI 시험법¹⁷⁾과 유사하지만, 인쇄 조건을 변화시키면서 시험 인쇄하여 AP의 위치를 예측하고, 인쇄물의 품질을 주관 및 객관적 방법으로 검토하였다.

2. 실험

2-1. 실험 재료

2-1-1. 시료

종이는 현재 국내에서 시판되는 국산 신문 용지와 이와 유사한 비도피지 20 종을 수집하여 각각의 물리적 특성을 측정 한 후 사용하였다. 그 종이들의 물성 측정 결과는 Table 1과 같다.

종이의 수집은 특별한 주문을 하지 않았으며, 여러 가지 다른 조건에서 인쇄가 되도록 용지의 물성이 차이가 있는 재료들을 선택하였다.

용지의 두께는 Lorentzen & Wetter Thickness Tester로 KS M ISO 534(구 KS M 7021) 시험법¹⁹⁾에 준하여 측정하였고, 밀도는 두께와 평량에 의한 식(1)에 의하여 구하였다.

$$\text{밀도}(g/m^3) = \frac{\text{평량 } W(g/m^2)}{\text{두께 } T(mm) \times 1000} \quad (1)$$

거칠기와 기공도는 Parker Print Surface 78(model 2041, 일본)로 측정, 용지의 K&N

흡유도는 TAPPI Useful Method 553 시험법에 준하여 측정하였다.

Table 1. Physical Properties of the Paper Sample

No. of Sample	Density (g/cm ³)	Basis Weight (g/m ²)	Roughness (μm)	Porosity (ml/min)	Thickness (μm)	K&N Absorption (%)
1	0.67	46.3	4.82	223	68.8	32.39
2	0.71	47.2	4.17	248	66.3	30.82
3	0.78	46.0	4.11	452	59.1	26.89
4	0.75	45.7	3.65	320	61.2	30.35
5	0.70	46.7	3.48	334	66.3	30.04
6	0.69	46.6	3.78	598	67.1	28.58
7	0.68	46.6	4.27	281	68.6	27.56
8	0.68	45.7	4.26	218	67.0	30.85
9	0.69	46.2	4.61	263	67.3	30.82
10	0.68	45.7	4.30	310	67.4	25.87
11	0.72	48.3	4.36	265	67.2	24.81
12	0.70	47.1	4.20	250	67.5	26.57
13	0.65	44.6	4.51	340	68.4	27.38
14	0.77	47.7	4.86	550	62.1	22.81
15	0.69	46.6	3.55	334	67.3	26.31
16	0.68	46.5	4.12	462	68.4	27.22
17	0.69	44.4	4.00	358	64.4	22.25
18	0.65	44.5	4.10	452	68.4	29.91
19	0.68	44.4	3.78	320	65.2	25.43
20	0.68	44.8	3.65	334	66.3	25.49

2-1-2. 잉크

잉크는 국내에서 시판되는 상용 흑색 오프셋 잉크를 포함, 20종을 수집하여 물성 측정을 하였으며, 그 물성들의 평균값이 국산 오프셋 신문 잉크의 일반적인 특성으로 간주하여 평균 물성의 잉크를 조제하였다. 이 잉크들의 물성은 Ferranti-Shirley의 Cone and Plate 점도계로 측정(20)하였는데, 조건은 온도 23℃, 전단 속도 1000sec⁻¹에서 최저 2.0, 최고 10.7, 평균 약 6.4(변동 계수 37%)이었고, Tackoscope 측정값은 같은 온도에서 잉크 두께 3μm, 회전 속도 2m/sec, 측정 시간 30sec일 때 최저 38, 최고 170으로서 평균값은 106(변동 계수 24%)이었다. 잉크의 연육도는 Grindometer로 측정하여 3개의 최대 입자가 보이는 지점은 최저 10, 최고 50정도로 평균 25μm(변동 계수 35%), 입자의 균은 평

균 약 $15\mu\text{m}$ (변동 계수 35%)이었다. 또한 잉크의 구성 성분은 안료 10~20%, 로진변성페놀 및 석유계 수지가 20~25%, 석유계의 고비점 용제 50~60%, 식물유 10%, 첨가제 5~10%이었다.

2-2. 실험 방법

2-2-1. 인쇄 적성 실험

잉크 중에 있는 안료와 비이클의 분리 현상에 의해 인쇄 후 품질에 많은 영향을 받게 된다는 점을 고려해야 했다. 따라서 다음과 같은 세 가지의 방법으로 실험하였다. 즉, 첫 번째 실험법은 일반 오프셋 잉크로 인쇄 후 25시간 뒤에 Larsson21)등과 같이 기름을 제거하는 방법으로 실험하였고, 두 번째의 실험은 미리 잉크의 제조 시 단순한 흑색 염료를 첨가하여 비이클이 착색되어 분리되지 않도록 하는 염료형 잉크를 사용하는 실험을 하였다. 세 번째는 가장 많이 사용하는 Tappi 용지 침투 시험법에 따른 K&N 표준 시험 잉크(미국 K&N Lab. IL 제공)를 사용하였다.

인쇄 적성을 보기 위한 시험기는 IGT를 사용하였으며, 모두 종이의 전면에 인쇄하였다. IGT의 disc는 고무를 사용하였고, IGT는 고정된 인쇄 속도 0.3m/s에서 인쇄 압력을 100N에서부터 600N까지 100N 단위로 압력을 증가하여 인쇄하였다. 잉크의 전이된 잉크의 양은 rubber disc에 묻은 잉크의 양을 인쇄 전후 각각 전자저울로 측정하여 계산하였으며 이 차이를 잉크의 전이량으로 나타내었다. 인쇄실의 환경은 $20\pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $17\pm 5\%$ 였다.



Figure 1. IGT printability tester.

2-2-2. 인쇄 농도 및 잉크 침투 깊이 측정

시료 측정 방법은 X-Rite 428 반사 농도계를 사용하여 농도를 10회에 걸쳐 측정하였으며, 그 잉크 침투 깊이는 광학현미경을 통한 실측정 방법으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 인쇄 농도와 인쇄 압력의 관계

인쇄 농도와 인쇄 압력의 관계를 앞서 다른 많은 이론과 선행 연구에서도 알려져 있듯이 인쇄 농도와 인쇄 압력은 아주 밀접한 관계를 가진다. 실험한 인쇄 농도와 잉크 압력과의 관계에 관한 데이터를 Table 2에 나타내었다. 여기서 인쇄 시 압력의 변화를 주어 인쇄 농도의 변화를 알아보려고 하였으므로 인쇄 잉크의 전이량 0.2cc에서부터 0.8cc 까지 0.2단위로 인쇄를 하였으며 Figure 2의 그래프를 보면 0.8cc에서의 인쇄 압력에 따른 농도 변화를 볼 수 있었다.

Figure 2에서는 20개의 시료 중 특성이 비슷한 것을 제외하여 비교하여 분석이 용이할 수 있도록 하였다. 인쇄 압력이 높아질수록 인쇄 농도는 높아짐을 볼 수 있는데 그 차이가 다소 다름을 알 수 있었다. Sample 1은 기울기가 제일 높은 것으로 미루어 보아 K&N 흡유도가 제일 높은 값을 지니고 있음을 알 수 있다. 이는 신문 용지는 잉크를 흡수하는 성질이 큰 비도포지로서 잉크를 순간 흡수하는 능력이 다른 시료들에 비해 크다고 할 수 있다. 또한 다른 sample 2와 sample 9등을 보아서도 K&N 흡유도가 인쇄 시 잉크의 순간 흡수 능력과 관계가 있다고 할 수 있다. 0.2cc에서 0.6cc까지의 잉크 변화에 따른 인쇄 압력과 농도의 관계를 Figure 3에서 Figure 5까지 각각 나타내었다.

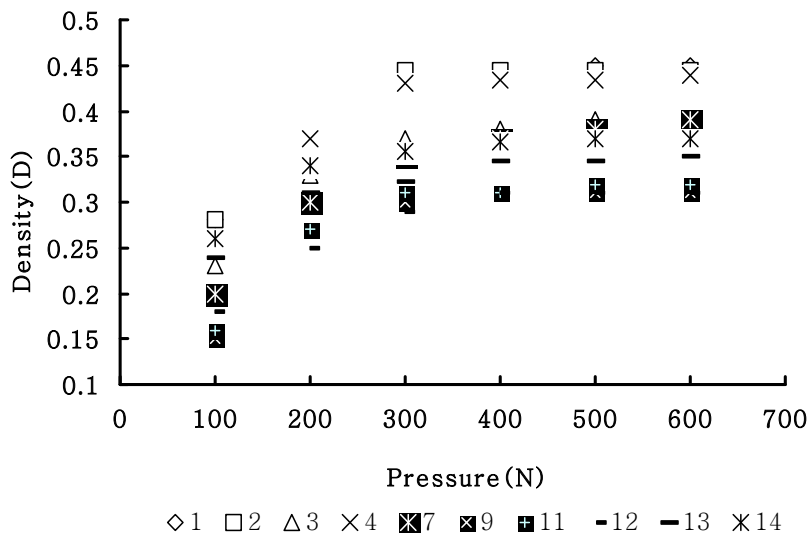


Figure 2. Relationships between density and print pressure at 0.8cc.

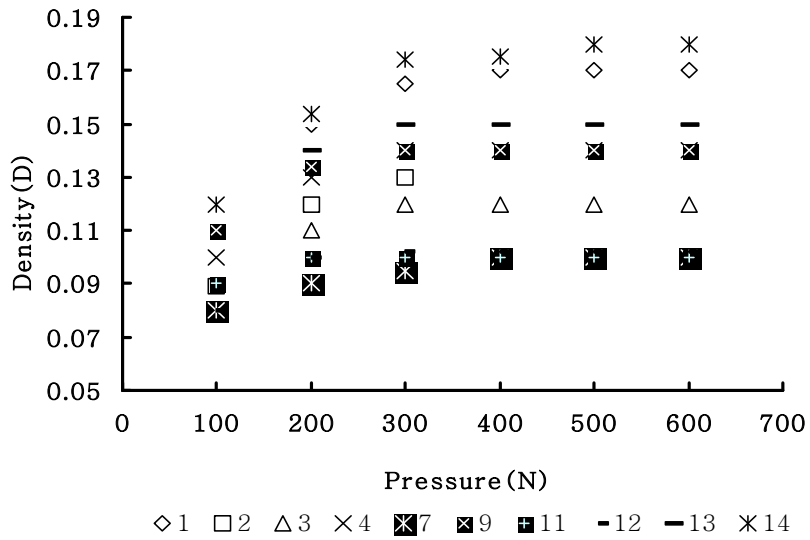


Figure 3. Relationships between density and print pressure at 0.2cc.

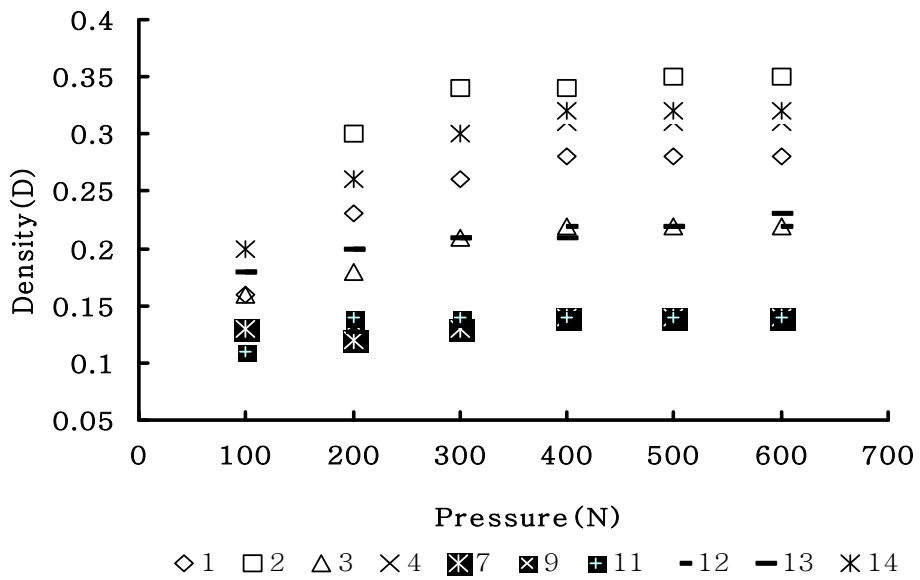


Fig. 4. Relationships between density and print pressure at 0.4cc.

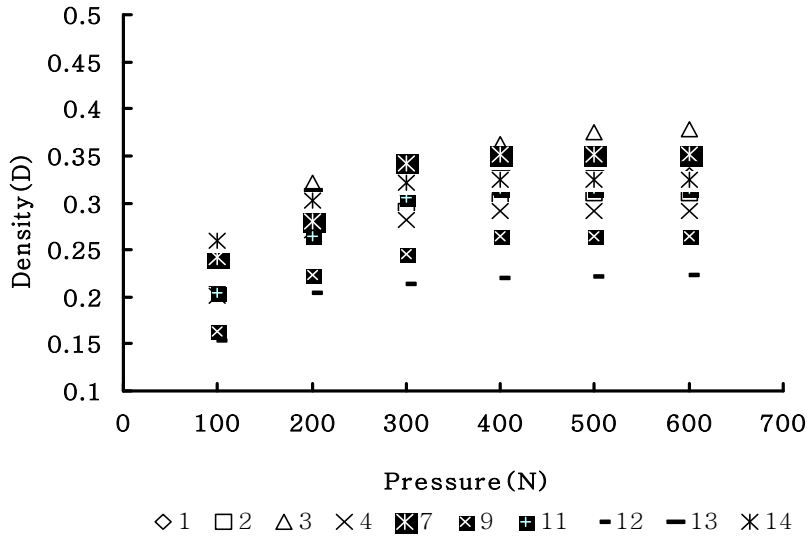


Figure 5. Relationships between density and print pressure at 0.6cc.

3-2. 인쇄 압력과 인쇄 침투 깊이와의 관계

인쇄 압력은 앞서 말한바와 같이 100N에서 600N까지의 범위로 100N 단위씩 증가하여 인쇄를 측정하였다. 신문 용지의 잉크 침투 깊이는 광학적 방법을 통한 방법과 수치적 해석을 통한 방법으로 측정이 가능하나 여기서는 현미경을 통한 실측정(22)을 한 값을 Figure 6에 나타내었다. 특히 각 시료마다 두께가 다르기 때문에 비교를 위해서 AP의 위치에 따른 값으로 나타내었다.

전체적인 AP값의 범위는 10에서 25안으로 위치하고 있다. AP의 위치에 따른 각 sample은 다양한 모습을 보이고 있는데 특히 sample 13을 살펴보면 인쇄의 밀도가 다른 시료에 비해 상대적으로 낮은 반면에 거칠기는 높은 편에 속하여 인쇄 압력에 따라서 AP의 위치가 영향을 받는 것이 눈에 띈다. 다른 sample들도 압력에 따라서 AP가 변화함을 볼 수 있었다. 기울기는 다양하지만 초기에 인쇄압력에서 기울기 변화가 크게 나타남을 알 수 있었다. 이는 인쇄용지의 특성상 거칠음도와 기공도 그리고 K&N 흡유도와 상관관계를 가진다고 할 수 있겠다.

3-3. 잉크의 전이율

수집된 평균 잉크의 전이율 곡선을 검토한 결과, 전이 최대점에서 용지에 전이된 잉크의 양은 Table 2와 같다. 이 값들은 잉크에 의해서 용지를 완전히 피복시키는 양에 해

당한다. 즉, 실험실적인 IGT를 이용하였을 경우 용지에 전이되는 전이율은 별로 큰 차이 없이 양호하다는 것을 알 수 있었다. 이 결과들을 가지고 잘 알려진 Walker-Fetsko의 잉크 전이 방정식²³⁾에 의하여 각각의 전이정수를 검토해 본 결과, Carlsson²⁴⁾의 결과와 큰 차이가 없었다.

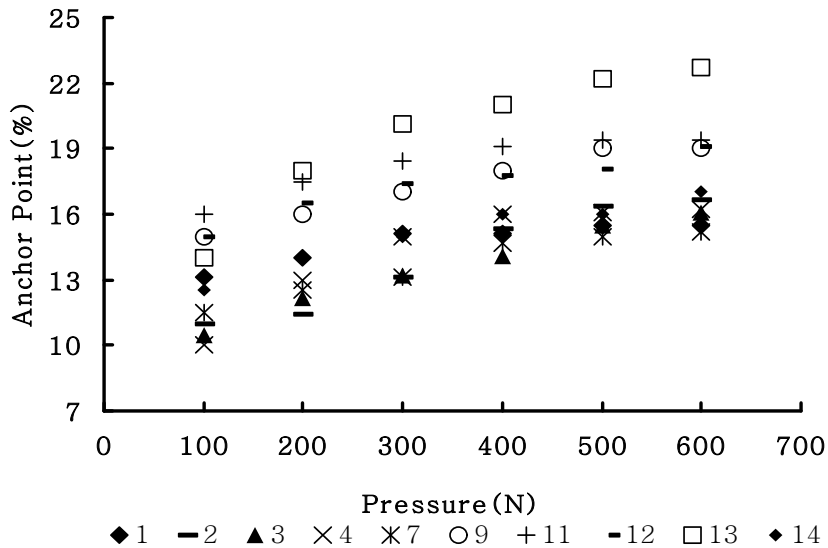


Figure 6. Relationships between AP and print pressure at 0.8cc.

잉크가 종이의 표면을 완전히 피복시키는 방법은 두 가지로 생각할 수 있는데, 첫째는 인쇄 후 잉크가 종이의 섬유소들을 적심으로서 완전한 피복 면적비를 점점 크게 만드는 것이다. 그러나 본 실험 잉크는 초기에 잉크의 set가 급격하지 않을 뿐만 아니라, 잉크와 종이의 접촉각이 0이 아니던지 잉크 점도가 낮아서 Carlsson과 Lindberg²⁵⁾가 지적한 것처럼 얇은 잉크 피막이 수축하여 모세관의 속으로 들어가지 못한 상태를 추측할 수 있다.

종이의 표면에 전이되는 잉크의 양이 많을수록 민짜 인쇄의 종이 표면 피복 면적이 늘어난다. 그러나 그 양은 전이 최대점 Y_{max} 에 도달할 때까지만 해당된다. 이것을 현미경으로 관찰하면 종이 표면에 노출된 섬유소를 완전히 덮는데 필요한 잉크의 양이라는 것을 알 수 있다.

인쇄 농도가 1.0이라는 것은 모든 인쇄하는 사람들의 목표에 가깝다. 인쇄 농도를 더욱 높게 하기 위해서는 완전히 피복된 잉크 층의 두께에 관계가 있고, 대체로 IR이 1.0 이상 되기 위해서는 Y_{max} 이상의 잉크가 필요하다. 잉크 층의 두께는 용지의 표면에 적층

될 수도 있지만, 섬유소 속으로 침투된 얇은 잉크 층이 AP 까지 섬유소를 적시고 있어도 같은 효과를 갖게 될 것이다.

Table 2. Ink Y_{max} on the Paper at the Maximum in Ink Transfer Curve

No. of Sample	1	2	3	4	5
Y_{max}	2.46	2.74	2.3	2.4	3.47
No. of Sample	6	7	8	9	10
Y_{max}	2.15	2.04	2.2	2.51	2.61
No. of Sample	11	12	13	14	15
Y_{max}	2.18	2.39	2.35	2.41	2.34
No. of Sample	16	17	18	19	20
Y_{max}	2.94	2.35	2.38	3.1	2.28

* Units are gram of ink per square meter of paper.

실제 인쇄기에서 인쇄 농도를 1.0으로 올리는 데는 약 $2\sim 3\text{ g/m}^2$ 정도의 잉크가 소요 되는데, 이때는 오프셋 인쇄기의 인쇄 속도를 매우 느리게 운전해야 한다는 것을 알 수 있다. 가끔 인용되는 값인 인쇄 농도 1.4는 종이의 표면에 상식적인 잉크 필름 두께를 가지고는 잘 얻어지지 않았다.

3-4. AP의 위치와 종이의 물리적 성질의 관계

AP가 형성된 위치와 대부분 종이의 물리적 성질은 서로 상관관계를 발견할 수 없었다. 이것은 간단한 기계와 실험에 의해서 인쇄 품질을 예측할 수 없다는 것이 일반 상식으로 되어 있기 때문에 특이한 점은 아니다. 하지만 앞서 많은 선행 연구들의 논문을 살펴보면 AP의 위치는 피인쇄체의 기공도 및 흡유도 등과 관련이 있다고 한다. 본 실험 결과에서는 Figure 7에서 보는 바와 같이 시간의 제곱근과 유흡수량의 비례 상수인 값과 AP의 위치 사이에 직선적인 반비례 관계가 있음을 발견할 수 있었다. 그 이유는 유흡수 능력과 잉크의 setting 시간에는 서로 밀접한 관계가 있고, 또 종이의 기름 흡수량이 빠른 용지일수록 잉크의 침투 깊이가 깊어지기 때문인 것으로 생각된다.

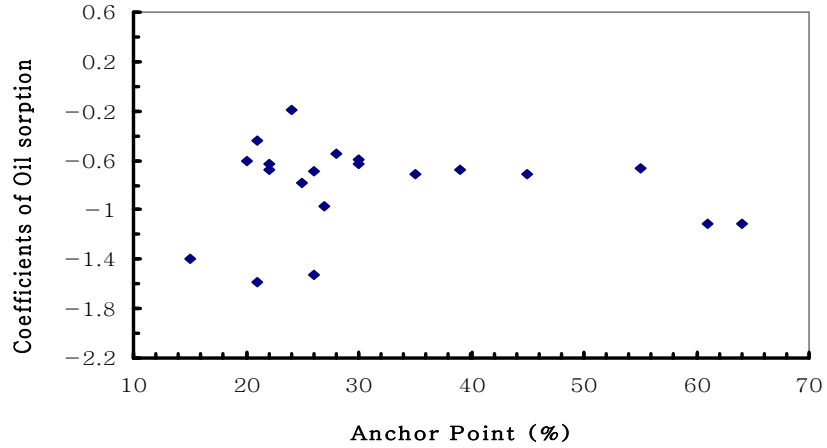


Figure 7. Coefficients of Oil sorption as a function of the situation of AP.

3-5. AP의 위치와 전이 최대점의 관계

Figure 8은 전이 최대점과 AP의 위치의 관계이다. 그들 사이에는 상관 계수가 작기는 하지만 정비례 관계가 있다. 그 이유는 표면을 피복하는 잉크의 양의 대소에 관계되기 때문으로 생각된다. 예를 들어 표면이 작은 양의 잉크로도 종이 표면을 완전히 피복된다고 가정하면 AP가 얇은 곳에 형성된다는 의미가 된다.

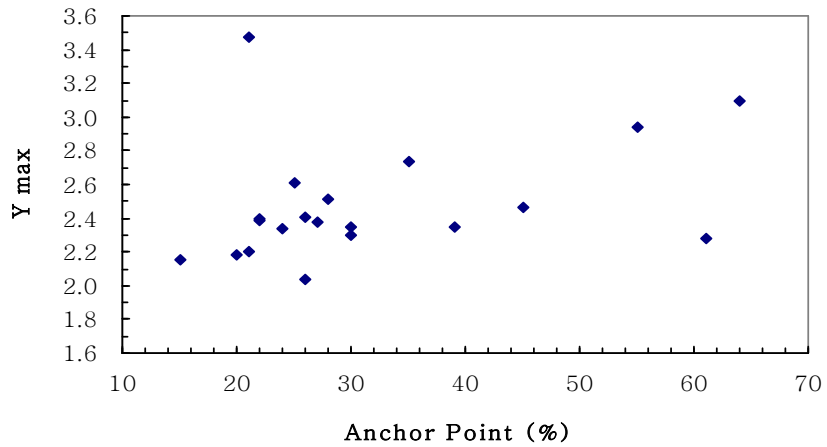


Figure 8. Maximum point in ink transfer curve Y_{\max} vs. AP.

4. 결 론

20여종의 국산 신문 용지를 수집하여 인쇄 압력에 따른 인쇄 농도를 측정하기 위해 IGT 인쇄 적성 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인쇄 압력이 증가할수록 인쇄 농도도 증가하며 그 관계는 처음에는 급하게 나중에는 천천히 곡선적으로 증가하는 것을 알았다.
2. 인쇄 압력이 증가할수록 AP도 높아지는 것을 알 수 있었다. 하지만 어느 정도의 압력에서는 더 이상 높아지지 않는다는 것을 알 수 있었다.
3. 1번과 2번을 통해 인쇄 압력에 대해 인쇄 농도와 침투 깊이가 비례적으로 증가함을 알 수 있으나 농도와 AP와의 관계는 비례상수가 존재한다고 보기는 어렵다.

침투 깊이는 뒤비침과 관련된 인쇄 현상을 규명 짓는 중요한 요소이므로 이를 잘 활용하여 인쇄를 하여야 하며 이를 위해 인쇄 압력을 설정하는 일이 중요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) 印刷適性, 印刷學會出版部, pp.110~115 (1963).
- 2) 市川家兼, 紙, イソキ, 印刷の科學, 印刷局朝陽會, pp.211~212 (1978).
- 3) G. L. Larocque, Pulp and Paper Mag. Can39, pp.106 (1964).
- 4) Carlsson and Phil, International Bulltin, Vol. 61, pp.16~22 (1962).
- 5) R. R. Coupe and A. M. Smith, JOCCA, Vol. 39, pp.579~608 (1960).
- 6) A. Lehtinin, Paper Och Tra, 46, pp.197~202 (1964).
- 7) S. Carangelo, TAGA Proceeding, pp.29~43 (1962).
- 8) L. O. Larsson and Der-Olov Trollasa, Advances in Printing Science and Technology, Vol. 5, London (1969).
- 9) 印刷適性, 印刷學會出版部, pp.226 (1963).
- 10) *ibid.*, pp.113.
- 11) L. O. Larsson, Advances in Printing Science and Technology, Vol.5, London, pp.116 (1969).
- 12) *ibid.*, pp.116.
- 13) 印刷適性, 印刷學會出版部, pp.139~142 (1963).
- 14) H. Diehl, M. Brune and J. Albrecht, FOGRA Instituts Mitteilung, Deutsche

- Gesellschaft für Forschung im Graphischen Gewerbe, München, pp.21~23 (1959).
- 15) R. H. Leach, C. Armstrong, J. F. Brown, M. J. Mackenzie, L. Rondall and H. G. Smith, *The Printing Ink Manual*, SBPIM, pp.249 (1988).
 - 16) 尹鐘太, 印刷工學, 釜山工業大學校 出版部, pp.55~57 (1990).
 - 17) J. T. Youn, *Printing Engineering 2nd ed*, Pukyuong National Univ. of Tech. Press (1990).
 - 18) J. T. Youn, *Introduction to Printability*, Pukyuong National Univ., pp.69~88 (2004).
 - 19) 한국표준협회, Paper and board—Determination of thickness, density and specific volume, <http://www.ks.or.kr/> (2006).
 - 20) 한국표준협회, Viscosity of liquid—method of measurement, <http://www.ks.or.kr/> (2006).
 - 21) L. O. Larsson, *Advances in Printing Science and Technology*, Vol. 4, pp.57~75, Pergamon Press (1967).
 - 22) J. T. Youn, *Introduction to Printability*, Pukyuong National Univ. (2004).
 - 23) J. M. Fetsco and W. C. Walker, *Amer. Ink Maker* 33(12), pp.38 (1955).
 - 24) G. E. Carlsson, *Advances in Printing Science and Technology* 4, pp.105~132, Pergamon Press, Oxford (1967).
 - 25) G. E. Carlsson and B. Lindberg, *Advances in Printing Science and Technology* 6, Pergamon Press, Oxford, pp.283~310 (1971).