무습수 평판오프셋인쇄의 품질에 관한 연구

이 재 우* · 강 상 훈**

A Study on the Printing Quality of Waterless Offset Lithography

*Jae-Woo Lee** · *Sang-Hoon Kang***

1. 서 론

오늘날까지 인쇄는 많은 발전과 변화의 과정을 거쳐왔으며 또한 현재에도 많은 새로운 방법이 시도되고 있다. 인쇄란 눈에 보이는 정보나 추상적인 생각들을 대량으로 복제하여 표현하기에, 어떻게 하면 원하는 정보를 원본에 보다 충실하고 빠르게 재현하는가가 인쇄를 연구하는 이들의 가장 큰 과제이다.

과학의 발전에 발 맞추어 인쇄는 디지털 인쇄, DTP, CTP(Computer To Plate), 수성잉크 류의 개발, 신소재 적용 등으로 인쇄 시스템의 고속화, 고정밀화, 공정의 단축과 아울러 환경적인 측면에서의 개선도 함께 연구되고 있다. 하지만, 현재 가장 많이 사용하는 인쇄 방식으로 습수를 사용하는 평판인쇄는 습수사용이란 특수성으로 인해 항상 한계와 문제점을 함유하고 있다.

이러한 입장에서 볼 때 보다 더 원본에 가까운 새로운 방식의 인쇄를 추구하고 있으며, 기존 평판인쇄 방식의 습수로 인한 문제점을 보완한 무습수 평판인쇄 방식이 차세대 인쇄의 한 방식으로 실용화의 단계를 거쳐 국내에서도 보급을 준비하고 있는 중이다.

무습수 평판인쇄는 인쇄 공정상의 습수 시스템을 제거하여 기존 평판인쇄 방식이 가지는 습수에 대한 문제점을 해결하는 인쇄의 한 방식으로 습수 대신 실리콘의 잉크 반발성을 이용하였기에 판면의 온도를 일정하게 조절하기 위한 온도 조절장치를 설치하여야 한다.

본 연구에서는 기존의 습수 사용 인쇄 방식에서 습수로 인하여 발생하는 여러 가지 문제들을 해결할 수 있는 무습수 평판인쇄를 실시하여 주요 품질 특성을 기존의 평판인쇄와 비교 연구함으로써, 잉크 장치와 판통에 온도 조절장치를 사용하지 않는 기존의 평판 오프셋 인쇄기를 사용한 무습수 평판인쇄의 가능성을 검토하였다.

* : 부경대학교 인쇄공학과 산업대학원

** : 부경대학교 인쇄정보공학과

2. 실 험

2-1. 제 판

동일한 원고필름을 제작하여 무습수 평판과 기존 평판에 각각 제판하여 동일한 인쇄조건으로 인쇄를 하였다.

원고필름의 제작은 APPLE사 "Power Macintosh 7600/132"에서 "Quark Xpress 3.3k" 프로그램을 이용하여 각색을 10% 단계의 망점으로 처리하여 제작하였으며, 필름 출력은 DAINIPPON SCREEN사 "DT-R307"을 이용하여 시험 출력을 하고서 농도확인후 2400 dpi로 175 line/inch 의 라운드 도트로 출력하였다.

기존 방식의 제판은 수직형 소부기를 이용하여 Positive Type인 "Fuji-VPS" 두께 0.3mm 판에 노광시간은 스텝가이드 4단에서 클리어하여 "Fuji DP-4"로 현상하였으며 무습수 방식의 제판은 무습수 전용판인 TORAY사 "TWP-HVⅡ" 두께 0.3mm을 기존방식과 동일하게 노광시간은 스텝가이드 5단에서 클리어하였고 전용현상기인 "TWL-1160K"를 이용하여 "TORAY PP-1"로 현상처리 하였다.

2-2. 인 쇄

본 연구에 사용한 잉크는 기존 평판의 경우 국내에서 시판중인 (주)동양잉크 "COLORPIA" 제품이며, 무습수 평판은 동일한 회사(TORAY와 기술제휴)에서 시판을 위해 테스트 중인 "무습수 전용잉크"를 입수하여 사용하였다. 인쇄기는 Heidelberg 2색 인쇄기 "GTOZP" 모델을 사용하였으며, 블랭킷은 "REEVES Vulcan 714 compressible Blanket" 두께 1.9mm를 사용하였고, 언더블랭킷은 0.1mm, 인쇄압력(블랭킷 압축량)은 0.1mm로 세트 하였다. 인쇄속도는 냉각장치가 없으므로 동일한 조건과 온도상승을 막기위해 최초 기동시 30분간의 공회전후 최대한 낮은 인쇄속도(3000 SPH)를 일정하게 유지하였으며, 인쇄조건은 최대한 동일조건으로 유지하였고, 실내온도는 24℃±2℃, 습도 65%±5%에서 작업하였다.

인쇄는 단색인쇄 방식으로 기본색인 Y(yellow), M(magenta), C(cyan)의 3색을 한솔제지의 평량 120g/m^{2}인 "로얄아트지"에 1쇄색 인쇄후 60분 간격으로 2쇄색을 인쇄하여, Y, M, C, Y+M, Y+C, M+C의 6 종류 인쇄물을 2가지 방식으로 인쇄하여 12종의 샘플을 인쇄하였다.

2-3. 망점확대 측정

망점면적율을 측정하기 위해서는 일반적으로 망점농도를 측정한다. 망점면적율을 A, 망점농도(solid density)를 Ds, 망점과 인쇄용지 여백의 조합에 의한 망점부의 합성농도를 Dt(tint density)라 하고, 단위 면적당 단위량의 빛이 입사된다고 하면 단위 면적당 빛의 반사량이 곧 반사율이 되므로 망점의 반사율(dot or solid reflectance)을 R_s, 망점부의 합성반사율(tint reflectance)을 R_t라 두면 망점 면적율 A는 다음과 같이 Murray-Davies[(1)]식으로 표시된다.

$$R_t = 1 - A(1 - R_s)$$
$$D_t = -\log\{1 - A(1 - 10^{-D_t})\} \quad \cdots\cdots (1)$$
$$A = \frac{1 - R_t}{1 - R_s} = \frac{1 - 10^{Dt}}{1 - 10^{Ds}}$$

그러나 Murray-Davies 식에서는 인쇄용지를 완전 반사체로 가정하여 종이의 반사율 R_p를 1로 가정하였으며, 또한 대부분의 인쇄용지에서 발생하는 빛의 산란(scattering)을 고려하지 않고 있다. 따라서 이 식은 빛의 산란이 발생하지 않는 필름에 대해서는 적용될 수 있으나 산란을 무시할 수 없는 종이와 같은 피인쇄체에 대해서는 근본적인 결함을 가지고 있다.

실제로 망점부의 종이 여백에 입사된 빛의 상당 부분은 종이에서의 내부반사와 산란에 의하여

종이 여백에서 직접 반사되지 않고 주변의 망점에서 흡수되므로 반사농도계에서 측정되는 망점부의 농도는 항상 실제 농도보다 크게 된다.

이와 같이 피인쇄체에서 발생하는 빛의 다중 내부반사와 산란에 의하여 야기되는 광학적 망점확대를 보정하기 위한 하나의 방법으로 Yule-Nielsen[(2)]은 다음과 같은 지수 n을 사용하여 Murray-Davies식을 수정하였다.

$$A=\frac{1-10^{-Dt/n}}{1-10^{-Ds/n}} \quad \cdots\cdots (2)$$

이 식은 적절한 n값만 선택하면 상당히 정확한 망점면적율을 구할 수가 있지만, 이 식에서 n값은 기하학적으로 정확한 50% 망점면적율의 샘플이 있어야 농도를 측정하여 구할 수 있다.

하지만, 기하학적 면적을 측정할 수 있는 장비가 없으므로 GRATAG사 "P196" 농도계를 이용하여 각 샘플의 망점확대를 피인쇄면(망점 0%)과 민인쇄면(망점 100%)의 농도를 입력한 후 기계상에서 측정하여 산출된 근사값을 망점확대 값으로 이용하였다.

인쇄한 인쇄물 중에서 무작위로 5매의 샘플을 추출하여 상대적으로 상태가 불량한 2매를 제거하고 나머지 3매의 샘플을 측정하여 평균치로 계산하였으며, 잉크의 농도와 망점확대를 구하기 위해 DAINIPPON SCREEN 사의 반사농도계 "DM-400" 과 GRATAG사 "P196"을 이용하여 각 샘플을 측정하였고, 인쇄기의 인압에 의한 망점확대의 정도를 시각적으로 확인하기 위해 필름과 각각의 인쇄물에서 동일한 위치를 선정하고 40배 확대하여 촬영하였다.

2-4. 분광분포, 색역 및 색차측정

색을 정량적으로 표시하는 것을 표색(color specification)이라 말하고, 표색하기 위한 일련의 규정과 정의로부터 이루어진 체계를 표색계(color system)라 한다.

CIE 표색계에서 색역을 구하기 위한 CIE $L^*a^*b^*$ [(3)] 는 다음의 식 (3), (4)로 계산되어 진다.

$$L^*=116\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}}-16$$

$$a^*=500\left(\frac{X}{X_n}\right)^{\frac{1}{3}}-\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} \quad \cdots\cdots (3)$$

$$b^*=200\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}}-\left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{\frac{1}{3}}$$

여기서 X, Y, Z는 대상으로 하는 물체의 3자극치, Xn, Yn, Zn은 완전확산반사면의 3자극치이고, Yn = 100으로 규격화 한다. 명도를 나타내는 L^*는 명도지수라 하며 수치가 클수록 백색이 나타나고 적을수록 흑색이 나타난다. +a 방향은 R(red), -a 방향은 G(green), +b 방향은 Y, -b 방향은 B(blue)의 색상을 나타내고 수치가 클수록 색상의 채도가 강하다.

색차는 수량적으로 표시한 색의 차이로 색차의 평가를 위해 표면색이 3차원적인 등색차공간에 의해 표시된다고 하는 가정에 바탕을 두고 공간 중의 두점간의 거리로 평가된다.

CIELAB 색공간에서, 2개의 측색치 L_1^*, a_1^*, b_1^* 와 L_2^*, a_2^*, b_2^* 간의 색차는

$$\Delta E_{ab}^*=\left[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots (4)$$

로 나타낸다. 여기서

$$\Delta L^*=L_2^*-L_1^*, \quad \Delta a^*=a_2^*-a_1^*, \quad \Delta b_2^*=b_2^*-b_1^* \text{ 이다.}$$

상기의 원리에 의해 샘플 Y, M, C, B, G, R의 민인쇄부분의 분광분포의 측정을 위해 MINOLTA사

의 분광측색기(spectrophotometer) "CM-2002" 모델을 "Spectra Magic" 프로그램을 사용하여 측색하였다. 측색 방식은 표준광 D50에서, 2° 시야를 사용하여 SCE(specular component excluded) 상태에서 3회 자동반복 측정한 평균치를 측정하여 수치를 구하고 그래프로 나타내었다. 분광반사율은 400㎚에서 700㎚까지의 가시광선 영역을 10㎚씩 등간격으로 분할하여 측정된 수치를 그래프화 하였고, CIE L^* a^* b^* 값을 구해 각 샘플의 컬러 공간에서의 위치를 무습수 평판인쇄물과 기존 평판인쇄물을 따로 연결하여 색역을 그래프로 나타내었다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1. 인쇄물의 민인쇄 농도

습수 사용의 기존 평판용 잉크와 무습수 평판의 전용잉크는 서로 다른 잉크이기에 비교하는 것은 문제가 있지만, 제조사에 잉크의 안료 %를 의뢰한 결과 무습수 평판 전용잉크가 인쇄적성을 맞추기 위해 일반잉크보다 안료 함유량이 10 % 정도 농도가 낮게 제조된다 하였지만, 농도측정 결과 실제로는 5~7 % 정도 낮게 나타났다.

Table. 1. Solid Densities & Strength of Waterless Printed and Conventional Printed

Values / Inks		Solid Density			Strength
		Filter			H
		R	G	B	
Waterless	yellow	0.12	0.18	1.10	1.10
	magenta	0.21	1.61	0.97	1.61
	cyan	1.50	0.64	0.28	1.50
Conventional	yellow	0.13	0.18	0.78	0.78
	magenta	0.21	1.14	0.60	1.14
	cyan	1.38	0.53	0.23	1.38

하지만, Table. 1에서 민인쇄된 인쇄물 측정 결과에서 볼수있듯 습수를 사용한 인쇄물의 농도와 무습수의 인쇄물 농도는 큰 차이를 보이고 있으며, 그 이유는 기존 평판인쇄에서 습수에 의해 유화된 잉크로 인한 농도저하로 동일한 잉크량이 판에 묻어도 기존 평판잉크에는 습수가 20~30% 정도 유화되어 있기 때문으로 실제잉크량은 그만큼 줄어든 것으로 해석된다. 또한 RGB 필터에서 수치의 비율이 다른 것은 잉크의 종류가 다르고 포함된 안료의 종류가 달라 생긴 것으로 해석된다. 색의 강도는 무습수 방식이 Y, M, C 잉크별로 각각 0.32, 0.47, 0.12 강하게 나타났다.

3-2. 인쇄물의 망점확대

Fig. 1.에서 보는바와 같이 40배율로 확대 촬영한 10%(highlight), 50%(middle tone), 90%(shadow)의 망점의 형태에서 보여주는 바와 같이 무습수 평판인쇄물의 망점은 필름에 가까운 반면 기존 평판인쇄물의 망점은 망점확대가 큰 것을 시각적으로 확인할 수 있었다.

필름에서 10 % 단계의 망점을 인쇄한후 기존의 평판인쇄물과 무습수 평판인쇄물의 망점확대를 측정 하였을 때 Fig. 2. 과 같이 나타났다.

무습수 평판인쇄물의 망점확대가 습수 방식에 비해 20 ~ 40 % 적게 나타난 것을 볼 수 있다. 이것은 무습수 평판의 형태가 평오목판형인 것에 기인하며, 무습수 평판인쇄한 인쇄물의 농도가 습수사

용의 기존 평판인쇄물에 비해 농도가 높아짐을 알 수 있다. 기존평판 인쇄물의 망점확대 최고치는 18% 이었지만, 무습수 평판의 인쇄물은 최고치가 13%로, 최고치의 비교에서 5% 낮게 나타났다.

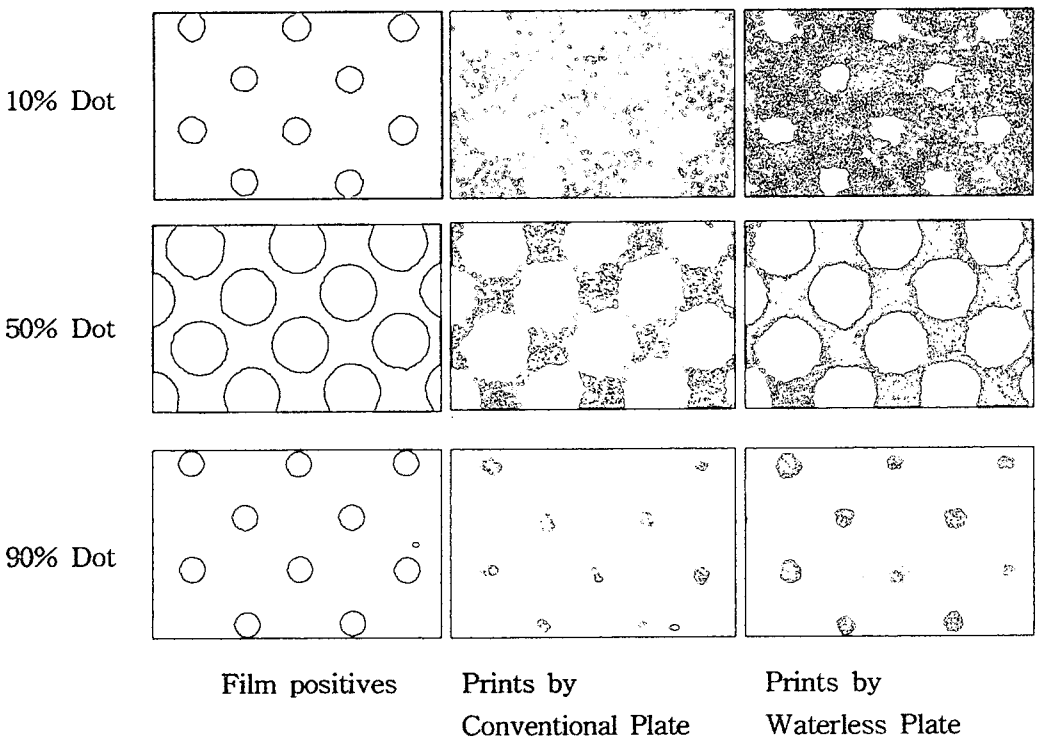

Fig. 1. Photomicrographs of film & paper dots (×40)

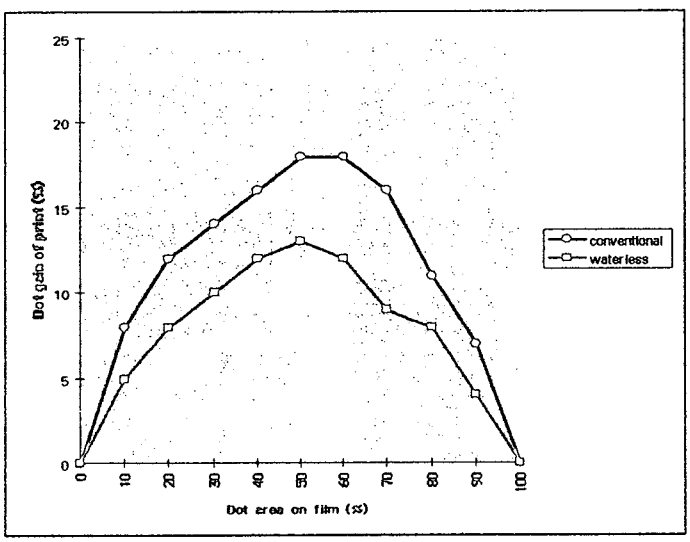

Fig. 2. Dot gain Comparison Waterless printed & Conventional printed

Fig. 1, 2에서 망점확대가 시각적으로 뚜렷이 나타난 이유는 인쇄과정에서 무습수 평판은 한 번의 망점확대가, 기존 평판에서는 두 번의 망점확대가 나타나기 때문이다. 그러므로 무습수 방식의 인쇄물은 망점확대가 기존 방식에 비해 현저하게 줄어들었다.

Fig. 3에서 망점확대의 과정을 비교하여 나타내었다. 인쇄에 있어서 망점확대의 과정은 판에 묻은 잉크가 블랭킷과의 접촉에서 압에 의해 1차 망점확대가 발생하고, 블랭킷에서 피인쇄체로 전이 될 때

2차 망점확대가 발생하며, 최종 인쇄물에서는 1차, 2차의 망점확대가 합쳐져서 나타나게 된다.

2차 망점확대는 비슷하게 발생하지만 1차 망점확대 부위 즉 판과 블랭킷 사이의 접촉면에서 망점확대가 무습수 평판의 경우에는 평오목판 형식이므로 거의 발생하지 않지만, 기존 평판의 경우는 평볼록판 형식이기에 망점확대가 발생한다.

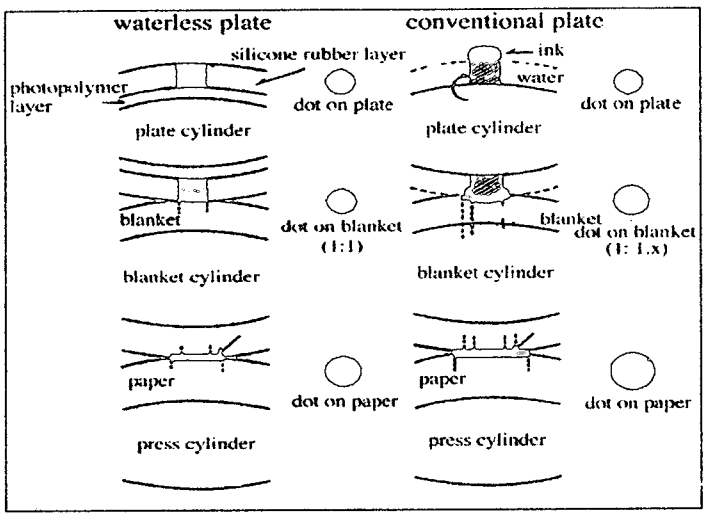

Fig. 3. Dot gain mechanism of waterless plate and conventional plate

4-3. 분광분포, 색역 및 색차

Fig. 4, 5, 6에서 보는바와 같이 Y, M, C 인쇄물의 분광곡선에서 Y, M 인쇄물은 무습수 평판인쇄 전용잉크의 곡선이 습수 방식에 비해 이상적인 잉크의 분광곡선에 근접하게 나타나고, C 잉크는 기존의 습수 방식 인쇄물이 양호하게 나타났다.

하지만, 잉크의 성분에 차이가 있다. 인쇄물의 분광곡선은 잉크 조성물인 안료에 의해 영향을 받고, 안료는 잉크메이커의 개량과 개선으로 지속적인 안료의 대체가 이루어지기 때문에 우열을 가리기에는 문제점이 있다.

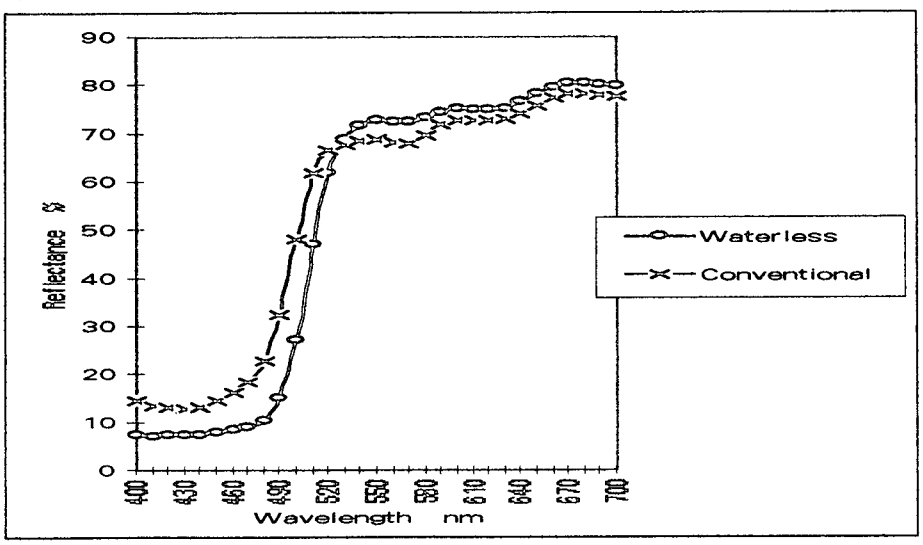

Fig. 4. Spectrophotometric curves and color difference of a yellow material

Fig. 4에서는 무습수 방식 인쇄물의 분광분포가 이상적인 잉크에 가깝게 나타나며, 기존 방식에 비

해 B광에서의 반사율이 낮고, G·R광에서의 반사율이 뚜렷하게 높다. 무습수 잉크의 분광반사율이 상당히 양호한 것을 볼수 있었다.

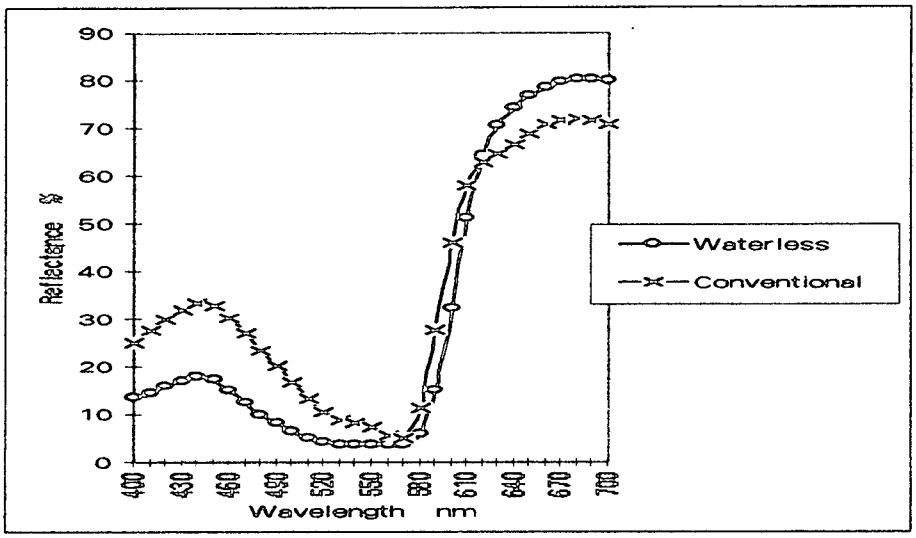

Fig. 5. Spectrophotometric curves and color difference of a magenta material

Fig. 6에서는 무습수 방식 인쇄물의 분광분포가 기존 방식에 비해 B·G광에서의 반사율이 낮고, R광에서의 반사율이 뚜렷하게 높게 나타났다. R광의 반사율이 높아 붉지만, B광의 반사율이 낮아 푸른끼가 적다. 따라서 전체적으로 R에 가까운 M가 나타났다.

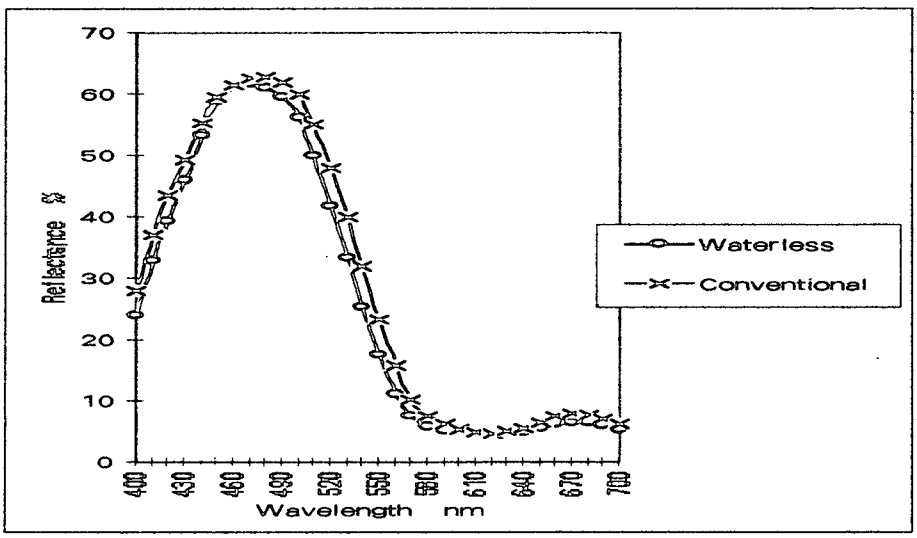

Fig. 6. Spectrophotometric curves and color difference of a cyan material

Fig. 6에서는 무습수 방식 인쇄물의 분광분포가 기존 방식에 비해 B·G·R광에서의 전체적으로 반사율이 조금씩 낮게 나타났지만 대체로 흡사하였다.

Table. 2. Comparison of the waterless printed vs. conventional printed

	Yellow		Magenta		Cyan	
	Waterless	Conventional	Waterless	Conventional	Waterless	Conventional
L*	82.89	83.51	44.68	52.20	56.17	59.57
a*	-1.47	-6.15	60.35	50.73	-31.61	-35.77
b*	78.66	59.48	-1.56	-15.53	-39.14	-35.15
⊿E*ab	19.75		18.56		6.69	

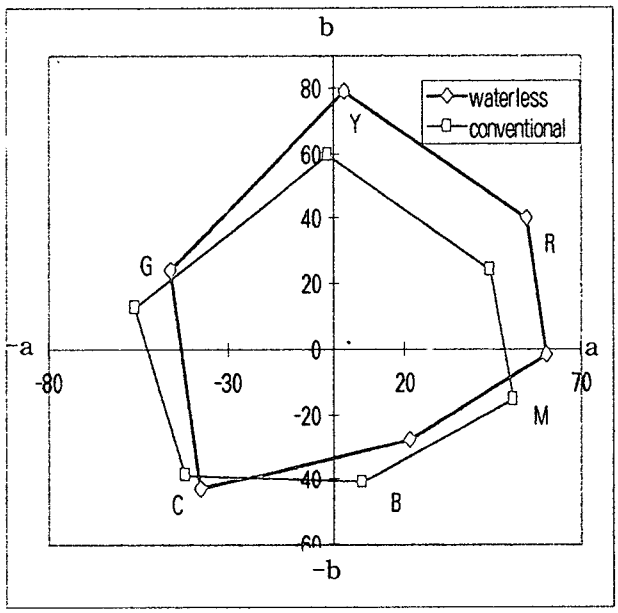

Fig. 6. Comparison color space of the waterless printed vs. conventional printed

Table. 2는 각색에서 측정한 인쇄물의 L*, a*, b* 값과 색상오차를 MINOLTA사 "Spectra Magic" 프로그램을 이용하여 측정치를 나타내었다. C의 색차는 6.69로 상당히 근접해 있지만 Y와 M는 각각 19.75, 18.56의 큰 차이가 나타났다. Fig. 6은 Table. 2에서 나타난 수치를 그래프로 나타내었다. 잉크 중 안료성분의 차이로 인해 색역은 무습수 인쇄물이 넓게 나타나지만, 두영역이 완전히 겹치지 않고 차이가 있음을 볼 수 있다. C은 대체로 비슷하게 나타나지만 Y, M에서 무습수 방식의 색역이 넓게 나타난 것을 알 수 있었다.

5. 결 론

잉크장치와 판통에 대한 별도의 냉각장치를 설치하지 않은 기존 평판오프셋 인쇄기를 이용하여 무습수 평판오프셋 인쇄를 실시하고, 기존의 평판오프셋 인쇄와 농도, 망점확대, 색역, 색차 등을 비교 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 농도측정 결과 무습수 방식의 인쇄농도가 높게 나타난다. 습수를 사용하지 않으므로 습수의 영향에 의한 피인쇄체의 신축이 없고, 습수와 유화되지 않은 잉크 단독의 상태로 인쇄가 되므로 인쇄의

농도가 높게 나타난다.

(2) 평볼록판인 기존의 방식과 달리 평오목판의 형태이므로 판통과 블랭킷 사이에서의 망점확대가 거의 없고 잉크의 점도가 높으므로, 전체적인 망점확대가 적어 Shadow 및 Highlight의 재현성이 우수하다.

(3) 기존의 방식에 비해 무습수 방식의 색재현영역이 넓고, 인쇄물의 농도가 높다. 또한 안정적이므로 고정쇄 인쇄시에도 적합하다.

(4) 기상에서의 온도에 민감하게 반응하여 판면온도가 30℃ 이상으로 상승할 경우 더러움이 쉽게 발생하므로 정확한 온도조절을 필요로 하며, 무습수 인쇄의 완전한 인쇄를 위해서는 항온항습 시설이 갖추어진 인쇄소에서 인쇄기에 냉각장치를 설치하여 판의 온도를 26 ~ 30℃로 정확히 유지하여야만 안정적인 인쇄가 가능하다.

(5) 열악한 환경의 기존 업소에서 냉각장치 없이 사용할 때에는 여름과 겨울의 기온차이가 큰 우리나라에서 기계를 적정온도로 조절하기 위해서는 기온이 낮은 겨울의 경우 많은 공회전 시간이 소요될 것이므로 문제점이 발생할 가능성이 매우 크고, 봄·가을은 잉크의 점도조절만으로도 무난하다. 다만, 여름의 경우에는 열발산이 쉬운 개방된 형태의 인쇄기가 유리하다.

(6) 현재까지는 도입단계인 무습수 인쇄방식이 국내에 정착하기 위해서는 잉크의 실리콘 반발력과 온도에 대한 내성이 개선되어야 하고, 아울러 인쇄실의 항온항습 시설이 장착되어야만 안정적인 인쇄물을 생산할 수 있다.

참 고 문 헌

(1) A. Murray, " Monochrome Reproduction in photoengraving ", J. Franklin Institute, Vol.221, pp.721~744 (1936).

(2) J.A.C. Yule, W.J.Nielsen, " The Penetration of ligt into Paper and Its Effect on Halfone Reproduction ", TAGA Proceedings, Vol.3, pp.65~76.

(3) Henry R. Kang, " Color Technology for Electronic Imaging Devices " SPIE Optical Engineering Press, pp.11~12 (1996).