

바인더의 종류 및 배합비율이 잉크젯 인쇄특성에 미치는 영향

이 희 명 · 김 창 근 · 이 용 규[†]

(2002년 4월 27일 접수; 2002년 5월 21일 채택)

Influence of the Type and Blending Ratio of Binders on Ink-jet Printing Properties

Hee-Myung Lee, Chang-Keun Kim and Yong-Kyu Lee[†]

(Received on April 27, 2002; Accepted on May 21, 2002)

ABSTRACT

In this paper, PVA(polyvinylalcohol), oxidized starch and SBR latex were used as binders for ink-jet printing papers, and their effects of the type and blending ratio of binders on ink-jet printing properties were compared.

In case of coating color using PVA mainly used for a binder in ink-jet printing, spreading of printed letters decreased and excellent images were manifested resulting from strong hydrophilic of PVA. However, increasing solids content of coating color was somewhat limited because of the interaction of PVA and functional groups in silica as well as high molecular weight of PVA.

When oxidized starch and SBR latex were mixed with PVA at desirable ratio to solve these problems, runnability in coating process was improved and good printing properties were shown. Gloss was improved when latex was used along with PVA as a binder because of the thermoplastic property of the latex. From this result, possibilities of high solids content and high gloss ink-jet printing papers were investigated.

Keywords: Ink-jet, binder, blending ratio, printability, PVA, feathering, optical density, shape factor, contact angle.

1. 서 론

정보화시대로 접어들면서 사무용 PC 뿐만 아니라

가정용 PC의 보급률이 급속도로 증가하고 이에 따라 다용도 사무용지(Multifunctional office paper)가 제안서, 보고서, 프리젠테이션 자료 등의 각종 문서용으로 인

• 강원대학교 산림과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

[†] 주저자(Corresponding author) : e-mail: yklee@kangwon.ac.kr

쇄매제로서의 수요가 증가되고 있는 추세에 프린터의 기술혁신과 함께 프린터용지의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

최근 저렴한 비용으로 고품질의 화상을 얻을 수 있는 잉크젯 프린터는 컬러 인쇄물을 쉽게 얻을 수 있고 구입비 및 유지비가 저렴한 장점으로 최근 몇 년간 레이저 프린터가 15%의 판매 성장률을 보이는 반면 잉크젯 프린터의 경우 85%라는 놀라운 판매 성장률을 보여주고 있다.¹⁾

이처럼 잉크젯 프린터의 보급률이 증가함에 따라 이에 대응하는 잉크젯 용지의 개발 및 프린터에 사용되는 잉크의 특성에 대한 구멍이 중요한 과제로 대두되고 있다.²⁾

수용성 잉크를 사용하는 잉크젯 프린터에 적합한 잉크젯 인쇄용지의 경우, 액체의 흡수특성과 밀접한 상호관계에 놓여 있으며 고품질의 인쇄특성과 기록특성을 위해서는 잉크젯 인쇄용지의 흡수특성을 구명하는 것이 중요하다. 우수한 색재현성과 기록특성을 얻기 위해 사용되는 수성염료잉크에 대해 흡수성을 극대화하고 인쇄물에서의 화상의 번짐을 최소화하여 소비자가 원하는 고품질의 잉크젯 인쇄용지를 얻기 위한 목적으로 보다 많은 잉크를 인쇄용지표면에 고착시키기 위해 강한 친수성과 우수한 다공성을 갖추어 수용성 잉크의 빠른 수분의 흡수로 잉크의 번짐을 막아 명확한 문자나 화상을 얻을 수 있는 실리카계 안료와 바인더(binder)를 주성분으로 하는 도공액을 PET(Poly Ethylene Terephthalate)필름 또는 원지에 도공하여 잉크젯 인쇄용지로서의 흡수특성과 인쇄특성을 비교하였다.^{3,4)}

도공액의 대부분을 차지하고 있는 안료에 따른 잉크젯 인쇄특성에 대한 실험에 따르면, 비실리카계 안료의 경우보다 실리카계 안료를 주성분으로 하여 PET

필름에 도포된 도공층의 경우에 양호한 인쇄품질을 나타내었으며 또한 각각의 실리카계 안료의 특성에 따라 인쇄특성의 차이가 나타나고 이를 원지에 적용하였을 경우에도 유사한 양상이 나타남을 알게 되었다.⁵⁾

따라서 본 실험에서는 안료 다음으로 도공액의 많은 부분을 차지하면서 원지와 안료입자, 또는 안료입자간의 결합력을 부여하는 바인더를 달리 사용하고 또한 바인더의 첨가량을 달리 조절하여 도공액을 제조한 후 이를 원지에 도포하여 잉크의 흡수특성과 밀접한 관계에 있는 도공층 표면에서의 잉크의 접촉각과 잉크색농도(optical density, o.d)를 측정하여 잉크의 도공층으로의 흡수정도를 비교·평가하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 공시재료

2.1.1 도공 안료

본 실험에 사용된 안료는 화학적으로는 매우 강한 친수성의 특성을 갖고 물리적으로 다공구조의 입자형태를 가져 잉크젯 인쇄용지에 주로 사용되는 실리카계 안료(HP 34M, Kofran)를 사용하였으며, 그 특성은 Table 1에 나타내었다.

2.1.2 도공용 바인더

본 실험에서 사용된 바인더로는 강한 친수성과 높은 결합력을 부여하는 PVA(PVA-117, Kuraray)가 주 바인더로 사용되었으며 SBR계 라텍스(KSL-208, 금호석유화학(주)), 산화전분(Oxistar, 대상(주))을 사용

Table 1. Properties of pigment for paper coating

Pigment	Type	Mean size (μm)	*Specific surface area (m ² /g)
HP 34M	Silica type	3.52	182

*: BET area by N₂ adsorption

Table 2. Properties of binders for paper coating

Binder	Product	pH	Solids content(%)
PVA	PVA-117(DP; 1700)	6.4	12
Starch	Oxidized starch(Viscosity; 12.53)	9.7	20
SBR latex	KSL-208(Mean size(μm); 0.16)	7.5	50.1

Table 3. Formulation of coating color

Components	Pigment	Binder	Dispersant	NaOH
Parts/100	100	10/20/30/40	1.5	1.35

하여 비교·평가하였으며 각각의 바인더의 특성은 Table 2에 나타내었다.

2.1.3 기타 첨가제

안료의 분산을 위해 분산제(WY-117[®], 정원화학(주))을 사용하였으며, 기포발생을 억제하기 위해 소포제(PRONAL-208[®], 우진산업(주))가 사용하였고, 도공액의 pH를 조절하기 위하여 10% NaOH를 사용하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 도공액의 제조

도공액을 조제하기 위해서 바인더로 PVA, 산화전분, SBR 라텍스를 각각 첨가하였고 기타 첨가제로 분산제, 소포제, NaOH와 함께 분말상의 안료인 실리카를 첨가한 후 고속교반기(Kady mill)로 교반하면서 완전한 분산이 이루어지도록 30분간 교반을 시켰으며 제조된 도공액의 배합비는 Table 3과 같다.

2.2.2 도공액의 물성측정

도공액의 점도는 저전단 점도계(Brookfield, No. 34 spindle, 100rpm)를 이용하여 측정하였고, pH는 pH meter(SP-701)를 사용하였다.

2.2.3 도공지의 제조

도공지의 제조는 실험실용 반자동 코터(K-control coater, RK print coat instruments Ltd.)를 사용하여 도공량이 7g/m²이 되도록 조정하여 편면도공지를 제조하였다. 또한 제조된 도공지를 실험실용 슈퍼캘린더를 사용하여 표면온도를 70℃에서 400 psi의 선압으로 2회 통과하여 캘린더링 처리를 하였다.

2.2.4 도공지의 분석

T458cm-94의 TAPPI standard에 준하여 일정량의 잉크방울(0.5 μ m)을 마이크로 주사기를 이용하여 원

지에 떨어뜨린 후 화상분석기를 이용하여 접촉각을 촬영하여 화상분석 프로그램(BMI plus version 1.20 ; BumMi)을 이용하여 접촉각과 접촉각의 경시변화를 측정하였다.

그리고 흑색 잉크 카트리지(SEIKO Epson Co.)를 사용하는 잉크젯 프린터(Epson stylus color II, Epson)와 천연색 잉크(HP C1823, HP)를 사용하는 잉크젯 프린터(HP deskjet 710C, HP)로 도공지에 임의의 이미지를 인쇄하여 색농도 측정기(D196 Densitometer, Gretag)를 사용하여 흑색 인쇄영역에서의 색농도를 측정하였다.

음영 30%의 망점을 인쇄하여 화상분석기를 이용하여 망점의 면적(dot area)과 테둘레(perimeter)를 측정하여 그 진원도(shape factor)를 알아보았으며 임의의 문자 "C"를 인쇄한 후 화상분석기를 이용하여 문자의 면적(area of letter), 테둘레(perimeter of letter)를 측정하여 인쇄품질을 비교·평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 바인더의 종류가 미치는 영향

3.1.1 도공액의 물성

도공액의 바인더 함량을 달리하여 제조한 도공액의 물성결과를 Table 4에 나타내었다. 도공액의 점도를 살펴보면 산화전분과 라텍스의 경우 6.4cPs의 낮은 수치를 나타내는 반면에 PVA의 경우에는 높은 분자량과 관능기인 수산기와 안료로 사용된 실리카의 실라놀기와 수소결합의 형성으로 인해 도공액의 점도가 400~500cPs로 다른 바인더에 비해 높은 점도를 나타내었다. 또한 산화전분과 라텍스의 경우에는 바인더

Table 4. Viscosity of coating color(cPs)

binder level(pph)	binder type		
	PVA	Starch	Latex
10	505.6	6.4	6.4
20	435.2	6.4	6.4
30	358.4	6.4	6.4
40	460.8	6.4	6.4

의 함량이 증가함에 따라 도공액의 점도가 일정하게 나타나는데, 이는 잉크젯용 안료로 사용된 실리카의 높은 비표면적으로 인하여 도공액의 고형분 농도가 13%로 제약을 받았기 때문이라 생각된다.

3.1.2 도공지의 흡수특성 및 인쇄특성

잉크가 종이 위에 전이될 때 잉크-종이 상호간의 작용, 즉 종이의 표면에너지에 의해 화상이 퍼지는가 혹은 선명도를 유지하는가가 결정되며, 내부공극특성, 내부젖음특성 및 종이표면의 화학적 분자구조 등에 따라 종지와 잉크와의 표면 접촉각 경시변화가 결정되어, 잉크가 종이로 흡수되는 현상을 조절해 준다.⁷⁾

이에 본 실험에서도 잉크의 확산정도를 알아보기 위하여 도공층에서 형성되는 망점의 면적, 초기 접촉각과 흑색잉크영역에서의 색농도를 측정결과를 Table 5에 나타내었다.

수성염료잉크에 대한 도공층의 흡수특성을 규명하기 위한 접촉각의 경시변화는 다음의 (1)식에 의해 나타낼 수 있다.

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

여기서 R은 시간에 따른 접촉각의 변화율을 나타내고, C는 T시간 후의 평균 접촉각을, C'는 T'시간 후의 평균 접촉각을 나타낸다(Photo 1).

본 실험에서는 접촉각 측정시, 잉크가 종이 표면에 접촉 후 2초 후와 10초 후 접촉각을 측정하여 접촉각의 변화율을 계산하였다.

먼저 각 바인더 함량에 따른 특성을 보면, 바인더의

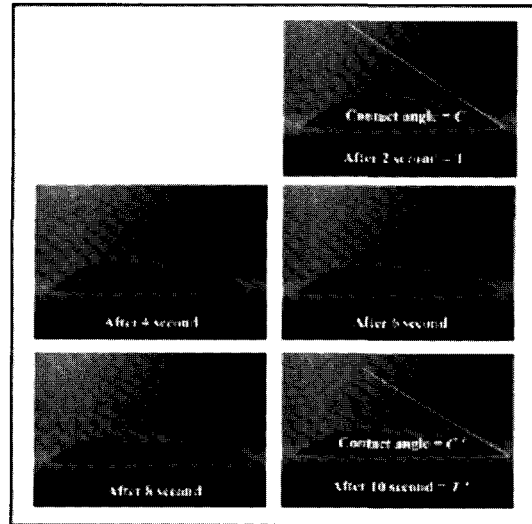


Photo 1. Contact angel of ink measured with image analyser.

함량이 증가함에 따라 망점의 면적이 대체로 증가하는 경향을 나타내고, 문자의 선명도를 나타내는 잉크색 농도값이 저하되는 등 인쇄품질이 저하되는 경향성을 나타내어 전체적으로 바인더함량이 10part일 때 인쇄품질이 가장 우수한 것으로 판단되었다.

바인더의 종류에 따라서 그 인쇄품질을 비교해 볼 때, 산화전분의 경우 PVA와 라텍스의 경우보다 시간에 따른 접촉각의 변화율이 크게 나타났다.

도공층에서의 접촉각의 변화율은 크게 평면방향(XY-direction)으로의 확산과 두께방향(Z-direction)으로의 침투를 영향인자로 변화하게 되는

Table 5. Contact angle, dot area and optical density with type of binders

Binder	Part	Reducing rate of contact angle(°/s)	Optical density(o.d)	Dot area(mm ²)
PVA	10	0.6	1.91	0.0131
	20	0.8	1.77	0.0129
	30	0.9	1.76	0.0121
	40	1.1	1.75	0.0150
Starch	10	0.9	1.81	0.0120
	20	1.4	1.64	0.0127
	30	1.8	1.62	0.0136
	40	1.9	1.53	0.0157
Latex	10	0.8	1.68	0.0146
	20	0.9	1.55	0.0153
	30	1.0	1.50	0.0173
	40	1.0	1.44	0.0187

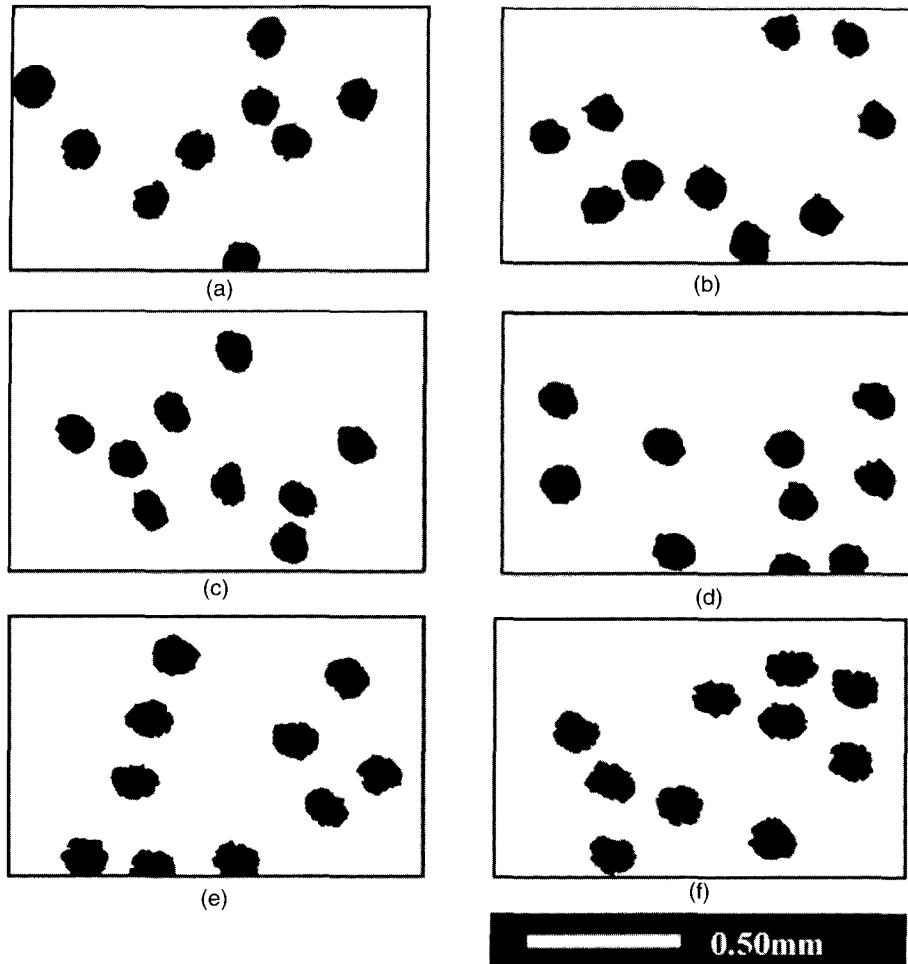


Photo 2. Dot shape and shape factor on coated paper.

(a) PVA(10 part), S.f: 0.80 (b) PVA(20 part), S.f: 0.77 (c) Starch(10part), S.f: 0.79
 (d) Starch(20part), S.f: 0.79 (e) Latex(10part), S.f: 0.71 (f) Latex(20 part), S.f: 0.65
 S.f ; Shape factor

데, 산화전분의 망점의 면적이 라텍스의 경우보다 작게 나타나는 것은 두께 방향으로의 침투가 평면 방향으로의 확산보다 많았다고 판단할 수 있다⁸⁾.

잉크제트 인쇄용지에 주로 쓰이는 PVA의 경우, 강한 친수성과 높은 결합력으로 다른 바인더에 비해 색농도값이 높게 나타나고 망점의 면적이 작아 우수한 화상재현성을 보였으며, 라텍스는 낮은 친수성과 라텍스만의 필름 형성성으로 인하여 망점의 면적이 다른 바인더에 비해 상대적으로 크고 색농도값이 낮아 화상재현성이 떨어지고 번짐이 큰 인쇄특성을 보였다.

임의의 망점을 각기 제조된 도공지에 인쇄하여 광학

현미경과 화상분석기를 이용하여 망점의 모양과 진원도를 Photo 2와 3에 나타내었다.

전체적으로 바인더의 함량이 증가함에 따라 인쇄품질이 다소 떨어지는 경향을 육안으로 확인할 수 있었으며, 바인더의 종류에 따른 결과는 친수성의 특성을 부여하는 PVA와 산화전분이 잉크가 도공층 표면에서 XY방향으로 확산되기 전에 두께 방향으로 잉크의 흡수가 이루어져 망점의 크기가 작고 진원도가 높아, 인쇄특성이 양호함을 나타냈으며, 라텍스의 경우에는 도공층 표면에서의 XY방향으로 확산이 커져 잉크의 번짐(feathering)이 일어나기 때문에 다른 바인더에 비

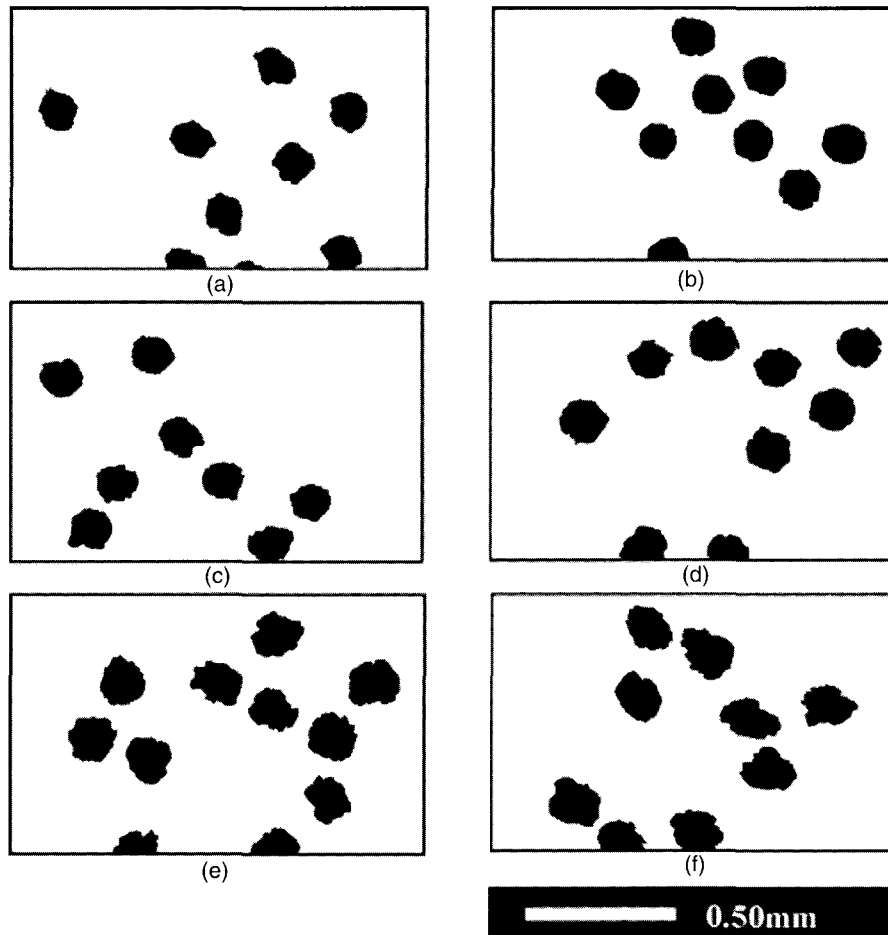


Photo 3. Dot shape and shape factor on coated paper.

(a) PVA(30 part), S.f: 0.74 (b) PVA(40 part), S.f: 0.80 (c) Starch(30part), S.f: 0.72
 (d) Starch(40part), S.f: 0.73 (e) Latex(30part), S.f: 0.65 (f) Latex(40 part), S.f: 0.61

Table 6. Printing quality parameters from image analysis (binder level : 10 part)

	Area of letter (cm ²)	Perimeter of letter (cm)	Perimeter/Area (cm ⁻¹)
PVA	4.11	16.50	4.018
Starch	4.11	16.52	4.018
Latex	4.13	16.63	4.022

해 망점의 크기가 증가하고 망점의 진원도가 다소 떨어지는 등 흡수특성이 불량하였다.

또한 각기 제조된 도공지에 임의의 문자 "C"를 인쇄하고 그의 면적과 테둘레를 측정하여 Table 6에 나타내었다. 인쇄품질을 비교·평가한 결과 전체적으로 문자의 면적과 테둘레의 비가 유사하게 나타났으며 육안

으로 판단되는 인쇄품질 또한 전체적으로 양호하게 나타나는데 이는 도공액의 대부분을 차지하는 안료로 다공성의 실리카계의 안료를 사용하였기 때문이라 사료되고, 라텍스의 경우 잉크의 번짐으로 인하여 다른 바인더의 경우보다 인쇄품질이 다소 떨어지는 경향성을 나타냈다.

Table 7. Properties of blended coating color

	PVA/starch					PVA/latex				
	100/0	80/20	60/40	40/60	0/100	100/0	80/20	60/40	40/60	0/100
Blending ratio	100/0	80/20	60/40	40/60	0/100	100/0	80/20	60/40	40/60	0/100
Viscosity(cp)	505.6	390.8	339.2	211.2	6.4	505.6	403.2	325.6	230.4	6.4
pH			9.0					9.0		

3.2 바인더의 배합비율이 미치는 영향

3.2.1 도공액의 물성

바인더의 함량에 따라 잉크젯트 인쇄특성이 가장 양호하게 나타나는 10 part의 바인더 함량을 기준으로 하여 바인더의 배합비율이 잉크젯트 인쇄특성에 미치는 영향을 알아보았다.

이 때 강한 친수성과 높은 접착력을 나타내는 PVA를 주 바인더로 사용하고 이에 산화전분과 라텍스를

일정한 혼합 비율로 첨가하여 도공액을 조제하였고, 그 물성은 Table 7과 같다.

본 실험에서 PVA만을 바인더로 사용하여 도공액을 조제하였을때의 점도에 비해 산화전분을 혼합하여 사용하였을 경우에 점도가 매우 낮았다. 라텍스의 경우도 마찬가지로 라텍스의 혼합비율이 증가함에 따라 점도가 저하되는 결과를 나타내었다. 이는 점도 상승의 원인으로 작용하였던 PVA의 수산기와 실리카계 안료의 관능기인 실라놀기로 인한 수소결합의 경우가 감소되었기 때문이라 사료된다.

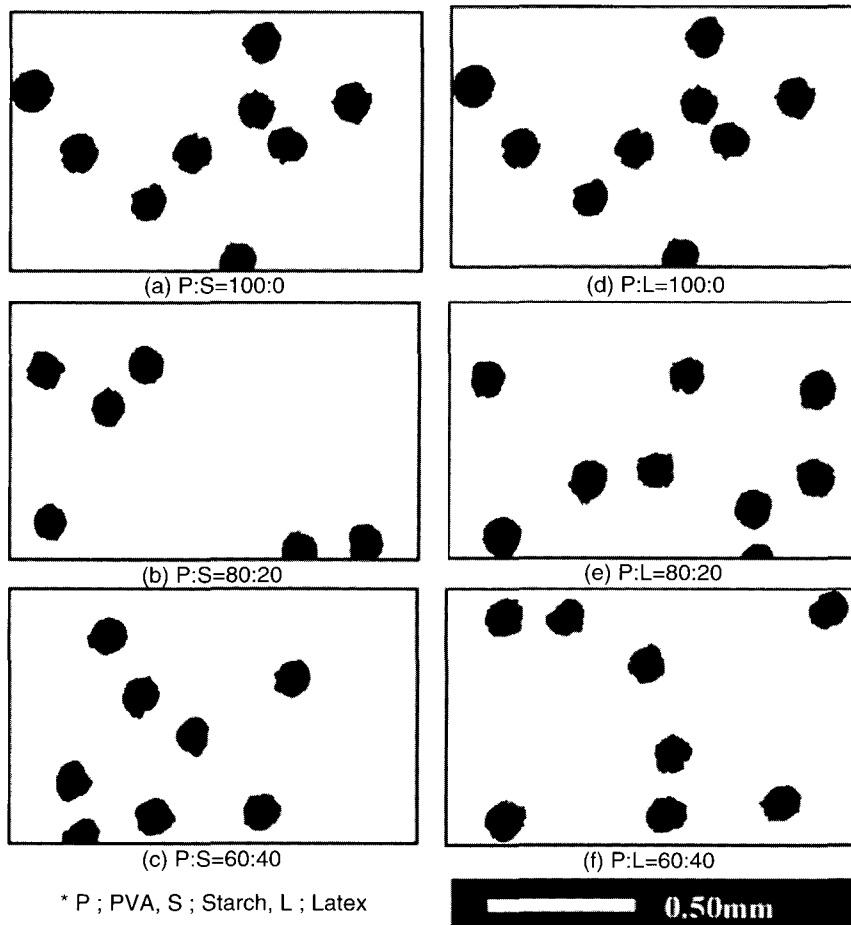


Photo 4. Dot shape on coated paper when PVA blend with starch and latex.

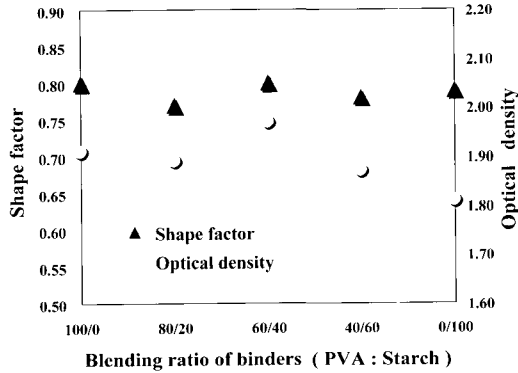


Fig. 1. Influence of the blending ratio of binders on shape factor and optical density of printed dots.

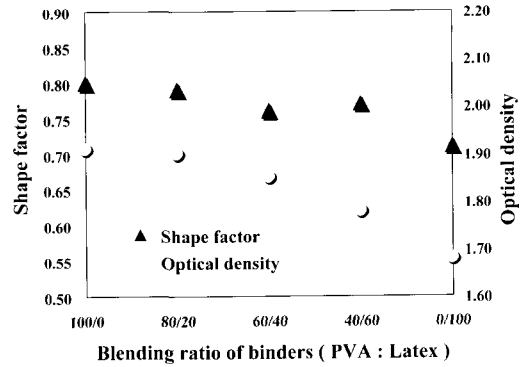


Fig. 2. Influence of the blending ratio of binders on shape factor and optical density of printed dots.

3.2.2 도공지의 흡수특성 및 인쇄특성

바인더의 배합비율에 따른 인쇄특성을 비교·평가 하기 위한 망점의 모양과 진원도는 Photo 4에 나타내었고 바인더의 배합비율에 따른 잉크젯 인쇄특성을 Fig. 1, 2에 나타내었다.

PVA와 산화전분의 혼합비에 있어서 산화전분의 혼합비율이 증가함에 따라 망점의 진원도는 PVA와 산화전분의 배합비가 60/40의 경우에 망점의 진원도가 PVA단독으로 사용하였을 때의 진원도와 유사하였고, 문자의 선명도를 나타내는 색농도값 역시 다른 배합비율에서 보다 상대적으로 높게 나타나고 있다. 즉 PVA만을 사용하는 것보다 PVA와 산화전분을 60/40 정도의 배합비율로 혼합사용하였을 때 도공액의 점도가 낮

았고, 인쇄특성은 유사한 결과를 보였다(Fig. 1).

PVA와 라텍스의 혼합에서는 인쇄특성이 산화전분 혼합물의 경우와 전반적으로 유사하게 나타났지만 라텍스의 혼합시에는 PVA와 라텍스의 혼합비율이 80/20일 때 상대적으로 망점의 진원도가 높게 나타나며 광학적 농도값 역시 높게 나타나고 있어 PVA단독을 사용하였을 때의 우수한 인쇄특성이 저하되지 않음을 알 수 있었다. 그러므로 PVA와 라텍스를 80/20으로 혼합사용하였을 경우 우수한 잉크젯 인쇄특성을 기대할 수 있다(Fig. 2).

특히, 라텍스와 PVA를 혼합한 것은 열가소성의 폴리머인 라텍스의 특성으로 인하여 광택의 증가를 나타낼 것으로 생각되어 이들 도공지를 캘린더링 처리하여 각 도공지 표면의 백지광택과 인쇄광택을 측정하여 Fig. 5에 나타내었다.

라텍스는 열가소성 폴리머이기 때문에 열을 가해지면 도공층의 변형이 쉬워 광택발현이 용이한 특성으로 본 실험에서도 PVA보다 라텍스의 경우가 백지광택과 인쇄광택면에서 높은 값을 나타내고 있고, PVA에 배합되는 라텍스의 함량이 증가함에 따라 백지광택과 인쇄광택에서 전반적으로 증가하는 경향성을 나타내고 망점의 진원도와 문자의 광학적 농도값이 높게 나타났던 80/20의 배합비율에서 역시 광택의 발현이 있음을 알 수 있었다.

또한 Photo 5에서 보는 바와 같이 캘린더링 처리 후에도 그 인쇄특성이 변하지 않고 유사하게 나타나는 것으로 볼 때, PVA와 라텍스를 혼합사용하였을 경우 도공액의 점도 저하로 인하여 도공공정의 작업성을 향상시키면서 유사한 잉크젯 인쇄특성을 나타내며 또한

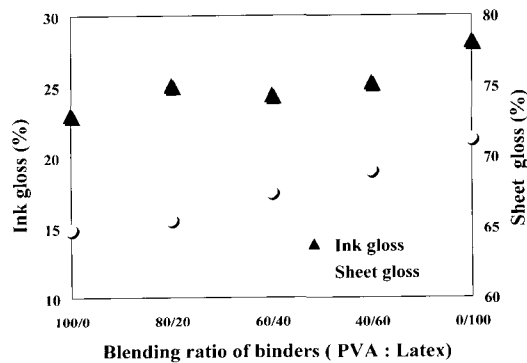


Fig. 3. Influence of the blending ratio of binders on gloss of coated paper.

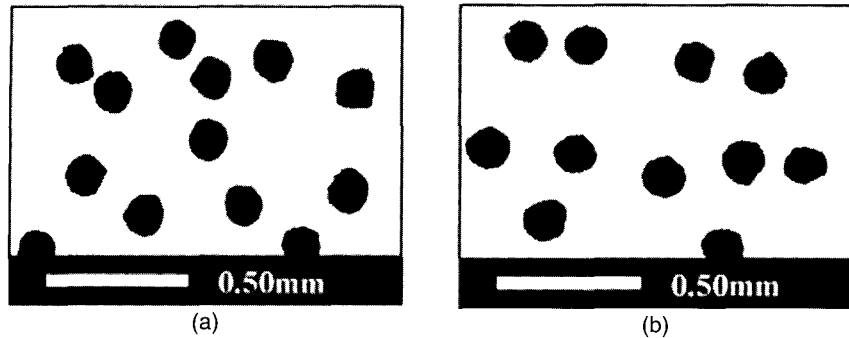


Photo 5. Shape factor of dot and optical density of text on coated paper after calendering.

(a) P:L=100:0 S.f: 0.81, O.d: 2.09 (b) P:L=80:20 S.f: 0.80, O.d: 2.10

라텍스의 특성으로 인하여 백지광택과 인쇄광택이 증가함을 알 수 있었다.

4. 결론

본 실험에서는 동일한 안료에 바인더의 종류 및 첨가량을 달리한 도공액을 제조하여 물성을 측정하였고, 이를 원지에 도포하여 도공지를 제조한 후 수성염료잉크를 떨어뜨려 도공지 표면에서의 초기 접촉각과 시간에 따른 접촉각의 변화율을 측정하여 흡수특성을 비교·평가하였다. 또한 각각 임의의 문자와 망점을 인쇄하여 잉크젯 인쇄특성을 평가하였다.

1. 잉크젯 인쇄에 바인더로 주로 사용되고 있는 PVA를 사용한 도공액의 경우 실리카계 안료의 관능기와와의 작용과 PVA의 높은 분자량으로 인하여 높은 점도를 나타내지만 PVA의 강한 친수성으로 인하여 문자의 번짐이 적고 우수한 잉크젯 인쇄특성을 나타내었다.
2. 산화전분의 경우, PVA보다 낮은 점도를 나타내어 작업성면에서 우위를 차지하고, 작은 망점의 형성으로 우수한 화상재현성을 나타내지만 표층속으로 과도하게 침투하는 특성으로 인하여 도공층 표면강도가 저하되고 이로 인해 인쇄적성 및 불투명도가 저하되는 단점을 나타내었다.
3. SBR 라텍스의 경우에도 산화전분과 같이 낮은 점도를 나타내 작업성면에서 유리한 특성을 나타내지만, 수성염료잉크를 사용하는 잉크젯 인쇄의 경우 라텍스가 가지는 소수성과 필름 형성성으로 인하여 도공층 표면에서 번짐이 크고 요철에 대한 굴곡이 심하여 상대적으로 인쇄품질이 불량함을 알 수 있었다.

4. PVA에 산화전분과 라텍스를 각각 적정비율로 혼합하여 제조한 도공액의 물성과 인쇄특성을 비교? 평가한 결과, PVA와 산화전분을 60/40정도로 혼합하였을 경우에 도공액의 점도저하와 함께 양호한 인쇄특성을 나타내었으며, 고가인 PVA사용의 일부를 산화전분으로 대체함으로써 원가 절감 및 고고형분화의 가능성이 기대된다.
5. SBR 라텍스를 혼합하였을 때에는 80/20의 배합비율에서 작업성을 향상시키면서 라텍스의 소수성과 필름 형성성으로 인한 결점이 나타나지 않는 우수한 잉크젯 인쇄특성이 나타내었으며, 특히 라텍스의 열가소성으로 인하여 캘린더링 처리시 도공지의 백지광택과 인쇄광택의 향상을 가져와 고품택의 잉크젯 인쇄용지의 생산이 가능하리라 판단된다.

인용 문헌

1. <http://www.sisait.co.kr/199906/newjong/112.htm>, sisa computer, 1999. 6.
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, p. 317-328.
3. Gerald D. Miller, Ronald B. Jones, John R. Boylan, Polyvinyl alcohol-a speciality polymer for paper & paperboard, Air Products & Chemicals, Inc., 1995.
4. 고품질 잉크젯 인쇄를 위한 종이의 기본적 과제, 제지계, 311(8): p. 75-79, 1998.
5. 이용규, 이광섭, 안료의 종류가 잉크젯 인쇄특성에 미치는 영향, 2000 추계학술발표논문집, 한국펄프 종이공학회, 2000.

6. John R.Boylan, Using Polyvinyl Alcohol in Ink-Jet Printing Paper, TAPPI J., 1997.
7. 고재웅, Reprographic papers에서 종이의 wettability가 인쇄품질에 미치는 영향, 제지계, 259(4), 1994.
8. Pigment coating and surface sizing of paper, Papermaking science and Technology, Book 11, p 240-250, 2000.