

Printability of coating layer with nano silica sol for inkjet printing high-end photo paper

Hye-Jin Kim^{*,**}, Sahn Nahm^{**}, Kyu-Sung Han^{*}, Kwang-Taek Hwang^{*} and Jin-Ho Kim^{*,†}

^{*}Ceramic Ware Center, Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, Icheon 17303, Korea

^{**}Department of Material Science and Engineering, Korea University, Seoul 02841, Korea

(Received October 15, 2019)

(Revised October 29, 2019)

(Accepted November 12, 2019)

Abstract In recent years, printing paper with a function of information delivery and aesthetic value has attracted a great attention with increasing market demand for coated paper that is capable of high quality printing. The coated paper for inkjet printing with high-quality of photorealistic grades requires the coating layer with a good wettability and porous surface structure in order to improve the printability of ink. In this study, the coated paper was prepared using polyvinyl alcohol (PVA) and surface treated nano silica sol with silane coupling agent. It was confirmed that the coating layer with surface treated nano silica sol showed a uniform pore distribution and flat surface roughness. Glossiness of the prepared printing paper was similar to that of commercial high quality photo paper. Especially, the coated paper with surface treated nano silica sol showed improved printability with excellent roundness of the printed dot of ink. These results indicates that the coating layer with excellent wettability and uniform pore distribution can be formed by using the nano-silica particles with improved dispersibility through the surface treatment of the silane coupling agent.

Key words Inkjet high-end paper, Nano-silica sol, Silane coupling agent, Porous coating layer, Printability

나노 실리카 졸을 이용한 잉크젯 프린팅용 고품질 인쇄용지 도공층의 인쇄적성

김혜진^{*,**}, 남산^{**}, 한규성^{*}, 황광택^{*}, 김진호^{*,†}

^{*}한국세라믹기술원 도자융합기술센터, 이천, 17303

^{**}고려대학교 신소재공학과, 서울, 02841

(2019년 10월 15일 접수)

(2019년 10월 29일 심사완료)

(2019년 11월 12일 게재확정)

요약 최근 인쇄용지는 단순히 정보 전달의 기능을 넘어서 미적, 예술적 가치가 부가면서 고품질의 인쇄가 가능한 도공지(coated paper)에 대한 시장의 수요가 증가하고 있다. 특히 실사급 고품질의 인쇄가 가능한 잉크젯 프린팅의 도공지는 잉크의 인쇄적성을 향상시키기 위하여 표면에 젖음성(wettability)과 다공성 구조(porous structure)를 갖는 도공층의 역할이 매우 중요하다. 본 연구에서는 나노 실리카 졸 입자에 실란 커플링제로 표면처리하고 수용성 결합제인 폴리비닐알콜(PVA)와 혼합하여 도공액(coating color)을 제조하고 원지(base paper)에 코팅하여 도공층을 제조하였다. 실란 커플링제로 표면처리한 나노 실리카 도공층은 표면처리하지 않은 도공층과 비교하여 균일한 기공 분포 및 평탄한 표면 거칠기를 가지며, 판매용 고급 인쇄지와 유사한 광택도를 갖는 것을 확인하였다. 특히 잉크의 망점(dot)에 대한 진원도로 평가하는 인쇄적성 평가 결과 실란 커플링제로 표면처리한 도공지는 다층 구조의 도공층을 갖는 판매용 고급 인쇄지보다 더 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 실란 커플링제 표면처리를 통하여 나노 실리카 입자의 분산성이 향상되어 우수한 젖음성과 균일한 기공 분포를 갖는 도공층 형성이 가능하였기 때문으로 확인되었다.

[†]Corresponding author
E-mail: jino.kim@kicet.re.kr

1. 서 론

IT 산업의 발달로 인하여 인쇄용지의 수요가 감소함에도 불구하고, 전체 인쇄용지 생산 및 판매량은 꾸준히 증가하고 있으며, 특히 고품질 인쇄를 위한 도공지(coated paper)는 2016년 기준으로 전체 인쇄용지 생산의 약 60%를 차지하고 있다[1]. 이러한 경향은 종이에 단순히 정보 전달의 기능을 넘어서 미적, 예술적 가치가 부가되어 수요자의 품질 개선에 대한 요구가 증가하면서 원지(base paper)에 도공액(coating color)을 처리한 도공지에 대한 시장의 수요가 증가하고 있기 때문이다. 도공지는 비도공지(uncoated paper)에 비해 백색도(whiteness), 광택도(glossiness) 및 기공 분포(pore distribution) 특성이 우수하여 색상 재현성과 망점(dot) 재현성이 향상되어 우수한 인쇄적성(printability)을 갖는 것으로 알려져 있다[2,3].

잉크젯 프린팅 인쇄는 저렴한 비용으로 고품질의 컬러 인쇄물 출력이 가능하기 때문에 최근 디지털 이미지의 실사 출력용 잉크젯 프린터의 보급이 증가하였고, 이에 따라 잉크젯 프린팅용 고품질 인쇄용지 개발이 매우 중요한 과제가 되었다. 잉크젯 프린터에 사용되는 수성 염료잉크는 60~90%의 수분을 함유하기 때문에, 토출 후 인쇄용지 표면에서 증발, 침투, 확산 및 건조가 동시에 진행되어 인쇄 품질이 결정되기 때문에 도공층(coating layer)이 매우 중요한 인자로 작용한다. 수성 염료잉크는 도공지 표면에 원형의 형태로 망점을 형성하고 많이 잔류하여 선명한 색상을 발현시켜야 하기 때문에 젖음성(wettability)이 우수하고 다공성 구조(porous structure)를 갖는 도공층의 개발이 필수이다[4,5]. 기존 도공층 소재는 탄산칼슘(CaCO_3)이 많이 사용되고 있으나, 탄산칼슘은 수성 염료 잉크와 친화력이 낮으며, 비표면적이 작기 때문에 고품질 인쇄용지의 도공층 사용에는 제한적이다. 반면에 실리카(SiO_2)는 친수성이 우수하고 비표면적이 크며, 높은 기공율과 최적의 기공 크기를 갖기 때문에 고품질 인쇄용지의 도공층에 널리 사용되고 있다[6,7]. Wu 등은 침강(precipitated) 탄산칼슘에 흡수 실리카(fumed silica)를 혼합하여 잉크젯 프린팅 도공층의 우수한 백색도와 컬러 재현성에 관하여 보고하였다[8]. 또한 Lamminmaki 등은 감람석(olivine, $(\text{Mg}^{2+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{SiO}_4$)으로부터 추출한 실리카를 이용한 도공층의 인쇄적성에 관하여 보고하였다[9].

본 연구에서는 졸-겔(sol-gel) 공정을 이용하여 나노 크기의 입도를 갖는 콜로이드 실리카(colloidal silica)를 제조하고 친수성 고분자인 폴리비닐알코올(PVA, polyvinyl alcohol)과 혼합하여 잉크젯 프린팅 인쇄용지의 도공층을 제조하였다. 도공층의 다공성 구조 제어를 위하여 실란 커플링제(silane coupling agent)로 콜로이드 실리카를 표면처리하였으며, 실란 커플링제는 고분자와 무기, 유기 또는 금속 소재와의 복합계에서 화학결합으로 양자의 접

착성과 친화성을 좋게 하여 분산성을 향상시키는 목적으로 사용되고 있다[10]. 실란 커플링제는 MPTMS(methacryloxypropyl trimethoxysilane)를 사용하였으며, 표면 처리한 실리카 졸을 이용한 도공층의 표면특성 및 다공성 구조의 변화를 관찰하고, 최종적으로 수성 염료 잉크 토출을 통한 인쇄적성을 확인하였다.

2. 실험 방법

나노 실리카 졸 제조를 위하여 용매인 메탄올(CH_3OH) 405 mL에 증류수 4.2 mL을 혼합하여 상온에서 2시간 교반 후 실리카 출발 물질인 TEOS(tetraethyl orthosilicate, 98%, Aldrich) 4.05 mL를 첨가하여 30분 동안 교반하였다. TEOS는 가수분해 속도가 매우 느리기 때문에 속도를 증가시키기 위하여 촉매로서 암모니아수(aqueous ammonia, NH_4OH) 22.5 mL를 첨가하여 3시간 동안 교반 후 불투명한 실리카 졸을 획득하였다. 도공액의 제조는 합성한 실리카 졸에 PVA(100,000 wt%, Aldrich)를 바인더로서 SiO_2 :PVA=1:1의 비율로 첨가한 후 40°C 온도에서 90분 동안 교반하였다. 실란 커플링제를 통한 표면처리 효과를 확인하기 위하여 도공액을 따로 제조하였으며, 합성한 실리카 졸에 실란 커플링제 MPTMS(methacryloxypropyl trimethoxysilane, 98%, Aldrich)를 첨가한 후 실리카 졸 내의 가수분해를 위하여 일정량의 증류수를 첨가한 후 안정한 상태의 용액이 될 때까지 30분 동안 교반하였다. 전구체 용액에 이전 과정과 동일하게 PVA(100,000 wt%, Aldrich)를 바인더를 SiO_2 :PVA=1:1의 비율로 첨가한 후 40°C 온도에서 90분 동안 교반하였다. 나노 실리카 졸을 이용한 도공액의 조성은 Table 1에 정리하였다. 도공층 제조는 바코더(bar coater)를 부착하여 코팅하는 반자동 도공장치(KP-3000VH, 기배이앤티)를 사용하였으며, 바코더는 No. 24를 이용하여 원지(base paper) 위에 코팅 공정을 진행하였다. 원지는 (주)대한잉크에서 공급받은 TAE 250을 사용하였다. 코팅 공정은 70 mm/s의 속도와 $8 \pm 1 \text{ g/m}^2$ 의 도공량으로 조절하여 원지에 편면 도포하였으며, 상온에서 10분 동안 1차 건조 후 70°C에서 2차 건조 과정을 진행하였다. Figure 1은 잉크젯 프린팅 인쇄용 도공지의 개념도를 보여주고 있다. 원지위에 코팅된 도공층에 디지털 4원색(cyan, magenta, yellow, black) 잉크가 탄착되어 망점이

Table 1
Formation of nano silica sol-based coating solution [unit: g]

	Silica sol	PVA solution	H ₂ O	MPTMS
SCS 1	33.3	100	-	-
SCS 2	33.3	100	100	2

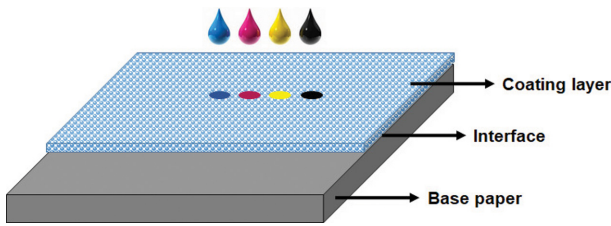


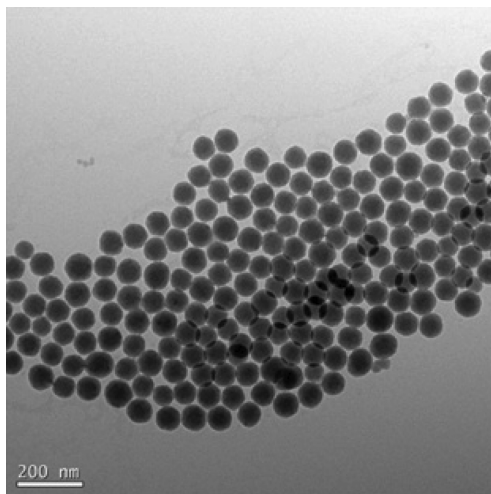
Fig. 1. Schematic diagram of inkjet printing high-end paper.

형성되면서 이미지 출력이 이루어지게 된다.

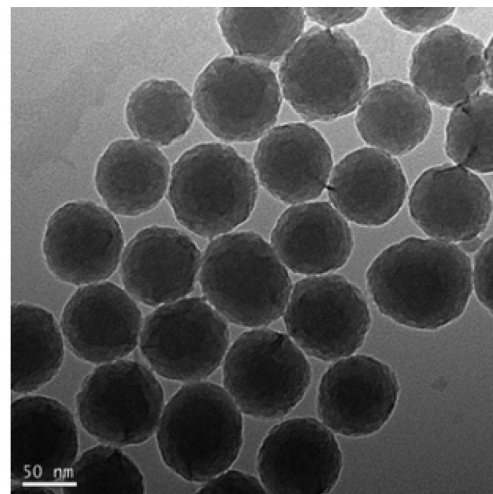
졸-겔 반응으로 합성한 실리카 졸은 TEM(transmission electron microscope)을 통해 입도와 형상을 확인하였다. 도공층의 표면 거칠기(surface roughness)는 3D 레이저 현미경(3D laser microscope, Olympus)를 이용하여 측정하였다. 실란 커플링제 여부에 따른 도공층 표면의 미세구조 분석은 FE-SEM(field emission scanning electron microscope, Hitachi)으로 관찰하였고 EDX(energy dispersive x-ray spectroscopy) 맵핑(mapping) 분석을 통해 성분 분포를 확인하였다. 도공층 인체적성 분석은 잉크젯 프린팅을 드롭워처(drop watcher, (주)에스티아이)를 사용하였으며, D2D(drop to drop) 150 μm , 구동전압 93.89 V 조건에서 프린팅하였다. 도공층의 젖음성은 동적 접촉각(dynamic contact angle)은 동적 접촉각 측정기(dynamic contact angle meter, 일본 A&D사)을 통해 측정하였으며 도공층의 다공성과 평균 기공 사이즈는 수은 기공률 측정기(Mercury Porosimeter, micromeritics)를 통해 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

Figure 2는 도공액의 원료로서 졸-겔 반응으로 합성한



(a)



(b)

Fig. 2. TEM images of nano silica sol used in this study.

나노 실리카 입자의 TEM 분석 결과이다. 나노 실리카 입자 제조는 주로 졸-겔 공정을 사용하며, 그 이유는 균일한 크기의 단분산 입자 및 구상(sphere) 형태 제어에 유리하기 때문이다[11,12]. 졸-겔 공정은 Stöber가 최초로 보고하였으며, 물과 알코올의 혼합용액 속에서 TEOS 가수분해와 축합반응을 통해 실리카 합성이 이루어진다[13].

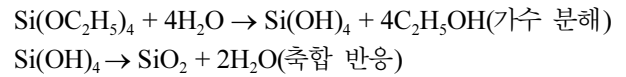


Figure 2(a) 결과에서 졸-겔 공정으로 TEOS로부터 합성한 실리카 입자는 구상(sphere) 형태를 띄고 있으며, 매우 균일한 입도를 갖는 것을 알 수 있다. Figure 2(b)에서 실리카 입자는 70~90 nm 사이의 균일한 입도를 갖는 구상 형태임을 더욱 구체적으로 확인하였다.

Figure 3은 MPTMS 표면처리에 따른 실리카 졸 도공층의 표면(surface)과 단면(cross section) 구조에 대한 FE-SEM과 원소 맵핑(elemental mapping) 분석 결과이다. Figure 3(a)와 (b)는 각각 실란 커플링제인 MPTMS로 표면처리하지 않은 실리카 졸(SCS 1)과 표면처리한 실리카 졸(SCS 2) 도공층의 분석결과를 보여 주고 있다. 결과에서 70~90 nm 입도의 실리카 입자가 분포되어 있는데, Fig. 3(a)의 SCS 1 실리카 졸의 경우 도공층의 실리카 입자의 분포 및 기공 구조가 매우 불균일한 것을 알 수 있다. 반면에 Fig. 3(b)에서 표면처리한 SCS 2 실리카 졸의 도공층은 상대적으로 나노 실리카 입자 및 기공(pore)이 균일하게 분포되어 있는 것을 알 수 있다. Choi 등은 실란처리 되어진 실리카가 첨가된 에폭시 접착제에서 분산성이 향상되어 접착박리 강도를 증가시켰다고 보고하였다[14]. 이러한 결과로부터 실란 커플링제

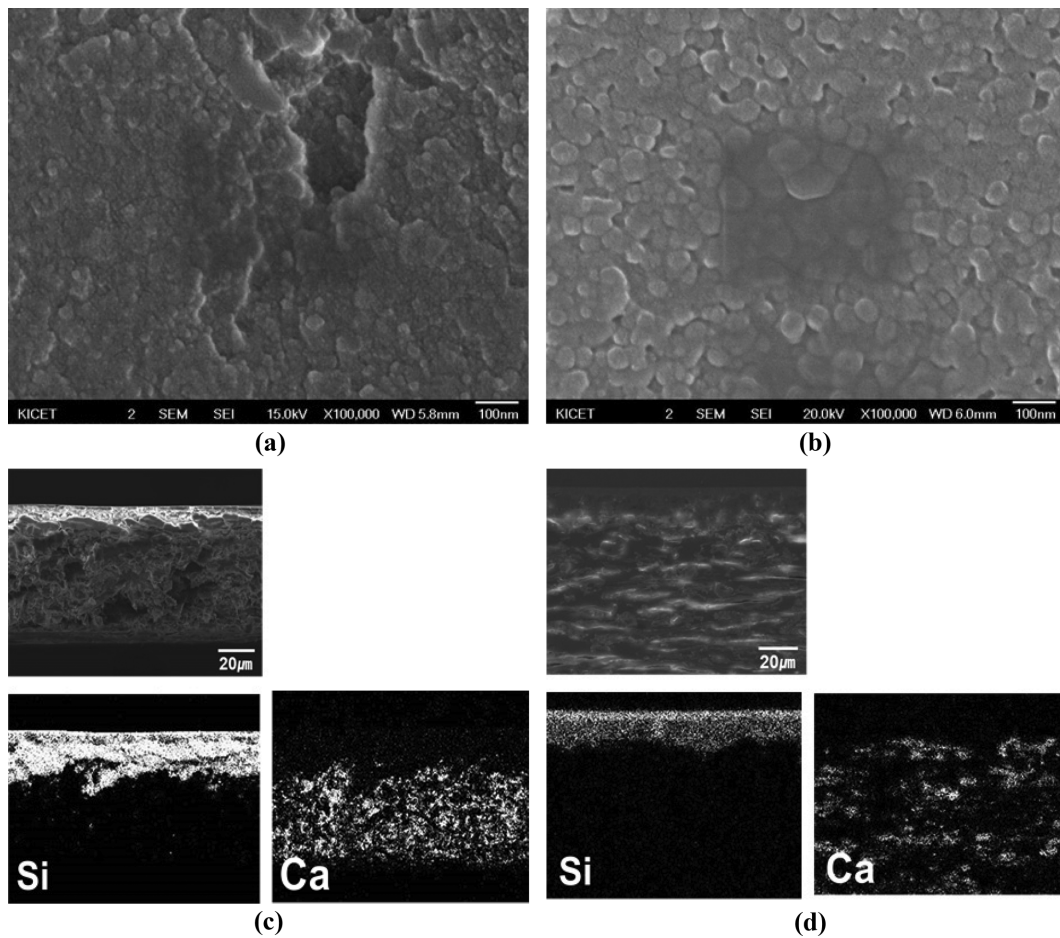


Fig. 3. SEM images of the surface and elemental mapping images of the cross section of the coating layer with nano-silica sol: (a) SCS 1, (b) SCS 2, (c) SCS 1, (d) SCS 2.

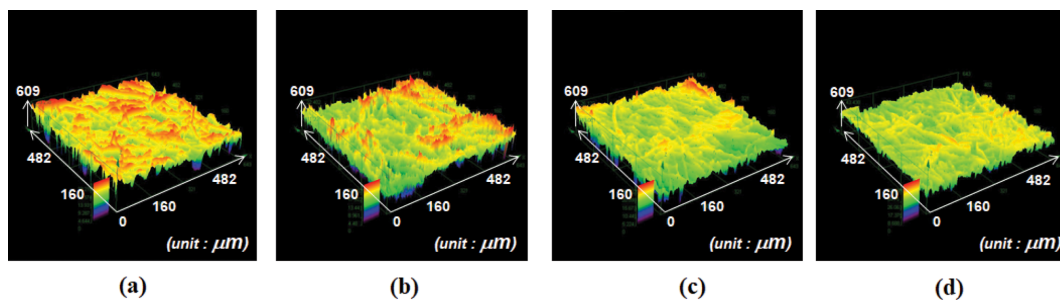


Fig. 4. 3D laser micrographs of the surface of the commercial and developed inkjet photo paper: (a) Base paper, (b) SCS 1, (c) SCS 2 and (d) commercial photo paper.

를 이용한 나노 실리카 입자의 표면처리가 도공액의 분산성을 향상시켜 최종적으로 도공층 내 균일한 입자 분포 및 기공 구조를 형성시킨 것으로 확인하였다. Figure 3(c)와 (d)는 실란 커플링제 표면처리 유무에 따른 도공층의 단면 구조에 대한 FE-SEM 이미지와 Si, Ca 원소에 대한 맵핑 결과를 보여주고 있다. 결과에서 CaCO_3 가 주성분인 원지(base paper)의 Ca 분포와 그 위에 코팅된 실리카 도공층의 Si 분포가 뚜렷이 구분되어 실리카 졸이 원지 위에 균일하게 코팅되었음을 알 수 있다. 또한

MPTMS 표면처리 유무에 따른 도공층의 두께는 각각 $\sim 15 \mu\text{m}$ (SCS 1), $\sim 16 \mu\text{m}$ (SCS 2)으로 거의 동일하며, 따라서 실란 커플링제 표면처리가 도공층의 두께에 영향을 주지 않는 것을 확인하였다.

잉크젯 프린팅용 고급 인쇄용지는 일반적으로 실리카와 알루미늄 나노 입자로 구성된 다층(multi layer) 구조의 도공층을 가지며, 우수한 광택도(glossiness)를 보이고 있다[15]. 광택 특성은 반사량과 표면에서 빛의 양을 인지하여 측정되며, 표면 거칠기(surface roughness)에 크

Table 2
Surface roughness and glossiness of the commercial and developed inkjet photo paper

	Base paper	SCS 1	SCS 2	Commercial photo paper
Surface roughness (μm)	2.717	1.626	0.803	0.602
Glossiness (@GU60)	3.4	25.2	48.6	53.1

게 영향을 받는다. Figure 4는 원지와 실란 커플링제 표면처리 유무 실리카 졸의 도공층 및 판매되고 있는 잉크젯 프린팅용 고급 인쇄지에 대한 3차원 레이저 현미경 (3D laser microscope) 측정 결과이다. 결과에서 원지 (Fig. 4(a))에 실리카 졸의 도공층이 코팅된 도공지의 표면이 훨씬 매끄러운 것을 알 수 있으며, 특히 실란 커플링제로 표면처리된 실리카 졸(SCS 2)의 도공층(Fig 4(c))이 표면처리하지 않은 실리카 졸(SCS 1)의 도공층(Fig. 4(b))에 비하여 더 평탄한 표면을 보이고 있다. 또한 표면처리된 SCS 2 실리카 졸의 도공지는 판매용 고급 인쇄지(Fig. 4(d))의 표면과 매우 유사한 평탄도를 확인할 수 있다. Table 2에서 원지의 표면 거칠기는 2.717 μm이며, 표면처리하지 않은 SCS 1과 표면처리한 SCS 2의 경우에는 각각 1.626 μm와 0.803 μm로 측정되었으며, 이러한 결과는 3D 표면 측정 결과(Fig. 4)와 일치하는 것을 알 수 있다. 또한 판매용 고급 인쇄지의 표면 거칠기는 0.602 μm이며, 실란 커플링제로 표면처리한 SCS 2의 도공지가 거의 유사한 결과를 보이고 있음을 확인하였다. 또한 도공지의 광택 특성은 도공층의 표면 거칠기에 큰 영향을 받으며, 표면 거칠기가 작을수록 광택도는 증가하는데, 판매용 고급 인쇄지의 광택도는 53.1이며, 실란 커플링제 표면처리한 실리카 졸(SCS 2)은 48.6으로 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 이러한 결과는 나노 실리카 졸에 실란 커플링제로 표면처리함으로써 도공액

의 분산성이 향상되어 균일한 도공층이 형성되었음을 보여주고 있다. 특히 표면처리된 실리카 졸을 이용하여 단층(single layer) 구조의 도공층에서도 기존에 다층 구조의 도공층을 갖는 판매용 고급 인쇄지의 광택도와 거의 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

도공층은 잉크젯 프린팅 과정에서 잉크의 인쇄적성을 향상시킴으로서 고품질의 인쇄를 가능하게 하기 때문에, 도공층의 인쇄적성을 확인하는 것은 매우 중요하다. 잉크젯 프린팅에서 인쇄적성은 도공층의 표면에서 염료 잉크의 망점 형상 및 발색도를 통하여 확인할 수 있다. 도공층의 표면에서 잉크의 망점의 형상이 퍼짐 현상이 최소화되어 면적이 작고 원형(circle)에 가까울수록, 그리고 컬러 발색 정도가 뚜렷할수록 인쇄적성이 우수하다고 할 수 있다[16,17]. Figure 5는 원지와 표면처리 유무 실리카 졸(SCS 1, SCS 2) 도공층 및 판매용 고급 인쇄지에서 청색 염료 잉크의 망점 변화를 보여주고 있다. 결과에서 원지(Fig. 5(a))와 비교하여 실리카 졸의 도공층(Fig. 5(b), (c))에서 청색 잉크의 망점의 퍼짐 현상이 억제되고, 망점의 형상이 원형에 가까워지는 것을 알 수 있다. 특히 실란 커플링제로 표면처리한 실리카 졸의 도공층(Fig. 5(c))은 가장 원형에 가까운 잉크 망점 형태를 보이고 있으며, 판매용 고급 인쇄지와 비교하여 망점의 크기와 형상은 거의 유사하고 컬러 발색은 더 선명한 것을 알 수 있다. 잉크 망점의 진원도(shape factor)는 측정된 망점의 면적과 원주 길이를 이용하여 아래의 식(1)으로 계산하였다[18]. 여기서 망점 진원도는 1부터 0 사이의 값을 가지며, 망점의 형태가 원에 가까울수록 1의 값을 보이게 된다.

$$\text{망점 진원도(circularity)} = (4\pi \times \text{망점 면적}) / (\text{원주길이})^2 \quad (1)$$

Table 3에서 잉크 망점의 진원도 결과를 확인할 수 있으며, 실란 커플링제 MPTMS로 표면처리한 실리카 졸(SCS

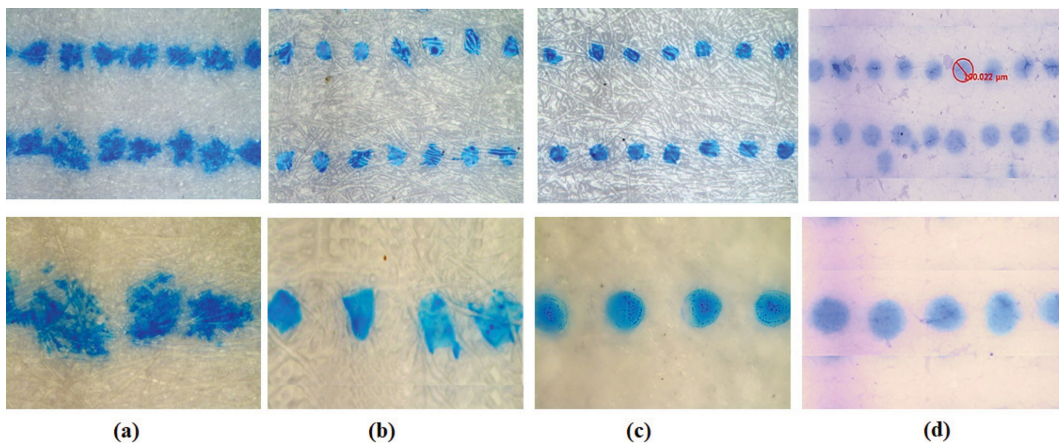


Fig. 5. Printability of the commercial and developed inkjet photo paper: (a) Base paper, (b)SCS 1, (c) SCS2 and (d) commercial photo paper.

Table 3
Shape factor of the commercial and developed inkjet photo paper

	Base paper	SCS 1	SCS 2	Commercial photo paper
Shape factor	0.662	0.730	0.828	0.802

Table 4
Dynamic contact angle of the coating layer with nano-silica sol:
(a) SCS 1 and (b) SCS 2

	SCS 1	SCS 2
Dynamic contact angle (in distilled water)	64.1	52.8

Table 5
Pore size and porosity of the coating layer with nano-silica sol:
(a) SCS 1 and (b) SCS 2

	SCS 1	SCS 2
Avg. pore diameter (μm)	0.261	0.370
Porosity (%)	48.621	51.107

2) 도공층의 진원도는 0.828이며, 판매용 고급 인쇄지의 0.802보다 높은 것을 알 수 있다. 따라서 판매용 고급 인쇄지와 비교하여 실란 커플링제로 표면처리한 실리카 졸 도공지가 훨씬 인쇄적성이 우수한 것을 확인할 수 있다.

잉크젯 프린팅 도공층의 인쇄적성은 젖음성(wettability)과 다공성 구조(porous structure)에 큰 영향을 받는다. Table 4는 실란 커플링제로 표면처리한 실리카 졸(SCS 1)과 표면처리하지 않은 실리카 졸(SCS 2)의 도공층에 대한 동적 접촉각(dynamic contact angle) 측정 결과를 보여주고 있다. 결과에서 표면처리하지 않은 SCS 1 도공층의 접촉각은 64.1도인 반면에 SCS 2 도공층의 접촉각은 52.8도로 더 작으며, 즉 표면처리한 SCS 2 도공층의 젖음 특성이 더 우수하다는 것을 보여주고 있다. Wu 등은 나노 실리카 분말에 실란 커플링제로 표면처리 후 제조한 다공층 표면이 표면처리하지 않은 경우보다 젖음성이 더욱 우수하다고 보고하였다[19]. 일반적으로 실란 커플링제는 친수성(hydrophilic)의 실리카 표면에 소수성(hydrophobic)을 부여하여 분산성을 향상시켜 유무기 복합화를 가능하게 한다. 따라서 이번 결과에서 실란 커플링제 처리한 실리카 졸(SCS 2)의 도공층이 더 젖음성을 갖는 것은 다공성 구조의 기공 분포에 따른 것으로 판단할 수 있다. Table 5는 실란 커플링제 표면처리한 실리카 졸(SCS 1)과 표면처리하지 않은 실리카 졸(SCS 2)의 도공층에 대한 기공율과 기공 크기 측정 결과를 보여주고 있다. 측정 방법은 수은 기공 측정법을 사용하였는데, 원지에 코팅하는 경우 도공층만의 기공 특성 측정이 불가능하여, PET(polyethylene terephthalate) 필름에 코팅하여 도공층의 기공분포 특성을 측정하였다. 결과에서 표면처리한 SCS 2 도공층의

기공율은 51.1%와 평균 기공 크기는 0.370 μm 로 표면처리하지 않은 SCS 1 도공층의 기공율(48.6%)과 평균 기공 크기(0.261 μm)보다 증가하였음을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 실란 커플링제 표면처리에 의한 실리카 졸 도공층의 젖음성 및 기공 분포 특성의 변화가 잉크젯 프린팅 인쇄적성에 영향을 주는 것을 확인하였다.

4. 결 론

졸-겔 공정으로 제조한 나노 실리카 졸을 이용하여 잉크젯 프린팅용 고급 도공지의 도공층 개발에 관한 연구를 수행하였다. TEOS를 원료로 제조한 나노 실리카 졸은 70~90 nm 입도를 갖는 구형의 형태임을 확인하였으며, MPTMS 실란 커플링제로 표면처리한 후 수용성 결합제인 PVA와 혼합하여 원지에 코팅하여 도공층을 제조하였다. MPTMS로 표면처리한 실리카 졸(SCS 2) 도공층은 표면처리하지 않은 실리카 졸(SCS 1)의 도공층에 비교하여 기공 분포가 매우 균일하며, 표면거칠기(0.803 μm)와 광택도(48.6)가 더욱 우수하였으며, 특히 판매용 잉크젯 프린팅 고급 인쇄지의 물성과 거의 유사한 결과를 확인하였다. 잉크 망점의 진원도를 통하여 측정된 인쇄적성 결과 표면처리한 SCS 2 도공층의 진원도는 0.828로 표면처리하지 않은 SCS 1 도공층의 0.730과 판매용 고급 인쇄지의 0.802보다 우수하며, 컬러 발색 또한 더 우수한 것을 확인하였다. 특히 판매용 잉크젯 프린팅 고급 인쇄지는 우수한 표면거칠기와 광택 특성을 갖기 위하여 다층 구조의 도공층을 갖는 반면에, MPTMS 실란 커플링제로 표면처리한 나노 실리카 졸(SCS 2)은 단층 구조의 도공층에서도 더욱 우수한 인쇄적성을 갖는 것을 확인하였다. 이와 같이 실란 커플링제로 표면처리한 나노 실리카 졸의 도공층이 우수한 인쇄적성을 갖는 것은 동적 접촉각 측정을 통한 상대적으로 우수한 젖음성과 수은 기공 측정을 통한 높은 기공도 및 균일한 기공 분포에 의한 것으로 확인하였다.

References

- [1] Total production according to kinds of paper in domestic markets, URL: www.paper.or.kr.
- [2] H.R. Lee, "What causes the print mottle on coated papers", Korea TAPPI 34 (2002) 54.
- [3] J.T. Youn, "On the ink-paper interactions in printing(1)-A novel dry pick test method", Korean Graphic Art Communication Society 19 (2001) 104.
- [4] B.S. Kim, C.H. Chol and S.W. Jung, "A study on the pore structure of coating layer and residual behavior of ink after printing", Ktappi (2001) 76.

- [5] K.J. Park and Y.K. Lee, "Studies on the coating structure and printability of coated paper(III) - Effect of the interaction with pigments and ionic latices on the property of coated paper - ", Kor. Wood Sci and Tech. 27 (1999) 80.
- [6] A. Hladnik and T. Muck, "Characterization of pigments in coating formulations for high-end ink-jet papers", Dyes Pigment. 54 (2002) 253.
- [7] S.J. Wu, F.T. Li, R. Xu, S.H. Wei and H.T. Wang, "Fabrication of mesoporous POMs/SiO₂ nanofibers through electrospinning for oxidative conversion of biomass by H₂O₂ and oxygen", Mater. Lett. 64 (2010) 1295.
- [8] Y.J. Wu, V. Lovell, A. pekaovicova, P.D. Fleming and M. Joyce, "Influence of coating pigment porosity on inkjet color and lightfastness performance", ST (2012) 6.
- [9] T. Lamiinmaki, E. Kentta, H. Rautkoski, J. Bacher, S. Teir, J. Kettle and J. Sarlin, "Nwe silica coating pigment for inkjet papers from mining industry side-streams", JSEMAT 3 (2013) 225.
- [10] J.H. ahn, I. Kim and C.S. Ha, "Polymer/silica hybrid materials via sol-gel process", Korean PST 20 (2009) 143.
- [11] Y.H. Lim, D.K. Kim and Y.K. Jeong, "Effect of reaction parameters on silica nanoparticles synthesized by sol-gel method", J. Korean Powder Metall. Inst. 23 (2016) 442.
- [12] J.H. Jin, "Synthesis and characterization of spherical silica nanopowders by a sol-gel processing", Kor. Changwon University (2010) 31.
- [13] W. Stober, A. Fink and E. Bohn, "Controlled growth of monosidperse silica spheres in the micron seze range", CIS 26 (1968) 62.
- [14] B.K. Choi, H.G. Kim, M.K. Seo and S.J. Park, "A study on the peel strength of silane-treated silicas-filled epoxy adhesives", Appl. Chem. 25 (2014) 520.
- [15] D. Grace, "Silica pigments for print media & paper", materials & packaging tech., Columbia, from <http://www.grace.com>.
- [16] K.S. Lee, "Influence of type and mixing ratio of pigments on ink-jet grade printing qualities", Kor. Kangwon National University (2002).
- [17] Y.K. Lee and J.M. Won, "Studies on the improvement of surface properties and the flow properties of coating color (Part 1) - influence of the pigment formulation on surface properties of coated board-", Ktappl 49 (2017) 84.
- [18] J.H. Lee, K.T. Hwang, K.S. Han and J.H. Kim, "Effect of microstructure of surface glaze on printability of ink-jet printing ceramic tile", Korean Cryst. Growth Cryst. Technol. 28 (2018) 243.
- [19] J. Wu, L. Liu, B. Jiang, Z. Hu, X.Q. Wang, Y.D. Huang, D.R. Lin and Q.H. Zhang, "A coating of silane modified silica nanoparticles on PET substrate film for ink-jet printing", ASS 258 (2012) 5131.