Ink-jet 프린팅용 CoAl_2O_4 고화도 나노 무기 잉크 제조 및 프린팅 특성평가

이기찬^{1,2} · 윤종원² · 김진호¹ · 황광택¹ · 한규성^{1†}

¹한국세라믹기술원, ²단국대학교 신소재공학과

Synthesis and Characterization of CoAl_2O_4 Glazed Blue Ceramic Ink for Ink-Jet Printing

Ki-Chan Lee^{1,2}, Jong-Won Yoon², Jin-Ho Kim¹, Kwang-Taek Hwang¹ and Kyu-Sung Han^{1†}

¹Icheon Branch, Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, Icheon 467-843, Korea

²Department of Advanced Materials Science and Engineering, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

(2013년 11월 7일 접수 : 2013년 11월 7일 최종수정 : 2014년 1월 3일 채택)

Abstract Ink-jet printing technology has been widely attractive due to its facility for direct and fine printing on various substrates. Recent studies have focused on expanding the application of ink-jet printing technology from general consumer use and design companies to the prototype production of precision parts and parts manufacturing. The use of ink-jet printing technology in decorated tableware, tiles, and other ceramic products also has many advantages. The printing process is fast and can be adaptable to various kinds of objects because there is no direct contact point between the printer and the substrates to be printed. For application to ceramic product decoration, inks containing highly dispersed inorganic nano-pigments are required. Here we report the synthesis and characterization of blue CoAl_2O_4 nanopigment for ink-jet printing. Blue ceramic ink based on the obtained CoAl_2O_4 pigment was prepared by dissolving CoAl_2O_4 pigment in a mixed solution of ethylene glycol and ethanol with volume ratios of 7:3 and 8:2, respectively, to obtain the appropriate viscosity for ink-jet printing. The ink solution contained 15 wt% of CoAl_2O_4 pigment and Cetyltrimethyl ammonium bromide(CTAB) and Sodium dodecyl sulfate(SDS) as dispersive agents. The prepared blue ceramic ink was stably jetted and formed a sphere-shaped droplet from an ink-jet printer.

Key words CoAl_2O_4 , ceramic ink, ink-jet printing, nano-pigment.

1. 서 론

현대의 주거공간은 생활이 윤택해지고 다변화되어짐에 따라 제품의 다양한 양식을 초래하였으며, 소비자의 구매 성향도 다양화되었다. 보다 나은 제품을 위해서는 형태, 문양, 색상 등의 디자인에 중점을 두게 되었고, 도자기, 타일, 위생도기, 도료 등에 사용되는 안료의 색상도 점점 다양해지고 수요도 증가되고 있다. 기존 도자기, 유리그릇, 타일, 금속제품, 목공예품, 천 등의 표면에 문양을 입히는 방법으로는 핸드 프린팅법, 실크 프린팅법과 전사 방식이 많이 사용되어 왔다. 이들 방법은 단순

한 모양의 패턴으로 이루어진 제품의 대량 생산에는 유리하지만, 세밀한 표현 및 다양한 색과 패턴 표현이 어렵고, 원료의 낭비가 심하다는 단점을 가지고 있다.

반면, 잉크젯 프린팅법은 디지털 신호에 의하여 잉크를 토출시켜 원하는 시점과 공간위에 분사하여 이미지의 품질 제어가 가능하고, 잉크의 낭비가 없어 효율성이 높고 환경적인 부하가 적다.^{1,2)} 또한, 기존의 포토리소그래피와 같이 현상, 에칭 등의 공정이 없기 때문에 기판이나 재료의 특성이 열화되지 않는다. 하지만 현재 사용되는 마이크로 안료를 잉크젯 프린팅 시스템에 응용할 때 노즐 막힘(nozzle clogging)과 분산안정성(dis-

[†]Corresponding author

E-Mail : kh389@kicet.re.kr (K.-S. Han, KICET)

© Materials Research Society of Korea, All rights reserved.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

persion stability)에 문제점이 야기되고, 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 100 ~ 200 nm의 크기를 가지는 나노 무기 안료의 개발이 필수적이다.^{2,3)}

잉크젯 프린팅에 사용되는 기본 디지털 컬러는 CMYK (cyan, magenta, yellow, black) 4색으로, 세라믹 타일 및 유리와 같은 분야에 적용하기 위해서는 1000 °C 이상에서도 안정하고, 우수한 색채성을 가지는 세라믹 나노 안료 개발은 매우 중요하다.⁴⁾ 또한 잉크젯 프린팅 시 길게 늘어진 필라멘트를 형성하며 잉크의 토출이 이루어질 경우, 위치 정확도와 프린팅의 해상도에 영향을 주게 된다. 적절한 신호 조건을 설정하여 단일 액적을 형성하는 것이 매우 중요하기 때문에, drop-on-demand 방식의 잉크젯 프린팅에서의 유체 역학은 많은 연구가 진행되었다.⁵⁻⁸⁾ 잉크젯 프린팅의 응용 분야는 사무, 가정용로부터 상업인쇄, 공업인쇄, 디스플레이나 전자회로 분야 및 DNA칩 등 바이오 분야로 크게 확대되고 있다.

본 연구에서는 고온 공정에서 적용 가능한 잉크젯 프린팅용 청색 계열 세라믹 잉크를 제조하기 위해 고상합성법(solid state reaction)을 이용하여 스피넬 구조를 가지는 CoAl_2O_4 청색 세라믹 안료를 합성하고 고에너지 밀링법의 하나인 어트리션 밀(attrition mill)을 이용하여 100 ~ 200 nm의 크기를 가지는 나노 안료로 미립화하였다. 분쇄된 청색 나노 안료는 잉크젯 프린팅에 적절한 점도와 표면장력을 유지하기 위해 에틸렌글리콜과 에탄올을 혼합용액에 계면활성제를 분산제로 첨가하여 제조하였고, 잉크젯 프린팅 응용을 위해 분산안정성 및 drop watcher 측정을 통해 액적 토출 특성을 분석하였다.

2. 실험 방법

2.1 CoAl_2O_4 청색 나노 안료 합성

CoO (325 mesh, ALDRICH) 1 mol과 Al_2O_3 (0.3 μm , SUMITOMO) 1 mol를 출발 원료로 사용하여, 3시간 동안 습식 밀링하여 두 원료를 잘 혼합시켜 준 후 건조시켜 회색빛의 분말을 얻는다. 회색빛의 혼합분말은 1200 °C 에서 1시간 동안 열처리하여 청색을 발색하는 CoAl_2O_4 안료를 합성하였다.^{9,10)} 잉크젯 프린팅용 잉크의 경우 노즐 막힘 및 분산 안정성과 같은 문제점을 방지하기 위해 100 ~ 200 nm의 입자 크기를 가지는 무기 나노 안료가 필요하기 때문에, 고회전 밀링법 중 하나인 어트리션 밀(KMD-1S, 고려소재개발)을 이용하여 입자 미세화 공정을 진행하였다. Fig. 1은 고상합성법 및 어트리션 밀을 이용하여 CoAl_2O_4 청색 나노 무기 잉크를 제조하는 모식도를 보여주고 있다.

어트리션 밀은 용기 내의 회전팔(impeller)이 볼과 분말을 교반 시키도록 하여 볼과 볼 사이, 볼과 회전팔간

Fig. 1. The experimental procedure of the blue ceramic ink preparation.

Fig. 2. Schematic drawing of the attrition milling process.

의 충격력, 볼과 자 내벽 간 마찰에 의한 전단력에 의해 밀링이 이루어지는 공정으로, 0.1 μm ~ 0.01 μm 크기의 세라믹 분말을 얻기 위한 최적의 공정으로 알려져 있어 잉크 제조에 필요한 나노 안료 분쇄에 적합하다.¹¹⁾ Fig. 2는 어트리션 밀링의 개략도를 나타낸 것이다. 어트리션 밀을 이용한 분쇄공정은 BPR(ball to powder ratio) 100 : 1, 800 rpm 조건에서 1 mm의 지르코니아 볼을 사용하여 3 시간 동안 진행하였다.

CoAl₂O₄ 청색 나노 무기 안료의 결정상은 X-ray diffraction(XRD, D/MAX2500VL/PC, Rigaku, Japan) 측정을 수행하였고, 안료의 색상은 국제조명위원회(CIE : Commission Internationale de l'Eclairage) 표색계의 값(L*,a*,b*)를 기준으로 Spectrophotometer(CM-700D, Konica)를 사용하여 측정하였다. 나노 안료의 형상과 크기는 Field emission scanning electron microscope(FE-SEM, JSM-6701F, JEOL, Japan)과 High resolution transmission electron microscopy(HR-TEM, Tecnai G2 F30 S-Twin)을 이용하여 관찰하였다.

2.2 CoAl₂O₄ 청색 나노안료의 분산

분산성(dispersibility)은 용액 내에서 입자가 얼마나 쉽게 분산되는가를 나타내는 척도로, 도료나 잉크 산업분야에 있어 안료의 분산성과 안정성은 고품질과 품질의 균일성을 확보하기 위해 반드시 갖추어져야 할 요건이다. 청색 나노 잉크 제조에 앞서 CoAl₂O₄ 청색 나노 무기 안료는 양이온성 계면활성제 CTAB(Cetyltrimethylammonium bromide)와 음이온성 계면활성제 SDS(Sodium dodecyl sulfate)의 2가지 계면활성제를 사용하여 분산시켰다. 계면활성제의 분산 효과를 보기 위해 계면활성제의 농도 변화를 주며 particle size analysis(PSA, LA-950V2, HORIBA, Japan)를 실시하였고, 가장 낮은 입도가 측정된 농도를 기준으로 안료를 분산시켜 TEM 측정을 통하여 분산효과를 확인하였다. 또한 적절한 분산제를 고르기 위해 증류수, 에틸렌글리콜 및 두 가지 계면활성제를 에틸렌글리콜에 혼합한 용액을 제작한 후 안료를 소량 첨가하여 4주간 침강실험을 진행하여 분산안정성을 확인하였다.

2.3 CoAl₂O₄ 청색 나노 잉크 제조 및 프린팅 토출 특성

잉크젯 프린팅 시 적당한 점도(10~20 cps) 및 표면장력(25~40 mN/m)을 유지하기 위해 에틸렌글리콜에 20~30 vol%의 에탄올을 첨가하여 청색 나노 잉크를 제조하였다. 점도가 20 cps를 넘어갈 경우 잉크젯 프린팅 시 헤드에 가해지는 전압이 높아져 수명이 줄어들기 때문에 적당한 점도를 유지해 주는 것이 중요하다. 또한 적당한 표면장력 값을 가져야 노즐의 습윤 현상을 방지할 수 있으므로, 잉크 제조 시 적합한 점도 및 표면장력 값을 가지도록 해야 한다.

청색 나노 잉크는 에탄올과 에틸렌글리콜(99.5 %, Samchun)의 혼합액에 안료를 분산시켜 제조하였고, 안정적인 발색을 위해 두 가지 합성법으로 합성한 안료 15 wt%와 양이온성 계면활성제 CTAB를 0.05~0.1 wt% 첨가하였다. 잉크젯 프린팅 시 액적 형성 거동은 구동 전압에

따른 유체에 적용된 압력과 압력 진동(pressure pulse)에 큰 영향을 미치게 되므로, 적당한 구동 전압 및 pulse wave를 설정하는 것이 매우 중요하다. 액적 형성 거동은 drop watcher(STI inc.)를 통하여 측정하였고, 점도 및 표면장력의 변화에 따른 액적 형성 거동을 비교해 보기 위하여 구동 전압 100 V, pulse wave 10 μ s 로 고정하여 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 CoAl₂O₄ 청색 나노 무기 안료의 특성평가

고상합성법으로 합성된 CoAl₂O₄ 청색 무기 안료 및 어트리션 밀을 이용하여 미립화된 나노 무기 안료의 특성을 평가해 보았다. Fig. 3(a)는 고상합성법으로 합성된 CoAl₂O₄ 청색 무기 안료의 FE-SEM 이미지로, 1차 입자의 크기는 1 μ m 이하로 보여지고 있지만, 1차 입자들이 응집되어 수 μ m 크기의 2차 입자로 존재하고 있다. Fig. 3(b)는 어트리션 밀링 전 후 XRD 분석 결과를 보여주고 있다. 고상합성법으로 합성된 안료는 CoAl₂O₄ 단일상을 유지하고 있으며, 어트리션 밀링 후에도 큰 변화 없이 CoAl₂O₄ 단일상을 유지하고 있다. 다만 어트리션 밀링 후 안료 입자의 미세화로 인해 XRD 피크의 반가폭(FWHM, full width at half maximum)이 증가하고 피크의 강도가 다소 감소한 것을 보여주고 있다. Fig. 3(c)는 어트리션 밀링 전 후 색상 변화를 보여주는 CIE L*a*b* 측정 결과이다. 어트리션 밀링 전 L값이 42.98, a값이 -13.45, b값이 -37.82였고, 밀링 후 L값이 38.97, a값이 -8.69, b값이 -32.37로 변화하였다. 어트리션 밀링 후 안료의 색상이 변화한 것은 입자크기 감소로 인한 광학적 산란효과의 변화 및 밀링 시 사용된 지르코니아 볼과 회전팔에서 마모되어 나온 소량의 ZrO₂ 미세입자에 의한 것으로 사료된다. Fig. 3(d)는 3시간 동안 어트리션 밀링을 진행한 안료의 TEM 이미지로서, Fig. (a)의 FE-SEM 이미지와는 다르게 응집된 부분도 없고, 200 nm 이하의 크기를 가지는 나노 안료로 분쇄가 이루어진 것을 보여주고 있다.

Fig. 4(a)는 어트리션 밀링 시간에 따른 입도 분포 변화를 보여주는 그래프로, 밀링 전 3~4 μ m의 크기의 입도 분포를 보여주고 있다. 1시간 밀링 후에는 300 nm의 입도 분포를 보여주지만, 800 nm~1 μ m에 보이는 솔더는 완벽한 분쇄가 이루어지지 않았음을 나타내고 있다. 2시간 후 입도 분포 그래프에서 이 솔더가 사라지며 300 nm의 입도 분포를 보여주며, 3시간 후 200 nm의 입도 분포를 보여주고 있다. Fig. 4(b)는 어트리션 밀링 시간에 따른 평균 입도 변화를 보여주는 그래프로, 초기 3 μ m대의 평균 입도를 보여주고 있지만, 1시간 후 343 nm로

Fig. 3. (a) SEM image of CoAl₂O₄ blue pigments prepared by solid state reaction. (b) XRD spectra and (c) CIE L*a*b* results of CoAl₂O₄ blue pigments before and after the attrition milling for 3h. (d) TEM image of CoAl₂O₄ blue pigment after the attrition milling for 3h.

Fig. 4. (a) Particle size distribution and (b) mean particle size of CoAl₂O₄ blue pigments with the different attrition milling time. Optical images of CoAl₂O₄ blue pigment (c) before and (d) after attrition milling for 3h.

급격히 평균 입도가 감소하였고, 3시간 후부터 200 nm의 평균 입도를 가지는 것을 보여주고 있다. 이는 Fig. 3(d)의 TEM 이미지와 잘 일치하는 결과를 보여주고 있다. Fig. 4(c)와 (d)는 어트리션 밀링 전후 안료의 색상을 보여주는 이미지로, 어트리션 밀링 후 안료의 색상이 약간 어두워진 것은 Fig. 3(c)의 CIE $L^*a^*b^*$ 측정에서 보여주는 것과 같이 L값이 42.98에서 38.97로 감소하며 명도 값이 감소하였기 때문이다. 어트리션 밀링 후 CIE $L^*a^*b^*$ 값의 작은 변화는 있었지만 안정적으로 청색을 발색하는 단상의 CoAl_2O_4 청색 나노 안료를 얻을 수 있었다.

3.2 CoAl_2O_4 청색 나노 안료의 분산

계면활성제는 액체에 용해, 계면에 흡착해서 계면에너지를 감소시키는 물질로, 유화, 분산, 세정 등과 같은 용도로 많이 사용되고 있다. 서로 다른 극성에서의 안료 분산 및 안정성을 확인하기 위해 양이온성과 음이온성을 가지는 2가지의 계면활성제를 분산제로 사용하여 CoAl_2O_4 청색 나노 잉크를 제조하였다.

일반적으로 레이저 회절방식 입도분석기의 경우, 입자가 응집되어있을 경우 원하는 입도가 측정되지 않기 때문에, 분산시키는 과정이 매우 중요하다. 즉, 계면활성제의 첨가로 입도가 감소하였다는 것은 안료 입자의 분산이 안정적으로 이루어졌다는 것을 나타낸다. Fig. 5는 계면활성제 첨가에 따른 안료 입자 크기 변화를 보여주는 입도분석결과로 Fig. 5(a)와 (b)는 각각 양이온성 계면활성제 CTAB와 음이온성 계면활성제 SDS 첨가에 따른 안료의 평균 입도 변화를 보여주는 그래프이다. 0.05 wt%의 CTAB가 첨가되었을 경우 평균 입도가 135 nm, 0.8 wt%의 SDS가 첨가되었을 경우 182 nm로 평균입도가 가장 작게 측정되었고, 안료 입자의 분산이 가장 잘 이루어진 것으로 판단된다.

Fig. 6은 가장 작은 입도가 측정된 농도인 0.05 wt%의 CTAB와 0.8 wt%의 SDS가 첨가된 안료의 TEM 이미지이다. CTAB와 SDS가 첨가되기 전의 경우(Fig. 3(d)) 입자간의 응집현상이 다소 관찰되나, CTAB와 SDS 두 가지 계면활성제의 첨가로 안료 입자의 분산이 이루어졌음을 보여주고 있다. Fig. 5의 입도 분석결과와 Fig. 6의

Fig. 5. Dependence of mean particle size on the concentration of (a) CTAB and (b) SDS.

Fig. 6. TEM images of CoAl_2O_4 nanopigments dispersed with (a) 0.05 wt% of CTAB, (b) 0.8 wt% of SDS.

Fig. 7. Dispersion stability of CoAl_2O_4 nanopigments in the deionized water, ethylene glycol, ethylene glycol with CTAB and SDS.

TEM 측정을 통하여 계면활성제의 분산효과를 확인할 수 있었다.

안료 입자의 분산안정성을 확인하기 위해 증류수, 에틸렌글리콜 및 에틸렌글리콜에 양이온성 계면활성제 CTAB와 음이온성 계면활성제 SDS를 첨가한 용액을 제작하여 시간에 따른 안료 입자의 침강 실험을 실시하였다. 침전 거동은 액상 속에서 입자가 얼마나 오래 분산되어 안정성을 유지하는지 보여주는 평가 방법으로, 입자의 크기, 밀도에 따라 많은 차이가 있다.¹²⁾ Fig. 7는 청색 나노 안료 입자의 시간에 따른 침전거동을 보여주고 있다. 증류수에 안료 입자를 분산시킨 경우, 약 2주 후 거의 대부분의 안료 입자가 침전되어 있지만, 에틸렌글리콜에 분산시킨 경우 점도차이에 의해 4주 후에도 거의 대부분이 안정하게 분산되어 유지되고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 분산매체 속에 존재하는 고분자에 의해 입자간의 분산, 응집이 제어되는 depletion 안정화에 기인한 것으로 보인다.¹³⁾ 에틸렌글리콜에 CTAB를 첨가한 경우 순수한 에틸렌글리콜과 비슷한 경향을 보이며 4주 이상 안정적으로 분산이 유지된다. 하지만 SDS를 첨가시킨 경우 서서히 침전이 일어나며 4주 후 대부분의 안료 입자가 침전된 것을 볼 수 있다. 입도측정결과(Fig. 6)와 침전거동분석(Fig. 7)을 통해 SDS보다 CTAB가 분산성 및 분산안정성이 우수하여 분산제로 적합한 것으로 확인되었다.

3.3 CoAl_2O_4 청색 나노 무기 잉크 제조 및 프린팅 토출 특성평가

순수한 에틸렌글리콜의 경우 18.67 cps로 높은 점도 값을 가지고 있으며, 나노 무기 안료를 첨가 시 20 cps 이상으로 점도가 높아져 잉크젯 프린팅용 잉크로 적합하지 않다. 따라서 에틸렌글리콜의 점도 감소를 위해 에탄올을 첨가하여 청색 잉크를 제조하였다. Table 1은 에탄올 첨가에 따른 에틸렌글리콜의 점도 변화를 나타낸 것으로 에탄올을 20~30 vol% 첨가하였을 때, 8.85~11.52 cps의 점도 값을 가지며 나노 안료 첨가 시 잉크젯 프린팅에 적합한 점도를 가질 것으로 보여진다. Table 2는 0.05 wt%의 CTAB를 에탄올과 에틸렌글리콜 혼합액에 첨가하여 제조한 청색 잉크의 점도 및 표면장력 측정결과를 보여주고 있다. 나노 안료 15 wt% 첨가하여 제조한 잉크의 점도는 15.61~19.20 cps 값을 가졌고, 표면장력 값

Table 2. Viscosity and surface tension of the ceramic ink containing 15 wt% of CoAl_2O_4 pigments and 0.05 wt% of CTAB.

Solid State Reaction		
Ethylene glycol : Ethanol (Vol%)	Viscosity (CPS)	Surface Tension (mN/m)
70 : 30	15.61	31.18
80 : 20	19.20	33.06

Table 1. Viscosity of the mixed solution of ethylene glycol and ethanol.

Ethylene glycol : Ethanol (Vol%)	100 : 0	90 : 10	80 : 20	70 : 30	60 : 40	50 : 50
Viscosity (CPS)	18.67	14.47	11.52	8.85	6.86	5.25

Fig. 8. Droplet formation of the ceramic ink using CoAl₂O₄ pigments with 0.05 wt% of CTAB in the mixed solution of (a) 70 vol% of ethylene glycol and 30 vol% of ethanol, (b) 80 vol% of ethylene glycol and 20 vol% of ethanol.

은 31.18 ~ 33.06 mN/m 값을 가지며 잉크젯 프린팅에 적합한 점도와 표면장력 값을 가지는 것으로 확인되었다.¹⁴⁾

Fig. 8은 제조된 청색 잉크의 액적 형성 거동을 보여주는 drop watcher 측정 결과로, Fig. 8(a)는 30 vol%, (b)는 20 vol%의 에탄올을 첨가한 잉크이다. Drop watcher 측정은 전압 100 V, pulse wave 10 μs의 동일 조건에서 측정하였다. 두 가지 잉크 모두 20 ~ 40 μs일 때, 압전 헤드로부터 전달된 압력 진동으로 유체가 노즐 끝 밖으로 밀어내어 잉크가 분출된다. 40 ~ 100 μs에서 분출된 잉크가 늘어지며 떨어지다가, 30 vol%의 에탄올이 첨가된 잉크의 경우 120 μs 후 단일 액적이 형성되었고, 20 vol%의 에탄올이 첨가된 잉크의 경우 140 μs 후 단일 액적이 형성되었다. 두 가지 조건에서 단일 액적이 형성되지만, 좀 더 빠르게 단일 액적이 형성되는 30 vol%의 에탄올이 첨가된 잉크가 좀더 우수한 액적 형성 거동을 보여주는 것으로 판단된다.

4. 결 론

고상합성법을 이용하여 청색을 발색하는 CoAl₂O₄ 무기 안료를 합성하였고 합성된 안료는 3 μm 정도의 입자 크기를 가지고 있어, 잉크젯 프린팅용 잉크로의 응용을 위해 어트리션 밀로 200 nm의 크기를 가지는 나노 안료로 분쇄하였다. 어트리션 밀로 분쇄된 안료는 결정성이나 색상에 큰 변화없이, 안정적으로 청색을 발색하였다.

분산성을 확보하기 위해 나노 안료는 계면활성제를 사용하여 분산하였고, 양이온성 계면활성제 CTAB를 분산제로 사용하였을 경우 0.05 wt% 첨가 시 135 nm로 입도가 감소하였고, 음이온성 계면활성제 SDS를 첨가하였을 경우 0.8 wt% 첨가 시 182 nm로 입도가 감소한 것을 입도 분석을 통하여 확인하였다. 또한, TEM 측정을 통하여 계면활성제가 분산제로 작용하여 입자의 분산이 이루어 졌음을 확인할 수 있었다. 분산안정성 확인을 위해 안료의 침강테스트를 실시하였고, CTAB를 첨가한 경

우 4주 이상 안정성이 유지되었지만, SDS가 첨가된 경우 서서히 침전이 이루어지며 4주 후 대부분의 안료 입자가 침전이 되었다. 침강테스트를 통해 CTAB가 분산제로 적합함을 확인할 수 있었고, CTAB를 분산제로 첨가하여 청색 세라믹 잉크를 제조하였다.

세라믹 잉크는 CTAB 0.05 wt%와 안정적인 착색을 위해 15 wt%의 나노 안료를 첨가하여 제조하였고, 잉크젯 프린팅에 적합한 점도와 표면장력을 조절하기 위해 에틸렌글리콜에 에탄올을 20 ~ 30 vol% 첨가하였다. 제조된 청색 세라믹 잉크의 점도는 15.61 ~ 19.20 cps, 표면장력은 31.18 ~ 33.06 mN/m 값을 가졌고, 잉크젯 프린팅에 적합한 점도와 표면장력을 가졌다. Drop watcher 측정을 통하여 제조한 잉크의 토출 특성을 평가하였고, 30 vol%의 에탄올이 첨가된 경우 120 μm, 20 vol%의 에탄올이 첨가된 경우 140 μs 후 구형의 단일 액적을 형성하며 토출되어 잉크젯 프린팅용 세라믹 잉크로의 가능성을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 미래창조과학부·산업통상지원부가 공동지원한 ‘나노융합2020사업’으로 지원된 연구결과입니다. [잉크젯프린팅 포셀린제품용 고화도 나노세라믹 발색잉크 제조].

References

1. D. Gardini, M. Dondi, A. L. Costa, F. Matteucci, M. Blosi and C. Galassi, J. Nanosci. Nanotechnol., **8**(4), 1979 (2008).
2. I. Fasaki, K. Siamos, M. Arin, P. Lommens, I. VanDriessche, S. C. Hopkins, B. A. Glowacki and I. Arabazis, Appl. Catal. A : Gen., **411-412**, 60 (2012).
3. Z. Hu, M. Xue, Q. Zhang, Q. Sheng and Y. Liu, Dyes and Pigments, **76**(1), 173 (2008).
4. P. M. T. Cavalcante, M. Dondi, G. Guaini, M. Raimondo

- and G. Baldi, *Dyes and Pigments*, **80**(2), 226 (2009).
5. H. Dong, W. Carr and J. F. Morris, *Phys. Fluids*, **18**(7), 072102 (2006).
 6. Q. Xu and O. A. Basaran, *Phys. Fluids*, **19**(10), 102111 (2007).
 7. X. Zhang and O. A. Basaran, *Phys. Fluids*, **7**(6), 1184 (1995).
 8. P. K. Notz, A. U. Chen and O. A. Basaran, *Phys. Fluids*, **13**(3), 549 (2001).
 9. R. Muñoz, N. Masó, B. Julián, F. Márquez, H. Beltrán, P. Escribano and E. Cordoncillo, *J. Eur. Ceram. Soc.*, **24**(7), 2087 (2004).
 10. W. Hajjaji, C. Zanelli, M. P. Seabra, M. Dondi and J. A. Labrincha, *Chem. Eng. J.*, **171**(3), 1178 (2011).
 11. D. A. Stanley, L. Y. Sadler, D. R. Brooks and M. A. Schwartz, *Am. Ceram. Soc. Bull.*, **53**, 813 (1974).
 12. J. Cesarano, I. A. Akasay and A. Bleier, *J. Am. Ceram. Soc.*, **71**(4), 250 (1988).
 13. J. A. Lewis, *J. Am. Ceram. Soc.*, **83**(10), 2341 (2000).
 14. X. Zhao, J. R. G. Evans, M. J. Edirisinghe and J. H. Song, *Ceram. Int.*, **29**(8), 887 (2003).