Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers 25:4 (2016) 258~265

http://dx.doi.org/10.7735/ksmte.2016.25.4.258

J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng.
ISSN 2283-4846(Online) / ISSN 2233-6036(Print)

경제성을 갖춘 고점성 디지털 프린터의 개발

강태원[a], 최원식[b], 김태우[c], 이기성[c*]

Development of Economic Digital Printing with High-Viscosity Material

Taewon Kang[a], Won Sik Choi[b], Tae Woo Kim[c], Kee Sung Lee[c*]

[a] *Division of Advanced Mechanical Engineering Mechanical & Biomedical Engineering, Kangwon Nat'l Univ., 1, Gangwondaehak-gil, Chuncheon, Gangwon-do, 24341, Korea*
[b] *Kredix, 17, Eoulmadang-ro 5-gil, Mapo-gu, Seoul 04048, Korea*
[c] *Mechanical ENgineering, Kookmin University, 77, Jeongneung-ro, Seongbuk-gu, Seoul 02707, Korea*

ARTICLE INFO

Article history:
Received 11 July 2016
Revised 2 August 2016
Accepted 2 August 2016

Keywords:
HIgh viscosity
Ceramic material
Color analysis
Head driver
Ink-jet

ABSTRACT

Digital printing has been used in various industrial areas, including semiconductor manufacturing and textile printing. However, implications on ceramic textile have not been well established so far. Printing high-viscosity materials requires an understanding of their behavior. An inorganic high viscous material with a viscosity range of 20-30 cps is analyzed using a viscometer and through X-ray diffraction. In this study, a digital printer is designed and assembled using a high-viscosity material with software for PC control, resulting in reduced processing at a fast area velocity of 20 m^2/hr. The present study demonstrated that the printer is capable of controlling the shape of the drop mass to smear ink smoothly onto the ceramic surface under an economic budget. In addition, to avoid any difficulty in color management, the ceramic printer is equipped with an independent color management system designed to cope with images on a highly viscous material.

1. 서 론

아날로그 방식에서 디지털 방식으로 전환하면서 다양한 분야의 변화를 요구하는 상황이 발생하고 있는데, 그 중에서 가장 늦게 변화하고 있는 부분 중의 하나가 세라믹 타일에 적용되는 디지털프린팅 분야이다. 그 원인 중의 하나는 잉크젯 프린팅과 타일제조의 공정에 있어서 고온과정을 거치는 과정이 경제적으로 해결되어져야 하기 때문이다. 이를 해결하기 위한 연구는 두 가지 관점에서 진행되고 있다. 잉크젯 프린팅 시스템을 세라믹타일에 적용하는 기술과, 양산용 잉크젯 프린팅 시스템의 운영체계에 적용되는 나노세라믹잉크 분야에 대한 연구가 이루어지고 있다[1-6].

잉크젯 프린팅 기술이라 함은 그 부피가 수십 피코리터 이하의 작은 액적을 전기 또는 자기로부터 나오는 힘이나 공압에 의하여 초당 대략 수 백번 이상의 빈도로 인쇄할 대상에 분사하여 직접 무늬를 만드는 기술이 핵심이며, 잉크젯 프린팅 시스템이라 함은 이러한 액적을 분사하는 헤드에 분사할 재료를 공급하는 공급부, 헤드의 분사 제어를 위한 전자회로 및 소프트웨어, 헤드를 이송하기 위한 이송부, 그리고 분사 재료를 저장하고 관리하는 저장부 등의 구성이 핵심이라고 할 수 있다[7-9].

잉크젯 프린터를 구현하기 위해서는, Fig. 1에서와 같이 요소기

* Corresponding author. Tel.: +82-2-910-4834
Fax: +82-2-910-4839
E-mail address: keeslee@kookmin.ac.kr (Kee Sung Lee).

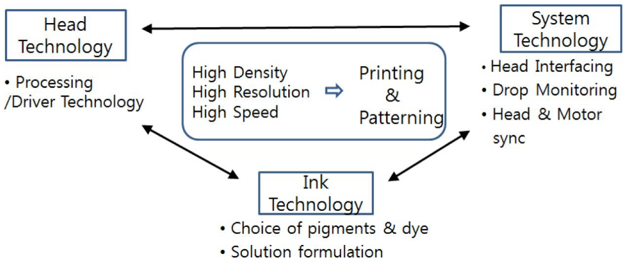


Fig. 1 Core technology of ink-jet printing

술인 잉크젯 프린트 헤드, 잉크 및 잉크 고착 코팅액, 정밀기기 시스템과 헤드 분사제어 펌웨어 등 3가지 핵심부품 요소기술과 이들 기술을 종합하는 기술을 갖추어야 한다. 기존에 사용되는 특수 제어 보드는 커스터마이즈된 특수 FPGA(filed programmable gate array)를 사용하고 있기 때문에, 고가의 가격대를 형성하는 이유가 되고 있다. 본 연구는 잉크젯 헤드의 분사제어에 대하여 경제적으로 제조할 수 있는 접근을 시도하였다는 점이 기존 연구와의 차별이라 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 가격경쟁력이 있도록 저가의 Cortex M4를 사용하여 고점성 잉크를 분사하는 헤드의 제어용 소프트웨어가 적용된 시제품의 개발이 목적이다.

2. 타일 잉크젯 시스템

2.1 잉크젯 기술 동향

우수한 잉크젯 기술을 가장 많이 이용하는 곳은 기존의 리소그래피 공정을 단순화하기 위한 디스플레이 분야의 새로운 미세패턴 형성 기술로서 이에 대한 시장 수요가 크며, 특히 공정수 감소, 재료비 감소 등을 통한 원가절감을 할 수 있는 신기술 개발에 대한 디스플레이 장비 및 소자업체의 관심이 매우 크다고 할 수 있다.

그러나 국내에서는 아직 잉크젯 헤드와 관련된 기술을 보유하고 있는 업체가 없으며, 일부 디스플레이 장비업체 등에서 LCD 공정에 적용하기 위한 잉크젯 프린팅 기술개발을 LCD업체와 공동으로 진행하고 있지만, 헤드 관련 기술은 주로 외국에 의존하고 있는 실정이다. 현재 개발된 기술로는 Table 1에 나타내었듯이, 유사 및 관련 기술로는 연속식 잉크젯 기술, thermal 방식 잉크젯 기술, piezo 방식 잉크젯 기술 등이 있다.

잉크젯 기술의 개발과정을 살펴보면 잉크젯 프린팅의 실질적인 개념이 등장한 것은 1878년 영국의 물리학자 Rayleigh[10]가 "젯팅 현상의 불안정성"이라는 논문을 발표하면서부터이며, 이후 컴퓨터의 발달과 함께 프린터를 필요로 하는 요구가 급증하는 가운데, 1962년 일종의 버블젯 원리의 기술이 고안되었고, 1978년 스웨덴

Table 1 Comparison of ink-jet technology

Technology		Characteristics
Type	Continuous type ink-jet head	• High speed is possible, but the size of Dot is about 100 μm in general. • It is widely used for special purposes such as printing of packing paper and large size of weaving materials.
	Thermal type ink-jet head	• used for thin film heater • the most popular type in the market • advantageous for enhancing the density of ink nozzle
	Piezo type ink-jet head	• application of Piezo • advantageous for precise controlling of ink

의 Hertz가 고속의 바이너리 젯을 구현하였으며, 1987년 Herron은 고정밀도의 바이너리 젯을 구현하여 기술면에서는 연속방식이 상당한 진전을 보았지만 이후에는 DOD(drop on demand) 방식에 밀려있는 상황이다. DOD 방식은 1978년 일본 Canon에서 버블젯을 실용화 수준으로 끌어 올렸으며, 1981년 Canon에 의해서 프린팅 기술로 자리매김하게 되었다.

주요기술별로 적용 및 응용되고 있는 분야와 특징 및 문제점 등을 기준으로 각 기술을 살펴보면, 우선 연속식 잉크젯 기술의 경우, DOD 방식에 비해 수 십배 빠른 응답성과 인쇄 속도가 가능하지만 노즐 당 원가가 수 천배 내지 수 만배로 크기 때문에 사무실과 가정에서는 거의 사용되지 않고 있다. 연속식 잉크젯 기술은 인쇄대상물이 반드시 평탄할 것을 요구하지는 않기 때문에 공장에서 제품생산 중 생산품에 대한 라벨링 또는 마킹용도에, 그리고 빠른 속도로 큰 대상물에 비교적 작은 잉크방울을 분사할 수 있다는 특성으로 인해 대형 직조물과 같은 특수용도에 주로 사용된다.

Thermal 방식 및 Piezo 방식 등이 포함되는 DOD 방식 잉크젯 기술의 경우, 현재 사무용, 가정용 잉크젯 프린터분야에서 주로 응용되는 기술이다. 열구동 헤드가 압전 구동헤드에 비해 헤드에 형성되는 노즐수가 많은데, 이는 열구동 헤드의 노즐당 제작단가가 압전 구동 헤드의 약 20~30%에 불과하기 때문이며, 그 결과 열구동 헤드에서는 잉크 교환 시 헤드 자체를 교환하는 것이 가능하다. 그러나 현재 시장에서 교환하는 카트리지의 가격이 프린터 기본체 가격과 거의 대등한 만큼 장기간 사용할 경우 열구동 헤드의 잉크젯 프린터 유지관리비가 꼭 저렴하다고 말하기는 어렵다.

잉크젯 프린팅 응용기술이 적용될 수 있는 가장 큰 시장은 디스플레이 및 전자 재료 프린팅시장이라고 할 수 있으며, 특히 LCD, OLED, PDP, PCB, Micro Lens 등의 분야에서 강세를 보이고 있다. 그러나 이러한 기술을 이용하여 세라믹 프린팅에 적용한 경우는 상대적으로 매우 미미한 상황이다.

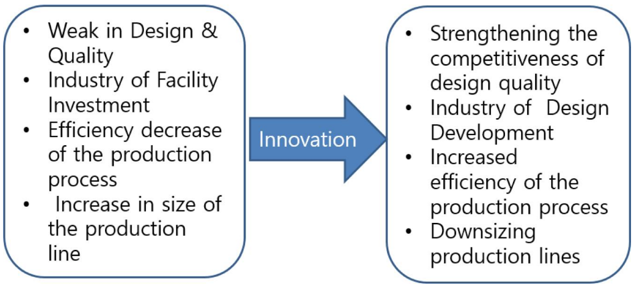


Fig. 2 Innovation of tile industry

2.2 타일 제품 동향

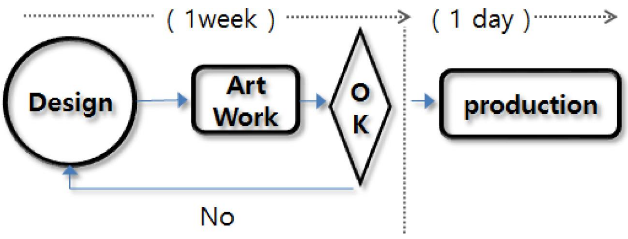
고점성 타일 프린터를 개발하기 위해서는 잉크젯을 적용하는 타일 제품의 현황에 대한 이해가 필요하며, 이러한 관점에서 타일의 역사를 살펴보면, 다음과 같은 특징을 가진다.

우선 타일이라는 용어는 점토로 구운 얇은 판이란 뜻의 라틴어인 'tegula'에서 유래하며, 근세 이후 영어로 'tile'이라 명명되었다. 이러한 이름의 히스토리를 가진 타일은 건축자재로서 이름만큼의 오랜 역사를 가지고 있으며, 장식적인 목적의 특성이 강하다는 것이다. 타일은 고대 이집트에 그 기원을 두고 있으며, 이슬람 문화에 의해 스페인으로 전파된 후 르네상스기를 거치며 전 유럽에 전파되어 유럽의 건축문화에서 빠질 수 없는 필수적인 건축자재로 발전하기 시작하였다. 특히, 타일의 역사가 시작되었던 고대 이집트 때부터 타일은 실내의 마감자재로서 뿐이 아닌 장식적인 목적으로 많이 사용되었으며, 현재에 이르러서도 욕실이나 일의 주방의 단순 마감보다는 인테리어적 효과를 목적으로 시공되고 있다.

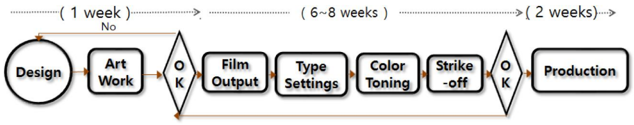
기존의 타일에 잉크젯을 사용하는 기술은 타일산업의 혁신성을 야기하는 것이라고 할 수 있다. Fig. 2에 타일 산업의 혁신을 위한 변화내용을 나타내었다. 타일산업의 혁신을 위해서는 디자인과 생산효율이 중요하고, 이를 위해서는 고점성 프린터의 역할이 중요하다고 하겠다.

특히 생산성과 관련하여, 본 과제 개발로 기대하는 효과는 타일 산업의 변화를 유도하는 것이다. Fig. 3에서 보여주는 바와 같이, 기존의 실크스크린프린팅(silk screen printing)에 비하여 고점성 디지털 프린팅을 성공적으로 구현하는 경우 1/4까지 공정일정을 앞당길 수 있다는 가능성을 보여주고 있다.

이러한 것이 가능하기 위해서는 고점성 디지털 프린팅이 가지는 장점이 극대화 되어야 한다. 장점을 살펴보면, 첫째, 다품종 소량으로 생산할 수 있어 디자인 대응력이 신속히 이루어져 다양한 디자인을 개발할 수 있는 기반이 만들어진다는 것이다. 둘째는, 디자인이 완성된 후에도 양산에 8-10주가 소요되는 기존 타일의 생산 공정에 반해 세라믹 프린터는 디자인이 완성된 후 즉시 양산이 가능하다는 것이다. 셋째로, 고객의 주문한 양만큼만 양산할 수 있어 재고 절감 효과를 제공한다는 것이다. 넷째, 시공 현장의 요구에



(a)



(b)

Fig. 3 Comparison of tile production process: (a) ceramic printing, (b) silk screen printing

따른 칼라 조정이나 이미지의 크기조절 그리고 타일의 규격에 따른 다양한 표현이 가능하다는 것이다. 마지막으로, 타일의 대표적 인쇄 기법인 실크 인쇄 라인과 달리 칼라 1도 인쇄별로 건조공정이 불필요하여 최대 1/10 이상 생산라인이 축소, 단순화 될 수 있다는 것이 큰 장점이다.

3. 시스템 구성

3.1 시스템 특성

본 연구에서 고려한 고점성 디지털 프린터란, 일반적으로 사용되는 산업용 잉크젯 프린터로는 타일과 같은 특수 용도의 세라믹 재질에 인쇄할 수 없는 경우를 위해 개발되는 것으로, PC에 입력되어 있는 design image를 일반 종이에 인쇄하듯이 반복하여 타일을 포함하는 다양한 세라믹 소재 표면 위에 출력할 수 있는 하드웨어를 의미한다.

Table 2는 본 개발 기술이 궁극적으로 지향하는 목표 성능이며, 기존 제품과의 차별성을 손쉽게 알아 볼 수 있도록 정리한 것이다. 기존의 사용되는 타일 또는 일반 세라믹 소재 인쇄 방식은 전문적인 업체에서 특수 장비를 이용하는 승화전사로서, 인쇄기술과 염색기술을 복합시킨 디지털 인쇄방식이라고도 명명되기도 하며, 제판과정 없이 컴퓨터에서 편집된 각종의 이미지(전사물)를 전사잉크를 사용한 프린터기를 이용하여 잉크젯 전사용지에 출력 후 열전사를 이용하여 금속, 나무, 유리, 타일, 컵, 도자기 등의 피전사물에 염색 또는 염착하는 디지털 인쇄방식이다. 즉, 특수칼라 전사잉크를 사용하여 고온 상태에서 액체과정을 거치지 않고 기화되어 전사재료에 스며들어 염색 또는 염착되는 것이다.

본 연구는 승화전사 과정 없이 재료 위에 출력하기 위하여, 컴퓨터 상에서 이미지에 대한 색상을 자동으로 분석한 후, 출력 시스템에서 디자인된 이미지의 색상 그대로를 재현함으로써 기존

Table 2 Ceramic printer vs silk screening printing

	Ceramic printer	Silk screen printing
Printing 3D surface and uneven surface	3D surface is possible because it is the type of printer head.	Flat surface is required for printing. Uneven surface is not suitable.
Color management system	No limitation on printing colors due to multi head type printer. Expressed based on the combination of colors.	The same amount of colors are used for printing and thus there is a limitation for massive object.
Eco-friendly	Ink consumption is low and eco friendly because there is no waste water.	The consumption of pigment and ink is considerable and there are some amount of waste water after job is done.
Small quantity batch production	Direct and immediate printing of design is possible.	It requires an extra expense for film and printing plate. It is not sutiable small production.
Resolution	720×720 dpi	150×150 dpi

의 공정을 획기적으로 단축하는 장점을 가진 하드웨어 구성을 의미한다.

3.2 소프트웨어 구성

타일과 같은 세라믹 소재에 이미지를 출력하는 디지털 프린터의 생명은 고점성의 잉크를 원하는 색채가 나오도록 head driver를 운영하는 기술에 있다고 해도 과언이 아니다. 따라서 소프트웨어의 핵심은 제어기술에 있다고 할 수 있다.

Fig. 4는 본 연구에서 사용된 프린터 헤드의 사양을 설명한 것이다. 노즐은 12개로서, 전체 길이는 3.175 mm이며, 96 dpi의 해상도를 기본적으로 가지고 있다. 각 헤드에서 잉크를 출력하는 것을 제어하는 기본적인 타이밍을 Fig. 5에 도시하였다.

기본적으로 노즐의 분사속도는 타일 사이즈에 따라서 확인할 수 있다. 만일 5인치×5인치 이미지를 현재의 잉크젯 해상도를 기준으로 인쇄를 한다면, 수평 이송속도와 수직 이송속도를 계산하여 찾는 것이 일반적이다. 즉, 수평으로 5인치를 96 dpi 속도로 움직이기 때문에 480회, 수직으로 5인치를 1인치당 0.125 움직이기 때문에 40회 가야한다. 현재 노즐의 분사속도 800 μs인 점을 고려하면, 수평속도는 480회 움직이므로 0.385초, 그리고 다시 수직으로 움직이는 횟수를 고려하면 총 15.36초가 소요됨을 알 수 있다.

앞에서는 노즐의 분사속도를 선택하여 우리가 원하는 이미지 출력이 되는 것을 수치적으로 확인한 것이지만, 이러한 속도보다 중요한 것이 해상도이다. 고화질로 가는 경우 Fig. 6에서 보는 바와 같이, 서클로 표시한 겹치는 부분에서 번짐 현상이 일어난다. 이는

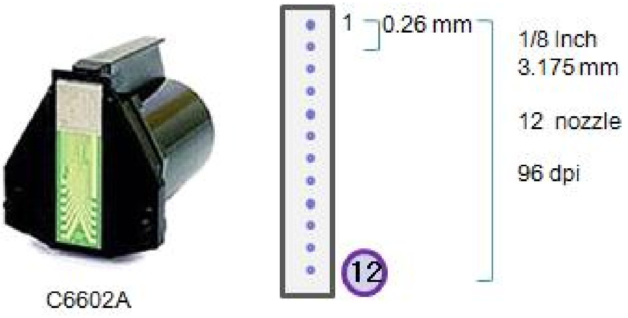


Fig. 4 Printer head specification

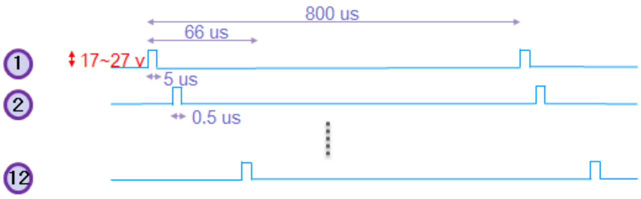


Fig. 5 Head control timing

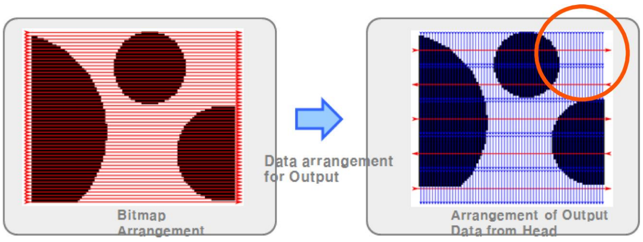


Fig. 6 Moving method of head

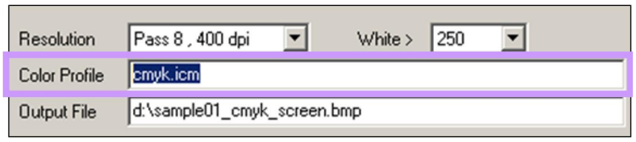


Fig. 7 Software for multi pass selection

기계적인 결함이 아니고, 물리적인 현상에 의한 것이라고 할 수 있는데, 잉크가 분사되어 건조되지 않은 상태에서 다시 잉크를 분사하기 때문에 두 개의 잉크가 응집력을 발휘하여 전반적으로는 출력 이미지가 물결현상을 보이는 경우를 말한다, 따라서 이를 배제하도록 제어하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 잉크젯의 물리적인 간격이 목적 출력물의 해상도만큼 높지 않다는 점을 해결하기 위하여 멀티패스 출력을 통하여 원하는 출력물의 해상도를 증진할 수 있도록 소프트웨어를 구성하였다.

Fig. 7은 소프트웨어적으로 해상도를 높이기 위하여 1패스부터 시작하여 16패스까지 높일 수 있도록 하는 프로그램 화면을 보여주고 있다. Fig. 8에서 보여주는 바와 같이, 8패스를 선택하는 경우 1,017개의 도트를 가지고 해상도를 만드는 것과 같기 때문에 이론

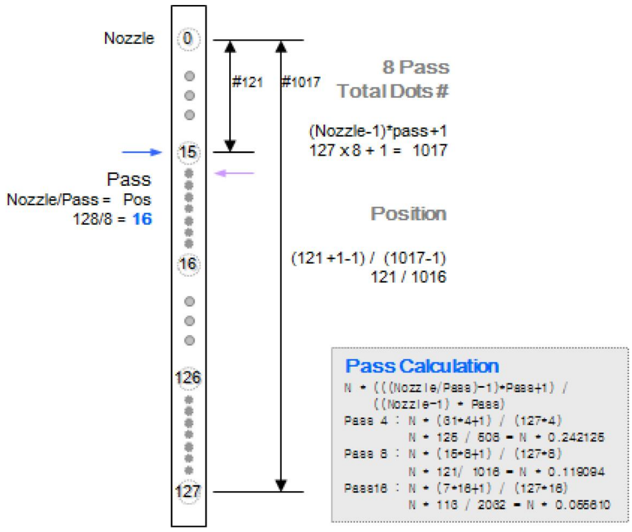


Fig. 8 Pass calculation of 8 multi pass

적인 해상도와 비교할 수 있다.

기계적으로는 1 pulse 당 1 μm이므로, 사진 해상도를 400 dpi로 가정하면, 픽셀당 간격은 635 μm. 이를 다시 픽셀당 펄스로 계산하면 63.5 pulse/pixel 이 되며 이를 기준으로 패스 간격을 계산하면 7,683.5 μm가 된다. 이는 이론적인 수치로서 이상적인 값이라고 할 수 있다. 이를 앞에서 선택한 8 multi pass를 사용하는 경우의 1,017개 도트로 실제 패스간격을 구하면, 7,681.356 μm로 계산되며, 이는 이론치와 실제적인 값의 차이가 약 2 μm 밖에 차이가 나지 않기 때문에 실제로 구현되는 해상도가 원하는 수준으로 도출됨을 예상할 수 있다.

그러나 멀티패스를 사용하더라도 보정을 해주어야 한다. Fig. 9를 살펴보면, (a)는 출력을 하고 싶은 이미지를 표시한 것이며, (b)는 멀리패스를 보정 하지 않은 출력이며, (c)는 보정한 멀티 패스를 사용한 출력이다. (b)와 (c)를 비교하여 보면, 동그라미부분에서 중간라인이 없어지면서 현저하게 개선되는 차이가 본 연구의 결과이다. Fig. 10은 고해상도에 맞게 최적화된 멀티 패스 알고리즘의 작동모습을 표시한 것이다. 8번째 가서야 빠짐없이 프린팅

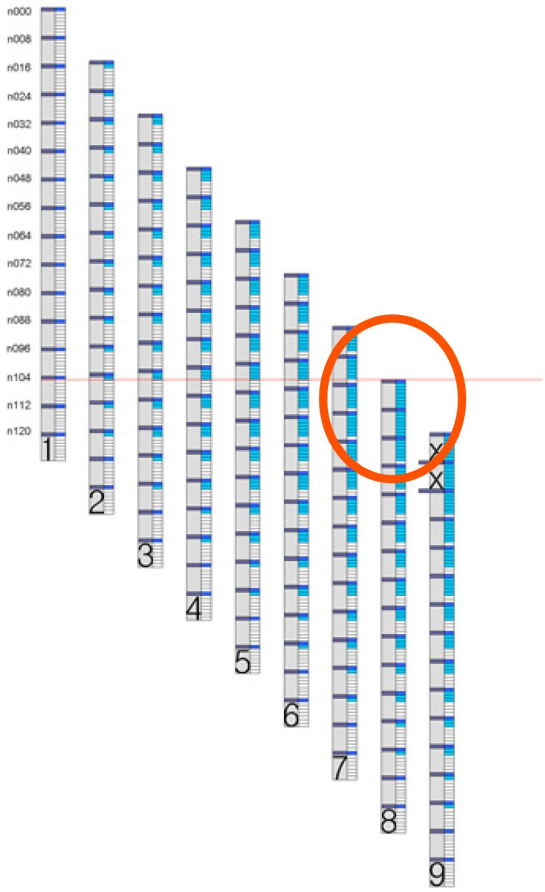


Fig. 10 Optimized multi pass

되고 있음을 보여주고 있다.

3.3 하드웨어 구성

하드웨어 제품은 Fig. 11에서 보는 바와 같이, 일정 평면을 이루고 있는 베이스 위에 정밀하게 제어하여 움직일 수 있는 X, Y, Z축을 갖추고 있으며, X, Y, Z 축을 구비하는 세라믹프린터는 스테이지 시스템을 갖춘 프린터가 된다. 본 개발 제품의 평판 베이스에 대한 정밀도는 5 μm 이내의 평탄도 공차를 가지고 있다. 이러한

(a) (b) (c)

Fig. 9 Comparison between multi pass, (a) original image (b) image with inappropriately optimized multi pass (c) image with optimized multi pass

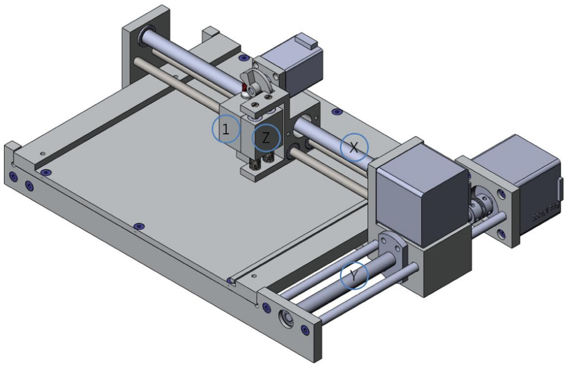


Fig. 11 Schematic XYZ stage of digital printer

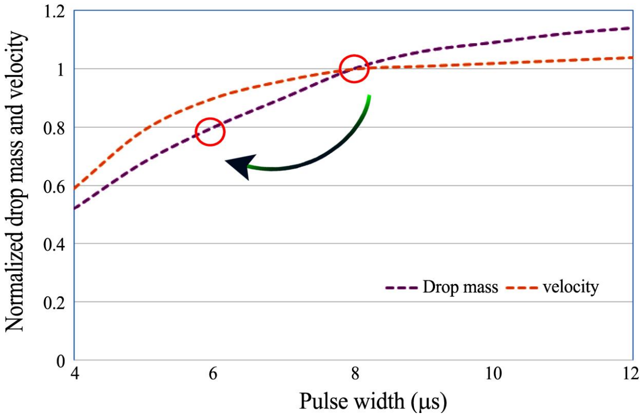


Fig. 12 Control of drop volume

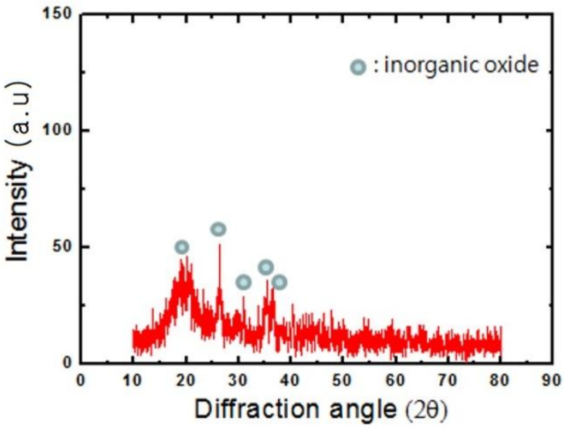


Fig. 13 XRD Analysis on dried ink

XYZ 스테이지는 PID 제어를 적용할 수 있는 시테핑 모터를 사용하여 X축과 Y축 구동을 진행하고, Z축은 스프링과 캠의 연동을 통하여 오리지날 위치를 항상 유지하도록 제어하고 있다.

여기서, 기구적인 각축의 모터 및 가동거리, 속도 등의 구체적 사항들을 살펴보면, 정밀급모터를 사용하여 μm 단위의 스테이지 시스템을 구현하였으며, 속도 또한 1,000 mm/sec급으로 타일 및 기타 재료에 비해 빠르게 프린팅 할 수 있도록 만들었다. 이러한 속도를 만들어 내기 위해서 신호 속도는 대략 1 Mbps정도로 하드웨어적으로 1,000 mm/sec를 움직일 때 약 1.2 M pulse/sec의 신호를 구현한다.

컴퓨터 내의 소프트웨어에서 이미지를 축출 후, 인터페이스를 통해 기구 및 컨트롤러에 명령을 내린다. 이 때 각 기구 축은 10 μm급 단위로 제어를 하며, 헤드스테이션 안의 다수의 헤드는 다수의 색상을 가지고 있으며, 1개의 헤드는 12개의 노즐을 가지고 색상을 배출한다.

일반적으로 무기재료에 인쇄되어지는 색상이 약 8가지 색상인 반면에 정밀한 기구 축과 자체개발한 멀티패스 소프트웨어 및 인터페이스를 통해 빠른 시간 내에 약 167,000가지의 색상을 표출할 수 있다. 한편, 소프트웨어 부분에서 언급하였듯이, 액적의 부피(drop volume) 제어 기술이 중요하다. 액적의 부피를 제어하는 중요한 의미는 기존 인쇄방법은 항상 인쇄면과 접촉하며, 요철에서 인쇄가 불가능하였으나, 액적의 부피 제어기술을 사용하면 비접촉하면서 요철에 인쇄가 가능하기 때문이다.

Fig. 12는 펄스폭(pulse width)을 조정하여 기존 속도를 8 μsec에서 6 μsec로 2 μsec를 단축 하는 경우에 20%의 액적의 부피를 조절할 수 있기 때문에 본 연구에서의 결과가 경제적이라는 내용을 설명하고 있다. 액적의 부피제어는 액적의 질량(부피)과 속도 대비 분사펄스폭간의 상호 관계에서 펄스차이를 통해 속도를 조절하여 액적의 질량을 작게 해 주는 효과를 주고, 이 효과가 인쇄면 요철에서도 미세하게 침투하여 인쇄가 가능토록 해 주는 것이다.

한편, 기존의 사무용 디지털 프린팅 잉크는 점성이 낮아서 세라믹 타일에 이미지 프린팅이 불가하다. 본 연구에서 고점성 잉크 자체를 개발하는 것은 아니지만, 잉크의 점성을 증가시키는 요인을 확인하기 위하여 실험하였다. 고점성 프린터에 적용되는 20-30 cps의 점성 범위를 갖는 잉크 2종을 표면이 가공된 알루미나 기판에 프린팅 하였고, 이를 150°C의 온도, 대기 중에서 24 hr 건조시킨 후 건조된 소재를 X-선 회절기(XRD: x-ray diffractometer)로 분석하였다.

Fig. 13은 인쇄된 소재를 X-선 회절기로 분석한 결과이다. 유기상(amorphous phase)과 함께 무기상(inorganic oxide)으로 추정되는 피크가 검출되었으며, 이는 잉크의 유기용매에 고온에서 내성이 있는 세라믹 소재가 혼합되어 있는 것을 나타낸다[7,8]. 점성에 따른 헤더에서의 분사에 관한 세라믹 소재의 영향을 향후 더 연구할 필요가 있다.

4. 평 가

점성 잉크젯 프린터의 성능을 확인하기 위해서는 두 가지 부분에서의 평가가 필요하다. 그 하나는 Fig. 14와 같이 색상을 관리해주

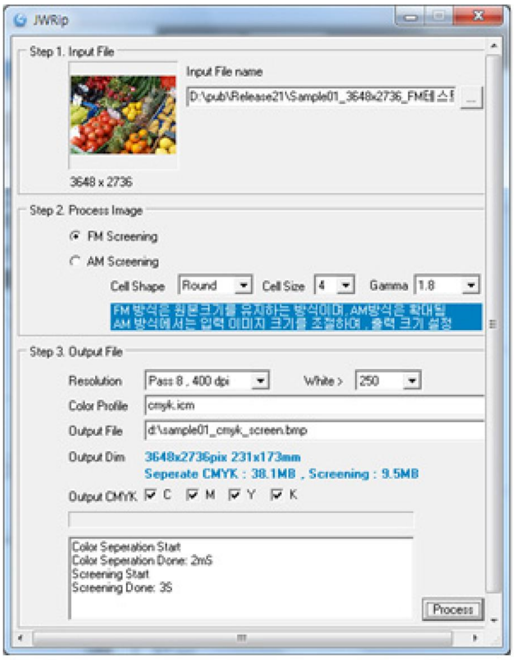


Fig. 14 CMS (Color Management System)

Fig. 15 Printed ceramic tile in the present study

는 CMS(색상관리시스템) 소프트웨어를 본 연구에서 개발하고 그것과 연계하여 프로그램이 구동되는 가를 확인하는 것이다.

색상관리는 실제 칼라를 측정할 수 있는 기계와 그 기계로 추출된 프로파일을 실제 프린터가 각 무기안료잉크를 분사시켜 원본 이미지와 같은 색상을 갖출 수 있도록 하는 프로그램이다. 대중적인 시스템은 Adobe사의 색상관리 시스템이 있지만, 무기안료의 특성상 색상의 변이를 일반 색상관리 프로그램으로 하기에 무리가 있기 때문에, 독자적으로 만든 프로그램으로 적정한 색상 조합의 프로파일을 빨리 생산할 수 있도록 하는 것이 매우 중요하다.

또 하나의 중요한 부분은 헤드드라이버(head driver)의 움직임에 따라 출력 이미지 분석 후 타일 또는 세라믹 소재의 움직임을 계산하는 것이다. 출력 시스템은 빠른 연산과 실시간 제어 과정에 기초한 구동 펄스를 발생시키고, 스태핑 모터의 움직임을 통하여 출력 소재의 움직임을 제어하는 것이다. Fig. 15는 그 색상 시스템을 통하여 본 연구에서 성공적으로 출력된 타일이다.

5. 결 론

본 연구 개발을 통하여 시작품 상태의 고점성 잉크젯 프린터 시스템을 구축하였으며, 테스트를 해본결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 이론적인 출력까지 속도를 증가시키기 위해서는 보다 효과적인 기구 개선이 필요하여, 본 연구에서는 가격경쟁력이 있도록 저가의 Cortex M4를 사용하여 고점성 잉크를 분사하는 헤드의 제어용 소프트웨어를 적용하였다. 본 연구를 통해서, 이론적으로는 세라믹 타일을 단위면적당 약 20 m^2/h까지 출력할 수 있다는 결과를 얻었다.

(2) 시제품에서 얻어진 결과를 바탕으로 실제 양산용 장비를 제작할 경우, 이론적 수치에 거의 근접한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단되며, 본 연구에서 개발된 자체 프로그램으로 장비제어가 가능하다.

(3) 본 연구는, 고급 세라믹 타일에 이미지를 입히는 경우에 사용되는 전사 또는 자외선 차단 코팅의 경우에는 가격 경쟁력과 생산성에서 열세를 면치 못하는 단점을 극복할 수 있는 디지털 프린터의 시제품을 개발 완성하였다.

References

[1] Cavalcante, P. M. T., Dondi, M., Guarini, G., Raimondo, M., Baldi, G., 2009, Colour Performance of Ceramic Nano-pigments, Dyes and Pigments, 80:2 226-232.

[2] Gardini, D., Dondi, M., Costa, A. L., Matteucci, F., Blosi, M., Galassi, C., 2008, Nano-sized Ceramics Inks for Drop-on Demand Ink-jet Printing in Quadrichromy, J. Nanosci. Nanotechnol., 8 1978-88.

[3] Watanabe, O. , Hibino, T., Sakakibara, M., 2012, Development of an Ink-jet Printing System for Ceramic Tile, Qualicer 2012-XII Global Forum on Ceramic Tile, 13-22.

[4] Hutchings, I., 2010, Ink-jet Printing for the Decoration of Ceramic Tiles: Technology and Opportunities, Qualicer 2010-XI Global Forum on Ceramic Tile, 1-17.

[5] Lee, k., 2012, High Viscosity Digital Printer, Small and Medium Business Administration, Republic of Korea.

[6] Kim, J., Noh, H., Kim, U., Cho, W., Choi, J., Lee, Y., 2013, Recent

Advances in the Ink-jet Printing Ceramic Tile using Colorant Ceramic-ink, J. Korean Ceram. Soc., 50:6 498-503.

[7] Pan, Z., Wang, Y., Huang, H., Ling, Z., Dai, Y., Ke, S., 2015, Recent Development on Preparation of Ceramic Inks in Ink-jet Printing, Ceramics International, 41:10 12515-12528.

[8] Güngor, G. L., Kara, A., Gardini, D., Blosi, M., Dondi, M., Zanelli, C., 2016, Ink-jet Printability of Aqueous Ceramic Inks for Digital Decoration of Ceramic Tiles, Dyes and Pigments, 127 148-154.

[9] Montorsi, M., Mugoni, C., Passalacqua, A., Annovi, A., Marani, F., Fossa, L., Capitani, R., Manfredini, T., 2016, Improvement of Color Quality and Reduction of Defects in the Ink Jet- Printing Technology for Ceramic Tiles Production: A Design of Experiments Study, Ceramics International, 42:1 1459-1469.

[10] L. Rayleigh, 1879, Proc. R. Soc. London, 29, 71-76