

# 자기변형 잉크젯 헤드의 액적형성에 관한 연구

## Study on Magnetostrictive Inkjet Head for Droplet Formation

\*유재현<sup>1</sup>, #박영우<sup>1</sup>

\*J. H. Yoo<sup>1</sup>, #Y. W. Park(ywpark@cnu.ac.k)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 충남대학교 BK21메카트로닉스 사업단 메카트로닉스공학과

Key words : Magnetostrictive material, Ink Jet Head, Drop on Demand, Droplet Formation

### 1. 서론

잉크젯 기술은 수십~수백 um의 직경을 갖는 액적을 특정 위치에 형성시키는 기술로서 비접촉식 직접 패터닝 기술 구현이 가능하여 LCD, OLED 등 디스플레이 제조공정 뿐만 아니라 DNA Microarray와 같은 바이오 분야에 이르기까지 광범위한 분야에 적용되고 있다. 잉크젯 프린팅 기술은 고속, 고정밀 프린팅을 위해서 잉크젯헤드의 공정 및 구동기술과 잉크기술, 그리고 정밀 이송을 위한 stage, 액적측정을 위한 영상처리시스템을 포함한다. 그중에서도 잉크젯헤드의 공정 및 구동기술은 잉크젯프린팅의 핵심기술이라 할 수 있다.

잉크젯 헤드는 구동방식에 따라 열전사(Thermal)방식과 정전기력(Electrostatic) 방식, 피에조(Piezo) 방식이 있다. 그러나 열전사방식과 정전기력 방식은 사용할 수 있는 유체가 한정되어 있어 현재 산업용 잉크젯헤드는 주로 피에조 방식이 사용되고 있다. 피에조 방식은 피에조의 압전효과를 이용하여 챔버의 체적을 변화시켜 유체를 분사하는 방식으로 제어성이 우수하고 다양한 유체에 적용할 수 있다는 장점이 있으나 현재 잉크젯헤드 기술로는 분사 가능한 액적의 크기가 일정한계를 넘지 못하고 있다. 이것은 노즐의 크기와 액적이 크기가 일반적으로 비례하기 때문에 일정한 노즐의 크기에서 더 작은 크기의 액적을 형성하기 위해 최적의 입력파형을 찾으려는 연구가 진행되고 있다.[1] 하지만 입력파형의 조절만으로 액적의 크기를 줄이는 것은 한계가 있다. 근본적으로 노즐의 크기가 작아져야 액적이 크기가 줄어들 수 있는데 노즐의 크기가 작아지면 노즐과 잉크의 접촉면에서 발생하는 마찰력이 증가하여 유체를 분사하기 위한 구동력이 커져야 한다. 하지만 현재 피에조 소자의 구동력에는 한계가 있고 과도한 비용이 발생한다.[2]

본 논문에서는 기존의 잉크젯헤드의 한계점을 극복하기 위한 자기변형 잉크젯헤드의 액적형성에 대한 연구로 자기변형 구동기의 설계를 통해 액적을 토출할 수 있는 잉크젯 헤드를 설계 및 제작하고 실험장치의 구성을 통해 잉크토출 실험을 수행하여 추후 자기변형 잉크젯헤드의 특성평가를 위한 잉크젯헤드 시스템 제작이 연구의 목적이다.

### 2. 자기변형 구동기의 설계

자기변형은 자성체의 자화와 관련된 현상으로 자성체 주변에 자기장을 인가했을 경우, 자성체의 크기 변화를 통해 확인된다. 즉, 자기변형재료는 자기장의 변화를 통해 변위를 발생시키는 재료로 자기변형 원리를 이용하여 잉크를 토출하기 위해서는 챔버 내의 볼륨변화를 주기 위한 구동기의 설계가 필요하다. Fig. 1은 자기변형 잉크젯헤드의 구동기 구조를 나타낸다.

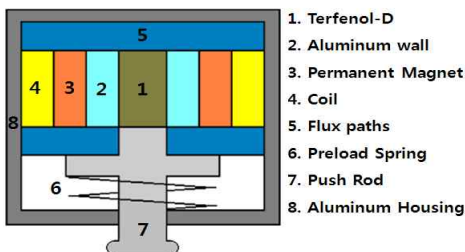


Fig. 1 Structure of Magnetostrictive Actuator

자기변형재료인 Terfenol-D가 중앙에 위치하고 자기장을 형성시키는 영구자석과 코일이 주변을 감싸고 있다. 그리고 영구자석과 자기변형재료의 구조적 안정성을 위해 물리적 접촉을 방지하는 Aluminum wall, 자기변형재료에 자기장을 전달하기 위한 Flux paths, 자기변형재료의 변위를 전달하는 Pushrod, 자기변형재료에 예압을 가해주기 위한 예압스프링으로 구성된다.

자기변형 재료에 코일과 영구자석에서 발생한 자기장이 원활히 형성되는지 설계하고 확인하기 위해 상용 유한요소 자기해석 프로그램인 FEMM (Finite Element Method Magnetics)을 사용하여 자기회로를 구성하였다. 자기변형 구동기의 자기적 성질의 설계 변수로는 입력 전류, 코일 턴수(N), 영구 자석의 세기, 자기장 경로 등이 있다.

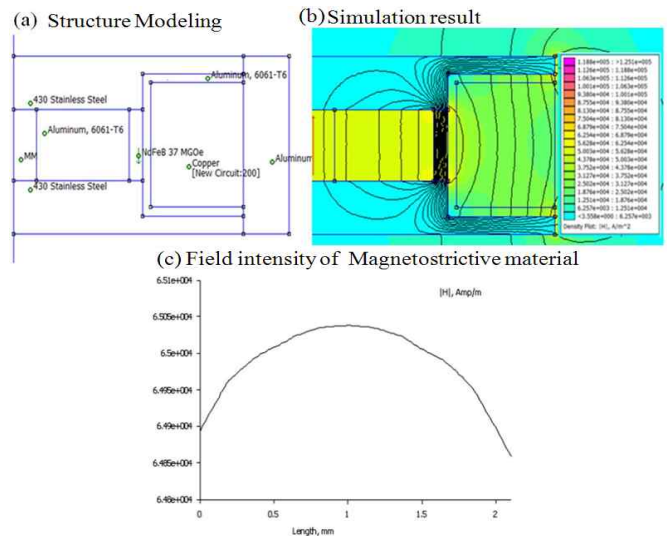


Fig. 2 FEMM analysis

Fig. 2-(a)는 자기변형구동기의 자기회로를 모델링한 것이고 (b)는 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 0A의 입력전류를 주었을 때 자기변형재료의 자기장도는 65000A/m가 나타났고 (c)에서 축방향에 대한 자기변형재료의 자기장도 분포는 약100A/m로 ±0.5A로 제어해야 할 자기장도인 ±2000A/m에 대해서는 분포오차가 미비한 수준이다. 자기변형구동기는 Fig. 2-(a)와 같은 구조로 설계하였다.

### 3. 자기변형 잉크젯 헤드

Fig. 3은 제작된 자기변형 잉크젯헤드를 나타낸다.

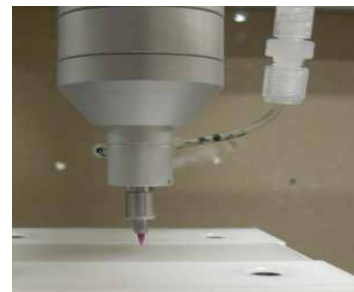


Fig. 3 Magnetostrictive Inkjet Head

코일에 양의 전류가 인가되면 Terfenol-D가 길이를 확장하여 푸시로드에 힘과 변위를 전달하고 푸시로드에 의해 챔버는 Contraction Mode가 되어 유체를 토출하고 이와 반대로 음의 전류가 인가되면 확장상태의 Terfenol-D는 축소되어 푸시로드에는 예압스프링에 의해 쫓겨나기 위해 뒤 방향으로 당겨지게 되어 챔버는 Expansion Mode로 액적이 분리되고 잉크탱크의 유체가 Inlet을 통해 챔버에 리필(refill) 된다. 이처럼 자기변형 잉크젯헤드는 양의 전류와 음의 전류를 반복적으로 번갈아 가며 인가함으로써 토출과 리필을 반복하는 구동방식을 취한다.

#### 4. 실험장치의 구성

Fig. 4는 실험장치의 구성을 보여준다. 실험 장치는 자기변형 잉크젯 헤드를 제어하고 토출되는 액적을 측정하기 위한 시스템으로 구성된다. Fig. 5는 자기변형 잉크젯헤드를 제어하기 위한 프로그램으로 Labview를 사용하였다. 제어프로그램을 통해 자기변형 잉크젯헤드가 구동하기 위한 구동파형을 만들어 High-speed Multifunction DAQ module인 NI USB-6251를 통해 입력신호로 내보내게 된다. 구동파형은 전류앰프를 전류를 증폭시킨 후 자기변형구동기의 입력신호로 들어가게 된다. 그리고 토출되는 잉크를 측정하기 위해 CCD카메라와 Strobe LED에 트리거 신호주어 잉크젯헤드에서 토출되는 액적을 측정한다. 실험에 사용된 잉크는 density:1060 kg/m<sup>3</sup>, viscosity:4.8 mPa·s, surface tension:7.3x10<sup>-3</sup> J/m<sup>2</sup>의 물성치를 갖는 프린터용 잉크를 사용하였다.

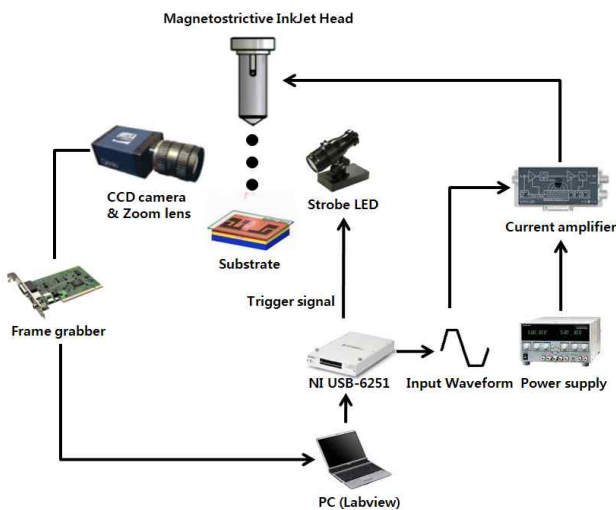


Fig. 4 Experimental Setup

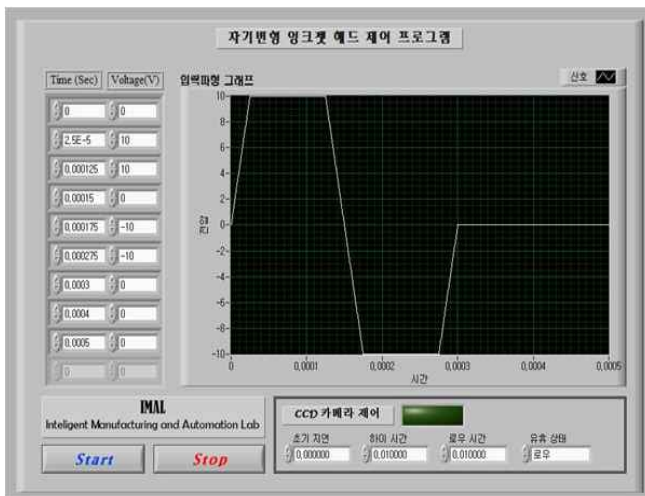


Fig. 5 Inkjet Head Control program

#### 5. 실험 결과

Fig. 6은 자기변형 잉크젯헤드에서 토출된 액적을 측정하는 것이다. 노즐사이즈 100um에서 토출된 액적의 크기는 약 85um로 측정되었다. 측정된 액적 이미지는 선명하게 나타나지 않았지만 잉크토출 잘 이루어진다는 것을 알 수 있다. 그리고 입력파형의 조절을 통해서 액적크기는 더 축소될 수 있어 이에 대한 연구를 현재 진행하고 있다.

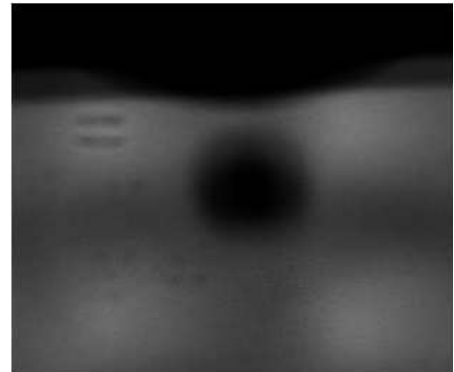


Fig. 6 Measured Droplet Image

#### 6. 결론

본 논문에서는 자기변형 잉크젯헤드의 액적형성을 연구하기 위해 새로운 방식의 자기변형 구동기를 설계하였고 그에 따라 자기변형 잉크젯헤드를 제작하여 잉크토출 실험을 하였다. 이전 연구에서 유체역학적 모델링과 수치해석적 검증을 통해 노즐에서 잉크가 토출되기 위한 자기변형재료의 변위와 힘을 수학적으로 계산하였다면 이번 연구에서는 계산된 힘을 낼 수 있도록 자기변형구동기의 자기회로를 최적설계하고 이를 통해 최종적인 자기변형 잉크젯헤드를 제작하여 실험하였다. 100um의 노즐에서 잉크토출 실험을 한 결과 약 85um의 크기의 액적이 형성되는 것을 관찰할 수 있었는데 이것은 자기변형 잉크젯헤드의 액적형성에 관한 기초적인 연구이다. 추후 연구를 통해 자기변형 잉크젯헤드의 특성을 극대화할 수 있도록 큰 구동력을 필요로 하는 미세노즐에서 입력파형의 조절을 통해 미세 액적을 형성할 수 있는 자기변형 액적형성 기술에 관해 연구를 진행할 것이다.

#### 후기

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 313-2008-2-D00087)

#### 참고문헌

1. Gan H Y, Shan Xuechuan, Eriksson T, "Reduction of droplet volume by controlling actuating waveforms in inkjet printing for micro-pattern formation," Journal of micromechanics and micro-engineering ,v.19 no.5 , pp.055010, 2009
2. 강경태, "산업용 잉크젯 프린트 헤드 원천기술", 기계산업, 382권, pp. 76-80, 2009