

유리 노즐의 내경 측정 방법 연구

Study on Inside Diameter Measurement of Glass Nozzle

*윤경현¹, #박영우¹, 유은주¹

*K. H. Yoon¹, #Y. W. Park(ywpark@cnu.ac.kr)², E.J.Yoo²

¹충남대학교 메카트로닉스공학과

Key words : Glass Nozzle, Microscope, Pixel

1. 서론

잉크젯 기술은 수십 ~ 수백 μm 의 직경을 갖는 액적을 원하는 특정 위치에 토출하는 기술이다. 잉크젯 기술은 토출형태에 따라 연속식 방식과 DoD(Drop-on-Demand) 방식으로 분류할 수 있는데 두 가지 방식은 액적을 토출함에 있어서 노즐의 형태 및 구조에 의해 가장 많은 영향을 받게 되어 있다. 기존의 노즐은 금형이나 MEMS기반으로 제작되어 비용이 많이 들고 제작 공정이 복잡하였다.

본 연구에서는 DoD방식의 잉크젯 헤드에 적용될 수 있는 간단한 공정으로 제작된 노즐의 내경을 측정하고 적용하고자 한다.

2. 노즐의 구조 해석

잉크젯은 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 chamber, nozzle, reservoir, restrictor, actuator로 구성된다.

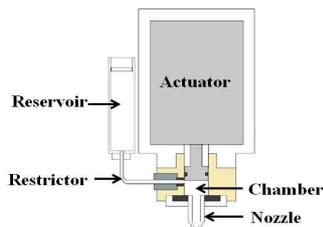


Fig. 1 Schematic of Ink-jet

잉크를 토출시키기 위해서는 적당한 압력을 챔버에 가해줘야 하고, 이 압력에 의해 노즐에서 유체가 토출된다. 하지만 챔버에서 노즐까지 압력이 전달되는 과정에는 유체의 마찰에 의한 압력 손실이 발생하게 된다. 베르누이 방정식에 마찰에 의한 압력 손실을 적용시켜 최종적으로 챔버에서 가해줘야 할 요구 압력을 결정한다.

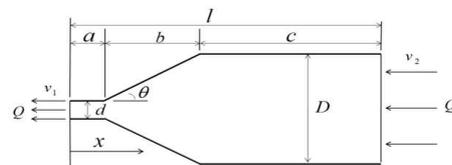


Fig. 2 Concept of glass nozzle shape

$$p_a(x) = 128\mu Q a / \pi d^4 \quad (1)$$

$$p_b(x) = (64\mu Q / 3\pi \sin\theta)(1/d^3 - 1/D^3) \quad (2)$$

$$p_c(x) = 128\mu Q c / \pi D^4 \quad (3)$$

$$p_l = p_c + p_b + p_a \quad (4)$$

식(1) - (3)는 그림. 2에서 a, b, c 구간에서의 압력을 나타낸다. 경사가 있는 구간 b에 대해서 변화하는 반경에 대해서 θ 의 함수를 이용하여 적분을 통해 구한다. 식 (4)의 p_l 은 액적을 형성시키기 위한 최소한의 압력이다. 노즐을 통해서 유체가 토출되기 위해서는 p_l 이상의 압력이 필요하다.

본 연구에서는 기 수행된 자기변형원리를 이용한 M-Jet¹에서 p_l 이상의 압력, 힘, 변위를 도출하였고, M-Jet에 적용 가능한 노즐의 형상 및 내경을 측정하여 적용하였다.

3. 유리 노즐의 제조

본 연구에서 제조가 쉽고 낮은 가격이며 높은 화학적 저항성과 낮은 마찰력의 장점을 가지는 붕규산염(borosilicate) 재질의 유리 노즐로 제작하였다. 유리 노즐은 유리튜브의 양 끝을 고정하고, 회전하면서 튜브의 중앙에 열을 가하고 수평방향으로 늘리면서 좁아지는 관이 형성되면 절단한다.

제안한 방법으로 제작된 노즐은 크기 및 형상에 대해 불확실성을 가지고 있다. 따라서 노즐을 제작 후, 노즐의 내부 형상 및 노즐 끝단의 내경 및 형상을 측정함으로써 잉크젯에 적용 가능한 노즐을 선정하였다.

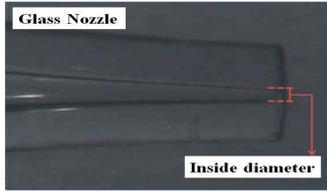


Fig. 3 Fabrication of the glass nozzle

4. 유리 노즐의 내경 측정 방법

유리 노즐 끝단의 내경(Inside diameter)을 측정하기 위해서 2가지 가정을 하였다. 첫째, 노즐의 두께는 4.08 mm로 일정하다. 둘째, 노즐의 끝단 중심은 바닥으로부터 2.04 mm만큼 떨어져 있다.

노즐 내경을 측정하기 위하여 digital microscope, objective micrometer, CCD카메라를 사용하였다.

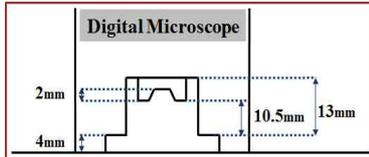


Fig. 4 Inside distance measurement of digital microscope

그림. 4는 digital microscope의 내부 사이즈를 나타낸다.

$$d_1 : 6.6 \mu\text{m} = d_2 : x_1 \quad (5)$$

바닥으로부터 1 mm 떨어진 objective microscope의 눈금과 2.04 mm 떨어진 노즐의 끝단이 갖는 1pixel당 크기는 다르다. 그림. 5에서 D는 16.5 mm, d_1 은 15.5 mm, d_2 는 14.46 mm이고 digital microscope로 objective micrometer의 눈금을 측정할 1pixel 당 크기는 $6.6 \mu\text{m}$ 이다. 식 (5)의 x_1 은 노즐 중심부까지 거리의 1pixel당 크기이다. d_1 과 d_2 에 값을 대입하여 정리하면 노즐 중심의 1pixel당 갖는 크기 x_1 은 $6.16 \mu\text{m}$ 가 된다. 그림. 3의 노즐 끝단의 내경을 측정할 결과 $83.4 \mu\text{m}$ 로 측정되었다.

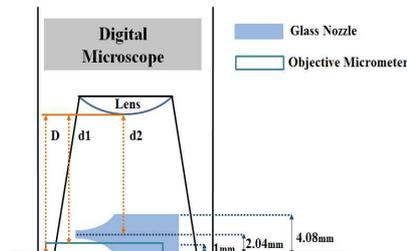


Fig. 5 Inside diameter measurement of glass nozzle

측정된 노즐 내경 결과를 검증하기 위한 실험을 하였다. 머리카락을 바닥에 놓고 측정(D_H)하고 머리카락을 objective micrometer 위에 놓고 측정(d_m)하여 식 (5)를 사용하여 D_H 일 때 pixel 크기인 x_h 를 측정하였다.

버니어캘리퍼스를 이용하여 두께를 측정하여 두 가지 방법의 결과를 비교한 결과 digital microscope로 측정한 머리카락 두께의 pixel은 11개 이고, 바닥에서 측정 할 때의 1pixel당 크기(x_h)는 $7.026 \mu\text{m}$ 로 $77.286 \mu\text{m}$ 이다. 버니어 캘리퍼스로 측정한 머리카락 두께는 $70 \pm 10 \mu\text{m}$ 로 측정되었다.

5. 결론

본 논문에서는 유리 노즐의 내경을 측정하는 방법에 대해서 연구하였다. 유리 노즐은 실제로 제작하는 단계에 있어서 불확실성을 가지고 있다. 따라서 이러한 불확실성 속에서 제작된 유리 노즐의 형상과 내경을 정확하게 측정하여 실제 잉크젯 시스템에 적용할 수 있는 노즐을 찾기 위한 방법을 제시하였다.

1. 가공이 쉽고, 낮은 가격의 봉규산업 재질의 유리튜브를 통해 유리 노즐을 제작하였다.

2. 정밀 시스템인 digital microscope와 objective micrometer를 통하여 제작된 노즐의 내경 및 형상을 측정하였다.

3. Digital micrometer로 측정된 노즐 내경의 크기는 실제 버니어캘리퍼스로 측정된 결과와 $\pm 10 \mu\text{m}$ 정도 차이가 있었다.

후기

본 논문은 2010년도 산학연_공동 기술개발 지역 사업의 일환으로 중소기업청의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- J. H. Yoo, Y. W. Park, "Experimental investigation of magnetostrictive DoD inkjet head for droplet formation", Current Applied Physics, Vol. 11, Issue. 1, S353-S359.
- S. H. Lee, D. Y. Byun, D. W. Jung, "Pole-type ground electrode in nozzle for electrostatic field induced drop-on-demand inkjet head", Sensors and Actuators A, 141, 506-514, 2008.