

# 공기 수송기를 이용한 STS304파이프 내면의 정밀연마

김희원 · 김희남\* · 김정한\*\* · 윤여권

명지대학교 기계공학과대학원 · \*명지대학교 기계공학과 · \*\*한국생산기술연구원

## 1. 서 론

산업의 급속한 발달과 더불어 정보화 산업과 초정밀 가공분야의 신기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 최근 표면연마기술은 자동화 기계, 반도체, 원자력, 의료장비, 항공 우주 산업 등의 분야에 사용되는 파이프와 실린더 등의 내면을 정밀하고 신속하게 가공하는데 있어서 여러 가지 기술적인 어려움으로 인해 기계 장비 및 가공효율을 저하시키는 요인이 되고 있다.

따라서 이러한 초정밀 가공분야의 신기술 개발을 통하여 기존의 비효율적인 생산방식을 극복하고, 생산효율을 높임으로써 기술 경쟁력을 향상시킬 수 있을 것이다.

본 실험에서는 공기 수송기를 이용하여<sup>1)</sup> 연마입자를 파이프 내면으로 유동시킴으로써 파이프의 내면을 가공하는 원리를 이용하였으며, 파이프 내면을 신속하고 정밀하게 청정가공 할 수 있는 가공방법의 하나로 기대된다.

본 실험에서는 자동화기기의 공압 실린더로 쓰이는 STS304파이프를 사용하였으며, 기존의 공압 실린더의 주된 마무리 가공법인 내면 버핑을 효율적으로 대체할 수 있는 방법의 하나로서 공기 수송기를 이용한 내면 연마에 대한 실험을 수행하였다.

본 연구에서는 공급되는 공기의 압력과 파이프 내면을 유동하는 연마입자의 종류 및 로터리 피더 속도 등의 변화가 파이프 내면의 표면 거칠기에 미치는 영향에 대한 고찰을 통하여 파이프 청정 가공에의 적용 가능성을 검토함과 아울러 최적의 가공조건을 도출함에 목적이 있다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 파이프 절단장치

시편은 효율적인 실험데이터를 얻기 위하여 파이프의 양쪽 끝단에 버(Burr)의 발생이 최소화 되도록 만능공구 연삭기에 절단용 숫돌을 사용하여 길이 250mm로 절단하여 사용하였다.

Fig. 1은 파이프 절단에 사용된 만능공구 연삭기의 사진이며 파이프 절단에 사용된 숫돌은 CBN 100N BG2-50W 10065446으로, 절단시  $\phi$ 10mm



Fig. 1 Photograph of cutting device of the STS304 pipe

STS304 파이프 내면에 버의 발생이 최소화 되도록 설계·제작하여 절단하였다.

### 2.2 탈지장치

일정한 조건을 얻기 위해 분체연마 전·후에 시편을 K-1090을 이용하여 전해 탈지하여 파이프내 이물질을 제거하였다.

### 2.3 측정장치 (표면거칠기)

공기 수송기를 이용하여 연마 전·후의 실린더 파이프 내면의 표면 거칠기를 측정하기 위해 Surftest-402(Mytutoyo)를 사용하여 중심선 평균거칠기인  $\mu\text{mRa}$ 로 측정하였다.

### 2.4 공기수송기



공기수송기에 이용된

**Inverter :**

FARA MOSCON-E5 200V 3PHASE 0.4kW

**Blower :**

TEFC 90L 1.5kW 60Hz 3420rpm

**Rotary Feeder :**

i40SK2GSN 0.5HP 60Hz 1730rpm

Fig. 2 Layout experimental apparatus(photo)

### 2.5 실험방법

Fig. 3과 같은 STS304 파이프 시편을 공기수송기를 이용하여 연마입자의 유동상태가 파이프 내면에 미치는 연마 상태를 실험하기 위하여 공기압의 변화, Rotary feeder의 회전속도 변화, Media type의 변화가 파이프 내면의 표면 거칠기에 미치는 영향에 대하여 실험하였다.

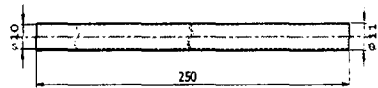


Fig. 3 Geometry and dimension of STS304 test specimen

본 실험에서 효율적인 분체연마 조건을 구하기 위하여 가공조건을 Table. 1과 같이 나타내었다.

Table. 1 Polishing conditions

| Work piece                               | Air pressure (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Time (min) | Rotary feeder speed (Hz) | Media (Model) | Rotational speed of workpiece (rpm) |
|--|-------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|-------------------------------------|
| STS304 pipe<br>d= $\phi$ 10mm<br>L=250mm | 1.5                                 | 3          | 40                       | WA (SCX)      | 11                                  |
|  | 2.0                                 |            | 50                       |               |                                     |
|  | 2.0                                 |            | 60                       | Zi            |                                     |

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 공기압의 변화에 따른 표면 거칠기의 변화

공기압의 변화가 파이프 내면의 표면 거칠기에 미치는 영향을 알기 위하여 공기압을 1.5, 2.0 kgf/cm<sup>2</sup>로 변화를 주고, 3분동안 Rotary feeder의 회전속도를 각각 40, 50, 60 Hz로 변환하고, Media는 WA의 일종인 SCX를 사용하여 건식 연마하여 비교하였다.

Fig. 4, 5, 6에서 공기압의 증가에 따라 파이프 내면의 표면 거칠기를 비교하여 보면,

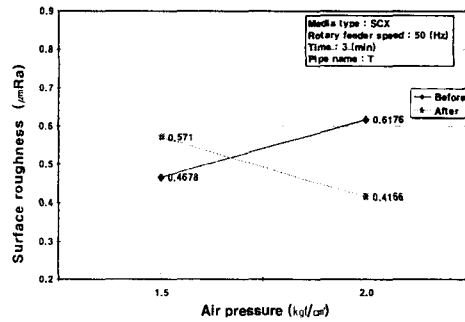
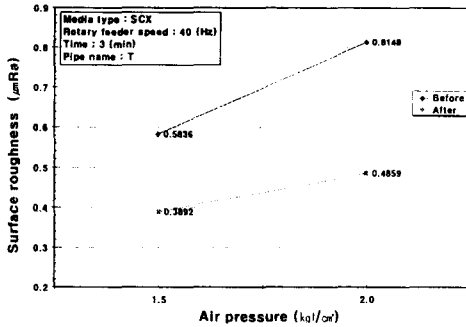


Fig. 4 Air pressure VS. Surface roughness      Fig. 5 Air pressure VS. Surface roughness

Fig. 4에서 Rotary feeder의 회전속도를 40Hz로 Media를 유동시킬 때 가공전 파이프 내면의 표면 거칠기가 0.5836μmRa, 0.8148μmRa인 것이 3분간의 가공 후 0.3892μmRa, 0.4859μmRa로 약 0.1944μmRa, 0.3289μmRa로 향상됨을 알 수 있었다.

Fig. 5에서 Rotary feeder의 회전속도를 50Hz로 Media를 유동시킬 때, 가공전 파이프 내면의 표면 거칠기가 0.4678μmRa, 0.6176μmRa인 것이 3분간의 가공 후 0.571μmRa, 0.4166μmRa로 약 -0.1032μmRa 악화와 0.201μmRa로 향상됨을 알 수 있었다.

Fig. 6에서 Rotary feeder의 회전속도를 60Hz로 Media를 유동시킬 때 가공전 0.6177 μmRa, 0.5438μmRa인 것이 3분간의 가공 후 0.4075μmRa, 0.484μmRa로 약 0.2102μmRa, 0.0598μmRa로 향상됨을 알 수 있었다.

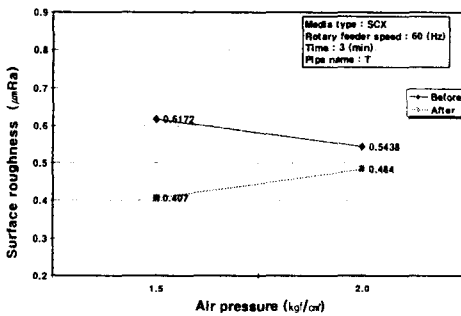


Fig. 6 Air pressure VS. Surface roughness



Fig. 7 Flow patterns observed in horizontal flow

Fig. 4, 5, 6에서 보듯이 공기압의 변화는 2.0kgf/cm<sup>2</sup>일 때가 전반적으로 표면 거칠기를 향상시키며 Rotary feeder의 회전속도는 40Hz일때가 가장 좋음을 알 수 있다.

Media는 운동방향과 직각으로 작용하므로 입체로 작용하는 부력의 대소에 따라서 관내를 부유하면서 유동한다.

이 경우 중량혼합비(m)<sup>2), 3), 4)</sup>가 작을때는 입자가 변갈아 혼합해서 Fig. 7 (a)처럼 비교적 균일하게 관내로 분포되지만 m이 커지든지 수송거리가 길어짐에 따라 Fig. 7 (b)와 같은 관리류가 발생되어 m이 커지고 소밀이 현저해지면 입자군은 점점 낮어져 결국 관저측은 일부 부력을 잃고 관벽을 따라 관로의 일부가 입체에 의해 충전된 상태가 된다.

이와 같은 입체나 집단상이 되는 흐름인 부분류는 Fig. 7 (c)와 같이 발생하므로 표면 거칠기값은 저하됨을 알 수 있었다.

### 3.2 Rotary feeder의 회전속도의 변화에 따른 표면 거칠기의 변화

Rotary feeder의 회전속도가 파이프 내면의 표면 거칠기에 미치는 영향을 알기 위하여 Rotary feeder의 회전속도를 각각 40, 50, 60Hz로 변환하고 공기압은 1.5, 2.0 kgf/cm<sup>2</sup>로 변환하여 3분간 실험하였으며 Media는 WA의 일종인 SCX를 사용하여 건식 연마하였다.

Fig. 8, 9에서 Rotary feeder의 회전속도가 증가함에 따라 파이프 내면의 표면 거칠기를 비교하여 보면

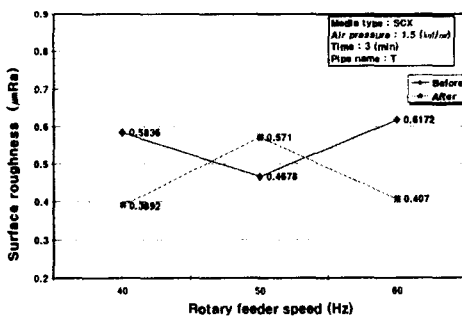


Fig. 8 Rotary feeder speed VS. Surface roughness

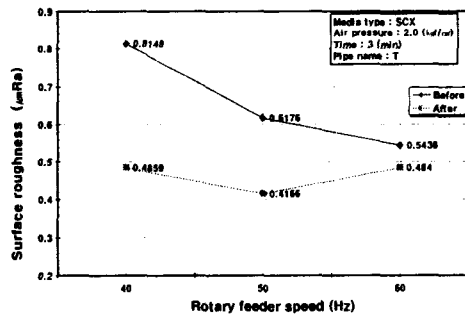


Fig. 9 Rotary feeder speed VS. Surface roughness

Fig. 8과 Fig. 9에서 보듯이 공기압이 1.5kgf/cm<sup>2</sup>일 때 보다 2.0kgf/cm<sup>2</sup>일때가 보다 안정된 표면 거칠기의 변화를 볼 수 있었으며, 특히 Rotary feeder의 회전속도가 50Hz일때가 보다 향상된 표면 거칠기의 변화를 볼 수 있었다.

이는 Rotary feeder의 특성<sup>4)</sup>은 일반적으로 낮은 회전수에 있어서 그 배출량은 회전수에 직선적으로 비례하나 어떤 한계가 되면 2차 곡선으로 증가해서 점차 최대 배출값에 근접한다. 그 최대 배출값 이상은 아무리 회전수를 늘려도 증가하지 않고 오히려

회전수와 함께 배출량은 감소하므로 파이프 내면의 표면 거칠기는 감소한다.

### 3.3 Media type에 따른 표면 거칠기의 변화

Media의 종류가 파이프 내면의 표면 거칠기에 미치는 영향을 알기 위하여 WA계통의 SCX와 Seramic계통의 Zi를 가지고 실험하였다.

이때 공기압은 2.0kgf/cm<sup>2</sup>으로 고정하였으며, Rotary feeder의 회전속도는 각각 40, 50 Hz로 변환하여 건식 연마하였다.

Media가 SCX와 Zi일 때 Rotary feeder의 회전속도 증가에 따라 파이프 내면의 표면 거칠기를 비교하여 보면

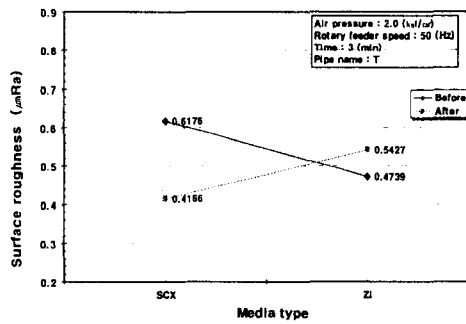
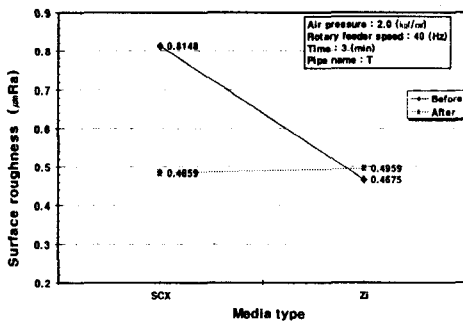


Fig. 10 Media type VS. Surface roughness      Fig. 11 Media type VS. Surface roughness

Rotary feeder의 회전속도가 40Hz일 때 Media가 SCX에서 0.3289µmRa정도로 향상되나, Zi-ball type에서는 오히려 -0.028µmRa가 악화됨을 볼 수 있었다.

Rotary feeder의 회전속도가 50Hz일 때 Media가 SCX type에서 0.201µmRa정도로 향상되었으나, Zi-ball type에서는 -0.0688µmRa로 악화됨을 알 수 있었다.

이상의 결과에서, Zi-ball type보다 WA계통의 SCX type에서 파이프 내면의 표면 거칠기가 더 좋아진 것은 Media의 형상간 간섭이 클 때 표면 거칠기의 향상에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

## 4. 결론

공기수송기를 이용한 STS304 파이프 내면의 정밀연마에 있어서 연마가공조건이 파이프 내면의 표면 거칠기에 미치는 영향에 대하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 파이프 내면의 표면 거칠기는 연마전 0.4678µmRa~0.8148µmRa에서 연마 후 0.03µmRa, 0.35µmRa정도 향상되었음을 알 수 있었다.
2. 공기수송기의 공기압은 2.0kgf/cm<sup>2</sup>일때가 표면 거칠기 향상에 도움이 됨을 알 수 있다.
3. Rotary feeder speed는 50Hz일 때가 가장 좋은 표면을 얻을 수 있었다.

4. 연마 가공에 사용되는 Media는 SCX type이 표면 거칠기 향상에 큰 영향이 있는 것을 알 수 있었다.

5. 이상의 결론은 청정파이프 가공에 있어 그 가능성이 크리라 사료된다.

## 참고문헌

1. 최영하 역, 분립체 기기 트러블 개선사례집, 성안당, pp.101, 1999. 4
2. 이영진 역, 분체 분립 기술 매뉴얼, 대신기술, pp.51~52, 1996. 4
3. 이세희 역, 분립체의 저조와 공급장치, 대신기술, pp.7~20, pp99~100, 1995. 3
4. 이세희 역, 분립체의 공기 수송장치, 대신기술, pp.53~68, 1995.3