

자기연마를 이용한 타이타늄 파이프 가공 시 내부연마재 온도의 특성에 관한 연구

Characteristics of the Inner Surface's Temperature on Polishing Titanium Pipe by Magnetic Abrasive Finishing

*이영광¹, 양균의¹, 임익태², 오석형³, #문상돈²

*Y. K. Lee¹, G. E. Yang¹, I. T. Im², S. H. Oh³, #S. D. Mun(msd@jbnu.ac.kr)²

¹전북대학교 기계공학과, ²전북대학교 기계설계공학부, ³군산대학교 기계자동차공학부

Key words : Magnetic Abrasive Finishing, Mixed Particle, Removal Amount

1. 서론

21세기에 접어들면서 제품들의 품질과 성능의 우수성, 고정밀 가공이 요구되어지고 있다. 파이프 내면은 가공하기 힘든 부분인데 이를 자기연마를 통해 표면의 거칠기를 최소화 하여 파이프 내면의 부식을 줄일 수 있고, 파이프를 통해 흐르는 방사성 물질이나 산업용폐수, 원자력과 같은 인체에 치명적인 물질이 파이프의 부식이나 손상으로 인해 생기는 누출과 피해를 줄일 수 있다. 자기연마법을 이용하여 타이타늄과 같은 재료의 파이프의 내부를 가공 할 때에 발생하는 열은 타이타늄의 재료 특성상 열전도율이 낮아 열에 의해 생길 수 있는 문제를 최소화 시킬 수 있다.^{1,2} 이러한 자기연마의 특징과 타이타늄의 재료의 특성을 이용하여 타이타늄 파이프 내면 가공 시 내부에서 발생하는 열과 연마재의 관계가 어떻게 성립되고 가공 되는지를 알아보고, 가공 중 연마재의 열 형태와 흐름이 가공 성능에 미치는 영향을 비교하고, 가공이 발생하는 지점을 조사하였다.

2. 실험장치 및 방법

실험 방법은 파이프안에 Fe, MA, 연마액을 섞은 연마재를 제조하여 넣고 가공을 한다. 가공 시간은 5분이며 파이프의 내면 상태를 측정하기 위해 각 1분마다 파이프를 세척한 뒤 표면거칠기와 연마량을 측정하며 가공속도, 자극배치, 연마액을 바꿔가면서 가공에 대한 최적의 조건을 찾아보았다. 연마가 진행되는 도중 열적외선 카메라를 사용하여 연마재의 온도 상태를 파이프의 단면에서 촬영하여 각 조건에 대한 연마재의 온도와 거동을 관찰하였다. 각 시편의 표면 상태를 알아보기 위해 최대한 산소와 접촉이 되지 않도록 특수 방전가공으로

파이프를 절단하고, 절단면을 표면의 상태와 성분을 분석하였다. Table 1은 실험조건이다.

Table 1 Experimental conditions

Workpiece	Titanium Pipe
Magnet size	100×60×50mm
Workpiece revolution	300, 600, 900, 1200rpm
Vibration of magnetic poles	Amplitude : 5mm Frequency : 0.95Hz
Mixed type magnetic abrasive	Iron particles : 5.71g Magnetic abrasive : 2.29g
Lubricant	Light oil : 0.5ml Olive oil : 0.5ml Dissel : 0.5ml Soluble : 0.5ml
Magnetic flux density	S 350mT, N 400mT
Finishing Time	300sec

3. 실험결과 및 고찰

최적의 가공 조건을 알아보는 실험에 대한 결과를 알아보았다. Fig. 1은 RPM과 연마재 내부의 최고온도의 관계를 보여주는 그래프이다. 최적의 가공속도를 알아보기 위해 300rpm, 600rpm, 900rpm, 1200rpm 순으로 가공을 하여 그 표면거칠기와 연마량을 측정하고 비교하였다. 900rpm의 표면거칠기가 가공시간 3분에 Rz값 0.43 μ m로 가장 좋은 값을 보였다. 300rpm은 5분에 Rz값이 0.43 μ m 이 되지만 가공효율측면에서 단시간에 좋은 표면 거칠기 상태를 얻어야 하기 때문에 900rpm이 가장 효율적이라고 판단된다. 자극배치 실험을 통해서 알게 된 최적의 자극배치는 N-S 90°이다. Fig. 2는 연마액의 종류에 따라 표면거칠기와 연마재 최고 온도의 관계를 보여주는 그래프이다. 가장 좋은 연마액은 Light Oil이고 가공 시간은 3분에 표면거칠기는 0.43 μ m이다.

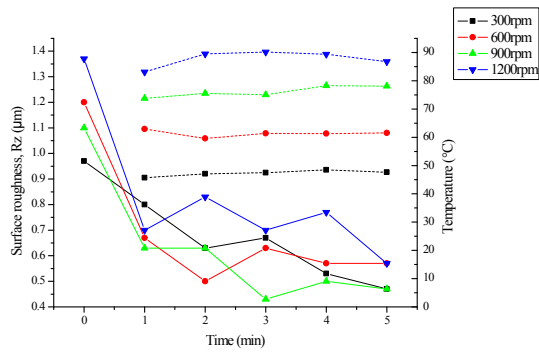


Fig. 1 Surface roughness by rotational speed

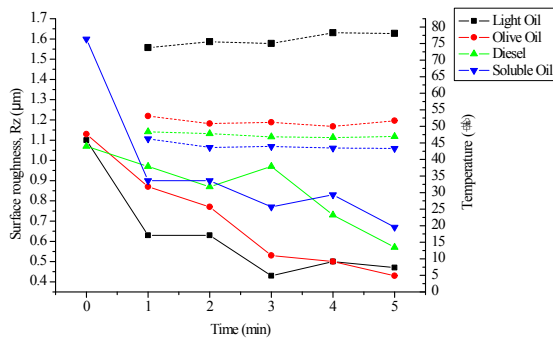


Fig. 2 Surface roughness by lubricant

Olive Oil 역시 가공시간 5분에 0.43 μ m의 표면거칠기 Rz값을 얻을 수 있었으나 가공 효율적인 측면에서는 Light Oil이 조금 더 효율적이라고 할 수 있다. Fig. 3은 열화상카메라로 자극배치마다 연마재들의 온도와 연마재들의 특성을 보여주는 그림이다. 이 그림에서 파이프내면에서 가공지점을 확인 할 수 있었는데 '+'로 표시된 최고 온도 지점이 (A) N-S 90°, (B) N-S 180°의 경우에는 연마재의 양 끝부분에 주로 높게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 원인은 연마재들이 파이프 회전에 의해 내면을 따라서 같이 돌려고 한다. 내면을 따라 돌다가 자력의 힘을 받아 끌어당겨지게 되고 이 과정에서 마찰이 발생하여 열이 발생하고 그곳이 연마가 되는 지점이라고 생각되었다. (C)는 이러한 사실을 확인하기위해 연마가 더디게 되도록 연마재에서 MA를 제외하고 가공을 했다. 그 결과 시간이 지날수록 양 끝 부분의 온도가 다른 부위보다 먼저 올라가는 것을 확인 할 수 있었고, 그 부위를 적색으로 표시했다. 이러한 원인은 연마재들은 파이프의 회전을 따라서 이동하려고 한다. 그러나 자력의 영향을 받아서 파이프를 따라서 회전하지 못하고 자력이 있는 방향으로 연마재들은 끌어당겨진다. 이때 연마재는 브러시 역할이 강하게 발생

한다고 판단된다. 열화상 카메라를 통해 가공지점 뿐만 아니라 연마재들의 거동을 볼 수 있었는데, 연마재들의 거시적인 운동은 (D)와 같이 파이프 내면을 따라서 전체적으로 순환을 하고 있다. 미시적인 운동은 (E)와 같다. 이유는 N-S 90°에서 (F)와 같이 자력선이 형성이 되는데 자력선을 따라서 연마재들은 위아래로 작게 타원운동을 하고, 이 타원운동과 함께 열이 이동하여 그 형상이 보이고 있다는 것을 확인 할 수 있었다.

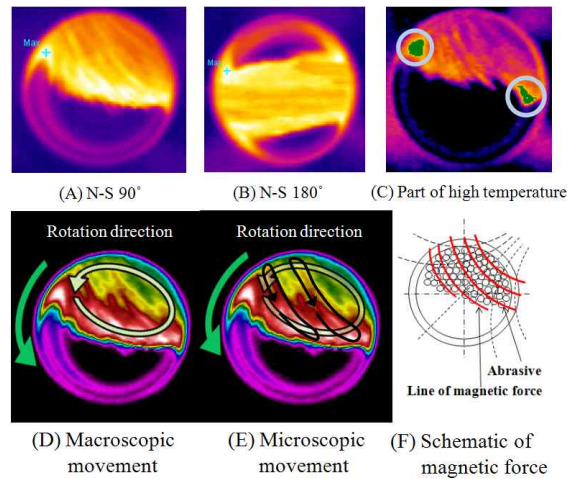


Fig. 3 Infrared pictures and movement of abrasive

4. 결론

자기연마가공을 이용하여 타이타늄 파이프 내면을 가공할 때 최적의 조건은 다음과 같다. 가공속도는 900rpm, 자극배치 N-S 90°, 연마액은 Light Oil임을 확인 할 수 있었다. 연마재가 브러시역할을 하는 구간은 파이프의 회전에 의한 연마재의 관성방향과 자력의 영향을 받은 부분에서 가공이 이루어지는 것으로 판단된다. 자기연마가공 시 파이프내면에서 연마재의 거동은 거시적으로 크게 회전을 하지만 미시적으로 자력선을 따라서 회전하는 결과를 알 수 있었다.

참고문헌

1. 이여해, 문상돈, 김영환, 박원기, 양균의, "타이타늄 파이프의 내면 자기연마 가공에 관한 연구," 한국 정밀공학회지, 제 28권 6호, 701-708, 2011.
2. Hitomi Yamaguchi, Takeo Shinmura, "Study of the surface modification resulting from an internal magnetic abrasive finishing process," Wear, 246-255, 1999.