연마필름을 이용한 티타늄의 경면가공조건에 관한 기초 연구

A Study on Mirror Surface Finishing Conditions of Titanium Using Polishing Film

*김진섭[1], 신오철[2], #정윤교[3]
*J. S. Kim[1], O. C. Shin[2], #Y. G. Jung[3](ygjung@changwon.ac.kr)
[1] 창원대학교 기계공학과, [2] (주)솔로몬 메카닉스 [3] 창원대학교 기계공학과

Key words : Superfinishing device, Polishing film, Surface roughness, Titanium, Mirror surface finishing

1. 서 론

최근들어 티타늄과 티타늄 합금은 우리 실생활에서 많이 이용되어지고 있다. 티타늄과 티타늄 합금이 사용되고 있는 분야는 항공재료나 화학기기등과 군사적 응용, 의료나 자동차 등 많은 분야에 걸쳐 사용되고 있다. 의료나 군사적 응용, 우주항공등 첨단산업에는 고정밀가공, 경면가공(Mirror surface finishing)이 요구되어 지고 있다. 따라서, 본 연구는 기 개발된 연마필름을 이용한 수퍼피니싱 장치[(1)]를 이용하여 티타늄의 경면가공조건 결정을 위한 기초연구에 그 목적이 있다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 연구에서 사용되어진 수퍼피니싱 장치(Superfinishing device)는 입자가 고운 연마필름을 이용하여 가늘고 긴 원형봉을 수퍼피니싱하기 위한 장치로 연마필름의 이송(Feed rate)과 오실레이션 속도(Oscillation speed), 접촉압력(Contact pressure)의 변화가 가능하도록 설계되었다. 이번 실험에서 수퍼피니싱시에는 연마필름의 이송속도, 공작물의 회전속도(Workpiece speed), 롤러경도(Contact roller hardness)는 일정하게 유지하며 연마하였으며, 오실레이션 속도와 공작물과 롤러간의 접촉압력(Contact pressure)을 다양하게 변화시켜서 실험을 하였다. 연마필름은 입자의 종류가 SiC 인 마이크로피니싱필름(MF)을 사용하였다. Fig. 1은 본 연구에서 사용 되어진 실험 장치를 나타낸 그림이고, Table 1에서는 본 실험에서의 실험 조건을 나타내고 있다.

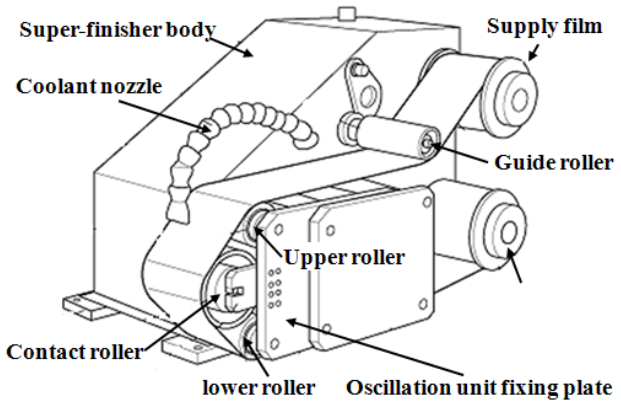

Fig. 1 Photograph of experimental equipment

실험에 사용된 피삭재는 Fe가 0.2% 포함되어진 순수티타늄 G2와 Fe0.4%, Al이 약 6.0 %정도, V가 약 4.0%함유되어진 티타늄합금 G5을 사용하였다. Table 2는 순수티타늄 G2와 티타늄합금 G5의 화학적 성분을 나타내고 있으며, Table 3는 순수티타늄 G2와 티타늄합금 G5의 기계적성질을 보여주고 있다. 표에서 보는바와 같이 항복강도와 인장강도, 연신율, 경도를 보면 알 수 있듯이 티타늄합금 G5이 순수티타늄 G2 보다 더 강한 기계적 성질을 가지고 있는 것을 알 수 있다. 실험은 10초 간격으로 티타늄합금과 순수티타늄을 연마하여 표면거칠기를 측정하는 방법으로 총 연마시간 330초 연마하였다.

Table 1 Experimental conditions

Items	Conditions
Oscillation speed (V_o)	100, 200, 300, 400 (rpm)
Workpiece speed (V_w)	100 (rpm)
Feed rate (V_f)	150 (mm/min)
Contact pressure (P_a)	1, 2, 3, 4 (kgf/cm^2)
Contact roller hardness (R_{rh})	90 (Hs)
Workpiece	Pure Titanium (G2) Titanium alloy (G5)
Polishing film	Micro-finishing film (SiC) (15㎛)

Table 2 Chemical composition of Titanium (G2, G5)

	O (%)	N (%)	C (%)	H (%)	Fe (%)	Al (%)	V (%)
Pure Titanium (G2)	0.25	0.03	0.08	0.015	0.2		
Titanium alloy (G5)	0.2	0.05	0.08	0.015	0.4	5.5 ~6.75	3.5 ~4.5

Table 3 Mechanical properties of Titanium (G2, G5)

	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (Hv)
Pure Titanium (G2)	275	345	20	160~200
Titanium alloy (G5)	795	860	10	310~350

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 2는 워크피스 스피드와 피드레이트, 오실레이션 스피드, 롤러 경도를 일정하게 하고 오직 피삭제와 롤러간의 접촉압력만을 1kgf/cm^2, 2kgf/cm^2,3kgf/cm^2,4kgf/cm^{2}으로 변화시켜 순수티타늄 G2을 대상으로 연마시간에 따른 표면거칠기의 거동을 나타낸 그림이다. 그림에서 보면 180초 부근부터는 표면거칠기의 변화 없이 안정한 값을 유지하고 있는 것을 볼 수 있는데 이 시간을 이 연마조건에서의 효율적 연마시간(Topt)[(1)]으로 정의하고 이 때의 표면거칠기를 최종표면거칠기(Final surface roughness(Ra_f))라고 정의하였다.

본 연구에서 티타늄합금 G5의 경우는 피삭재와 롤러와의 접촉압력이 가장 큰 4kgf/cm^{2}때 표면거칠기의 개선이 빠르게 좋아지는 것을 확인할 수 있었고, 반면에 순수티타늄 G2의 경우는 4kgf/cm^2 는 최종표면거칠기가 가장 나쁘게 나타났다. 이런 실험결과는 순수티타늄은 그 변형기구가 일반금속과는 다르게 쌍정에 의하여 변형되어지기 때문에 큰 압력에 의해 오히려 순수티타늄의 연마특성이 나빠진 것으로 생각되며, 이에 대한 연구가 더 필요하다.

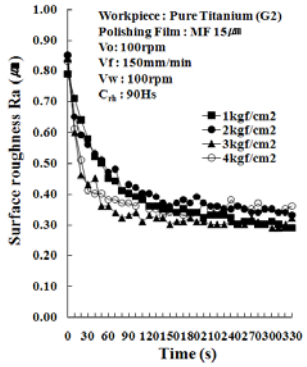

Fig. 2 Behavior of surface roughness according to the polishing time when change the contact pressure

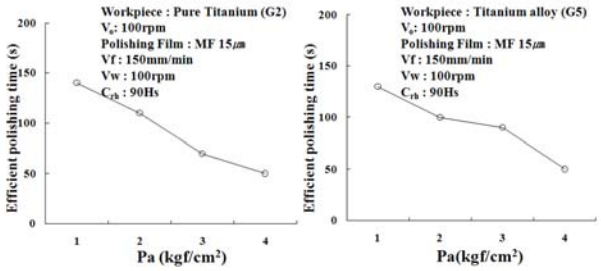

Fig. 3 Efficient polishing time according to contact pressure

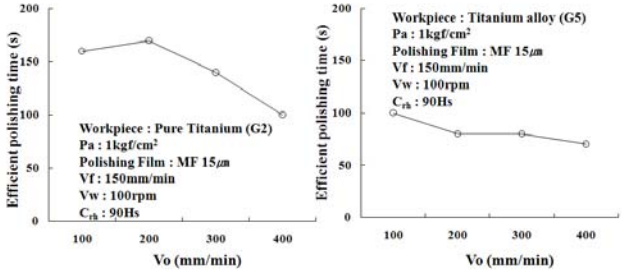

Fig. 4 Efficient polishing time according to oscillation speed

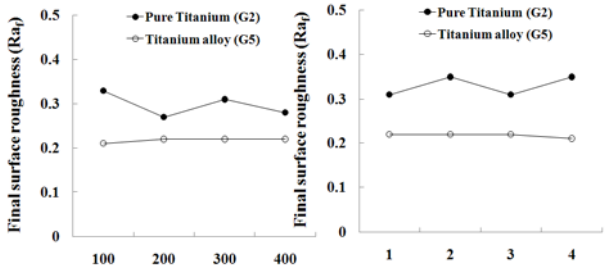

Fig. 5 Final surface roughness according to oscillation speed and contact pressure

Fig. 3은 Fig. 2 그래프를 이용하여 피삭재와 롤러간의 접촉압력에 따른 효율적 연마시간을 나타낸 그림이다. 순수티타늄 G2와 티타늄합금 G5 모두 압력이 클수록 효율적 연마시간에 빨리 도달함을 확인할 수 있다.

Fig. 4은 순수티타늄 G2와 티타늄합금 G5에 대해 오실레이션 스피드를 변화하였을 때 시간에 따른 표면거칠기의 거동을 나타낸 그래프를 이용하여 오실레이션 스피드에 따른 효율적 연마시간을 나타낸 그림이다. 오실레이션 스피드가 빠를수록 효율적 연마시간에 빨리 도달하는 경향을 나타남을 알 수 있다.

Fig. 5은 오실레이션 스피드와 피삭재와 롤러간 접촉압력에 따른 최종표면거칠기를 나타낸 그림이다. 이 그림에서의 최종표면거칠기는 앞의 Fig. 2 와 같은 그래프를 이용하여 표면거칠기의 변화가 거의 없는 일정한 시간대의 표면거칠기값에 대해 평균값을 계산해서 그래프에 나타내었다. 먼저, 오실레이션에 따른 최종표면거칠기의 거동를 보면 티타늄합금 G5은 오실레이션스피드의 변화에 거의 영향을 받지 않는 것을 알 수 있지만, 순수티타늄 G2의 경우는 오실레이션스피드에 따라 최종표면거칠기가 차이를 보였다. 접촉압력 또한 티타늄합금 G5의 경우는 최종표면거칠기가 접촉압력의 변화에 크게 영향을 받지 않지만 순수티타늄 G2의 경우는 최종표면거칠기에 차이가 있었다.

즉, 피삭재가 순수티타늄의 경우, 최종표면거칠기는 오실레이션스피드와 접촉압력에 영향을 받는 것을 알 수 있다.

이번 실험을 통해 티타늄의 경면가공을 위해 오실레이션 스피드를 빠르게, 접촉압력을 크게 하여 효율적연마시간에 보다 빨리 도달시킨 후, 다시 표면거칠기를 보다 빨리 개선시킬 수 있는 실험조건과 연마필름을 이용하는 과정을 통해 효율적이고 경제적인 티타늄의 경면가공이 이루어질 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 순수티타늄과 티타늄합금을 대상으로 경면에 가까운 최종 표면 거칠기를 얻기 위하여 수퍼피니싱 장비의 오실레이션 스피드, 공작물과 롤러 간의 접촉 압력을 변화 시킨 티타늄의 경면가공조건에 관한 기초실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 순수티타늄 G2과 티타늄합금 G5을 연마 시 공작물과 롤러간의 접촉압력은 클수록, 오실레이션스피드가 빠를수록 효율적 연마시간에 보다 빨리 도달함을 알 수 있다.

(2) 오실레이션스피드에 따른 최종표면거칠기는 티타늄합금 G5의 경우 오실레이션스피드에 크게 영향을 받지 않았지만 순수티타늄 G2의 경우는 오실레이션스피드에 따라 최종표면거칠기는 차이를 보였다.

(3) 롤러와 피삭재간의 접촉압력에 따른 최종표면거칠기도 티타늄합금 G5의 경우는 접촉압력과는 무관하였으나 순수티타늄 G2의 경우는 최종표면거칠기가 접촉압력에 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

(4) 티타늄의 경면가공조건에 관한 기초실험을 통하여 효율적 연마시간에 빨리 도달할 수 있는 경면가공조건을 찾을 수 있었고 이 조건을 이용하여 효율적이고 경제적인 티타늄의 경면연마가 가능할 것이다.

후기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(RT104-01-03)지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. S. Y. Jung, K. B. Park, Y. G. Jung. and S. Y. Jung, "An Experimental Study on the Determination of Efficient Superfinishing Conditions Using Polishing Film", Journal of the Korean Society for Precision Engineering Vol. 26, No. 8, pp. 55-61, 2009.

2. O. C. Shin, "A Study on High-efficiency Centerless Superfinishing Conditions using Abrasive film", pp. 8-11, 2007.