

열영상카메라 검사를 위한 진공흑체 평판 가공 특성

Characteristic for the Blackbody flat plate machining to inspect thermal camera

*김효식¹, 이상용¹, 양순철¹, 김명상¹, 이정민¹, 박성일², 김건희¹

*H. S. Kim¹, S. Y. Lee¹, S. C. Yang¹, M. S. Kim¹, J. M. Lee¹, S. I. Park², #G. H. Kim(kgh@kbsi.re.kr)¹

¹한국기초과학지원연구원 연구장비개발부, ²(주)하늘엔지니어링

Key words : NCD(Natural mono crystal diamond), PCD(Synthetic poly crystal diamond)

1. 서론

현대 사회에서 적외선은 IT, BT, NT, ET, ST 등의 분야에서 다양하게 쓰이고 있다. 적외선 스펙트럼 범위에서 다양한 복사선원이 가지는 특성을 측정하는 것은 과학기술을 위해 크게 중요하다. 최근에 적외선 복사계의 측정 장비들을 많은 나라들과 기관들에서 관심을 가지고 개발하고 있는데 일본의 국가 표준 연구소에서는 0.9 μ m 복사 온도계를 조절하기 위해 흑체를 개발하였고¹⁾, 흑체 시스템에서 표면 형상에 따른 적외선 복사열의 측정과 조절에 관해 많은 실험이 실행되어지고 있다^{2,4)}. 적외선 검사에 쓰이는 흑체는 작은 방향성의 평면 반사경으로서 일정한 분광 방사율을 얻기 위해 설계되었으며, 고정밀의 평면과 조도를 가지고 있어야 한다.

본 논문에서는 흑체용 무산소동의 초정밀 가공 최적 절삭조건을 찾기 위해 절삭 속도, 절삭 깊이, 이송속도에 대한 절삭조건을 찾아내었다. 이렇게 얻은 가공 특성을 이용하여 표면 조도에 관한 연구를 수행하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험 장치

본 연구에 사용된 초정밀 가공기는 Fig. 1 에 보이는 바와 같이 RTH사의 Nanoform 600 다이아몬드 터닝머신(DTM)이다. 다이아몬드 터닝머신은 두 개의 유정압 안내면과 공작물을 고정시키는 공기정압 베어링 스프인들로 구성되어 있다. 두 안내면은 각각 X축과 Z축으로 T 형태의 직교를 이루며 구동한다. X축의 중심부에 해당하는 안내면에 주축 스프인들이 고정되어 회전하며, 안내면의 구동방향과 평행을 이루며 회전한다. Z축 구동안내면 위에는 공구대가 고정되어 다이아몬드 화이트를 설치 할 수 있으며, 스프인들 구동 방향과 수직방향으로 구동한다.

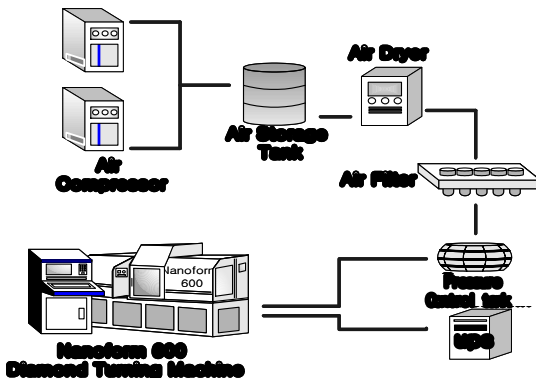


Fig. 1 The system diagram of ultra precision lathe

2.1 실험 방법

무산소동(OFHC)의 초정밀 최적가공 조건을 찾기 위하여 절삭 속도, 절삭 깊이와 이송속도에 대한 표면 거칠기를 측정하여 최적 초정밀 가공조건을 찾아내었으며 가공조건은 Table 1과 같다. 실험은 단결정 Diamond 공구로 $\varnothing 80 \times 11t$ mm 크기의 무산소동을 단면절삭방법으로 실험을 실시하였다. 무산소동의 표면 거칠기를 측정하기 위해 비 접촉식 표면형상 측정기 WYKO사의 NT2000 을 사용하였다. 측정기는 Fig. 2에 보여주고 있으며,

자동 초점 조절 방식으로 세로방향 분해능은 0.1nm 이다.

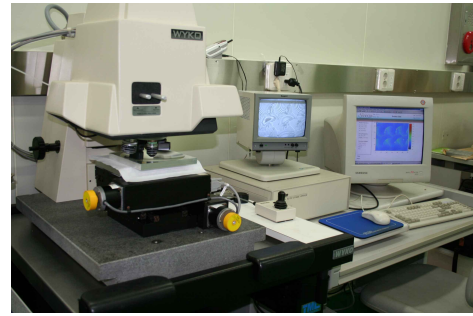


Fig. 2 Photograph of measuring instrument (NT2000)

Table 1 Experimental Condition

Item	Cutting condition
Work piece	OFHC
Tool	NCD, PCD
Nose radius (mm)	1.0
Cutting speed (m/min)	40, 50, 60, 70, 80, 90, 100
Feed rate (mm/min)	1, 2, 4, 6, 8, 10, 20
Depth of cut (μ m)	0.1, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 20
Vacuum pressure (inHg)	-20
Cutting fluid	Air + EDM oil

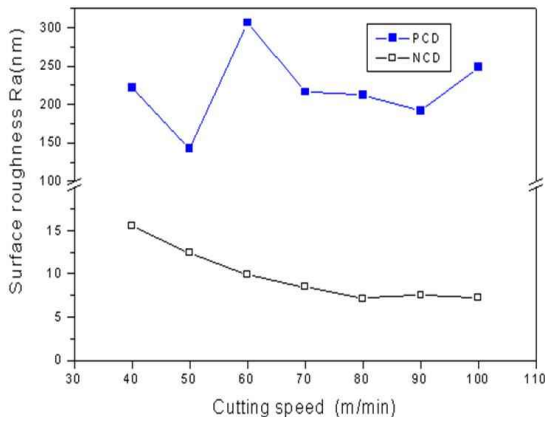
3. 실험결과 및 고찰

3.1 절삭조건에 따른 표면 거칠기

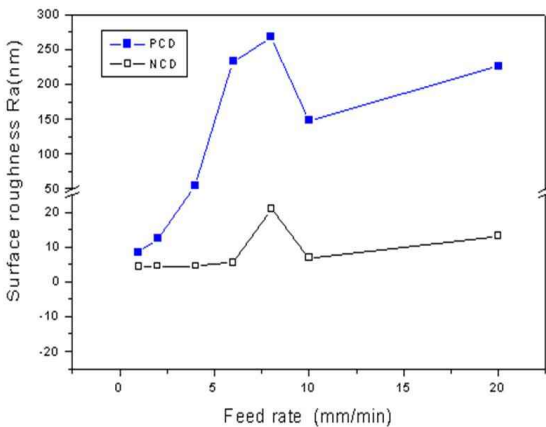
본 실험에서 천연다이아몬드(NCD)와 인조다이아몬드(PCD)로 이루어진 공구를 사용하여 절삭 깊이와 이송 속도, 절삭 속도의 변화를 주었을 때 표면 거칠기를 측정하여 최적의 절삭조건을 측정된 결과이다.

Fig. 3 (a)는 NCD 공구와 PCD 공구로 평판 무산소동을 절삭했을 때 이송속도 10 mm/min, 절삭깊이 10 μ m 로 고정하고, 절삭 조건에서 주축 속도 변화에 따른 표면 거칠기를 측정된 결과이다. NCD 공구는 40 m/min 에서 점점 속도를 증가시키기에 따라 표면 거칠기가 향상되고 80 m/min 이상의 속도에서는 표면 거칠기의 변화가 거의 나타나지 않았으며 PCD 공구는 50 m/min 부분의 속도에서 비교적 좋은 표면 거칠기 속성을 나타내고 있다. 이런 결과로 무산소동의 미소절삭에서 절삭속도는 NCD 공구는 80 m/min 이상, PCD 공구는 40 m/min 의 주축 속도로 공작물을 가공하는 것이 제품의 정밀도 향상에 도움을 준다. Fig. 3 (b)는 주축 속도 변화에서 나타난 데이터를 기준으로 표면 거칠기가 가장 좋은 80 m/min 의 주축속도, 절삭깊이는 10 μ m 고정하고 1 ~ 20 mm/min 까지의 이송속도 변화에 대한 표면 거칠기를 나타낸다. 이송속도 4 mm/min 까지는 이송량이 너무 작아 표면 거칠기의 변화가 거의 없으나 4 mm/min 이상의 이송속도에서는 동일한 절삭깊이에서 이송률의 증가에 비례하여 표면 거칠기가 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이러한 표면 거칠기 결과는 이송방향의 표면 거칠기는 인선반경과 공작물의 1회전당 이송량에 따라 기하학적으로 결정되는 이론적 표면 거칠기($R_{max}=(f^2/8R) \times 1000$ (μ m)⁵⁾ 와 유사한 경향을 나타내고 있다. Fig. 3 (c)는 주축속도

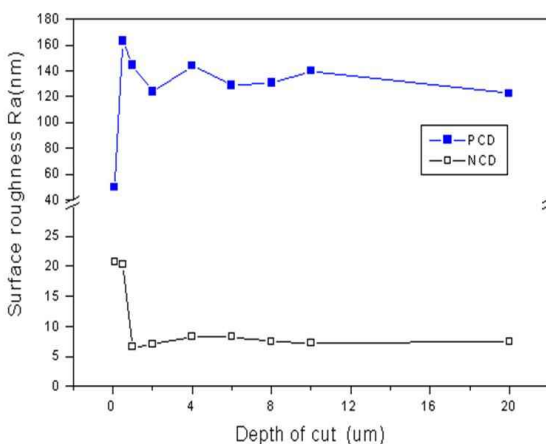
80 m/min, 이송속도를 10 mm/min 으로 고정하고 절삭 깊이가 변화에 따른 표면 거칠기를 측정 한 결과이다. NCD 공구는 0.5 μm 까지 표면 거칠기가 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있고 0.5 μm 이상의 절삭깊이에서는 거의 변화가 나타나지 않는다.



(a) Surface roughness versus spindle speed



(b) Surface roughness versus feed rate



(c) Surface roughness versus Depth of cut

Fig. 3 Surface roughness according to cutting condition

3.2 진공흑체 평판 가공

진공흑체의 재료는 99.97 % 의 순도를 갖는 무산소동이다. 재료의 직경은 80 mm 이며, 두께는 10 mm 이다. 진공흑체의 1차가공은 CNC 선반에서 가공 여유량 0.1 mm 를 남겨두고 절삭 하였으며, 최종 절삭은 Nanoform 600 다이아몬드 터닝머신 (DTM)으로 가공하였다. 진공흑체의 절삭조건은 황삭 가공시

회전속도 1600 rpm, 이송속도 30 mm/min, 절삭깊이 10 μm 로 5회 반복 가공하였으며, 중삭가공은 이송속도 8 mm/min, 절삭깊이 4 μm 로 3회 반복 가공하였다. 최종 정삭가공은 앞의 무산소동 절삭실험으로 얻은 최적절삭조건인 이송속도 4 mm/min, 절삭깊이 1 μm 로 2회 반복으로 최종 가공하였다. Fig. 4는 진공흑체용 무산소동 사진이다. 부분적인 표면 거칠기의 측정결과 Ra 4.5nm 이며, Pv 348.45nm로 가공 되었다.



Fig. 4 Photo of OFHC

4. 결론

무산소동을 NCD, PCD 다이아몬드 공구로 초정밀가공시 절삭 조건인 절삭속도, 이송속도, 절삭깊이의 변화에 따른 표면 거칠기 에 관한 고찰과 흑체용 무산소동을 초정밀 가공 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. NCD 공구는 80 mm/min, PCD 공구는 50 m/min의 속도에서 가장 양호한 표면 거칠기를 얻었다.
2. NCD, PCD 공구는 모두 4 mm/min 이하의 이송속도에서 양호한 표면 거칠기를 얻을 수 있다.
3. NCD 공구는 절삭깊이 0.5 μm 에서 PCD공구는 2 μm 에서 가장 좋은 표면 거칠기를 얻었다.
4. 진공흑체용 평판 가공 후 표면 거칠기 측정 결과 Ra 3.75nm이며, Pv 348.45nm로 제작 되었다.

후기

본 논문은 한국기초과학지원연구원 연구장비개발부 초정밀 광학팀에서 중소기업청 과제로 진행하고 있는 열상카메라 보정용 진공흑체 개발로 이루어진 논문으로 여러 가지 도움을 주신 관계자 분들에게 감사드립니다.

참고문헌

1. F. Sakuma and S. Hattori, "A practical-type fixed-point blackbody furnace" Temperature, Its Measurement and Control in Science and Industry ed. By J. F. Schooley American Institute of Physics Vol.5, 535/539, 1982.
2. L. Palchetti., G. Bianchini., F. Castagnoli., "Design and characterisation of black-body sources for infrared wide-band Fourier transform spectroscopy," Infrared Physics & Technology, 51, 207-215, 2008.
3. Fumihiro, S., Laina, M., " Cavity Emissivity of Fixed-point Blackbody," SICE annual Conference, August 4-6, 2187-2190, 2003.
4. K, Chrzanowski., "Evaluation of infrared collimators for testing thermal imaging systems," Opto-Electron. Rev. 15, no. 2, 82, 2007.
5. E. Brinksmeier., O. Riemer., "Tools and Setting for Improved Surface Finish in Diamond Turning, proc. of Int. Precision Engineering, 125-133, 1993.