

진동절삭을 적용한 초정밀절삭 Ultraprecision machining of stainless steel with tool vibration

*황연^{1,2}, #김정호², 이선규¹

*Yeon Hwang^{1,2}, #Jeong Ho Kim(kimjh@kopti.re.kr)², Sun Kyu Lee²

¹한국광기술원, ²광주과학기술원

Key words : Vibration cutting, Ultraprecision turning, Stainless steel

1. 서론

수 kHz의 진동을 공작물이나 바이트에 가진하여 가공시의 칩배출 및 공구의 열화 문제를 해결하는 진동절삭(Vibration Cutting)은 특히 Steel 계열의 소재를 다이아몬드 바이트를 통해 가공할 때 유용하게 활용된다. 일반적으로 다이아몬드 바이트는 공구 형상을 수십nm 수준으로 정밀하게 제작할수 있어 초정밀 연삭가공에 폭넓게 적용 되었으나, steel 계열의 가공시에는 고온으로 인한 흑연화(graphitizing)가 발생하여, CBN 바이트 등을 활용하게 된다. 반면 진동절삭의 경우 가진에 의해 다이아몬드 바이트 선단의 열배출을 가능하여 공구와 공작물의 단속절삭(interruption cutting)과 유사한 조건이 되고, 이를 통해 가공부 및 바이트에 절삭유가 공구의 열 배출을 가능케 한다.

본 연구에서는 현재까지는 기존에 정밀 절삭에 의한 grooving 등에 응용되었던 진동절삭을 광학렌즈 제작을 위한 초정밀 가공에 적용하여 가공성을 검토하였다.

2. Stavax의 진동절삭가공

대표적인 stainless steel 제품인 STAVAX 는 다양한 금형의 재료로 활용 되나, 실제 플라스틱 렌즈등의 사출용 금형에 적용될때에는 가공면에 무전해 니켈 도금후 사용된다. STAVAX의 직가공시에는 CBN 공구를 적용하여 수행하게 되나 CBN 공구 자체의 공구형상 정밀도가 낮아 광학용으로 사용되는 고정도 면의 구현이 어렵다. CBN 공구는 일반적으로 수 um 크기의 파우더를 소결하여 제작하게 되는데, 실제 공구 형상(bite radius)의 구현시 공구선단에서 파우더 덩어리 단위로 탈락하기 때문에 공구의 weivness가 수 um 정도 이고, roughness 또한 다이아몬드 바이트에 비해 크다.

Table 1 Machining conditions

Tool	Diamond bite Radius 0.3mm
Vibration	10um circle/10-2um ellipse (Bending-Logitudinal)
Workpiece	STAVAX
Spindle RPM	100/500
Feed rate(mm/min)	1/2.5/5
Cooling	Oil mist

본 실험에서는 Table 1의 가공조건하에 41kHz 로 2축방향 타원 가진이 가능한 PZT 구동 가진기를 사용하여 실험을 수행하였다. 가공조건의 변수로는 공작물 회전수, 진동형상, 이송속도를 활용하였으며, 가공면의 평가를 위해 표면조도와 공구의 마모를 중점적으로 검토하였다.

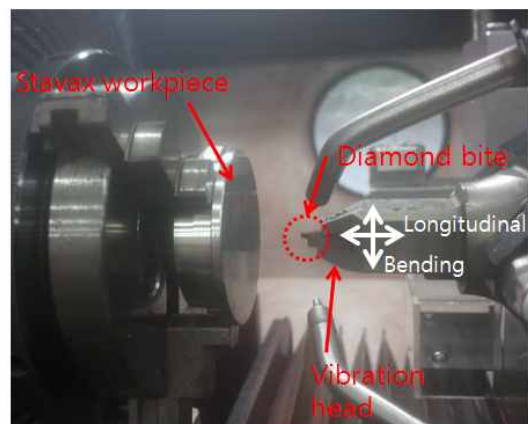


Fig. 1 Experimental setup for vibration cutting

3. 가공면 분석

진동 가진은 칩의 배출과 바이트 냉각을 고려하

여 타원과 원형으로 수행하였으며, 가공면을 접촉식(Form Taly Surf, PGI) 측정기와 표면조도 측정기(Zygo Newview)를 통해 측정하였다. Fig. 2는 진폭 10um의 타원진동가진후 이송속도 5mm/min, 공작물회전속도 500rpm의 일반적인 초정밀 절삭 조건으로 가공된 가공면이다. 공구의 진동 모양이 가공면에 그대로 전사되어 공구이송방향으로 1um 정도의 패턴을 보였다. Fig.3의 경우 진폭 10um-2um(bending-longitudinal)의 타원진동가진후 이송속도 1mm/min, 공작물회전속도 500rpm의 조건하에 수행된 가공 결과로 비교적 양호한 표면조도를 보이며, 앞의 결과에 비해 뚜렷한 패턴은 발생하지 않았다. 표면조도(Ra)의 경우 Fig. 4와 같이 타원가진의 경우 74um로 비교적 높은 값을 보였으며, 이러한 현상은 가공면에 남아 있는 burr에 의한 것으로 추정된다.

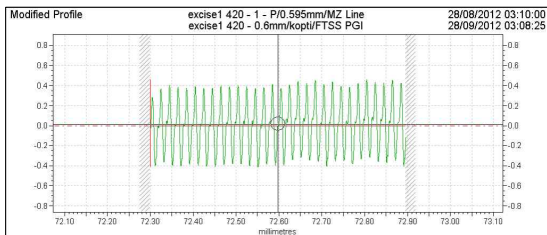


Fig. 2 Surface profile of 10um circular vibration (peak to valley 0.87um)

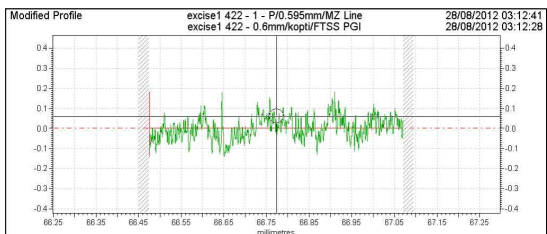


Fig. 3 Surface profile of 10um-2um elliptical vibration(peak to valley 0.32um)

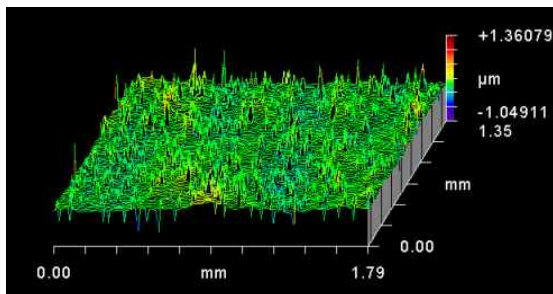


Fig. 4 surface roughness of 10um-2um elliptical vibration(Ra 74nm)

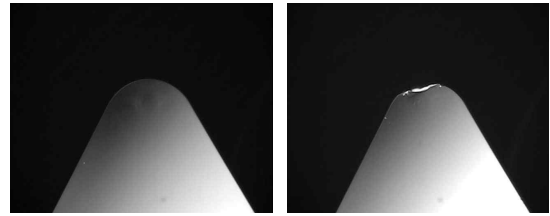


Fig. 5 Bite edge before and after turning(1.2km)

Fig. 5는 가공전후의 다이아몬드 바이트로 현재의 가공조건으로는 마모량이 많아 실제가공시의 형상정도 구현이 어려울것으로 판단된다. 약 1.2km 가공후 마모량은 국소적으로 10um 정도이며, 음(-)의 rake angle의 적용이나 선단에 chamfer등이 적용되어야 할것으로 판단된다

4. 결론

다이아몬드 바이트를 적용한 진동절삭으로 STAVAX에 대한 회전대칭 절삭가공을 수행하였으며, 결과는 다음과 같다.

1. 가진의 진폭에 따른 일정패턴이 가공면에 전사되며, 이러한 패턴은 회전방향 뿐만아니라 이송방향으로도 발생하게 된다.
2. 가진의 진폭을 회전방향에 비해 절입방향을 작게하면 표면조도가 향상되고, 반복적 패턴은 줄어들게 된다.
3. 1.2km 가공후 다이아몬드 바이트에는 약 10um 정도의 마모가 발생하였다.

참고문헌

1. Eiji Shamoto, Norikazu Suzuki and Rei Hino, "Simulation of Elliptical Vibration Cutting Process with Thin Shear Plane Model", ASPE 2007 SPRING TOPICAL MEETING VOLUME 40, 64-69, 2007