B축 초기 설정각도에 따른 초경재료의 초정밀 연삭특성

Ultra precision Grinding of Tungsten-carbide with B axis angle alignment

*황연[1], 김민재[1], 이학석[1],김혜정[1],#김정호[1]
*Yeon Hwang[1], Minjae Kim[1] , Haksuk Lee[1], Hyejung Kim[1], #Jungho Kim[1]
[1] 한국광기술원 초정밀광학팀

Key words : Ultra precision grinding, B axis control parallel grinding, Wheel deformation

1. 서론

B축 제어 가공은 초정밀 연삭 및 선삭에 있어서 적용의 유연성과 가공 방식의 안정성으로 인해 다양한 광학 금형 코어의 제작에 적용되고 있다. 특히 최근 산업현장에서 다양하게 요구되는 Blu-ray 디스크 등의 초소형 고경사각 렌즈 금형코어의 가공과 차량용 후방 감시 카메라 등에 적용되는 초광각의 Meniscus 렌즈 금형코어의 가공에 큰 장점을 보이고 있다. 특히 경사축 연삭과 수직축 연삭의 장점을 적절하게 활용할 수 있어 초소형에서 비교적 중대형의 광학금형까지 다양하게 적용할 수 있다. 그러나 B축 제어 가공시에 발생하는 공구의 변형에 대한 연구는 일반적인 기계가공에 대해서 일부 진행되고 있으나 초정밀 가공에서와는 형상정도 등의 변형의 영향에 대한 민감도가 다르므로 일반화하여 적용하기는 어렵다.[1,2] 이러한 맥락에서 B축 제어 가공에 있어서의 공구 설정 각도에 따른 가공면의 특성에 대한 기초적인 연구를 진행하였다.

Fig. 1 Ground core with B axis minus angle alignment(-20°)

실험은 각각의 경사각에 따른 공구 및 에어스핀들에 대한 변형량을 각각의 각도에 관하여 탄성변형의 관점으로 정량화하였으며, 가공의 조건은 일반적인 광학금형의 가공조건하의 연삭흔을 최소화하는 관점에서 세부화 하였다. 실제 가공은 툴마모량의 영향을 최소화 할수 있는 평면에 대해 수행되었다.

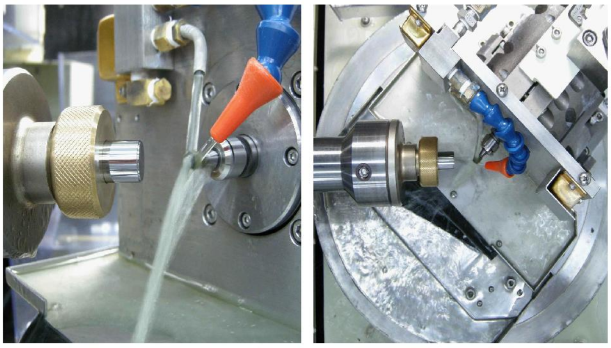


Fig. 2 B axis controled ultra precision grinding (0°)

2. 실험조건

실험은 아래 Table 1의 조건하에서 수행되었는데 초기 Wheel Spindle의 Balancing을 최소화 되는 휠 스핀들 회전 속도를 정하고 이에 따른 연삭흔의 변화를 관찰하여 워크 스핀들의 속도를 정하였다. 공구 마모의 영향은 미치는 영향은 공구변형량에 비해 미소하다고 판단하여 변수에서 제외하였다.

절입깊이를 작게 할수록 휠 변형의 효과가 줄어들지만 B축 초기 설정각의 영향을 확인하기 위하여 1um를 선정하였다.

Table 1 Machining conditions

	Conditions	
Wheel Speed	30000	rev/min
Work Speed	200/250/300/400	rev/min
Feed Rate	2	mm/min
Depth of Cut	1	um/cycle
Wheel	#2000	Resin bond diamond
Work Material	WC	Co 0.5%
Machining	Wet Grinding	
B axis Angle	-20/-10/0/10/20	degree

Fig. 3은 실제 가공이 진행되면서 다이아몬드 휠의 설정 및 마모량을 CCD 카메라를 통해서 측정한 사진이다. 공구의 마모량은 평면 가공의 조건하에서 약 30um정도로 비교적 영향이 적은 것으로 판단되며, 공구 설정 각도의 변경 초기에 가공량이 적을 경우 반복적인 중심부에 배꼽(Naval)의 형태로 나타나게 되는데 이를 제거하기 위해 각 조건당 20um 이상의 가공을 수행하였다.

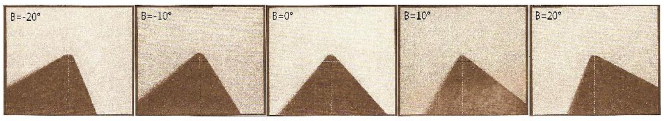
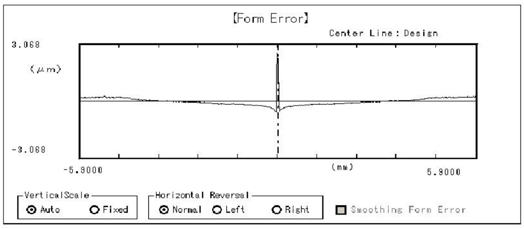


Fig. 3 Wheel alignment

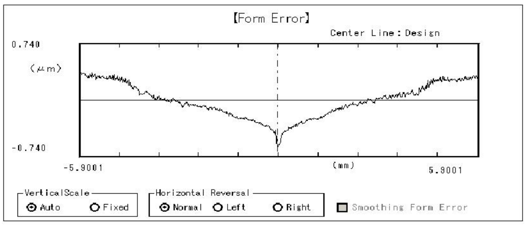
3. 가공결과 분석

1) 중심부형상

중심부의 형상은 Fig. 4와 같이 공구마모와 B축 설정각에 따른 영향을 보인다. 특히 중심부에서 20-40um정도의 마모에 의해서 볼록 형상이나 오목 형상의 배꼽을 보인다. 이러한 배꼽의 보정은 실제 가공에 있어서 불연속적인 형상인 경우가 많아 배꼽의 출현을 미연에 방지하는 것이 가공 효율면에서 유리하다. 즉 B축의 설정을 음의 방향으로 offset을 주는 것이 유효함을 확인할 수 있다. 그러나 역시 Offset량이 과도할 경우 오목형상의 배꼽이 발생하므로 실제 가공 데이터를 근거로 정해야 한다.



a)20°



b) 0°

Fig. 4 B axis angle alignment and ground surface

2)Work spindle speed

워크 스핀들 속도는 일부 연구자의 연구에서 논의 되었듯이 휠스핀들과 이송속도, Balancing 정도에 따라 다르게 나타난다.[3] 이러한 관점에서 워크스핀들을 변수로 보고 휠의 탄성 변형량을 간접적으로 측정할수 있다. Fig. 5에서와 같이 워크 스핀들의 속도가 증가함에 따라 휠의 변형량이 감소하는 경향을 보이다가 적정속도 이상의 경우 다시 증가함을 보인다. 이러한 경우는 Fig. 6에서와 같이 Tool marks의 양상이 금형 코어의 품질에 결정적인 영향을 줄수 있는 Chatter marks로 발현될수 있다.

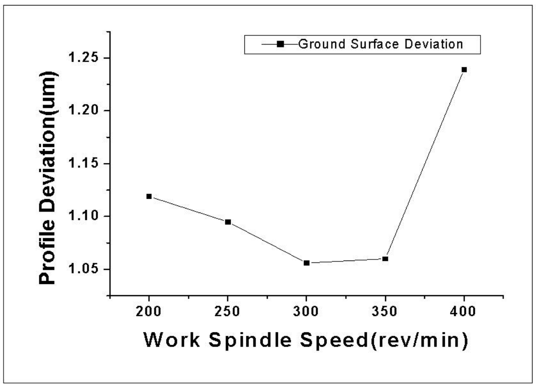


Fig. 5 Ground surface deviation with work spindle speed

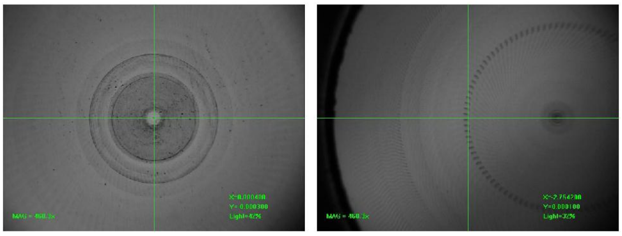


Fig. 6 Naval and Chatter marks

3)Final cycle cut

실제 가공에서는 마지막 가공 사이클에서 절입깊이를 줄여 마지막 공정을 수행하기도 한다. 이러한 관점에서 일반적인 절입량 가공조건(Depth cut)과 미소절입조건(Air cut)의 가공면을 비교하였다. Fig.7에서와 같이 B축 설정각이 0°일 때 최대의 탄성 변형량이 발생함을 확인할수 있다. Fig. 8에서는 비교적 탄성 변형량이 줄어들었다. 특히 미소 절입조건하에서 연삭흔이 크게 감소하고 Chatter Marks가 경감됨을 확인 할수 있다.

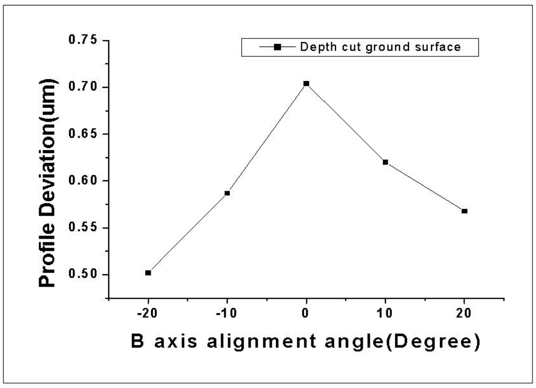


Fig. 7 Ground surface deviation with B axis aliment angle

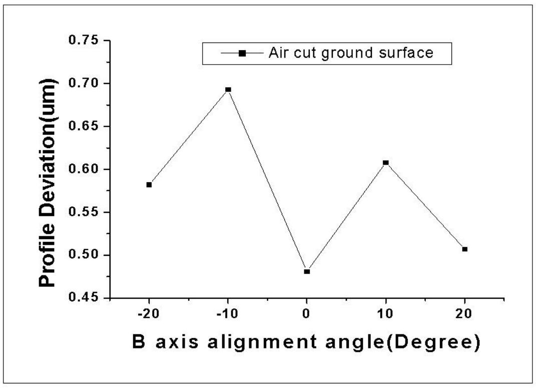


Fig. 8 Ground surface deviation with final air cut

4. 결론

1. B축의 양의 방향 설정각은 가공중심부에 돌출/함몰부(배꼽)를 발생시키는 경향을 보였다.
2. 워크스핀들의 속도에 따라 가공면에 Tool marks가 중첩되어 Chatter marks를 발생하는 경우를 확인하였다.
3. 휠 및 에어 스핀들의 영향으로 추정되는 가공면 형상오차가 휠 설정각도 방향에 따라 다르게 발생하였다.
4. Air cut을 통해 Tool marks를 줄어드는 경향을 확인하였다.

참고문헌

1. Soon Sub Park, Ho Jae Lee, "Research on Ultra-Precision Grinding Method" Journal of KSPE, Vol. 23, No.6, pp.14-21, 2006.
2. S. Malkin, "Grinding Technology", ELLIS HORWOOD LIMITED, pp.45-78, 1989.
3. T. Kuriyagawa, N. Yoshihara, M. Saeki, K. Syoji, “Nano topography characteristic of Asisymmetric Aspherical Grinding Surface”, Key Engineering Materials 238-239, 2003