인공 수정체 양면가공시 높이 제어를 위한 설계 기법

Design of Height Control Method for Ultraprecision Machining of Intraocular Lens

*강필식 [1], #김형재 [1], 정해도 [2]

*P. S. Kang[1], #H. J. Kim(hyjakim@kitech.re.kr)[1] , H. D. Jeong[2]

[1] 한국생산기술연구원 융합부품소재센터, [2] 부산대학교 정밀기계공학과

Key words : intraocular lens, IOL, diamond turning, height control, jig

1. 서론

최근 정밀기계, 반도체, 광학 관련 기기, 항공 우주 산업 및 의료기기 산업 등의 급속한 발달로 인하여 그 구성부품의 고정도 가공에 대한 필요성이 늘고 있다. 그 중 고령화 사회의 추세에 따라 백내장 등 안구질환의 증가로 인해 인공수정체(Artificial Intraocular lens; IOL)에 대한 요구가 증대하고 있으며, 이러한 인공 수정체 중 일부는 표면거칠기와 형상정밀도 확보를 위해 초정밀 선삭가공(Diamond Turning)을 통해서 생산되고 있다.

다이아몬드 터닝머신(DTM)은 단결정 다이아몬드 공구를 사용하여 초정밀 부품을 가공하는 공작기계로서, 최근 DTM 을 이용한 광학렌즈 제작에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.[1)] 이러한 광학렌즈는 높은 형상 정밀도가 요구되어 초정밀 구면가공 및 연마가공이 불가능한 비구면 형상제조 분야에 절삭을 이용한 렌즈 가공에 관한 연구가 필요하다.[2)]

DTM 을 이용한 광학 렌즈제품의 가공에는 정밀 지그를 사용하여야 하며, DTM 장비의 정밀도가 매우 높기 때문에 대부분의 가공 오차는 지그설계, 시편을 지그에 부착하는 방법, 가공 공정설계 등에서 기인한다. 가공시편의 고정은 제작하고자 하는 제품의 형상 및 가공 방법에 따라 달라지며, 정밀 지그의 형상 및 고정 방법, 가공 공정설계가 가공의 핵심이다.

인공 수정체 가공은 크게 전면 절삭, 후면 절삭, 외경 절삭의 3 단계로 구분할 수 있다. 그 중 후면 절삭 시 수정체의 높이 및 양면 렌즈 축중심 오차가 결정되는 매우 중요한 공정이다.. 그런데 기존 사용되는 지그 기준 높이 측정 시 전면가공면의 형상으로 인하여 왁스 높이 제어에 어려움이 있다. 즉, 인공 수정체의 높이에 대한 정밀한 가공이 어렵고, 허용오차 내 수정체의 높이 가공이 용이하지 않다. 이에 왁스고정으로 인한 가공오차를 줄이고자 왁스 두께와 무관하고 오직 절삭 깊이에 의해서만 두께가 결정될 수 있는 공정을 설계하고 실험을 통하여 그 성능을 확인하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

본 실험에는 Precitech 사의 NanoForm250 을 사용하여 가공하였고, 다이아몬드 공구는 Conntour 사의 R0.2 를 사용 하였다. 높이 측정은 정밀도 1um 의 다이얼게이지를 사용하였다.

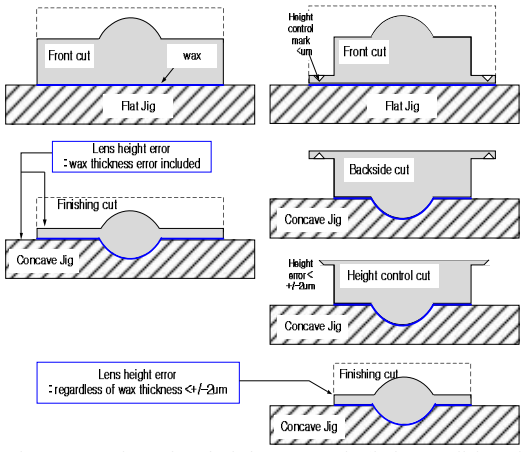

Fig 1. Design for height control (left: traditional cutting method, right: developed cutting process)

왁스 두께 측정은 형상오차를 없애기 위해 예비 가공된 시편과 지그의 두께를 각각 측정하고, 왁스 결합 후 두께를 측정하여 그 차이를 왁스두께로 계산하였다. 평면 시편 왁스 고

정 시 왁스 두께 측정과 전면 절삭 형상에 왁스 고정 시 왁스 두께 측정을 하고, 높이 제어를 위한 설계 기법을 이용하여 높이 제어를 하였을 때 높이 오차값과 비교하고자 한다.

전면 가공 시 가공 형상 외각부에 일정 높이의 단차 가공을 하고, Fig 2 의 오른쪽 그림 부분에 4um 홈 가공을 한다. 외각 탈락 전 4um 의 절입으로 가공을 하면, 홈 외각부분 탈락 시 시편은 절입깊이 4um 이내의 오차를 가질 것으로 예상된다.

3. 실험 결과 및 고찰

평면지그(Flat Jig)에 가공하기 전 평면 시편을 왁스 고정 후 왁스 두께를 5 회 측정한 결과 Fig. 2 에 나타난 바와 같이 왁스두께는 평균 1~2 μm 이내로 측정되었다. 결과에서 알 수 있듯이 가공 전 평면 시편을 평면 지그에 왁스로 압착하는 경우 접착면 왁스의 배출이 원할하여 두께 오차는 무시할 정도로 작은 것을 알 수 있었다.

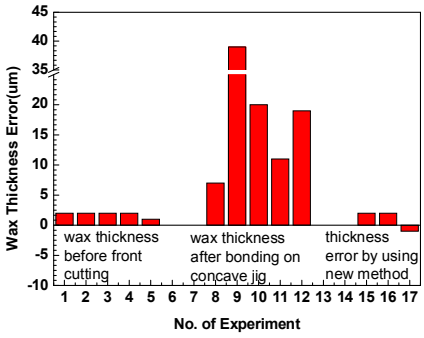

Fig. 2 Thickness error with different cutting process or cutting method

그러나 렌즈의 전면가공 후 뒤집어서 Fig.1 의 오목지그(Concave Jig) 왁스고정 한 경우 왁스두께는 Fig. 2 에서 볼 수 있듯이 5 회의 실험에서 7~39 μm 정도로 매우 크게 나타났다. 이러한 원인은 오목지그에 얇은 렌즈를 왁스 고정 시 왁스 배출이 용이하지 않아 두께 편차가 생기게 되는 것으로 판단된다. 따라서 후면 절삭 시 이 두께가 렌즈두께의 오차로 나타나게 된다.

마지막으로 전면 절삭 시 전면 외주 부근에 Fig. 1 에 나타낸 바와 같이 4 μm 의 높이 제어 홈을 형성한 경우 후면 절삭 시 깊이 제어가 가능하게 되고, 따라서 왁스의 두께와 상관없이 전면 절삭 시 렌즈 최상면에서 홈까지의 거리가 기계 정밀도 이내로 확보되게 된다. 따라서 깊이 제어 홈까지의 절삭 이후 제어 된 높이 만큼을 절삭하게 되면 렌즈 두께 +/-2 μm 이내의 오차를 가지는 절삭 결과를 얻을 수 있음을 Fig. 2 에서 확인 할 수 있다.

4. 결론

백내장 및 기타 안구질환으로 발생하는 수정체 교체 수술용으로 사용되는 인공수정체의 초정밀 가공에 있어서 렌즈 가공 시 발생할 수 있는 두께 오차의 최소화 방법에 대하여 연구하였다.

실험 결과 얇은 인공수정체의 두께 (1mm 내외)로 인하여 정밀 가공을 위한 왁스 접착 후 왁스 두께에 의한 오차가 7~39um 정도로서 이러한 오차가 가공 두께오차로 연결된다. 따라서 본 연구에서는 전면 절삭 가공 궤적 설계 단계에서 높이 제어 홈을 형성하여 후면 가공의 기준점을 확보함으로써 가공 후 두께 오차값을 +/-2 μm 이내로 얻을 수 있음을 확인 할 수 있었다. 따라서 개발된 가공 기법을 활용하여 보다 정밀한 인공 수정체의 생산에 응용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Stefan Rakuff, James F. Cuttino, “Design and testing of a long-range, precision fast tool servo system for diamond turning”, Precision Engineering 33 (2009) 18–25
2. Yung-Tien Liu, Wei-Che Chang, Yutaka Yamagata, “A study on optimal compensation cutting for an aspheric surface using the Taguchi method”, CIRPJ-71,2010