

미소 버 형상 측정 방법 개발

김원섭 (건국대 대학원 기계설계학과), 고성림* (건국대 기계설계학과)

Development of Measurement Method for Micro Burr Geometry

W. S. Kim(Mechanical. Eng. Dept. KKU), S. L. Ko(Mechanical Eng. Dept., KKU)

ABSTRACT

Triangulation method, conoscopic holography method and interferometry method are analyzed for effective measurement of micro burr geometry, which is formed in micro drilling. To select proper sensor, cylinder with 0.5mm diameter is measured and the result shows that conoscopic holography method is effective for measuring highly inclined surface. Burr with 1.0mm height and 30 μ m height are measured by all methods. The conoscopic holography method is probed to be most proper method for measuring micro burr. A Program for 3D display of measured burr is developed.

Key Words : Burr Measurement (버 측정), Triangulation method (삼각법), Conoscopic holography (코노스코픽 홀로그래피), Interferometry method (간섭법)

1. 서론

버는 전단 또는 절삭 가공 시 소성변형에 의해 생기는 원하지 않는 부분으로 가공물의 정밀도에 큰 영향을 미친다. 이러한 버를 효율적으로 제거하기 위해서는, 적절한 제거 방법을 알아야 하고, 적절한 제거 방법을 알기 위해서는 정확한 버의 측정이 이루어 져야 한다. 절삭가공 중에 발생하는 버의 형상은 매우 불규칙하고 대부분의 경우 날카로운 형상을 지니고 있으며 가공조건에 따라서 매우 다양하다. 특히, 여러 절삭 가공 중에 가장 많이 사용되는 드릴 가공에 의해 생기는 버(drilling burr)는 매우 작고, 날카롭기 때문에, 버의 정확한 형상 측정이 어렵고, 제거 방법을 선정하기 힘들다.

버의 형상 측정은 방법에 따라 비접촉식과 접촉식으로 나뉜다. 하지만, 접촉식 측정 방법으로 하이트 게이지를 사용할 경우에는, 얇고 연성인 버의 변형을 가져오기 때문에 적합하지 않다. 이것으로 인하여, 미세한 버의 측정을 위하여 비접촉식 측정 방법을 이용한다. [1] 비접촉식 측정 방식에는 레이저를 광원으로 이용한 광삼각법, *conoscopic holography method*, 백색광을 광원으로 사용한 *interferometry method* 등 여러가지 방법이 있다.

미소 드릴링시 발생한 버의 경우, 매우 얇은 두께를 가지고 있고, 날카롭기 때문에, 모든 비접촉식

측정방법으로 정확한 측정이 가능한 것은 아니다. 특히, 간섭계를 이용하는 측정장치에서는 매우 좁은 간섭무늬 영역으로 측정 데이터를 얻기가 힘들다. 또한 레이저를 이용한 측정에서는 *beam spot size* 와 에지 부분에서의 난반사가 측정에 큰 영향을 미친다. 따라서, 미소 드릴링 버를 측정하기 위해서는 날카로운 에지 부분을 측정하기 위한 적절한 *beam spot size* 를 갖고 측정영역에 제약이 따르지 않아야 한다.

본 연구에서는 버의 크기에 따른 적절한 측정방법을 선택하기 위해 비접촉 측정방식인 광삼각법, *conoscopic holography method*, 광간섭법을 이용해 드릴링 버를 측정하고, 측정에서 얻은 자료를 이용해 버 형상을 3D로 나타내었다.

2. Optic Sensor 의 특성

본 실험에서는 드릴링 버의 날카로운 에지를 측정하기 위한 방법으로 레이저를 이용한 광삼각법, 백색광을 이용한 *interferometry method*, 레이저를 이용한 *conoscopic holography method* 를 사용했다. 버의 크기 및 정밀도에 따라서 레이저 시스템의 사양, 즉 측정 방법이 선택되어야 한다.

2.1 레이저를 이용한 광삼각법

레이저를 광원으로 이용한 광삼각법은 Keyence 사의 LK031 센서를 사용했다. <Spec in Table 1 참조 >

Fig.1 에서 보듯이 반도체 소자에서 발진된 레이저는 투광렌즈를 거쳐 CCD 에 집광하게 된다. 이때, 측정 대상 물체의 높이 차에 의해 빛의 반사 각이 변하게 되고, CCD 에 맺히는 빛의 위치도 달라지게 된다. CCD 상에서 beam 의 spot 이 이동한 량을 검출한 것이 변위로 측정된다. [2]

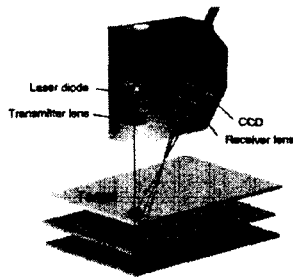


Fig.1 The principle of Laser Triangulation Method [3]

2.2 백색광을 이용한 Interferometry method

백색광을 광원으로 이용하고, 광 축방향(측정물의 높이 방향)으로 스캐닝을 하여 측정을 한다. 간섭을 일으키는 두개의 간섭광 중 한 개는 고정되어 있는 기준 mirror 에서 반사 시키고, 다른 하나는 측정물의 표면에서 반사 시킨다. 그리고 측정물을 nm 수준으로 미세하게 움직이면서 간섭 신호를 관찰하면, 초기에는 간섭 신호가 없지만, 측정물에서 반사된 빛이 기준면에서 반사된 빛과 경로차가 0 이 되는 지점에서 가장 강한 간섭 신호가 발생한다. 이때의 구동 위치값이 기준 mirror 에 대한 측정점의 상대 높이값이 된다. [4]
본 실험에서는 Fig. 2 에 나타난 Intekplus 사의 Accura 를 사용했다. <Spec in Table 1 참조>

2.3 레이저를 이용한 conoscopic holography method

conoscopic holography 에서는 기존의 holography 에서 사용하는 reference beam 과 object beam 을 복굴절체 (birefringent medium) 를 통과하는 하나의 빔의 요소인 정상광선 (ordinary) 과 이상광선 (extraordinary) 으로 대체하고, 이 빔은 자연적으로 가간섭광이 되어 홀로그램을 만들 수 있게 한다. 이것은 측정 시스템의 안정성 문제를 해결할 수 있고, 가간섭 광원이 아닌 광원으로도 홀로그램을 만들 수 있게 한다. [6]

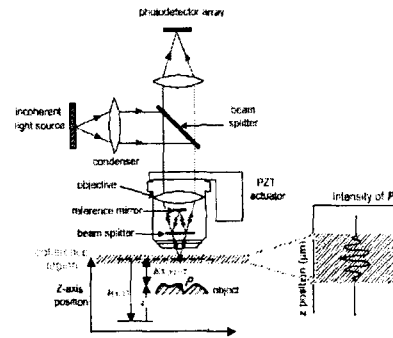


Fig.2 The principle of White-light Scanning Interferometry method [4]

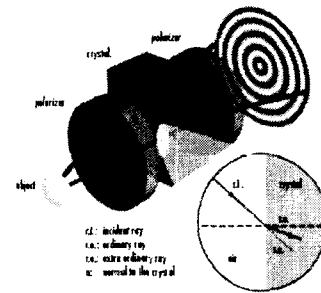


Fig.3 Conoscopic Module (Conoscopic Holography method) [8]

Conoscopic module 은 두개의 원형 편광기와 그 사이에 단축성 물질인 크리스탈, 그리고 CCD 로 이루어져 있다. [Fig. 3]
첫 번째 편광기에서는 반사되어 온 빛을 서로 수직하는 두개의 요소로 나누고, 선택 투과 시킨다. 투과된 빛은 단축 크리스탈에서 서로 다른 속도로, 즉 서로 굴절하는 정도가 틀린 빛으로 진행하게 된다.

두 번째 편광기에서는 서로 다르게 굴절된 정상광선과 이상광선을 합쳐준다. 그리고 굴절의 변화에 따른 속도변화가 두 광선의 위상차이를 만들고, 간섭무늬가 나타나 CCD 에 기록된다. CCD 에 기록된 동심원형태의 간섭무늬는 간섭주기에 따른 동심원의 반경을 측정함으로써 측정 대상의 높이 값을 계산한다. [7]

Conoscopic holography 에서는 objective lens 를 측정대상 물체의 크기에 따라서 다양하게 선택할 수 있다. 본 실험에서는 초점거리가 16mm, 25mm 인 렌즈를 사용했고, Optimet 사의 Conoprobe sensor 를 사용했다 [Fig. 4] <Spec in Table 1 참조>

Table 1 Specifications of Sensors

Sensor	Spot size	Range
Kyence LK031 (Triangulation method)	30 μ m	+/- 5mm
Accura (Interferometry method)	-	Tens of μ m
Conoprobe 25mm (Conoscopic holography)	22 μ m	1.8mm
Conoprobe 16mm (Conoscopic holography)	8 μ m	0.5mm

3. 측정 실험 및 결과 분석

3.1 Cylinder 를 이용한 측정

Drilling burr 의 경우 버의 높이가 측정방향에 따라 다르고, 기울기 변화가 매우 크기 때문에, 버의 측정에 앞서 직경 0.5mm 인 실린더를 측정하여 기울기의 변화에 따른 측정 방법의 측정성능을 비교했다. [Fig. 5]

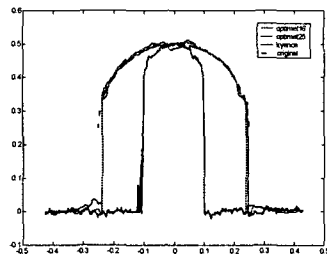


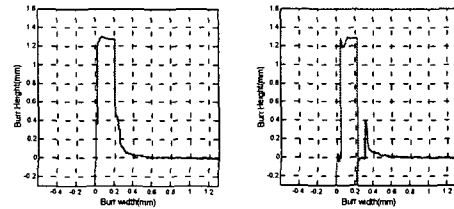
Fig. 5 Measurement for the cylinder of 0.5mm diameter

광삼각법을 이용한 kyence sensor 의 경우 실린더 측면에서의 빛의 난반사로 인해 반사된 빛이 수광부인 CCD 에 도달하지 못하는 것을 알 수 있다. 반면에, conoscopic holography 를 이용한 conoprobe 센서의 경우에는 실린더의 측면과 같이 기울기가 급한 면에서도 안정적으로 측정 data 를 얻을 수 있었다. Accura 의 경우 0.25mm 가 측정 범위를 벗어나기 때문에 실험에서 제외했다.

3.2 Drilling burr 의 2D 측정결과

Sensor 에 따른 측정 가능 범위의 drilling burr 를 분류 측정했다. 먼저, 1mm 가 넘는 큰 버의 경우 25mm 대물렌즈를 사용한 conoprobe 와 광삼각법의 kyence sensor 를 이용해 측정한 결과이다. [Fig. 6] 높이가 1mm 가 넘는 큰 drilling burr 의 경우 광삼각법을 이용한

kyence sensor 는 기울기가 급하게 변하는 부분에서의 data 손실로 정확한 버의 위치를 알아낼 수가 없었다.



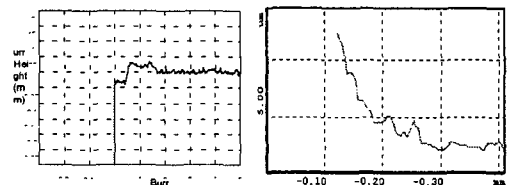
(a)Conoprobe sensor (b)Keyence sensor

Fig. 6 Drilling burr measurement by Conoprobe and Keyence sensor

하지만, conoscopic holography 를 사용한 센서는 안정적으로 측정 data 를 얻을 수 있다.

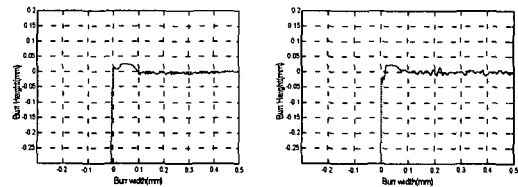
미소 버(본 실험에서는 높이 30 μ m 이하의 버)의 경우, beam spot size 와 측정방법에 따른 측정 결과 차이는 버의 높이 보다는 버의 폭에 더 많은 영향을 미쳤다.

이것은 광삼각법을 이용한 Keyence sensor 경우, beam spot 은 반사되어 CCD 에 분산된 형태로 맺히고, CCD 는 광량의 peak 값을 찾도록 되어있지만, 실제로는 버의 변형이 시작되는 부분부터 beam spot 이 높이 변화에 따른 반사각의 변화를 일으키고, beam spot 이 완전히 버의 변형 부분을 지날 때까지 반사각 변화가 일어나 버가 실제로보다 두껍게 측정되는 것으로 보인다. [Fig. 8(a)]



(a) Keyence sensor (b)Accura

Fig. 8 Drilling burr measurement by Keyence and Accura



(a) Objective Lens 25mm (b)Objective Lens 16mm

Fig. 9 Drilling burr measurement by Conoprobe

Interferometry 방식의 Accura 는 매우 얇은 버(burr)의 에지(edge) 부분에서의 간섭무늬를 얻을 수 없기 때문에 에지 부분에서의 data 획득이 힘들어 측정 결과가 완전하지 못하다. [Fig. 8(b)]

반면에 conoscopic holography 의 conoprobe 는 버의 측정 결과를 잘 보여준다. [Fig. 9]

Fig.8 과 Fig.9 의 결과로부터 Conoscopic holography method 에 의한 측정이 미소 버 측정에 적합함을 알 수 있다.

3.3 Drilling burr 의 3D 측정용 프로그램 개발

Conoscopic holography 방법에 의한 3 차원 측정을 위하여 XY table(위치 정밀도: 1 μ m)이 부착된 scanning 이 가능한 측정장비를 통하여 raw data 를 획득하였다. Raw data 는 텍스트 형태로 저장되어 버의 3 차원 형상을 나타내기 위한 좌표값으로 사용된다. Conoprobe 는 물체의 높이 값만을 측정할 수 있기 때문에, 3 차원 형상을 만들기 위한 X, Y 값들은 측정시의 모터 구동 위치가 X, Y 좌표값이 된다.

3D 측정 버 형상은 Visual C++를 이용해 구현했다. 프로그램 상에서는 필터링을 통해 측정 범위 이상의 데이터가 나오면, 난반사로 인한 어려움으로 간주한다. [fig. 10]

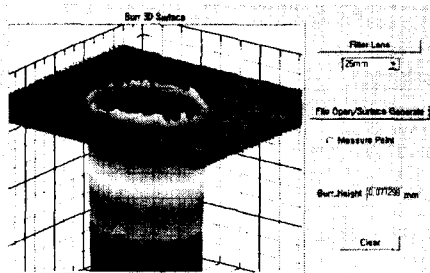


Fig. 10 3D display of drilling burr measured by Conoprobe

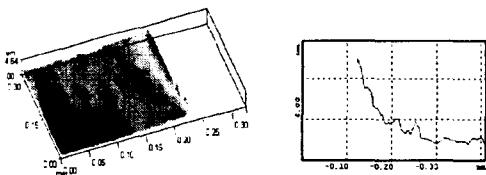


Fig. 11 3D display of drilling burr measured by Accura

Accura 로 측정할 때에는 넓은 면적을 측정할 수 없기 때문에, drilling burr 의 일부분만 측정할 수 있

다. 하지만, 에지 부분에서의 간섭무늬를 찾을 수 없기 때문에, 에지 부분에서의 data 유실로 정확한 측정이 어렵다. [Fig. 11]

4. 결론

기계 가공 중에 가장 많이 사용되는 드릴 가공은 가공물의 출구부에 버를 만들 수 밖에 없다.

따라서, 효과적인 버의 제거를 위해서는 정확한 버의 측정을 필요로 한다. 하지만 기존의 광삼각법이나, 또는 Interferometric 방식의 측정법은 미소 드릴 버의 날카로운 에지 부분을 측정하기에 적합하지 않다. 따라서, 날카로운 에지 부분을 측정할 수 있는 새로운 측정방식의 sensor 를 필요로 한다.

Conoscopic holography 는 비가간섭성 광을 사용해 간섭무늬를 만들어 측정하는 방식으로, 투사하는 광선과 반사되어 돌아오는 원뿔형의 광선이 동축(coaxial)이고, 매우 정밀하기 때문에, 에지(edge)를 측정하기에 적합하다.

버의 측정에 영향을 미치는 또 다른 요소인 beam spot size 는 버의 두께보다 작아야 하는데, conoscopic holography 의 경우, 대물렌즈에 따라 beam 의 spot size 를 조정할 수 있는 장점이 있어 크기에 따른 정확한 측정이 가능하다.

후 기

본 연구는 과학기술부의 2001 국가지정 연구실 사업(NRL) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 고성림, 전근배, 이장구, "레이저를 이용한 버 측정 시스템 개발." 한국 정밀공학회지, 제 17 권, 제 9 호, pp166-173, 2000
2. 박 종성, 정규원." 광삼각법을 이용한 레이저 센서 특성 연구." KSPE 제 16 권 제 7 호, pp40-49, 1999
3. kyence catalog
4. Intek Plus Accura manual
5. 최 이배, "위상천이 모아레토포그래피를 이용한 3 차원 물체의 미세형상측정", 박사학위논문, 한국과학기술원, 1998
6. Sirat, G.Y., "Conoscopic holography," SPIE vol.523 Application of holography, 1985
7. P. M. Lonardo, D. A. Lucca, and L. De Chiffre, "Emerging Trend n Surface Metrology," Annals of the CIRP Vol. 51/2/2002
8. Prameter news magazine
9. 장수, 조재홍 공역, "Hecht's Optics," 대응, 2000