

## Conoscopic Holography 를 이용한 3D Burr 측정기술 개발

박상욱\*(건국대 대학원 기계설계학과), 고성림(건국대 기계설계학과)

### Development of 3D Burr Measurement Technique using Conoscopic Holography

S. W. Park(M.D.P.E. Dept. KGU Graduate School), S. L. Ko(M.D.P.E. Dept., KGU)

#### ABSTRACT

Generally, for the burrs formed in machining are irregular and very sharp in shape, it is usually very difficult to measure burr accurately. But, it is proved that precision measurement for micro burr using the conoprobe sensor by conoscopic holography method is possible. We developed 3D burr measurement system using this sensor. The system is composed of Conoscopic laser Sensor, X-Y table, controller and 3D measurement program. Some measurements using the developed system are applied to burrs formed in micro drilling and piercing.

**Key Words** : Burr Measurement (버 측정), Coherent light(가간섭광), Conoscopic holography (코노스코픽 홀로그래피), Interferometry method (간섭법), Laser spot size(레이저 스폿 크기)

#### 1. 서론

Burr 는 전단 또는 절삭가공 시 소성변형에 의해 생기는 원하지 않는 부분으로 가공물의 정밀도에 큰 영향을 미친다. 이러한 버를 효율적으로 제거하기 위해서는 적절한 제거 방법을 알아야 하고, 이를 알기 위해서는 버의 정확한 측정이 선행되어야 한다. 하지만 버는 매우 작고 날카롭기 때문에 정확한 형상 측정이 어렵다. 따라서 보다 효율적인 측정기술 개발이 필요한 것이다.

형상 측정은 방법에 따라 비접촉식과 접촉식으로 나뉜다. 하지만, 접촉식 측정 방법으로 하이트 게이지를 사용할 경우 버의 변형을 가져올 수 있기 때문에 이러한 측정법은 미소한 버 측정에는 바람직하지 않다. 따라서 미소 버를 측정하기 위해서는 비접촉식 측정 방법이 주로 사용되는데<sup>1</sup> 이러한 측정법에는 광삼각법, Conoscopic holography method 와 간섭법(interferometry method)등 여러 가지 방법들이 있다.<sup>2</sup> 이 중 버 측정에 있어 가장 효율적인 것은 Conoscopic holography method 로,<sup>3</sup> 이 방법은 비가간섭성광을 사용하고 또한 렌즈 교환을 통해 laser spot size 를 수  $\mu\text{m}$  까지 줄일 수 있다.<sup>4</sup> 이러한 특징은 미소버 측정 시 가장 큰 제약 요소인 에지 부분에서의 난반사와 매우 얇은 버의 두께로부터 구속

받지 않게 하여 정밀한 측정이 이뤄질 수 있도록 해준다. 따라서 이러한 장점을 가진 Conoscopic 센서를 이용하여 버 측정시스템을 개발하였다.

본 연구에서는 Conoscopic 센서의 특징과 개발된 시스템의 유용성을 설명하고 실제 버의 측정 예로서 보다 효율적인 미소 버 측정방법을 제시하였다.

#### 2. Conoscopic holography 의 특성

전통적인 홀로그래피에서 간섭 무늬는 가간섭광(coherent light) 을 사용하여 기준면에서 반사된 빔(reference beam) 과 물체에서 반사된 빔(object beam) 의 광경로 차에 의해서 형성된다. 이 두 개의 빔은 같은 속도로 진행하지만, 서로 다른 경로를 지난다. 하지만, Conoscopic holography 에서는 reference beam 과 object beam 을 복굴절체(birefringent medium) 를 통과하는 하나의 빔의 요소인 정상광선(ordinary) 과 이상광선(extra-ordinary) 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.<sup>5,6</sup>

Conoscopic module 은 두 개의 원형 편광기와 그

### 3. Burr Measurement System 개발

비 측정 시스템은 센서와 X-Y table, 센서와 모터 구동을 위한 컨트롤러와 컴퓨터로 이루어져 있다. 비 형상의 2 차원 및 3 차원 측정을 위하여 step motor 를 이용한 XY table 을 구성하고, X-Y 방향으로의 scanning 으로 측정 대상의 형상 raw data 를 획득하여 3D 및 2D 의 비 형상을 구현하고 해석하기 위한 프로그램을 개발하였다.

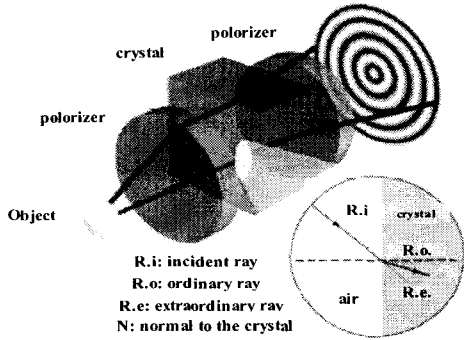


Fig. 1 Schematic Illustration of Conoscopic Module<sup>6</sup>

사이에 단축성 물질인 크리스탈, 그리고 CCD 로 이루어져 있음을 Fig.1 에서 볼 수 있다. 첫 번째 편광기에서는 반사되어 온 빛을 서로 수직하는 두 개의 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 동심원 형태의 간섭무늬는 간섭주기에 따른 동심원의 반경을 측정함으로써 측정 대상의 높이값을 계산한다.<sup>6</sup>

Conoscopic holography 에서는 대물렌즈를 측정대상 물체의 크기에 따라서 다양하게 선택할 수 있고, 비가간섭성광을 사용하여 난반사가 잘 일어나지 않으므로 날카로운 에지 부분 측정도 가능하다. 본 측정에서는 Optimet 사의 Conoprobe Sensor 를 사용했다. 실험에 사용된 각 센서의 사양은 Table1 에 나와있다.

Table 1 Specification of Sensors<sup>4</sup>

Sensor		Spot size	Working range	Absolute accuracy
Standard	25mm	22 $\mu$ m	1.8mm	<3 $\mu$ m
	16mm	11 $\mu$ m	0.6mm	<2 $\mu$ m
High Definition	25mm	6 $\mu$ m	0.65mm	<1 $\mu$ m
	16mm	3.5 $\mu$ m	0.20mm	<0.5 $\mu$ m

#### 3.1 Sensor 구동 System 개발

Fig.2 에서 개발된 측정 시스템의 하드웨어를 볼 수 있을 것이다. XY table 의 제어와 Conoprobe 센서 제어 프로그램은 Visual C++로 개발했고 또한 모터의 제어를 위한 Motion Controller 로 NI-7344 board 를 사용했다

센싱은 1 초 동안 X 방향으로 800 번 이루어지며 다시 제자리로 돌아와 임의로 주어진 Y 축 방향의 step 만큼 이동 후에 다시 센싱을 하게 된다.

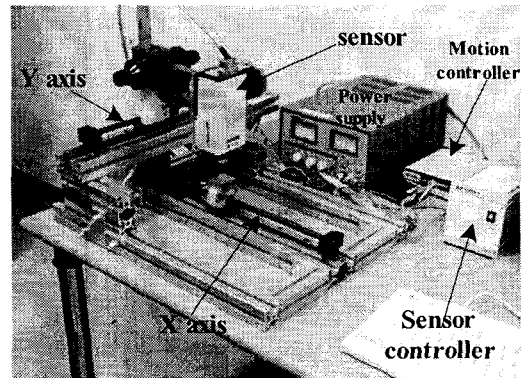


Fig. 2 Over View of Burr Measurement System

#### 3.2 3D 비 형상 측정용 프로그램 개발

Burr 형상 측정용 프로그램은 Visual C++로 제작하였다. scanning 을 통해 얻어진 높이값을 배열하여 3D 와 2D 형상을 얻고, 형상측정과 분석이 동시에 이뤄질 수 있도록 하였다.

그 기능으로 우선 비의 최고 높이를 구할 수 있고, 3D 측정창에서 커서의 이동으로 직접 눈으로 확인하면서 알고 싶은 부분의 비 높이를 측정할 수도 있도록 했다. 별도의 입력창에 X, Y, Z 좌표를 입력하면 정확한 위치로 커서의 이동이 가능하며 일정 기준높이와 드릴링 구멍직경의 입력을 통해 그 기준면 이상의 높이값들을 계산하여 비의 volume 과 두께, 그리고 평균 높이가 자동으로 계산되도록 하였다. 2D 창을 통해서도 각 좌표의 높이를 측정할 수 있으며 마우스의 이동을 통해 비의 단면형상도

표현되어 측정이 가능하다.

개발된 측정 시스템의 장점은 버형상 측정을 보다 효율적으로 할 수 있다는 것이며, 측정프로그램 안에서 버 측정 데이터를 관리함으로써 버 형성 최소화를 위한 가공 조건과 효율적인 버 제거 작업을 위한 데이터베이스 구축에 도움이 된다는 것이다. 이를 위해 향후 측정 데이터를 DB 화하는 작업이 병행될 것이다.

#### 4. 버측정 실험

우리가 개발한 측정 시스템으로 미소 버를 측정하고 그 결과를 분석하였다. 또한, 보다 정밀한 측정을 위해 초정밀 테이블인 CMM(Coordinate Measuring Machine)에 Conoprobe 센서를 부착하여 2D 단면 형상을 측정하였다.

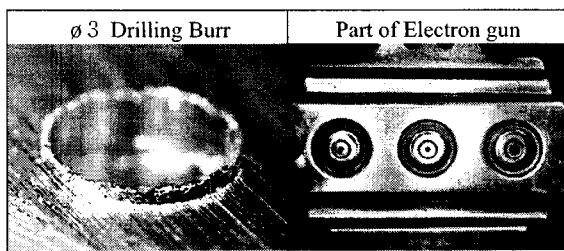


Fig. 3 Examples of Burrs

Fig.3 에 보이는 시편을 개발된 측정시스템으로 측정하였다. 먼저 Fig.4 는 ø3 드릴링 버를 측정된 결과이다. 결과값은 그림에 나타나 있듯이 버의 최고 높이는 0.368mm 이고, 해석을 통한 버의 volume 및 두께 그리고 버의 평균 높이는 각각 0.43mm<sup>3</sup>, 0.197mm, 0.29mm 이다.

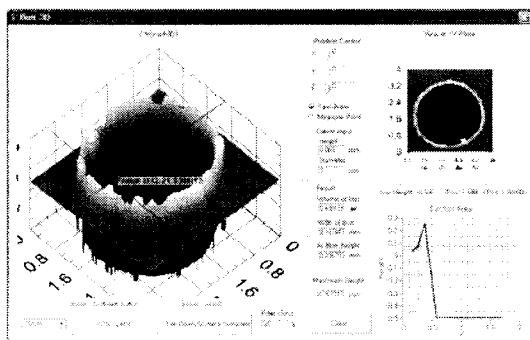


Fig. 4 Measurement of Burr in Drilling ø 3 Hole

실제 버에 비해 측정된 3D 모습이 더 거칠게 보이는 것은 Z 축의 단위 눈금의 크기가 X, Y 축에 비

해 더 작기 때문이다. 실제로 굴곡의 높이를 측정해보면 그 높이차가 그리 크지 않음을 알 수 있다.

20µm 이하의 미소버도 Conoprobe Sensor 로는 정확하게 측정되었다. 보다 정밀한 측정을 위해 Standard 형이 아닌 High Definition Conoprobe Sensor 를 사용하였고 측정시편은 전자총의 버로 그 높이가 수 µm 단위의 매우 작은 버이다. 개발된 측정 시스템으로 측정된 결과가 Fig.5 에 나와있다. 확대해서 보면 가운데에 버와 비슷한 돌출부가 있는 것은 알 수 있으나 그것의 높이는 진동으로 인해

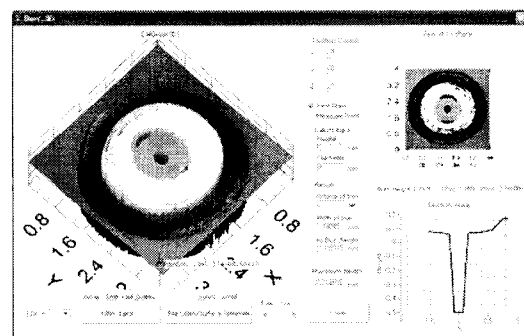


Fig. 5 Burr of Electron Gun Measured by Developed Measurement System

생긴 옆면의 돌출부의 높이(20µm 이내)와 비교할 때 신뢰하기는 힘든 결과이다. 이것은 Conoprobe Sensor 의 측정능력의 문제가 아닌 구동되는 XY table 의 진동으로 인한 문제이므로 만약 저진동의 고성능 XY table 을 사용한다면 마이크로 버의 측정도 얼마든지 가능할 것이다. 이를 증명하기 위해 Fig.6 에서

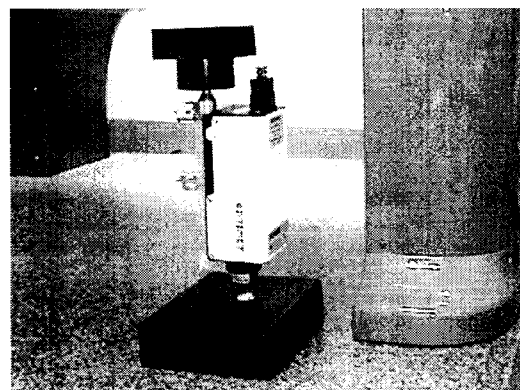


Fig. 6 Burr of Electron Gun Measured by CMM (Coordinate Measuring Machine)

와 같이 정밀 table 인 CMM 에 Conoprobe Sensor 를 부착하여 버의 높이를 측정하였고 그 결과가 Fig.7

에서와 같이 11.3 $\mu\text{m}$  로 확인되었다. 비교를 위해 Fig.8 에서 볼 수 있듯이 전자 현미경 촬영을 하였고 이를 통해 결과의 신뢰도를 확인할 수 있을 것이다.

위의 결과는 기존의 다른 측정법으로 측정하기 힘든 마이크로 버도 Conoprobe Sensor 를 사용하면 쉽게 측정할 수 있음을 알게 해준다.

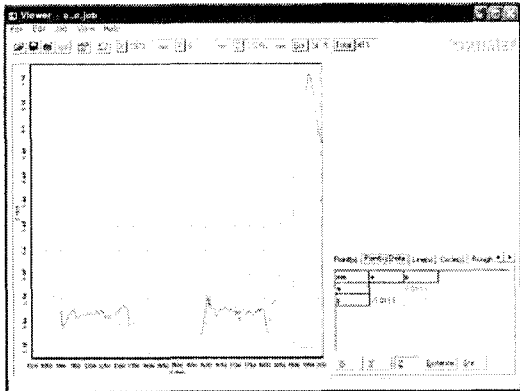


Fig. 7 Result of Electron Gun Measurement



Fig. 8 Electron Microscope Photograph of Electron Gun

## 5. 결론

Conoscopic holography 방식의 측정은 laser spot size 가 매우 작고, 난반사가 잘 일어나지 않기 때문에 기존의 다른 측정법에 비해 날카로운 에지(edge) 부분도 정밀하게 측정할 수 있는 장점이 있다. 따라서 우리는 이러한 특성을 살려 효과적인 버 측정 시스템을 개발하였다. 버의 형상을 3D 로 표현하여 측정을 위한 접근성을 보다 향상 시켰고, 측정된 좌표값을 해석하여 버의 볼륨은 물론 두께와 평균 높이가 계산되도록 하였다. 이를 통해 얻어진 데이

터는 디버링(deburring)작업과 버의 형상 분류를 통한 효율적 드릴링 가공기술 개발에 도움이 될 것이다. 또한 여기에 적용된 기술은 버 측정뿐만 아니라 다른 가공물 측정에도 적용 가능할 것으로 보인다. 현재 개발된 시스템에서 XY table 고유의 진동에 의한 문제로 마이크로 버의 측정에는 한계가 있으나 고정밀 table 인 CMM 에서의 실험 결과 마이크로 버의 측정도 완벽히 수행될 수 있음을 확인할 수 있었다. 따라서, 현재의 측정 시스템에서 XY table 에 의한 진동문제만 해결된다면 보다 효율적이고 정밀한 측정시스템이 될 수 있을 것이다. 향후 이러한 보완 작업들이 지속적으로 수행될 것이다.

## 후 기

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

## 참고문헌

1. Sung-Lim Ko, "Development of Burr Measurement System using Laser and It's Application," Proceedings of 6th Int. Conference on Precision Surface Finishing and Deburring Technology, St.Petersburg, Russia, Sep. 5-7, 2000, pp101-123.
2. Hecht, "Optics," Addison-wesley.
3. Won-sub Kim, Sung-Lim Ko, "Development of Effective Measurement Method for Burr Geometry," Journal of KSPE, Vol .20/6/2003 to be appeared.
4. Conoprobe Sensor Catalog.
5. P. M. Lonardo, D. A. Lucca, and L. De Chiffre, "Emerging Trend n Surface Metrology," Annals of the CIRP Vol. 51/2/2002
6. Sirat, G.Y., "Conoscopic holography," SPIE vol.523 Application of holography, 1985