

CCD를 이용한 인프로세스 표면형상의 계측

In-process Measurement of Surface Profile using CCD

이기용(부산대 원), 강명창(부산대 기계기술연구소),
이득우, 김정석(부산대 ERC/NSDM), 허수성, 조인순(In-tech)
Ki-yong Lee(Graduated School, Pusan Univ.), Myeong-chang Kang(RIMT, Pusan Univ.),
Deuk-woo Lee, Jeong-suk Kim(ERC/NSDM, Pusan Univ.), Su-Seong Heo, In-Sun Jo(In-tech)

Abstract

Surface Profile is an important parameter to evaluate accuracy of machined workpiece. It is necessary to acquire this data by in-process measurement. Recent researchers have introduced Machine Vision technique to achieve it. But it is difficult to apply it to industry field yet. In this study, in-process measuring system of surface profile is developed using CCD camera. The effect of illuminance according to incident angle is investigated and surface profile from surface tester and illuminance graph are compared experimentally.

Key Words : In-process, Machine Vision, CCD Camera, Surface Profile, Illuminance, Optical Fiber

1. 서 론

일반적으로 가공물의 정밀도를 평가하기 위해서는 가공후 표면거칠기 및 표면형상을 탐촉식 표면조도계나 레이저 센서 등 광센서를 이용하여 계측기에서 연산을 통해 결과를 도출하는 방법 등이 사용되고 있는데⁽¹⁾ 이는 가공이 끝난 후 측정이 가능하다는 점과 가공기로부터 분리하여 계측기에 재설치해야 하므로 부가적인 노력과 시간이 필요한 단점을 가지고 있다. 따라서 정밀한 제품의 생산시 가공중(In-process) 가공물의 정밀도를 측정해야 할 필요성이 부각되고 있다.

가공중에 가공물의 표면거칠기 및 형상을 측정하기 위해 비접촉 계측기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.^(2,3) 또한 최근 머신비전(Machine Vision)의 개념이 계측에 도입되고 있는데, 머신비전이란 기계에 인공의 시각과 이미지의 처리, 해석, 이해 기능을 부가한 것으로 비접촉 계측기술의 현실화된 형태라고 볼 수 있다.⁽⁴⁾

본 연구에서는 머신비전의 한 형태로서 표면형상의 인프로세스 계측을 위해 시각부로 사용하는 CCD(Charge Coupled Device) 카메라 및 광섬유 조명을 주축에 설치하여 실험하였으며, 조명의 입사각에 따른 표면정보의 변화, 표면형상이 측정결과와

신뢰도에 미치는 영향을 살펴보았다.

2. 실험장치 및 구성

본 연구에서는 인프로세스 계측을 위해 지그를 제작하여 CCD 카메라와 광섬유 조명을 주축에 설치함으로써 공구가 가공한 면을 뒤따라 움직이며 측정이 가능하도록 실험장치를 구성하였다. 본 연구에 사용한 실험장치 및 제원을 Fig. 1과 Table 1에 나타내었다.

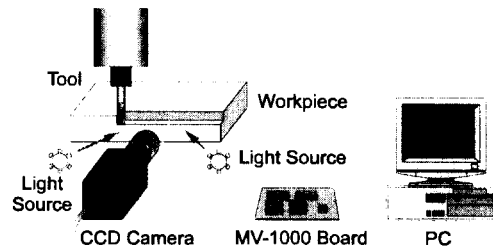


Fig. 1 Experimental Setup

Table 1 Specifications of Experimental Devices

Device	Specification
CNC Machining Center	Makino V55
CCD Camera	Pulnix TM9701
Light Source	Optical Fiber
Frame Grabber	MV-1000 Board
Lens	× 20

CCD 카메라에서 측정된 영상신호는 Frame Grabber를 통해 PC 상으로 입력하고 이미지 프로램 (Optimas)을 통해 이미지의 픽셀(Pixel)당 조도 (Illuminance)에 따라 0~255 단계로 계산하여 그래프를 나타내었다.

3. 실험결과 및 고찰

조명의 입사각이 표면정보를 획득하는데 미치는 영향을 살펴보기 위해 회주철(GC250)을 6날 초경 엔드밀($\phi 10.2\text{mm}$)로 가공하였을 경우 탐촉식 표면조도계와 이미지 처리를 하여 측정된 결과를 Fig. 2에 비교하여 나타내었다. 이 때 주축회전속도는 11,000rpm, 이송속도는 2200mm/min, 축방향 및 반경방향 절삭깊이는 각각 27mm, 0.03mm 이며 입사각 α 는 조명의 방향과 표면이 이루는 각이다.

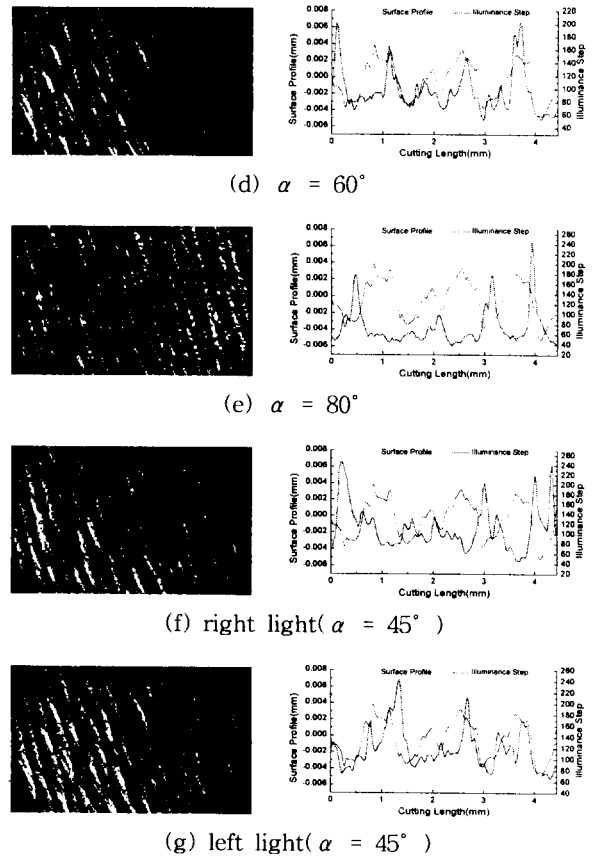
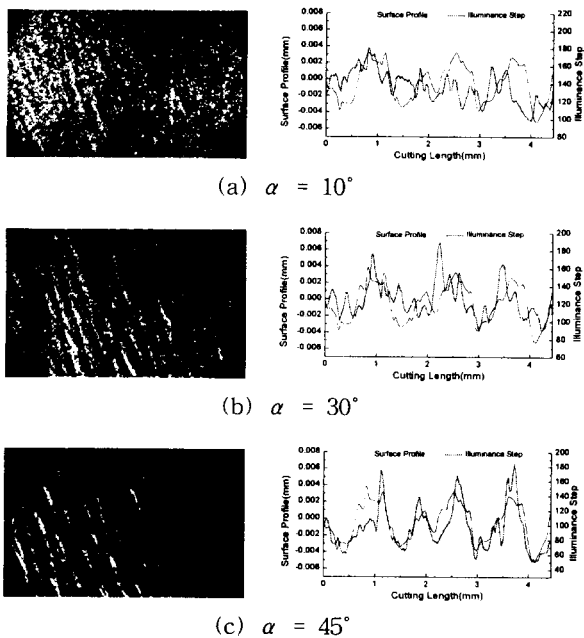


Fig. 2 Surface Image and Profile Graph according to Incident Angle α

본 실험조건으로 절삭한 결과 가공물의 표면에 뚜렷한 체터마크(Chatter Mark)가 보였으며, 탐촉식 표면조도계를 사용하여 표면 윤곽(Surface Profile)을 측정된 결과 약 1mm의 주기를 가진 슬라이트 웨이브니스(Slight Waviness)가 발생한 것을 관찰할 수 있었다.

일반적으로 조명에 있어서 주의해야 할 점은 그림자가 생기지 않도록 하는 것과 측정범위에 균일한 광도(Luminous Intensity)로 조명하는 것이다. 그림자가 생기지 않도록 하기 위해서는 조명의 입사각이 표면과 90° 를 이루어야 하며 이를 위해서는 빔 스플리터(Beam Splitter) 등을 이용해야 하는데, 본 실험에서는 광원을 2개 사용함으로써 그림자 발생을 방지하고자 했다.

조명의 입사각에 따라 CCD로 측정된 표면 영상은 Fig. 2로부터 $\alpha=10^\circ$ 일 때를 제외하곤 슬라이트 웨이브니스가 발생했음을 알아볼 수 있지만, 탐촉식

표면조도계의 측정부위를 픽셀의 조도에 따라 그래프로 나타내면 $\alpha=10^\circ$, $\alpha=80^\circ$, 오른쪽 조명일 경우 탐촉에 의한 측정결과의 웨이브 형상 및 위치와 전혀 일치하지 않을 뿐만 아니라 주기성도 찾기 어렵다. 전체적으로 조도 그래프(Illuminance Graph)는 탐촉에 의한 측정결과보다 날카로운 피크(Peak) 모양을 가지며, 조명의 입사각에 따라 패턴이 크게 달라지므로 측정형상에 따라 적절한 입사각을 설정할 필요가 있다.

본 실험에서는 표면의 웨이브 형상 및 위치를 비교하여 본 결과 $\alpha = 45^\circ$ 일 경우 탐촉에 의한 측정결과와 가장 근사한 것으로 사료된다.

Fig. 3은 금강강(STD11)을 4날 초경 엔드밀($\phi 10\text{mm}$)로 가공하였을 경우 CCD 카메라로 측정한 영상이다. 이 때 주축회전속도는 1,000rpm, 이송속도는 50mm/min, 축방향 및 반경방향 절삭깊이는 각각 10mm, 1mm 이다.

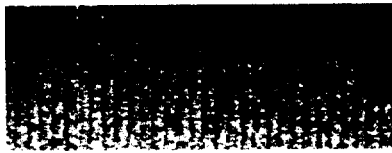
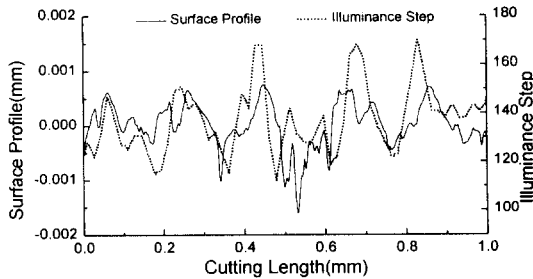
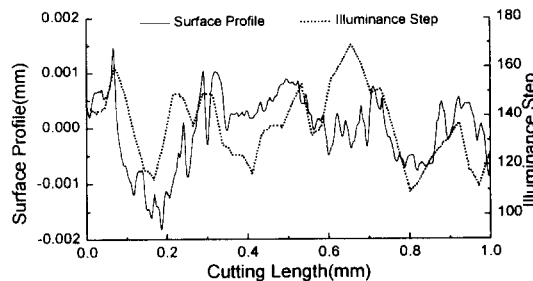


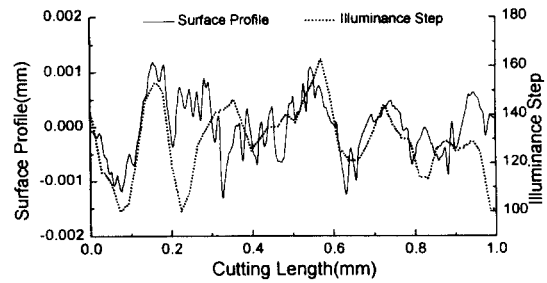
Fig. 3 Image of Machined Surface (Measuring Length = 5mm)



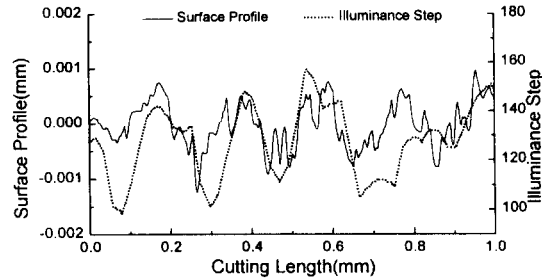
(a) Measuring start point = 0mm



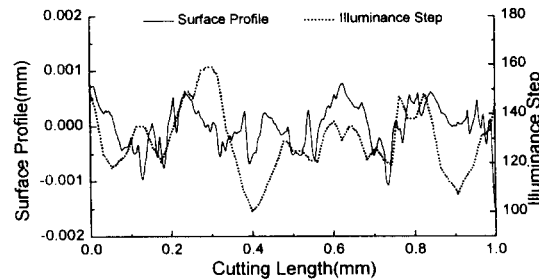
(b) Measuring start point = 1mm



(c) Measuring start point = 2mm



(d) Measuring start point = 3mm



(e) Measuring start point = 4mm

Fig. 4 Surface Profile and Illuminance Graph along Different Measuring Line ($\alpha = 45^\circ$)

이 경우, 앞의 가공물 표면처럼 뚜렷한 채터 마크가 눈으로는 확인되지 않았지만 Fig. 3과 같이 CCD를 통해 획득한 영상에서는 일정한 주기의 슬라이트 웨이브니스를 관찰할 수 있다.

Fig. 3의 이미지 파일로부터 조도를 계산한 결과와 탐촉에 의한 표면형상 측정결과를 Fig. 4에 비교하여 나타내었다. 이 때 전체 측정길이 5mm를 1mm씩 나누어서 순차적으로 비교하였다.

탐촉에 의한 측정결과를 살펴보면 주기 0.2mm 정도의 슬라이트 웨이브니스가 보이고 그 크기는 $2\mu\text{m}$ 를 넘지 않아 Fig. 2의 실험결과 나타난 웨이브 크기의 약 1/4 정도이다.

전체적으로 조도 그래프와 탐측에 의한 측정결과는 주기적인 형상이 유사함을 볼 수 있다. 반면 탐측에 의한 측정결과는 저주파의 웨이브에 고주파의 웨이브가 실려 있고 조도 그래프에서는 거의 저주파의 웨이브만 나타나는데 이는 데이터 갯수에 의한 차이이다. CCD를 사용해 측정한 이미지 파일의 한 픽셀은 약 $20\mu\text{m}$ 정도의 길이를 가지므로 1mm에서 추출할 수 있는 데이터 수는 50개에 불과해 고주파의 웨이브가 앨리어싱 효과(Eliasing Effect)에 의해 사라진 것으로 사료된다.

Fig. 2와 Fig. 4로부터 조도 그래프는 슬라이트 웨이브니스의 크기에 크게 영향을 받지 않고 웨이브의 형상과 위치를 잘 나타내고 있음을 알 수 있다. 조도 그래프를 통해 표면 웨이브의 정량적인 값을 구하기 위해서는 조도 단계(Illuminance Step)를 실제 길이 단위로 캘리브레이션하는 작업이 필요하며 이는 차후 수행할 계획이다.

4. 결 론

CCD를 이용한 인프로세스 표면형상의 계측을 수행하였다. 조명의 입사각이 표면정보를 획득하는데 미치는 영향을 조사해본 결과 조도 그래프는 광원을 2개 사용하고 입사각이 45° 일 경우 탐측에 의한 측정결과와 표면의 웨이브 형상 및 위치가 거의 일치하였다. 웨이브의 크기가 약 $8\mu\text{m}$, $2\mu\text{m}$ 일 경우 조도 그래프를 비교해본 결과 웨이브의 크기에 크게 영향을 받지 않고 웨이브의 형상 및 위치를 잘 나타내었다.

참고문헌

- (1) 이정구, 기계가공 계측기술, 기전연구소, 1995
- (2) M. Shiraishi, A Consideration of Surface Roughness Measurement by Optical Method, Trans. ASME. Journal of Engineering for Industry, Vol. 109, pp.100-105, 1987
- (3) D. J. Whitehouse, Comparison between stylus and optical method for measuring surfaces', Ann. CIRP, Vol 37, pp649-653, 1988
- (4) E. R. Davies, Machine Vision, Academic Press, 1997