

## LASER BEAM을 이용한 金屬表面의 粗度測定에 關한 研究 On the Metallic Surface Roughness Measurement by Laser Beam

김 희 남\* 전 영 식\*\* 구 만 서\*\*\*  
Hee Nam Kim, Young Sik Jeon, Man Se Gu

### ABSTRACT

A new technique for the measurement of surface roughness based on the intensity fluctuations of laser light backscattered from a moving surface has been introduced.

This paper reports a method of measuring surface roughness using coherent optics and interferometry. Included are both the theory of the technique and experimental verification. The range of surface roughness which can be accurately measured by this method is also reported.

### 1. 서 론

초정밀 가공분야에는 경질금속 소재가 많이 이용되고 있다. 이들의 가공면 형상을 평가하는 방법으로서 종래의 촉침식 방법은 표면을 손상시키는 일이 있기 때문에 대응할 수 있는 경우가 많아지고 있다.

이와 같은 필요에 의해서 최근 직접검출을 이용하는 광촉침법이 연구되어 상품으로도 이용되고 있다.

광학적인 방법에 의해 불투명한 물질의 표면거칠기를 결정하기 위한 방법은 이미 Robert A. Sprague, W.B. Ribbens, C. R. Munnerlyn의 여러 사람<sup>(1-10)</sup>에 의해 연구되었으나, 아직도 충분한 정량적인 검토가 이루어 졌다고 볼 수 없다. 또한 광 Skid법을 이용한 연구는 거의 이루어 지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 시편의 이송속도와 입사광속의 지름을 변화시킬때 이들이 표면거칠기에 미치는 영향을 알고 한개의 입사광속을 쓰던 것을 두개의 광속으로 쓸 수 있는지의 예비절차를 밝히는 것이 이 논문의 목적이다.

이 방법은 비파괴적이며 거의 매끄러운 표면의 거칠기 측정에 있어서 가장 적용이 잘 될 것이며, 그 적용성은 표면의 매끄러움에 비례하여 증가하며,

\*正會員 : 명지대학교

\*\*正會員 : 유한공업전문대

\*\*\*正會員 : 명지대학교

표면거칠기 측정에 대한 이 방법은 바늘 자체의 측정한계에 근사하거나 이하의 거칠기를 가진 표면에 대해 적용되는 stylus method와 광촉침법의 보충으로 생각된다. 더우기 이 방법은 초정밀 가공 표면에 정확한 접촉기구로 측정할 수 없는 표면에 대해서 적용되리라 생각된다.

전압치의 지시가 표면거칠기에 지시되도록 계가 형성되고 있다.

## 2. 실험방법 및 장치

### 2.1 측정계 구성

본 실험에 사용한 미소 금속 가공품의 표면 거칠기 측정에 대한 실험장치의 개요도를 Fig.1에 도시 했으며 Fig.2는 그 사진이다. 또 Fig.3은 laser head와 보조장치로 구성된 본 실험장치에 대한 측정계에 block diagram을 표시한 것이다.

측정계의 교류전원은 115V-60Hz이며 이 계에서의 laser출력은 7mW였다. Laser 광속은 검사면에서 반사된 다음 광분리기를 거쳐 광검출기로 들어가는데 여기서 시편의 표면거칠기의 차에 따른 에너지가 검출되고 이것이 다시 전압으로 변환되며

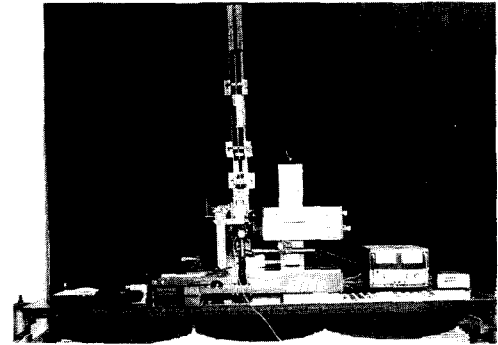


Fig.2 Layout of experiment system

### 2.2 실험방법

Laser head에서 발사되는 광속은 광분리기를 거쳐 광검출기로 입사된다. 이것은 전압계에서 전압으로 변환시킨후 아날로그 측정신호를 이용하여 디지털 표면평가를 하기 위하여 컴퓨터 인터페이

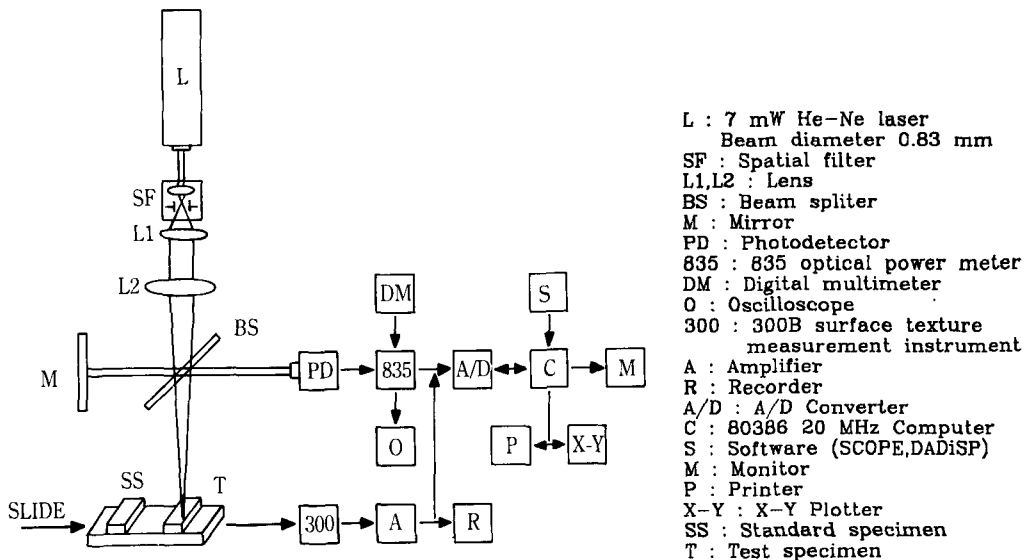


Fig.1 Measuring system of surface roughness

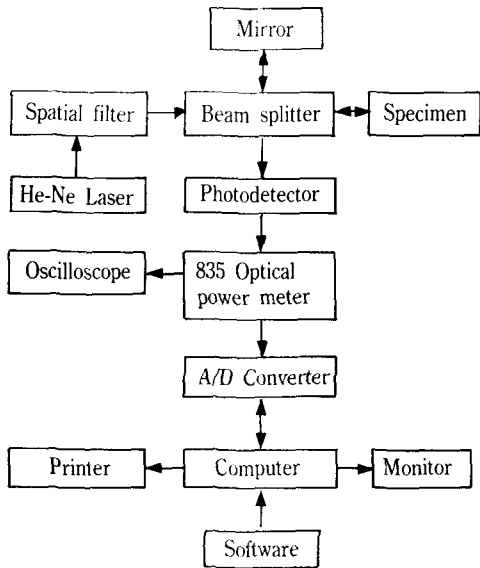


Fig.3 Block diagram of measuring system

Table 1 Working condition of surface roughness (SM45C)

Surface roughness ( $\mu$ Rmax)	Tracing speed (mm/sec)	Beam spot diameter (mm)	Laser spot
1.8	0.03	0.1	Optical stylus
1.9			
2.0			
2.3			
2.4			
2.5	0.12	0.5	Optical skid
2.7			
3.0			
3.1			
3.2			
3.9			
4.0			
4.8			
5.0			

스를 구성한다. 거칠기 곡선 신호와 단면곡선 신호를 12bit A/D변환기를 통해 디지털 형태로 변환한후 마이크로 컴퓨터의 메모리에 저장된다. 이 메모리에 저장된 측정자료들은 표면평가를 위해 제어되는 인텔 80386 CPU에 의해 처리된후 그래픽 디스플레이를 통해 표시된다. 또 산출된 거칠기 변수들과 단면곡선 그래프를 마이크로 컴퓨터의 주변기기인 프린터를 통해 기록된다.

본 실험에서는 표면거칠기 측정기인 surfcom 300 B를 사용하여 시편의 이송속도를 0.03, 0.06, 0.12, 0.3, 0.6, 1.5, 3.0mm/sec로 변환 선택하였고 입사 광속의 지름은 광 축침인 0.1mm와 광 스키드인 0.5, 1.0, 2.0, 4.0mm로 채택하였다. Tabel 1은 laser 광속을 이용한 금속표면의 표면거칠기 측정의 실험 조건을 나타낸 것이다.

2.3 실험장치

본실험에서 사용된 측정기기는 다음과 같다.

- 1) Laser : Laser 발진기(HUGES 3027 H-P) 7.0 mW linear polarization He-Ne laser이며, 사용 전원 115V-50~400Hz, 파장 6328Å(적색).
- 2) 광 검출기 : Laser Pico-Watt Digital Power Meter (M835-SL-04).
- 3) 표면거칠기 측정기 : Tokyo Semitsu Co. LTD Model Surfcom 300B.

Table 2 Mechanical properties and chemical composition of specimen (SM45C)

a) Mechanical properties

Material	Yielding strength (kgf/mm <sup>2</sup> )	Tensile strength (kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Hardness (H <sub>RB</sub> )
SM45C	42	56	21	91

b) Chemical composition (% wt)

Material	C	Si	Mn	P	S	Fe
SM45C	0.45	0.25	0.78	0.03	0.035	Balance

- 4) A/D변환기 : 16channels, 12bits, HADC574Z converter, 0.015% of reading  $\pm$  1bit accuracy, conversion speed 30KHz max, linearity  $\pm$  1bit.
- 5) Computer : IBM 호환기종, CPU Intel 80386 20MHz, Intel 80387 math-coprocessor, RAM 4 MB.

6) 시편

가) 재질

본 실험에 사용된 재료는 구조용탄소강(SM45C)이며 이들의 기계적 성질과 화학적 성분은 Table 2과 같다.

나) 형상과 치수

전가공으로 연삭가공하여 최대높이 거칠기가 1.8  $\mu$ Rmax ~ 5.0 $\mu$ Rmax로 가공하였으며, 시편의 형상과 치수는 Fig.4이고, Fig.5는 본 실험에 사용된 시편들이다.

다) 표면거칠기 측정

측정기는 Surfcom 300B (Tokyo Semitsu Co. LTD)를 사용하였으며 Cut off R 0.8mm, Traversing length 2.5, Range 2K로 하였으며 또한 매 연삭후 표면거칠기 값을 측정하였다.

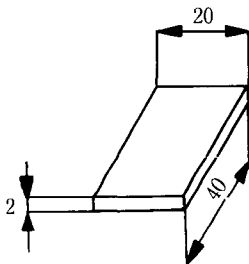


Fig.4 Dimension of test specimen

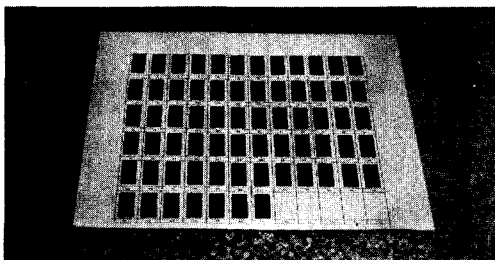


Fig.5 Configuration of test specimens

3. 실험결과 및 고찰

3.1 시험편의 이송속도가 표면거칠기 측정에 미치는 영향

시편의 이송속도 변화에 따르는 표면거칠기의 변화를 알아보기 위하여 시편의 이송속도를 0.03, 0.06, 0.12, 0.3, 0.6, 1.5, 3mm/sec로 변화시켜 주었으며 이들의 결과를 Fig.6~Fig.12에 나타내었다.

이때 입사광속의 지름은 광축침인 0.1mm와 광스키드인 0.5, 1, 2, 4mm인 5가지로 하였으며, 임의의 표면거칠기는 1.8, 1.9, 2.0, 2.3, 2.4, 2.5, 2.7, 3.0, 3.1, 3.9, 4.0, 4.8, 5.0 $\mu$ Rmax 로 되도록 하였다.

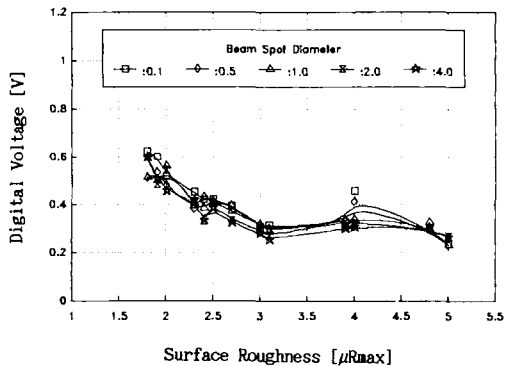


Fig.6 Digital Voltage vs. Surface Roughness (Tracing Speed : 0.03mm/sec)

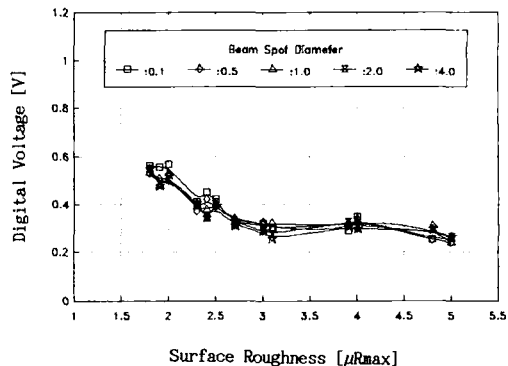


Fig.7 Digital Voltage vs. Surface Roughness (Tracing Speed : 0.06mm/sec)

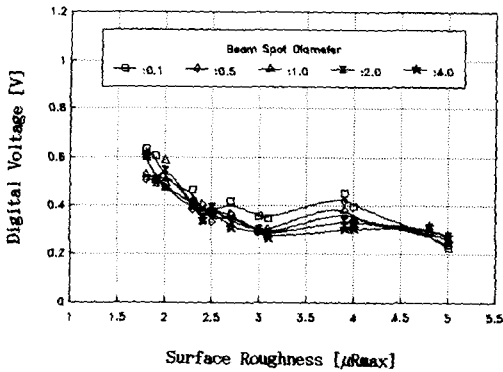


Fig.8 Digital Voltage vs. Surface Roughness (Tracing Speed : 0.12mm/sec)

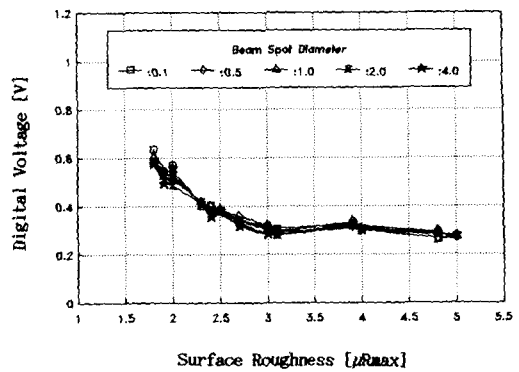


Fig.11 Digital Voltage vs. Surface Roughness (Tracing Speed : 1.50mm/sec)

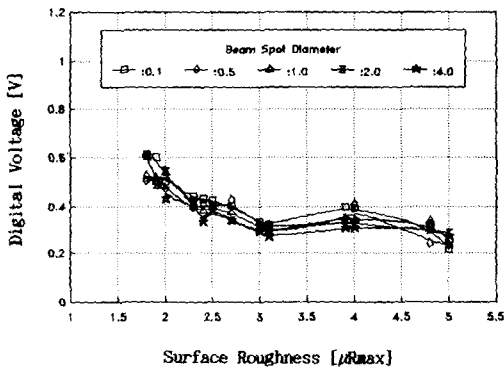


Fig.9 Digital Voltage vs. Surface Roughness (Tracing Speed : 0.30mm/sec)

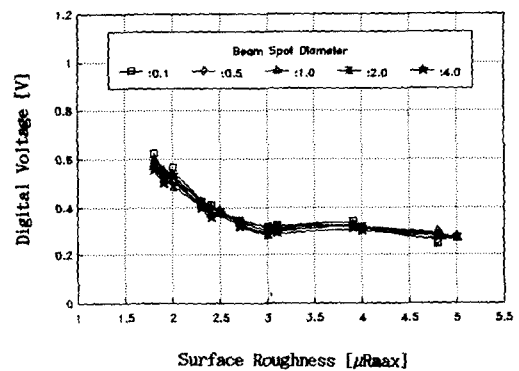


Fig.12 Digital Voltage vs. Surface Roughness (Tracing Speed : 3.00mm/sec)

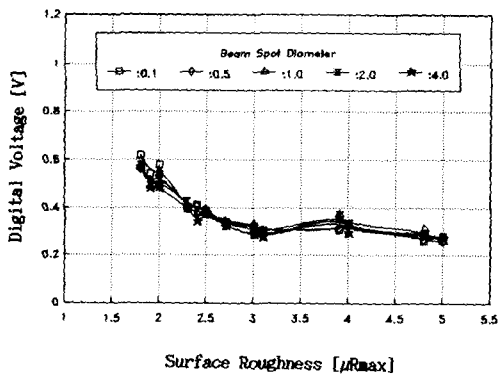


Fig.10 Digital Voltage vs. Surface Roughness (Tracing Speed : 0.60mm/sec)

Fig.6, 7, 8, 9에서 알 수 있듯이 표면거칠기가 1.8  $\mu R_{max}$  ~ 3 $\mu R_{max}$ 까지는 입사광속의 지름에 따라 전압의 차가 커지며, 표면거칠기가 3.1 $\mu R_{max}$  ~ 5  $\mu R_{max}$ 까지는 입사광속의 지름에 따라 전압의 차는 적으나 불규칙하게 나타나고 있다. 이는 시편의 이송속도가 0.03mm/sec~0.3mm/sec 범위에서는 측정의 오차가 심하므로 이 영역에서의 표면거칠기 측정은 불가능하다.

Fig.10, 11, 12에서는 표면거칠기가 1.8 $\mu R_{max}$  ~ 3  $\mu R_{max}$ 까지는 입사광속의 지름에 따라 서로의 전압차가 적으며, 표면거칠기가 3.1 $\mu R_{max}$  ~ 5 $\mu R_{max}$

max까지는 입사광속의 지름에 따라 전압의 차는 적으나 전반적으로 전압이 낮아짐을 알 수 있다. 이는 시편의 이송속도가 0.6mm/sec~3mm/sec 범위에서는 전압의 오차가 적으므로 표면거칠기 측정이 가능함을 알 수 있다.

본 실험에서 이송속도가 0.03mm/sec~3mm/sec로 변환 측정시 이송속도가 낮을수록 표면거칠기 측정에 불완전한 전압의 변화를 볼 수 있었으며 이송속도가 클수록 전압의 안정을 볼 수 있었다.

본 실험에서 표면거칠기 측정의 최적조건은 입사광속의 광축침이 0.1mm 일때와 광스키드 0.5mm~1mm 일때가 표면거칠기 1.8 $\mu$ Rmax ~ 3 $\mu$ Rmax 범위에서 비례 증가함을 볼 수 있었다.

### 3.2 입사광속의 지름이 표면거칠기에 미치는 영향

입사광속의 지름 변화에 따른 표면거칠기의 변화를 알아보기 위하여 입사광속의 지름은 0.1, 0.5, 1, 2, 4mm로 변화시켜 주었으며 이들의 결과를 Fig. 13~Fig.17에 나타내었다.

이때 시편의 이송속도는 0.03, 0.06, 0.12, 0.3, 0.6, 1.5, 3mm/sec의 7가지로 하였다.

Fig.13은 광축침법에 의한 입사광속의 지름 0.1mm 일때 시편의 표면거칠기는 1.8  $\mu$ Rmax ~ 3 $\mu$ Rmax에서 시편의 이송속도가 0.6, 1.5, 3mm/sec에 따라 전압은 비례 증가하며, Fig.14, 15, 16, 17의 광스키드법은 입사광속의 지름 0.5, 1, 2, 4mm 중

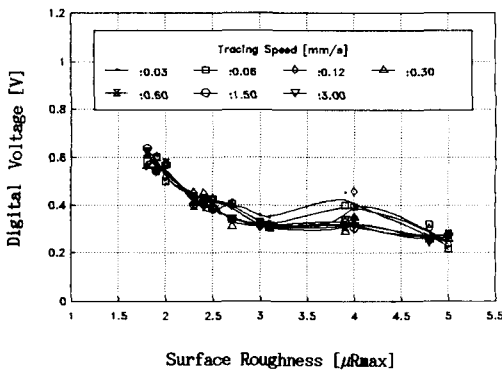


Fig.13 Digital Voltage vs. Surface Roughness (Beam Spot Diameter : 0.1mm)

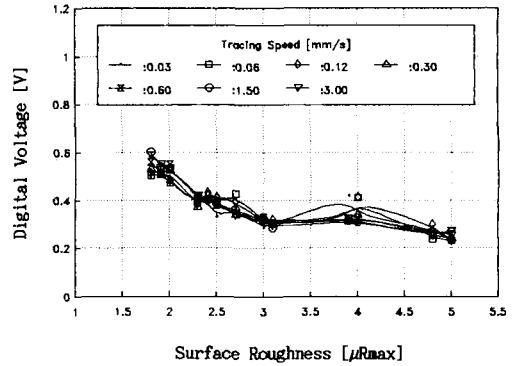


Fig.14 Digital Voltage vs. Surface Roughness (Beam Spot Diameter : 0.5mm)

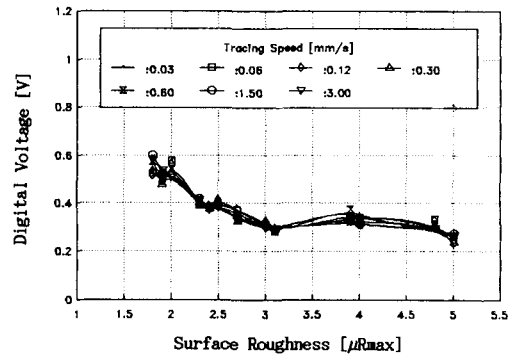


Fig.15 Digital Voltage vs. Surface Roughness (Beam Spot Diameter : 1.0mm)

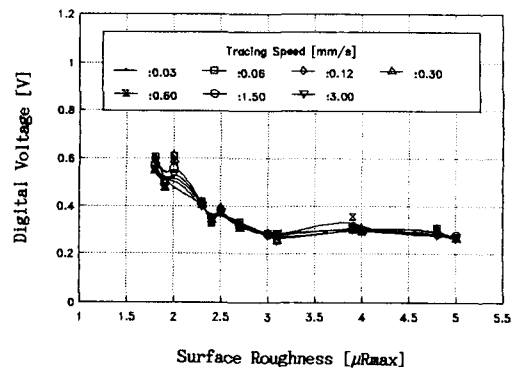


Fig.16 Digital Voltage vs. Surface Roughness (Beam Spot Diameter : 2.0mm)

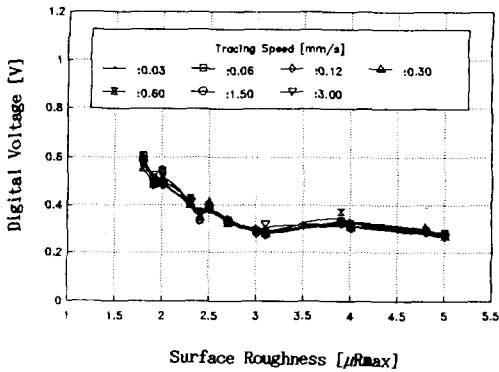


Fig.17 Digital Voltage vs. Surface Roughness (Beam Spot Diameter : 4.0mm)

에서 0.5, 1mm 일때 시편의 표면거칠기는  $2.3\mu R_{max} \sim 3.1\mu R_{max}$  에서 시편의 이송속도 0.6, 1.5, 3 mm/sec에 따라 전압이 비례 증가함을 알 수 있다.

Fig.14, 15, 16, 17은 표면거칠기가  $1.8\mu R_{max} \sim 3\mu R_{max}$ 까지는 이송속도의 변화에 따라 전압차는 입사광속지름 0.5, 1, 2, 4 순으로 나타나나 종종 2, 4mm에서는 전압의 차가 바뀔을 알 수 있었다. 표면거칠기 측정시 광스키드의 영역은 0.5, 1mm로 할때가 가장 좋음을 알 수 있었다. 이는 입사광속 지름이 작을수록 샘플링 횟수가 많아지지만 정밀 측정을 할 수 있으며 입사광속 지름이 클때는 횟수가 적어지고 또한 겹치는 상태가 되므로 안정된 표면 거칠기를 측정할 수가 없다.

본 실험의 결과로 볼 때 실험중 입사광속 지름의 최적조건은 광축침인 0.1mm 일때 오차범위가 적지만 입사광속 지름이 2, 4mm 일때는 오차의 범위가 커짐을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구는 laser beam을 사용한 광학적인 방법에 의해서 금속의 표면거칠기를 대상으로 실험적인 방법에 의해서 이들의 표면거칠기를 측정된 결과 다음과 같다.

(1) 금속 표면거칠기에 대한 측정 및 검사에 관한 계측기는 beam의 반사량의 검출, 즉 거칠기의 결

정과 표면상태를 관측할 수 있다는 점은 비교검사에 있어서 효과적이라 볼 수 있다.

(2) 표면거칠기 측정에 있어서 일반 광학적 Projector에 비해 실험계의 광원은 회절현상이 매우 적고 예리한 지향성 때문에 표면거칠기의 윤곽을 더욱 고정도로 측정할 수 있었다.

(3) 표면거칠기와 반사광속의 크기에 대한 의사 전압치는 시험편의 이송속도 3.0mm/sec 일때와 입사광속의 지름이 광축침인 0.1mm와 광스키드인 0.5, 1mm 일때 표면거칠기  $1.8\mu R_{max} \sim 3\mu R_{max}$ 에서 거의 선형을 나타낸다.

(4) 광축침법과 광스키드법의 최적 입사광속 지름의 선정은 움직이는 시편의 표면거칠기 측정을 위한 측정시스템 설계에 유용할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- 1 C. R. Munneryn and Milton Latta, Rough surface interferometry using a CO<sub>2</sub> laser source, Applied Opt, Vol.7, No.9, September 1968.
- 2 William B. Ribbens, Interferometric surface roughness measurement, Applied Opt, Vol.8, No.11, November 1969.
- 3 W. B. Ribbens, Surface roughness measurement by holographic interferometry, Applied Opt, Vol. 11, No.4, April 1972.
- 4 Robert A. Sprague, Surface roughness measurement using white light speckle, Applied Opt, Vol. 11, No.12, December 1972.
- 5 W. Jaerisch and G. Makosch, Optical contour mapping of surface, Applied Opt, Vol.12, No.7, July 1973.
- 6 B. P. Hildebrand, R. L. Gordon, and E. V. Allen, Instrument for measuring the roughness of supersmooth surface, Applied Opt, Vol.13, No.1, January 1974.
- 7 T.V. Vorbuerger and K. C. Ludema, Ellipsometry of rough surfaces, Applied Opt, Vol.19, No.4 1980.
- 8 Osuk Kwon, J. C. Wyant and C. R. Hayslett,

- Rough surface interferometry at 10.6  $\mu$  m, Applied Opt, Vol.19, No.11, 1980.
- 9 M. Gyimesi, Peter Richter and Emore Lorincz, Derivation of surface macroroughness parameters of a interferometric measurement Applied Opt, Vol.27, No.5, March 1988.
- 10 Ken-ichi ohtsuka, Simple polarization shearing interferometry for a microscope, Applied Opt, Vol.27, No.6, 1988.