

# 레이저를 이용한 비접촉식 표면거칠기 측정방법에 관한 연구

안인석\*, 최성주\*\*, 이우영\*\*, 김국원\*\*\*

\*한국기술교육대학교 기계공학과 대학원,

\*\*한국기술교육대학교 기계정보공학부

\*\*\*순천향대학교 기계공학부

## A Study on the Noncontact Surface Roughness Measurement Method using LASER

In-Suk Ahn\*, Sung-Joo Choi\*\*, Woo-Young Lee\*\*, Kug-Won Kim\*\*\*

### 요 약

본 논문에서는 비접촉식 표면거칠기 측정 방법에 관하여 접촉식과 비교 평가함으로써 신뢰성을 확인하였으며, 비교측정하기 위하여 시편을 제작하고 접촉식 방법과 비접촉식 방법으로 측정하고 비교 분석하였다. 분석 결과 접촉식에 비해 비접촉식의 측정에서의 값은 신뢰할 수준으로 판단되었다.

### 1. 서론

오늘날 첨단과학기술의 발전과 더불어 생산 공정 자동화의 세계적 추세는 통합적이며 종합적인 방향으로 지향하고 있으며, 확대 적용되고 응용되고 있다. 고정밀화 및 고정확성을 갖는 자동화시스템을 요구하게 되며, 이를 만족하게 하는 고정밀 측정 시스템을 요구하고 있다. 고정밀의 측정시스템은 산업 생산성의 향상시킬 뿐 아니라 환경, 안전에 이르기 까지 적용되고 확산되어 가고 있다. 그리고 자동화와 더불어 정밀 측정 분야는 어려운 작업, 측정 및 분석 분야에서 인간을 대신해 수행함으로써 품질 및 생산성을 향상시킨다는 관점에서 끊임없이 연구되고 발전하고 있다. 많은 정밀부품은 정밀 측정을 요구하고 있고, 접촉식에 비해서 비접촉식의 방법을 요구하고 있다. 이러한 비접촉식 고정밀의 측정 방법에 관한 연구 최근 진행되고 있으며 생산 공정에서 실시간 피드백을 가능하게 하므로 높은 생산성을 갖고 있다. 그러므로 가공물의 정밀 치수 분석과 형상 분석은 점차 강조되고 있어서 최근 센서와 측정기술과의 상관관계의 중요성이 점차 증대되고 있다.

가공물의 가공형상 측정기술은 공작물의 가공중 형상치수의 측정과 계측에 대한 자동화기술의 필요성이 증대됨에 따라 여러 가지 원리를 응용하여 발전되고 있다. 이중 대표적인 방식이 접촉식 측정방법과 비접촉식 측정방법이다. 우선 접촉식 측정방법에는 측정식 방법이 있으며 이는 측침이 직접 표면에 접촉함으로써 인해 측정을 하는 방법이다. 측침이 측정대상물과 직접접촉을 함으로 표면의 형태를 그대로 알 수 있기 때문에 신뢰성을 인정받지만, 표면의 접촉압력이 가해지므로 이로 인한 표면의 손상을 우려할 수 있다.

이로 인해 현재는 비접촉 측정방법이 주목을 받고 있다. 비접촉 방법은 파괴 역학 분야에서 크랙 개구단부(COD)의 변위량 측정, 주행 중인 차량 바퀴의 얼라이먼트(alignment) 계측에 이용되는 등 그 응용범위가 접촉식에 비해 훨씬 넓다.

본 연구에서는 접촉식 방법으로 정밀 변위 측정용 레이저 센서를 사용하고 접촉식 방법과 비접촉식 방법을 비교 분석하였다.

### 1.1 표면거칠기

표면거칠기(surface roughness)는 가공 과정에서 필연적으로 발생하고 그 모양은 규칙적이거나 불규칙적인 요철을 말한다. 이상적으로 기계 부품이 요철이 없는 표면을 갖도록 제작하는 것은 생산공학적으로 불가능하며, 필요 이상으로 표면을 매끄럽게 다듬는 것은 비경제적이다. 그러므로 기계 부품은 그 사용 목적과 기능에 따라 적절하게 다듬어져야 한다. KS에서 규정하는 표면거칠기 표시 방법에는 중심선 평균거칠기, 최대높이, 10점 평균거칠기 등이 있다. 도면에는 이 중 한가지 방법으로 부품의 표면 거칠기가 지시되어야 한다.

#### 1.2.1 평균선과 중심선

아래 [그림1]에 나타낸 것처럼 단면곡선 또는 거칠기곡선에서 물체의 윤곽에 해당되는 기하학적 형태의 선을 평균선(mean line)이라 한다.

중심선(arithmetical mean line)은 거칠기곡선에서 모든 봉우리의 면적의 합과 모든 골짜기의 면적의 합이 같도록 설정한 이론적인 선이다.

그리고 [그림1]에서 거칠기곡선에서 중심선 위쪽의 부분과 중심선 아래쪽의 부분의 면적은 같다. 평균선과 중심선은 서로 평행하다.

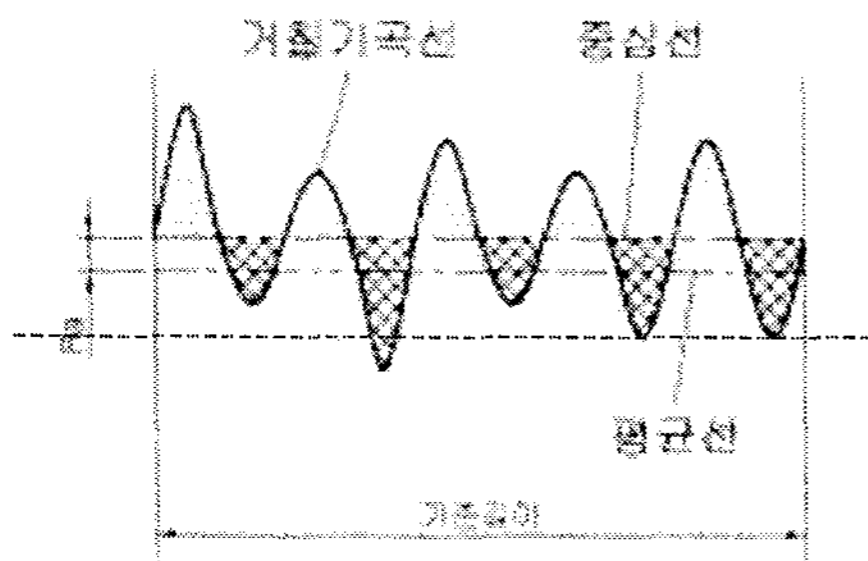


그림 1. 평균선과 중심선

#### 1.2.2 중심선 평균거칠기(Ra)

중심선 평균거칠기(arithmetical average roughness)는 거칠기곡선에서 기준길이 전체에 걸쳐 평균선으로부터 벗어나는 모든 봉우리와 골짜기의 편차 평균값을 표면거칠기로 사용한다. 거칠기곡선에서 중심선이 평균선으로부터 떨어진 거리(Ra)가 중심선 평균거칠기에 해당된다. 중심선 평균거칠기는 가장 많이 사용되는 표면거칠기 표시 방법(parameter)이다.

## 2. 비접촉식 표면거칠기

### 2.1 레이저식 변위센서

#### 2.1.1 레이저를 사용한 반사형 센서의 측정 원리

##### (1) 레이저식 변위 센서의 측정 원리

삼각 측정을 응용한 방식이고 발광 소자와 광위치 검출 소자(PSD)의 조합으로 구성되어 있다. 발광 소자에는 반도체 레이저가 이용되고 있다. 반도체 레이저의 빛은 투광 렌즈를 통하여 집광된 후 측정 대상물에 조사된다. 그리고 대상물에서 확산 반사된 광선의 일부는 수광 렌즈를 지나 광위치 검출 소자 상에 스폿을 이룬다. 대상물이 이동할 때마다 스폿도 이동하므로 이 스폿의 위치를 검출하면 대상물까지의 변위량을 알 수 있다.

##### (2) 표면 반사와 센서 헤드의 구조

대상물체에서 나오는 표면 반사광은 확산 반사 성분과 정반사 성분으로 나누어 생각할 수 있다. 이들 반사광은 대상물체의 재질이나 표면 상태에 따라 달라지고 경면체나 광택이 있는 물체에서는 정반사 성분이, 그리고 일반적인 표면의 물체에서는 확산 반사 성분이 주를 이룬다. 따라서 초고정도 변위계의 경우 대상물체가 경면체나 경면에 가까울 때가 많기 때문에 정반사 성분을 수광하는 센서 구조를 채용하고 있다. 또한 일반적인 물체를 대상으로 하는 변위계의 경우 확산 반사 성분을 수광하는 센서 구조를 채용하여 측정 거리가 보다 길어질 수 있도록 하였다.

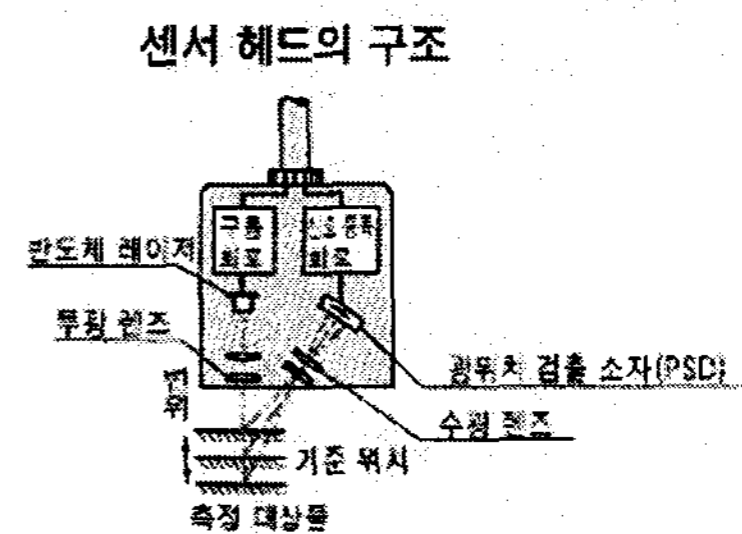


그림 2. 센서헤드의 구조

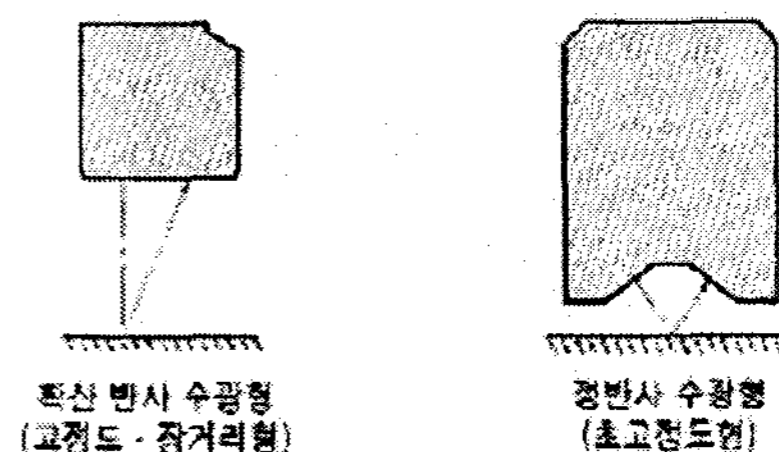


그림 3. 센서헤드의 수광부 형상

### 3. 실험 장치 및 방법

#### 3.1 1차 실험 시편

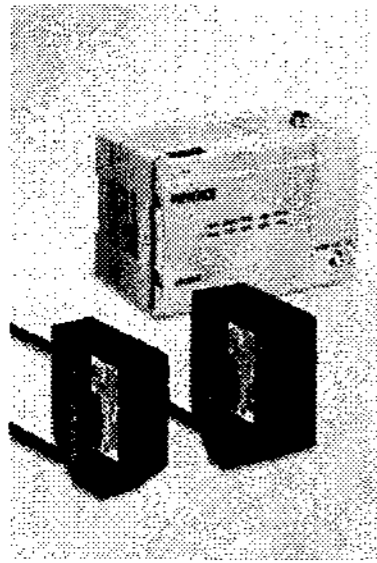
SM25C  
Milling M/C  
Face Cutter  
715rpm  
Depth : 0.5mm  
Feedrate : 15mm/min



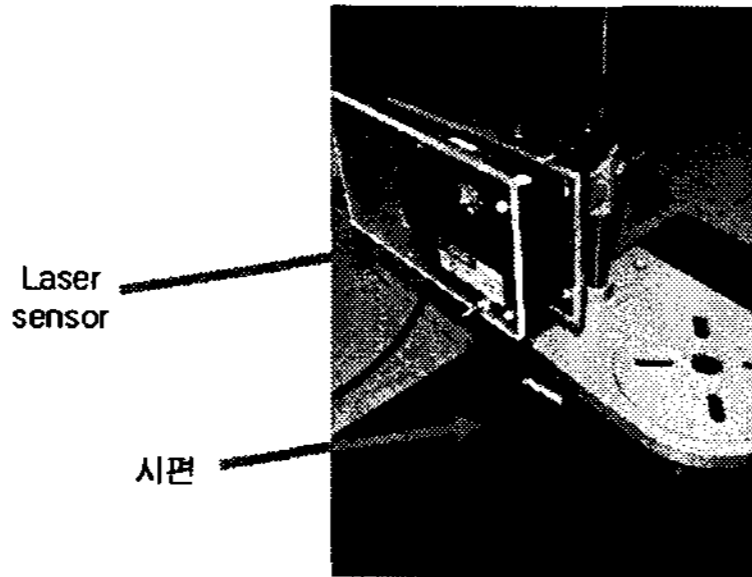
그림 4. 연강시편

#### 3.2 실험장치

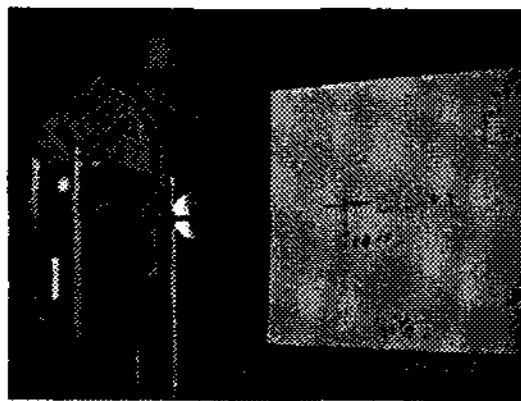
PC  
Data Acquisition Controller  
Laser Sensor(Keyence LK-G80)  
Usb cable  
LK-Navigator



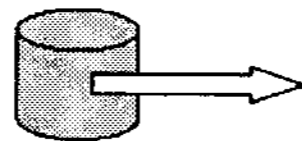
(a)



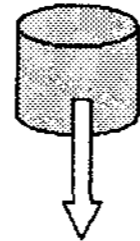
(b)



첫번째는 시편을 좌에서 우로 이동



두번째는 시편을 뒤에서 앞으로 이동

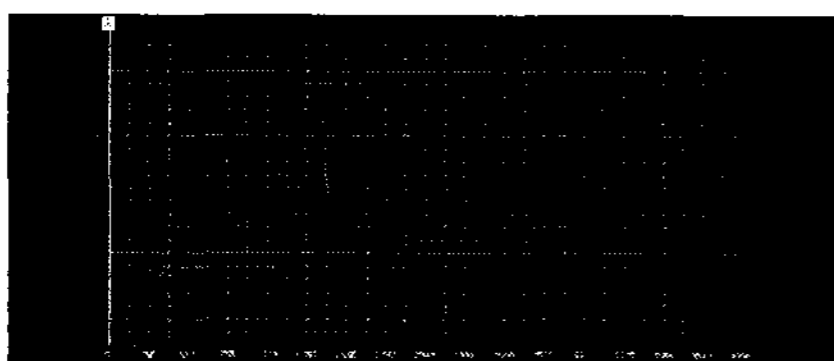


(c)

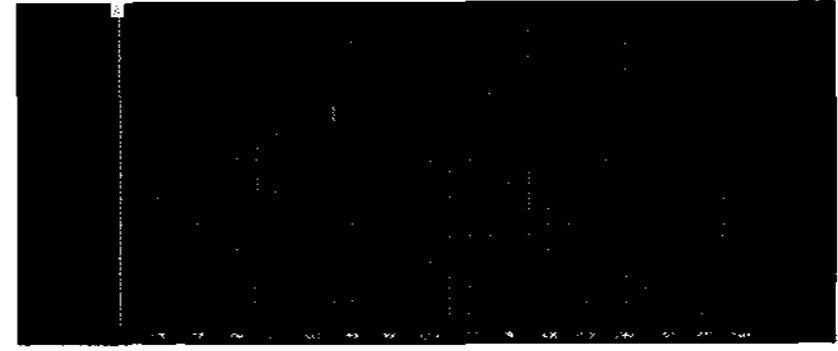
그림 5. 비접촉식 실험장치 및 실험방법

#### 3.3 1차 실험 결과

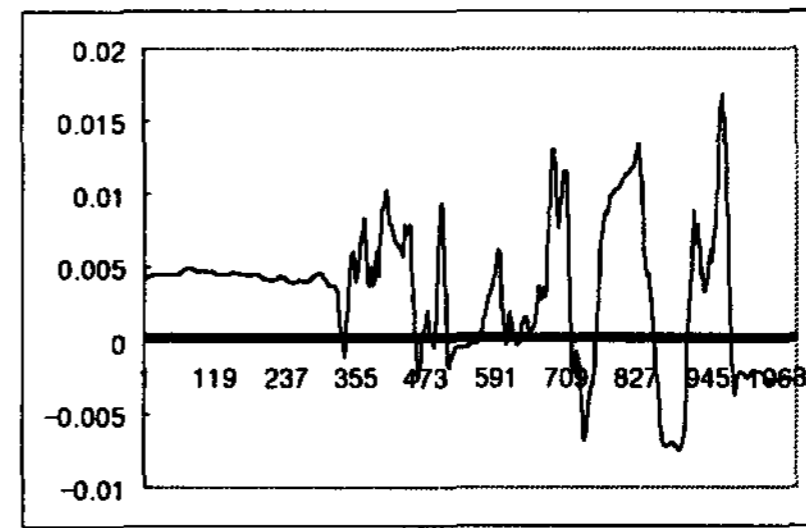
##### 3.3.1 그래프 결과



(a) 좌에서 우로 측정 결과

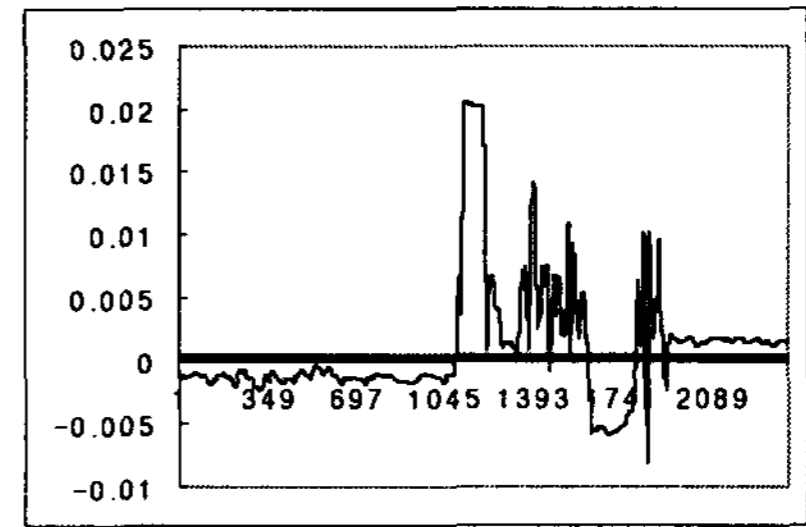


(b) 뒤에서 앞으로 측정 결과  
그림 6. 표면거칠기



Average : 0.003202mm

(a) 좌에서 우로 측정 결과



Average : 0.000988mm

(b) 뒤에서 앞으로 측정 결과  
그림 7. 표면거칠기 1차 결과

#### 3.4 1차 실험 고찰

시편을 왼쪽에서 오른쪽으로 측정 할 때, 초기의 거칠기 값이 큰 폭을 그리다 줄었으며, 뒤쪽에서 앞으로 측정할 때, 거칠기 값이 커졌다.

측정시 손으로 잡고 측정할 때에 흔들림이 발생 가능성이 위와 같은 결과를 보여지는 것으로 판단되며, 또한 손으로 잡고 이동할 때에 초기에 흔들림이 이후에는 줄어 든 것으로 생각된다.

#### 3.5 1차 실험 결과

시편의 표면거칠기는 약  $3\mu\text{m}$ 와  $1\mu\text{m}$  로 밀링머신에서 Face-Cutter를 사용한 면으로는 좋은 결과를 얻었고, 비접촉식 표면거칠기 측정방법에 대한 가능성을 찾았다.

### 4. 2차 실험

2차 실험은 1차 실험에서 신뢰성에 대한 문제로 비접촉식과 접촉식의 실험을 시편을 추가로 제작하여 측정 방법에 대한 신뢰를 높이도록 하였다.

#### 4.1 2차 실험 시편

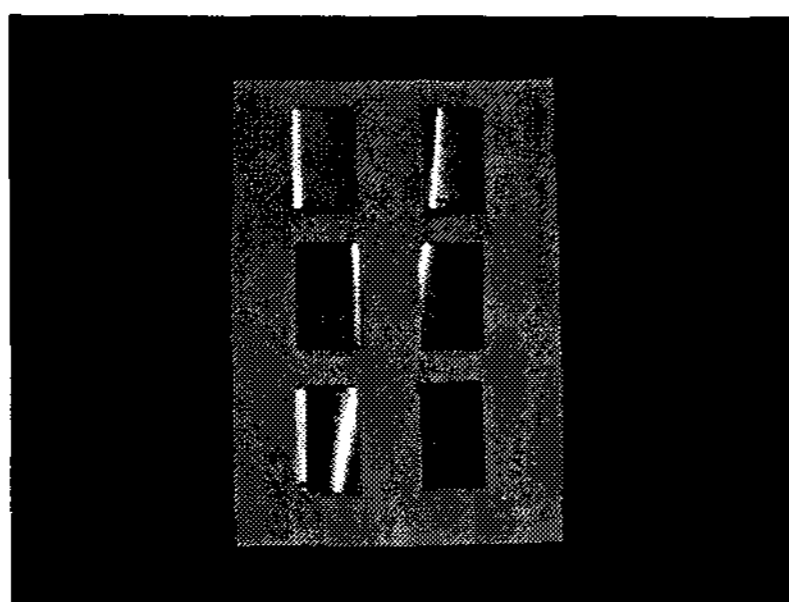


그림 8. 2차 실험 시편

#### 4.2 실험 조건

실험 조건은 절삭 속도 3가지 즉 rpm500, 715, 1000과 이송속도 두가지 즉 15, 25 m/min 로 결정하였다. 시편은 6개로 6가지 종류의 조건으로 절삭을 실행하였다.

Rpm : 500 , 715, 1000
Feedrate : 15 , 25

#### 4.3 접촉식 표면거칠기 실험장치

접촉식 실험 장치로 정밀 표면거칠기 측정기를 사용하였다.



그림 9. 접촉식 표면거칠기 측정장치

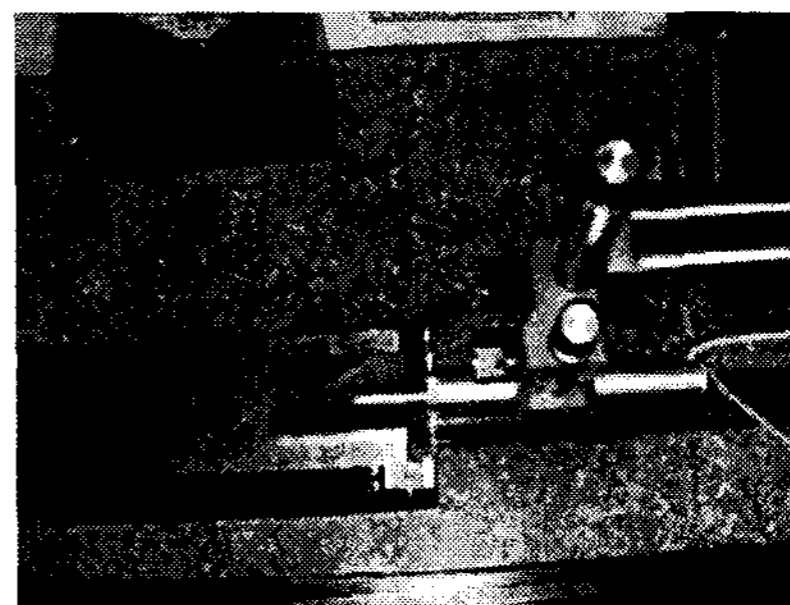


그림 10. 접촉식 표면거칠기 측정 프로브

### 4.4 실험결과

#### 4.4.1 접촉식 실험 결과

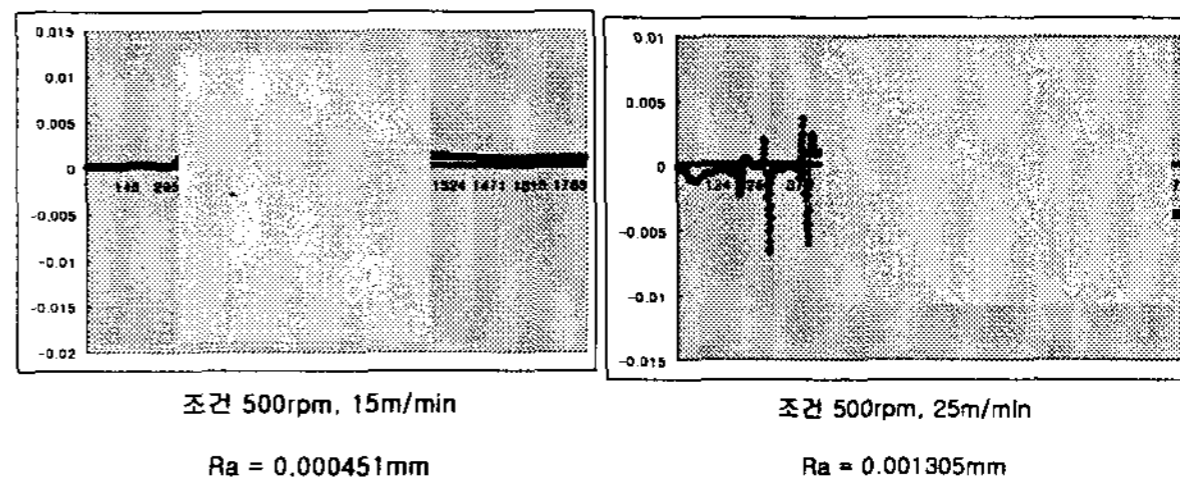
표 1. 접촉식 실험결과

		Ra		
feedrate	rpm	500	715	1000
	15		0.5	0.35
25		1.25	0.43	0.38

		Rz		
feedrate	rpm	500	715	1000
	15		3.12	3.24
25		5.98	3.08	3.7

		Rmax		
feedrate	rpm	500	715	1000
	15		3.7	5.95
25		7.8	3.75	4.25

#### 4.4.2 비접촉식 실험결과



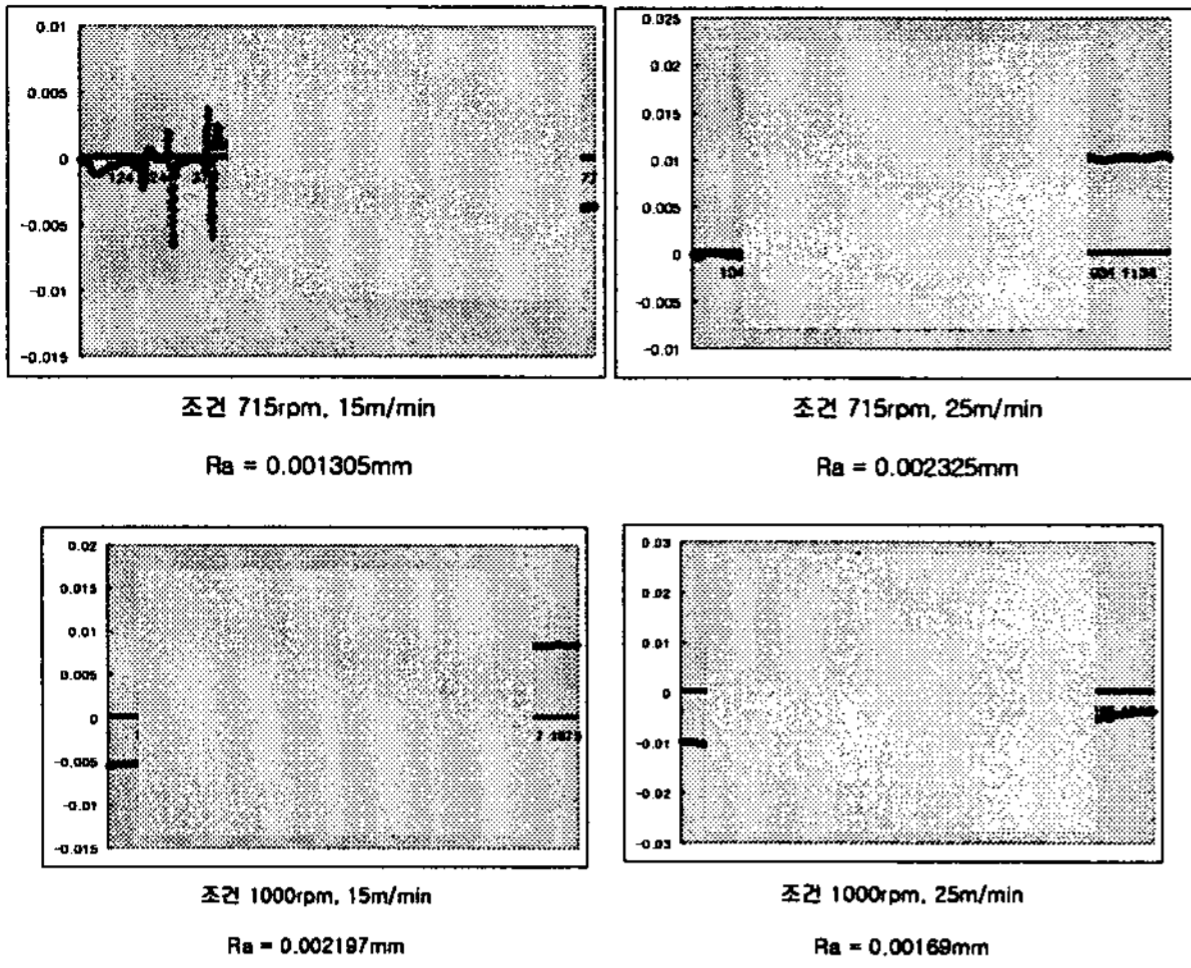


그림 11. 비접촉식 실험 결과 그래프

표 2. 비접촉식 실험결과

		Ra		
		500	715	1000
rpm	feedrate			
15		0.000451	0.001305	0.002325
25		0.001305	0.002325	0.00169

4.5 2차 실험 고찰

실험조건 500rpm에서의 2개 조건 결과값은 접촉식과 비접촉식에서 비슷한 결과를 얻었으며, 715rpm과 1000rpm에서의 결과값은 접촉식에서보다 비접촉식에서 결과값이 크게 나타났다. 그리고 결과값이 다르게 나타난 결과에 대하여 고찰해 보면,

가. 비접촉식에서의 결과는 단순 높이의 차이를 나타내는 결과로 원점조정이 정확하게 맞추기 어렵다는 것이다.

나. 비접촉식의 결과에서는 결과값에 평균선에 대한 기울기 보정이 쉽지 않다는 것이다.

그러므로 비접촉식의 결과값이 다소 크게 나왔지

만, 500rpm에서의 조건에 대한 결과값과 같이 비접촉식의 결과값은 접촉식의 결과값에 대하여 만족할 만한 값을 얻었다.

4.6 2차 실험 결론

- (1) 접촉식과 비접촉식의 표면거칠기를 구하였으며, 구한 결과값은 반은 비슷한 결과를 얻었고, 반은 다른 결과값을 얻었다.
- (2) 비접촉식의 실험방법이 보정에 대한 대책을 수정 보완한 측정 방법은 접촉식에 비해 고정도, 고정밀의 측정방법이 될 것이며, 실시간 측정이 가능함을 보여주었다.

5. 결론

비접촉식의 실험방법의 방안을 찾아보고자 실험을 계획하고 진행하였으며, 비접촉식 방법으로 레이저 센서 변위센서를 사용한 연구의 결과는 비접촉식 실험의 방법으로 적절하게 활용될 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Cz. Łlukianowicz, T. Karpiński, "OPTICAL SYSTEM FOR MEASUREMENT OF SURFACE FORM AND ROUGHNESS", MEASUREMENT SCIENCE REVIEW, Volume 1, Number 1, 2001
- [2] 송무건, 유송민, "Gap 센서를 이용한 가공물의 표면거칠기 측정에 관한 연구", 한국공작기계학회 추계학술대회, 2000.
- [3] 박용환, 김재웅, "레이저 변위 센서를 이용한 용접선 검출에 관한 연구", 한국정밀공학회, 1994
- [4] 송정섭, 외4인, "비접촉식 센서를 사용한 형상 측정 연구", 대한정밀공학회, 1997.