

대형 금형의 품질관리를 위한 이동식 측정기 개발

박종남^{1*}

¹조선이공대학교 선박해양·기계과

Development of a Portable Measurement Instrument for Quality Control of Large-sized Die

Jong-Nam Park^{1*}

¹Department of Naval Architecture & Mechanics, Chosun College of Science & Technology

요약 지금까지 금형의 표면관리를 위해 단순 현미경이나 표면 거칠기 측정기를 이용한 측정방법들은 구조적인 문제로 산업현장에서 적용하는 데 효율성이 떨어진다. 이에 따라 장소에 구별 없이 다양한 크기의 금형 측정과 품질관리 효율성을 높일 수 있는 측정시스템 및 분석시스템은 매우 필요하다. 본 연구는 이와 같은 필요성을 만족시키기 위한 현장맞춤형 이동식 표면측정 시스템 개발을 목표로 수행하였다. 측정시스템은 지지대(Base), 몸체(Body), 광학계(Optical system) 등 3부분으로 분리할 수 있도록 기구적으로 설계 및 제작하였다. 측정시스템의 실험결과 표면거칠기는 94.9~99.9%의 정확성을 나타냈으며, 원의 측정 값에 대한 편차는 2 μ m 이내로 신뢰성을 확보하였다.

Abstract Existing measurement methods using microscopes or surface roughness measurement instruments for surface control in manufacturing die are low in their efficiency when they are applied in industrial fields due to structural problems. Therefore, it is very important to develop a measurement and analysis system which can enhance efficiency in the measurement of different-sized manufacturing dies and provide quality control regardless of location. This study aimed at the development of a portable surface measurement system to satisfy this need. This measurement system was designed and manufactured in such a way as to divide it into three parts: the Base, the Body, and the Optical system. As a result of testing the system, the surface roughness was measured with an accuracy between 94.9 and 99.9%, and the deviation in the measurement value of a circle was within 2 μ m.

Key Words : Analysis System, Die, Optical system, Surface roughness

1. 서론

금형은 동일한 제품을 대량생산할 수 있지만 공정 중에 발생하는 마모와 흠집, 표면 상태에 따라 원하는 제품보다 품질이 떨어지는 제품이 생산될 수 있다. 이러한 이유로 금형수명 및 금형상태 관리와 공정시간 단축으로 생산의 효율성을 높일 수 있는 측정 및 분석시스템들이 연구·개발되어지고 있다[1-4].

현재 금속의 표면 상태를 검사하기 위해서는 금속현미경, 실체현미경, 전자현미경 등과 같이 다양한 특성을 갖는 광학분석장비가 사용되고 있다[5,6]. 이 중에서 실체

현미경은 현미경의 특징과 함께 CCD카메라와 모니터를 통한 금형표면의 확대영상을 제공하는 한편 여러 가지 측정기능을 작업자에게 제공하고, 필요한 경우에는 관련 데이터를 기록 또는 저장할 수 있는 장점을 제공한다. 이를 통하여 작업자는 금형품질에 대한 객관적인 자료를 확보할 수 있고, 추후 동일한 설계사양을 가지고 공급되는 금형의 상호 비교평가를 함으로써 품질관리에 대한 기초자료를 만들 수 있다. 하지만 기존의 실체현미경은 광학장비의 기능으로서는 만족되나 현장의 작업환경에서는 측정대상과 환경에 따라 장비의 운용에 있어서 제한된다. 주 측정대상인 금형은 재료와 가공방법에 따라

*Corresponding Author : Jong-Nam Park(Chosun College of Science & Technology)

Tel: +82-10-9457-3440 email: end7115@naver.com

Received March 4, 2014

Revised (1st March 21, 2014, 2nd April 3, 2014)

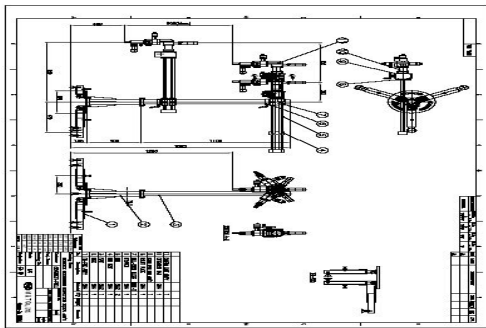
Accepted April 10, 2014

다양한 표면 상태를 가지고 있다. 이를 적절하게 확대 관찰하기 위해서는 여러 가지의 배율과 조명 조건을 갖추고 있어야만 한다. 또한 지금까지 개발된 현미경은 재물대 위에 측정물을 놓고, 렌즈를 상하로 움직여 초점을 맞춘 후 측정요소를 측정하거나 표면 상태를 확인하기 때문에 대형 금형을 측정할 수 없었다.

따라서 본 연구는 이와 같은 필요성을 만족시키기 위해 현장맞춤형 이동식 표면측정용 장비를 개발하여 장소에 구별 없이 다양한 크기의 금형 표면거칠기 및 원, 호 측정은 물론 금형의 품질관리 효율성을 증대시키고자 하였다.

2. 측정시스템 설계 및 제작

측정시스템은 지지대(Base), 몸체(Body), 광학계(Optical system) 등 3부분으로 기구적으로 구성하여 Fig. 1과 같이 설계하였다.



[Fig. 1] Assembly drawings of a prototype

2.1 지지대 제작

Fig. 2의 지지대는 측정기의 몸체와 광학부를 안정적으로 지지하는 부분으로 이동이 용이하고 견고함은 물론 현장에서 측정시 다른 구조물로부터의 간섭을 최대한 줄이고 부피를 줄일 수 있도록 하였다. 또한 몸체부가 완전히 Y축으로 이동되었을 때 광학계를 지지할 수 있도록 하였다. 이동식 표면측정 현미경은 생산현장에서 적용되는 것이 큰 장점임으로 온도의 변화와 지면으로부터 구조적, 진동 안정성을 가져야 한다.

따라서 높이 조절기능과 댐핑기능을 할 수 있도록 SM45C재질의 볼트와 너트를 베이스부분에 체결하여 측정기를 지지하도록 하였으며, 측정 장소의 상황에 맞춰

베이스다리를 접을 수 있는 구조로 제작하였다.

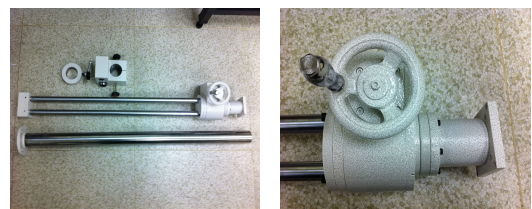


[Fig. 2] Photographs of a base

2.2 몸체 제작

몸체는 대형 금형의 표면 분석을 위해서 측정 가능한 영역과 작업영역을 구분하였다. 대형금형이라 할지라도 표면 분석을 전 구간에서 할 필요는 없기 때문에 금형의 주요부분에 대해서 편리한 측정이 이루어지도록 측정 가능한 영역은 620mm로 하고 작업영역은 30×30×30(mm)로 설정하였다. 표면거칠기를 분석하는 경우 cut off 값에 따라 다르지만 일반적으로 평가길이는 4mm 안팎이므로 30mm를 평가할 수 있는 영역으로 하는 것이 매우 합당하고 측정영역의 확장이 가능한 구조로 설계하였다. 몸체를 외팔보 형태로 구성하여 경사면을 측정할 수 있도록 회전가동부에 웜기어를 적용하였다. 정밀이송이 가능한 스테이지에 렌즈와 조명부를 두어 광학부를 구성하고 이 광학부가 측정영역에서 이송될 수 있도록 하였다.

몸체의 상, 하 이송은 Z축 방향으로 800mm 가능하며 정밀한 상, 하 이송은 다시 자동이송스테이지에서 조정이 가능하도록 하였다. 측정물의 길이에 따라 광학부를 이송할 수 있도록 Y축 방향으로 620mm를 움직일 수 있도록 하였다. 또한 몸체에서 회전가동부는 금형의 경사진 면을 측정할 수 있도록 하기 위해 필요한 부분으로 모터에 의해 원하는 각도로 조정할 수 있도록 설계 및 제작하여 Fig. 3(a), (b)에 나타내었다.



[Fig. 3] Body and rotating operation part
(a) Body (b) Rotating operation part

2.3 광학계(Optical system)

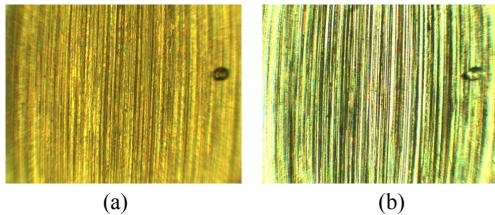
2.3.1 렌즈

광학계는 렌즈와 조명, 그리고 X, Y, Z 3축 이송스테이지로 구성되어 있다. 렌즈는 측정물의 크기, 현장 여건, 이동성 등을 고려해 렌즈의 배율은 $\times 100$ 배 이하로 설정하고 배율 확대에 렌즈를 바꾸지 않고 할 수 있는 방법으로 결정하여 다양한 배율로 측정 가능한 Union사의 DZ4-LI Zoom Microscope System을 선정하였다.

2.3.2 조명

조명은 표면 상태를 좀 더 확실하게 볼 수 있게 렌즈의 방향과 같은 방향에서 조사되는 정반사 조명과 경사진 상태로 조사되는 경사 조명을 구성하였다. Fig. 4에 나타난 것처럼 동일조건인 가공 표면에서 경사조명에 의한 빛의 반사가 선명하게 나타남을 확인할 수 있었다.

이동식 측정현미경에 사용된 조명장치는 광원의 세기를 약 30,000Lux까지 조절할 수 있는 LS-100W(Light solution, Korea)를 사용하였다.



[Fig. 4] Distinction of a regular reflection and slope lighting
(a) Regular reflection lighting (b) Slope lighting

2.3.3 3축 정밀이송 스테이지 개발

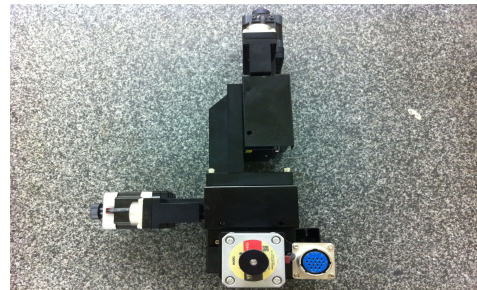
정밀하고 편리한 측정을 위해서는 렌즈와 조명으로 구성된 부분을 PC에 의해 정밀이동 시킬 수 있는 자동의 이송스테이지(Positioning stage)가 필요하였다. 금형의 표면상태 확인을 위해 정밀한 이송이 가능한 볼스크류와 스텝모터를 이용하였다.

볼스크류는 size $\varnothing 8$, Lead 1을 사용하였으며, 최대속도 20mm/s, Load Capacity 9kg, 1개의 home sensor와 2개의 Limit sensor로 구성하였다. 스텝모터는 각각 부합하는 드라이버에 의해 컨트롤 되며 18핀 커넥터를 통해 PC의 프로그램과 통신할 수 있다.

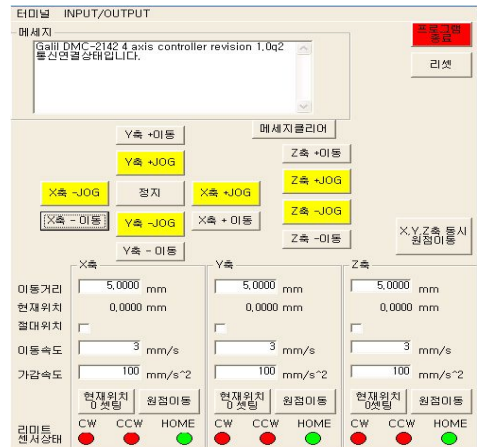
Fig. 5와 같이 제작된 이송스테이지는 X, Y, Z 각 축 방향의 직선 운동으로 각 각 30mm 이동하며, 진직도는 0.002mm이다. 각 축의 위치 정밀도는 X, Y, Z축 모두

0.002mm 이내의 오차를 가지는 것으로 나타나 현장에서 매우 정밀한 이송이 가능한 것으로 나타났다.

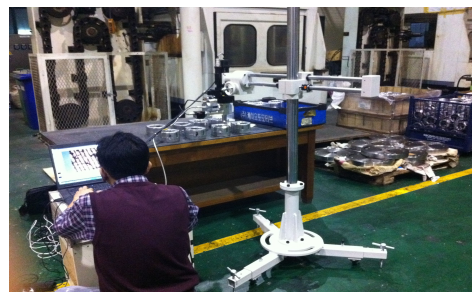
스테이지를 PC에서 제어하기 위해 윈도우기반 제어 프로그램을 개발하였다. Fig. 6에 개발한 전용프로그램 사진을 나타내었다. 각 축의 연속적인 이송이 가능하도록 하는 jog 단추와 정해진 구간만큼 반복적으로 이송할 수 있도록 하는 구간 단추를 만들었다. 원점 이동 단추는 스테이지의 이상 유무를 판단할 수 있도록 각 축이 동시에 이동할 수 있도록 하였다.



[Fig. 5] Photographs of a positioning stage



[Fig. 6] Drive-only programs



[Fig. 7] Photographs of a portable measuring instrument

대형금형의 주요부분에 대해서 편리한 측정이 이루어 지도록 개발하는 것을 목표로 이동식 측정 시스템을 제작하여 Fig. 7에 나타내었다.

4. 측정 및 분석

4.1 표면거칠기 비교분석

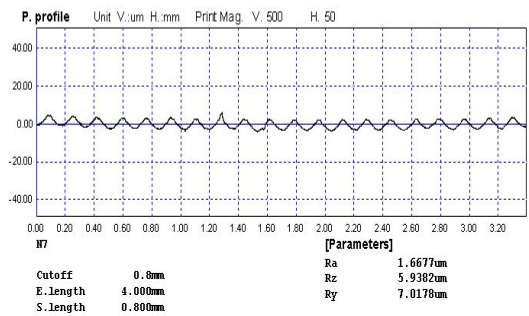
4.1.1 표면거칠기의 측정

본 연구에서 사용한 표준시편은 산업현장에서 가장 널리 쓰이는 C형으로 시편 N1, N2, N3은 명목값이 각각 10 μ m, 20 μ m, 30 μ m 의 steel재질이다.

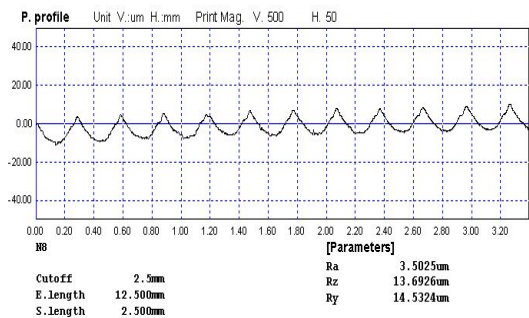
표준시편의 표면거칠기값을 얻기 위해 축침식 표면거칠기 측정기(Model : DR-100X61, kosaka, Japan)를 사용하였다. 측정조건은 Drive Speed 1.0mm/s, 축침직경 5 μ m, 컷오프는 거칠기에 따라 0.8mm와 2.5mm로 측정하였다. 측정방법은 먼저 표준시편을 수평테이블에 올린 후 가공 방향에 대해 직각이 되도록 설치한 후 측정 길이를 18mm로 하여 cut off 값에 5배를 평가하는 방법으로 3회 측정하였다. Fig. 8(a),(b),(c)에 측정된 그래프를 나타내었으며, Table 1에 그 값을 정리하였다.

[Table 1] The surface roughness data of the specimen by the contact-type (unit : μ m)

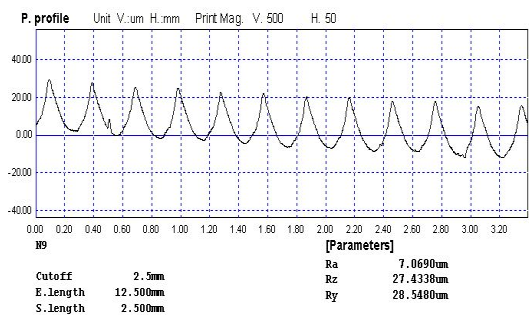
Standard specimen		N1	N2	N3
Ra	1	1.67	3.5	7.06
	2	1.69	3.48	7.12
	3	1.71	3.51	7.08
	Avg	1.69	3.50	7.09
Rz	1	5.94	13.69	27.43
	2	5.84	13.45	27.14
	3	5.92	13.56	27.36
	Avg	5.90	13.57	27.31
Ry (Rmax)	1	7.02	14.53	28.55
	2	7.14	14.46	28.45
	3	7.2	14.42	28.41
	Avg	7.12	14.47	28.47



(a)



(b)



(c)

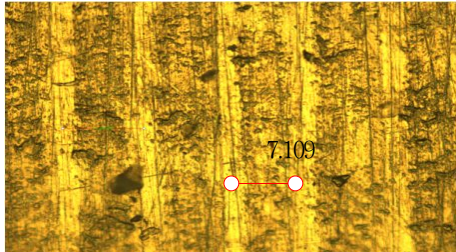
[Fig. 8] The surface roughness graphs of the specimen (a) specimen N1 (b) specimen N2 (c) specimen N3

4.1.2 이동식 측정현미경의 측정

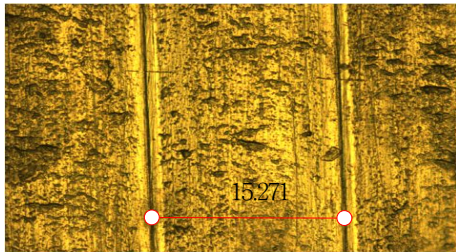
측정을 하기위해 표준시편을 정반 위에 수평으로 설치한 후 표준시편의 가장 높은 지점에 초점을 맞추고, 그때의 이미지를 얻었다.

Fig. 9에 표준시편 N1, N2, N3의 이미지와 그 측정값을 나타내었으며, 축침식 표면거칠기 측정기에서 구해진 값과 이동식 측정현미경에서 측정한 값을 Fig. 10에 그래프로 정리하였다.

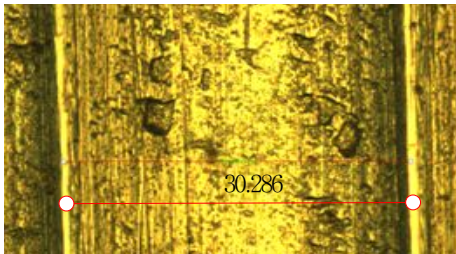
이동식 측정시스템으로 측정된 값을 측정식 측정기에 의한 측정 값과 비교 한 결과 표준시편 N1, N2, N3의 정확도는 각각 94.9%, 96.3%, 99.9% 으로 높은 신뢰성을 나타내었다.



(a)

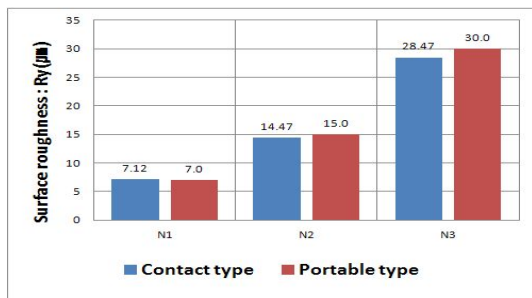


(b)



(c)

[Fig. 9] Image by a portable measuring microscope
(a) image N1(Ry:7 μ m) (b) image N2(Ry:15 μ m)
(c) image N3(Ry:30 μ m)



[Fig. 10] Measured data by the contact type and portable type

4.2 원의 측정

금형에 포함된 요소 중 대표적인 측정요소로써 원을 측정하여 측정값에 신뢰성이 있는지 알아보았다. 원 측정의 기준계이지로 링계이지 8.002mm, 링계이지 4.001mm를 사용하였으며, 링계이지를 정반 위에 놓고 초점을 맞춘 후 각각의 링계이지를 5번 반복 측정하여 평균 값을 구하였다.

금형의 경우 끝단부가 대부분 round로 가공되는데 그 크기가 다양하다. 반경 5mm 이하의 경우 측정할 방법이 마땅치 않은데 접촉식 3차원 측정기로 측정할 때라도 측정구의 크기 때문에 쉽게 측정하기 어렵다. 이러한 경우를 가정하여 링계이지의 1/4부분만 측정하여 측정 결과 값을 Table 3에 나타내었다. 측정값의 편차는 2 μ m이고 최대 오차는 3 μ m로 현장에서 측정하더라도 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있었다.

[Table 2] Measured results by the ring gauge

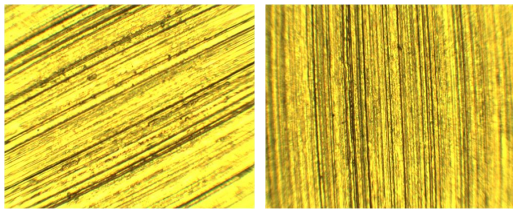
Ring gauge	Measurement data(mm)					
	1	2	3	4	5	Avg
4.001mm	4.002	4.003	4.003	4.004	4.002	4.003
8.002mm	8.005	8.004	8.003	8.005	8.005	8.004

4.3 금형의 표면가공상태 관리

금형의 가공에는 여러 가지 공구들이 사용되며 가공 방법도 선삭, 밀링, 연삭 등 다양하게 사용된다. 이러한 변수로 인해 가공면의 품질을 지속적으로 관리할 필요가 있다.

본 연구에서 개발한 이동식 측정현미경은 가공현장에서 대형 금형의 표면 상태를 이미지로 캡처하여 지속적인 품질관리를 할 수 있도록 하였다. 숙련된 작업자가 아니라면 가공된 표면 상태를 육안으로만 판단하기는 쉽지 않다.

Fig. 10(a),(b)는 같은 제품을 같은 방법으로 가공하였지만 온도, 습도 등의 환경 변수와 다른 작업자, 다른 공구로 인해 제품표면의 가공 상태가 다를 수 있음을 나타내고 있다. 또한 하나의 금형에는 여러 가지 가공 공정이 사용되고, 가공 툴이 사용되는데 이에 따른 가공표면을 적당한 배율에서 저장하여 이에 대한 표면 상태를 관리할 수 있다.



(a) (b)

[Fig. 11] The surface state of the same machining conditions

(a) Die 1 (b) Die 2

5. 결론

산업현장에서 적용의 편리성을 고려한 이동식 측정시스템을 개발한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다. 연구결과와 더불어 향후 이동식 측정시스템에서 측정된 데이터를 분석하고 관리할 수 있는 프로그램 또는 시스템 등의 관한 지속적인 연구의 필요성이 있다고 사료된다.

1. 렌즈가 3축으로 이송하고 이송스테이지의 이송정밀도가 0.002mm 이내 오차의 정밀한 이송을 함으로써 대형금형의 주요부분의 측정을 할 수 있었다.
2. 이동식 측정시스템으로 측정된 표준시편의 $Ry(\mu m)$ 값을 접촉식 표면 거칠기 측정기와 비교한 결과 정확성은 94.9~99.9%로 매우 높았다.
3. 원, 호의 측정요소를 측정된 결과 측정 값의 편차는 $2\mu m$ 으로 정밀하였다.
4. 각 각의 금형에 대한 가공표면을 적당한 배율에서 저장하여 표면 상태를 관리할 수 있도록 하였다.

References

[1] D. Y. Kim, S. D. Noh, H. S. Hahn, Y. K. Joo, and J. S. Park, "Development of a Reverse Engineering System for Stamping Die Manufacturing", Proceedings of KSPE 2000 Autumn Conference, pp.277-280, 2000.

[2] B. K. Koo, J. K. Ryu and S. Y. Kim, "A Study on the Development of On Machine Measuring System using 3-Dimensional solid model", Mold Processing Symposium, Vol.2002, No.2, pp. 3-10, 2002.

[3] B. C. Shin, G. H. Kim, J. C. Kim and M. W. Cho, "Development of the inspection system for injection molding core and mobile camera module parts", Journal

of The Korea Academia-Industrial Cooperation Society, pp.12-18, Vol.10, No.1, 2009.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.1.012>

- [4] K. H. Kim and Y. Y. Lee, "A Study on deformation compensation of press part based on reverse engineering", Journal of The Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol.14, No. 1, pp.28-32, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.1.28>
- [5] T. S. Kim and J. C. Chun, "A Study on Precision Measurement System for Metal Plate Surface Quality Using Moving Average Image Processing Techniques", Journal of the Korea industrial information systems society, Vol.17, No.2, pp.73-80, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9723/jksis.2012.17.2.073>
- [6] S. W. Kim and I. S. Kwon, "A Visual Inspection Algorithm for Detecting Infinitesimal Surface Defects by using Dominant Frequency Map", Journal of institute of control robotics and systems, Vol.2, No.1, pp. 26-34, 1996.

박 종 남(Jong-Nam Park)

[정회원]



- 2002년 2월 : 조선대학교 공과대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2006년 2월 : 조선대학교 공과대학원 기계공학과 (공학박사)
- 2007년 3월 ~ 2008년 2월 : (주) 엠앤티 연구소 소장
- 2008년 3월 ~ 현재 : 조선이공대학교 선박해양-기계과

<관심분야>

CAD/CAM, 금형