

# 프로그레시브 금형의 품질관리를 위한 정도관리 시스템 개발

박종남\*

<sup>1</sup>조선이공대학교 선박해양·기계과

## Development of a Precision Management System for Quality Control of Progressive die

Jong-Nam Park<sup>1</sup>\*

<sup>1</sup>Department of Naval Architecture & Mechanics, Chosun College of Science & Technology

**요 약** 금속의 표면관리는 공구 현미경이나 표면 조도 측정기를 이용하고 있다. 이러한 방법은 구조적인 문제로 인하여 생산현장에서 금형의 표면 상태 확인을 하기에는 효율성이 떨어진다. 이런 이유로 완성된 금형의 노후화에 따른 마모, 흠집 및 표면 상태를 관리할 수 있는 분석시스템 또는 측정시스템이 필요하다. 본 연구는 금형이나 가공품의 자동분석 및 기준화를 위한 표면상태 분석 소프트웨어를 개발하였다. 소프트웨어는 기본적으로 원, 점, 선 등의 요소들을 측정할 수 있게 개발하였으며, 캡처한 사진을 3차원 이미지로 구현하여 금형에 생긴 홈의 깊이와 단면 프로파일을 추정할 수 있도록 중점을 두었다. 실험분석결과 표면 조도는 93.2%이상의 정확도를 나타냈으며, 조명밝기에 대한 표면 조도의 최대편차는  $3\mu\text{m}$  이내로 매우 정밀하였다. 이런 결과로 금형의 측정 및 표면분석을 통한 품질관리의 효율성을 확인 할 수 있었다.

**Abstract** The surface management of metals was performed with a tool microscope or surface roughness measurement instruments. These methods were not efficient for checking the surface status of the die in the production field. For this reason, an analysis system or measurement system to monitor the wear, defects and surface status as a die ages is required. This study, developed surface analysis software for automatic analysis and standardization of a die or processed products. Software was designed to measure the basic features, such as circles, dots, and lines. The captured images were rendered as three-dimensional representations so that the depth of the grooves on the die and segmental profiles could be estimated. As a result of experimental analysis, the surface roughness was measured with an accuracy more than 93.2%, and the maximum deviation in the surface roughness for the brightness of the lighting was within  $3\mu\text{m}$ . The confidence in the device's precision was assured. These results show quality control through efficient surface analysis.

**Key Words** : Analysis System, Die, Surface roughness, Tool microscope, Wear

### 1. 서론

산업의 발달로 인한 다양한 제품들이 개발되면서 금형의 수요는 더욱 증가하고 있다. 고가의 제작비로 만들어지는 금형은 대량생산이 가장 큰 장점이라 할 수 있다. 그러나 여러 가지 이유의 관리소홀로 인한 금형은 생산량 불만족, 품질저하 등의 현상으로 이어져 자기 역할을 충분히 소화할 수 없다.

자동차 프로그레시브 금형의 경우 제품 간 최소거리(피치)에 따라 배열된 각각의 공정이 연속적으로 이루어져 완성품이 나오기 때문에 그 규모가 매우 크고 정밀해야만 한다. 이러한 여러 공정 중 하나의 공정이라도 손상되면 일정한 제품을 생산할 수 없다. 금형의 일반적인 손상은 흠집, 마모 그리고 표면 상태에 의존하게 되는데대형 금형의 경우 현장에서 용이하게 확인할 수 있는 방법은 육안이나 경험에 의한 방법 외에는 마땅하지 않다. 특

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

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

Received June 3, 2014

Revised July 17, 2014

Accepted September 11, 2014

히 프로그램시브 금형은 최근 들어 생산성 측면에서 매우 자주 사용되는 방법이므로 이를 관리할 수 있는 현장용 정밀광학계 및 전문분석시스템이 매우 절실한 현재의 상황에서 금형관리를 통해 금형수명 및 생산성 향상을 위한 측정시스템 및 분석시스템 등에 관련한 연구개발 노력들은 활발히 진행되고 있다[1-4].

이와 관련하여 금형의 표면상태 분석에는 금속현미경 및 전자현미경 등 다양한 기능의 광학분석장비가 사용되고 있는데[5] 국내의 기술수준은 육안검사용 실체현미경에 단순한 소프트웨어 장착으로 화상 캡처 및 단순측정이 대다수이거나 전문분석 소프트웨어로 분석 정리하는 기능이 미흡한 상태이며, 현장용 시스템의 경우에도 대부분 육안 및 모니터를 통하여 관찰하는 수준으로 전문 분석을 하기에는 미흡한 상태이다.

이러한 배경으로 본 연구는 산업계 특성상 양산과정 중이나 최종 생산품에 대한 표면분석의 필요성이 증가함에 따라 기 개발한 현장 맞춤형 이동식 측정시스템에[6] 접목할 소프트웨어를 개발하였으며, 금형의 표면 조도 등의 측정 및 표면분석을 통하여 금형에 대한 품질관리의 효율성을 검토/제시하였다.

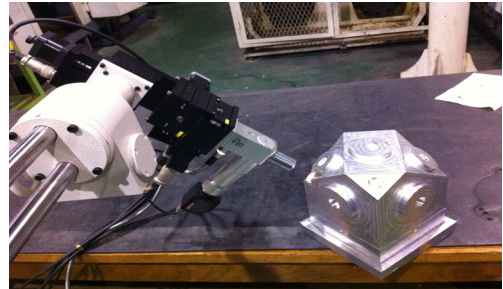
## 2. 이동식 측정시스템 제작

### 2.1 이동식 측정시스템[6]

이동식 측정시스템은 광학계, 몸체 그리고 지지대로 구성하였으며, 3축 수동조정 및 미세조절이 가능하다. 3축 중 1축은 각도조절이 자유로워 이동이 용이하고 생산 현장에서도 쉽게 설치 가능하도록 관절부를 두어 진동이나 온도 등 환경여건의 측정값에 영향을 미치지 않도록 견고하게 설계·제작하여 구조적인 안정성을 가지도록 하였다. 특히, 광학계 이송 역할을 담당하는 이송부는 생산현장에서의 무게, 관성, 진동 등을 최대한 고려하여 대형공작물의 표면사진을 얻기 위해 정밀한 이송을 수용할 수 있도록 자동 이송스테이지(Positioning stage)를 적용하였다. 이송스테이지는 윈도우기반 제어프로그램을 개발하여 컴퓨터에서 제어를 할 수 있도록 하였다.

광학렌즈용 조명은 표면관찰이 용이하도록 빛의 세기 등을 고려하였으며, 금속표면의 경우 조명이 강할 때 화면이 백색으로 보이므로 연색성이나 색감을 고려하여 필터기술을 적용하였다.

또한 고배율과 작업거리가 긴 렌즈를 적용하여 측정의 영역을 확보하도록 하였다. Fig. 1은 이동식 측정시스템 제작을 완성하여 측정실험을 하고 있는 사진이다.



[Fig. 1] Photographs of a portable measuring instrument.

### 2.2 표면분석 소프트웨어 개발

소프트웨어는 기본적으로 원, 점, 선 등의 측정요소를 측정할 수 있게 개발하였으며, 캡처한 사진을 3차원 이미지로 구현하여 높이 값과 단면 프로파일을 추정할 수 있도록 중점을 두었다.

#### 2.2.1 일정시간 간격 설정 및 동영상 저장 기능

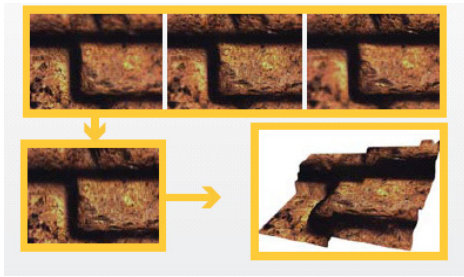
이미지를 획득하는 데 있어 일정한 시간 간격의 설정이 가능하고, 동영상 촬영, 저장 및 재생 기능이 가능하도록 하였다. 또한 일반 사진으로는 판단하기 힘든 경우 전체 이미지를 촬영한 후 각각의 측정 점을 동영상으로 촬영한 후 세부적인 표면 영상을 얻을 수 있도록 하였다.

#### 2.2.2 이미지 변환 기능

다양한 이미지를 변환하여 Gray scale, RGB, HIS, CMYK 등의 컬러 모드 변환이 가능토록 하였으며, 이미지의 형태적 변환, 이미지 연산기능, 휘도 및 색상 변환, 자동 배경의 보정과 수십 가지의 필터링 기능으로 이미지를 원하는 대로 개선할 수 있도록 하였다.

#### 2.2.3 초점 보정 및 3차원 이미지 구축 기능

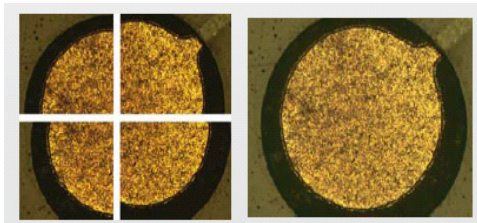
이 기능은 초점이 서로 다른 이미지를 합성하여 전체 초점이 맞는 이미지를 만들어 내어 3차원 이미지를 만들어 내는 것이 가능하다. 가공면의 단면프로파일이나 표면 조도의 이미지를 확인하는 것이 가능하고 금형에 생긴 흠의 깊이 등을 측정하는 것이 가능하여 금형의 품질관리를 할 수 있다. Fig. 2는 3차원 이미지를 생성하는 과정을 나타낸 것이다.



[Fig. 2] The process of generating a three dimensional image.

### 2.2.4 이미지 연결 기능

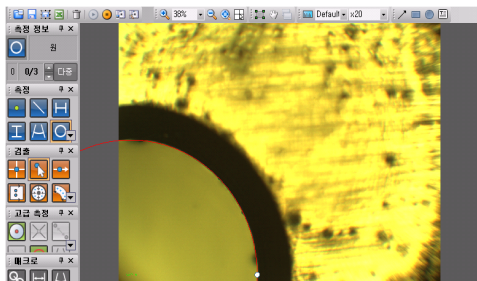
작은 영역의 이미지를 얻어 중첩되는 부분들을 자동으로 인식하여 큰 영역의 이미지로 만들 수 있는 이미지 연결 기능과 증·소형을 포함한 대형 금형의 전체표면을 한 눈에 확인 할 수 있는 기능으로서 유용하게 활용할 수 있다. Fig. 3은 여러 개의 이미지를 1개 이미지로 합성하여 완성하는 과정을 나타낸 것이다.



[Fig. 3] The process of synthesizing multiple images.

### 2.2.5 측정도구

원, 선, 점, 면 등 기본적인 측정요소에 대한 측정도구를 가지고 있으며, 금형의 작은 호, 탭의 모양 및 가공 톨의 형상 등을 측정할 수 있다. 특히 가공 톨의 형상을 확대해서 볼 수 있을 있어 톨에서 기인하는 가공 불량률의 예측이 가능 있다. Fig. 4는 프로그램의 측정도구를 이용하여 원의 1/4영역을 링게이지로 측정하는 예를 보여주고 있다.



[Fig. 4] Ring gauge measurement.

## 3. 실험분석(검증)

### 3.1 표면 조도

#### 3.1.1 축침식에 의한 표면 조도 측정

본 연구에 사용된 표면 조도 측정용 표준시편은 간격 측정을 표준으로 하고 국내의 산업현장에서 가장 널리 사용되는 C형 시편으로 재질은 steel이다[7]. 표준시편의 표면 조도 값을 얻기 위해 축침식 표면 조도 측정기 (DR-100X61)를 사용하여 측정하였다. 측정조건은 Drive Speed 1.0mm/s, 축침 직경 5 $\mu$ m, 컷오프는 거칠기에 따라 0.8mm와 2.5mm로 측정하였다. 측정은 표준시편의 측정 길이를 18mm로 cut off하여 5배 값을 3회 측정하여 평균 값을 Table 1에 정리하였다.

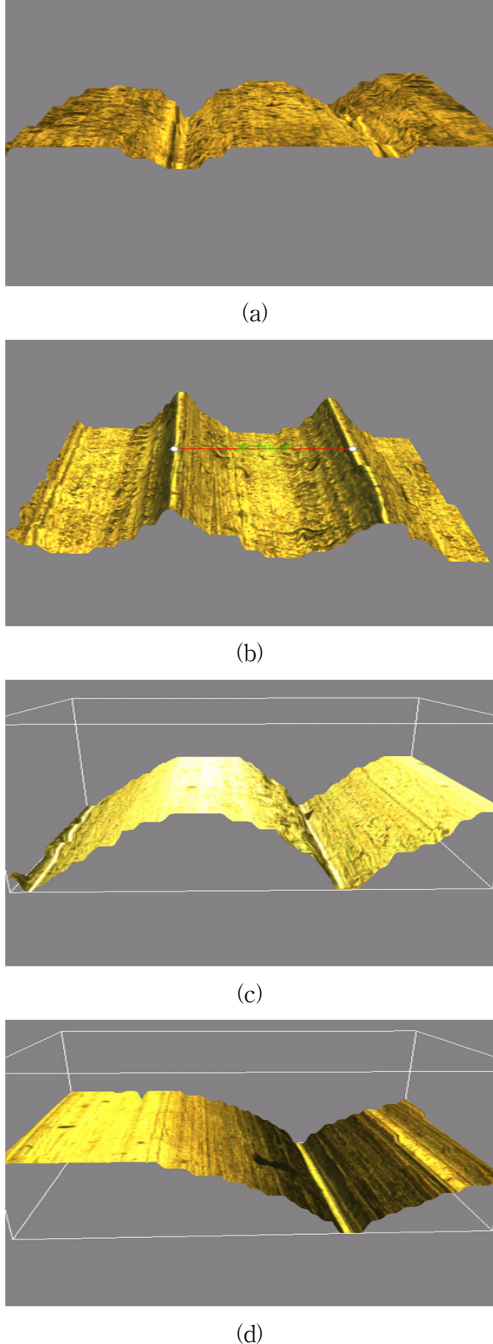
[Table 1] The surface roughness data of the specimen by the contact-type. (unit :  $\mu$ m)

Standard specimen		N1	N2	N3	N4
Ra	1	3.5	7.06	13.87	25.41
	2	3.48	7.12	13.56	25.42
	3	3.51	7.08	13.67	25.84
	Avg	3.50	7.09	13.70	25.56
Rz	1	13.69	27.43	52.67	99.56
	2	13.45	27.14	52.45	99.46
	3	13.56	27.36	52.16	99.42
	Avg	13.57	27.31	52.43	99.48
Ry (Rmax)	1	14.53	28.55	53.89	105.03
	2	14.46	28.45	53.45	105.26
	3	14.42	28.41	53.54	105.15
	Avg	14.47	28.47	53.63	105.15

#### 3.1.2 이동식 정도관리 시스템에 의한 표면 조도 측정

이동식 정도관리 시스템으로 표면 조도를 측정하기 위해 표준시편을 정반 위에 수평으로 설치한 후 표준시편의 가장 높은 지점에 초점을 맞추고, 그 때의 이미지를 얻었다. 다시 -Z축 방향으로 1 $\mu$ m 이동한 후 이미지를 얻는 방법으로 가장 낮은 지점까지의 이미지를 얻었다. 개발된 측정프로그램에서 여러 장으로 캡처 이미지들을 1장의 3D 이미지로 통합하여 얻어진 3D 이미지는 프로그램에서 3축 방향으로 회전가능하며 분석하고자 하는 방향에서 기준자에 의해 값을 비교할 수가 있다. 이와 같은 방법으로 표준시편 N1, N2, N3, N4의 3D 이미지와 측정된 값을 Fig. 5(a)~(d)에 나타내었다. 또한 축침식 표면 조도 측정기로 측정된 값을 기준으로 이동식 정도관리

시스템에서 구한 값의 정확도를 확인하기 위해 각 각의 표면 조도 측정값을 정리하여 Table 2에 나타내었다.



[Fig. 5] Three dimension image of the portable assurance system.

- (a) Specimen N1(Ry:15 $\mu$ m) (b) Specimen N2((Ry:32 $\mu$ m)
- (c) Specimen N3((Ry:50 $\mu$ m) (d) Specimen N4(Ry:105 $\mu$ m)

[Table 2] Measured data by the contact type and portable type.

Standard specimen	Contact type Ry( $\mu$ m)	Portable type Ry( $\mu$ m)	Accuracy (%)
N1	14.47	15.0	96.3
N2	28.47	32.0	94.9
N3	53.63	50.0	93.2
N4	105.15	105.0	99.9

정확도는 아래의 식으로 구하였다.

$$\text{정확도}(\%) = 100 - \left| \frac{R_{yc} - R_{ym}}{R_{yc}} \right| \times 100$$

여기서,

$R_{yc}$  : 측정식 표면 조도 측정기로 측정된 값

$R_{ym}$  : 이동식 정도관리 시스템으로 측정된 값

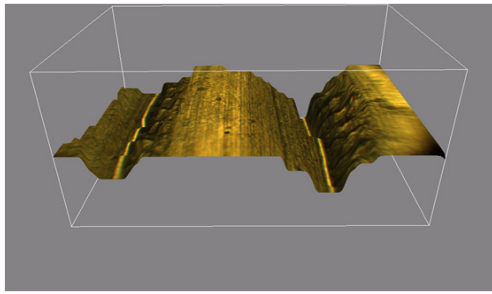
측정결과 모든 표준시편에서 93%이상의 정확도를 보이고 있다.

실험결과로 얻은 거칠기 값은 시편의 최고점에서 최저점까지 이미지를 얻는 과정이 모니터에 전송된 이미지를 육안으로 판별하기 때문에 측정자에 따른 개인오차가 발생할 수 있다. 따라서 이에 따른 개인오차 발생의 원인을 자동으로 해결할 수 있는 방법은 향후에도 연구 개발되어야 할 과제이다.

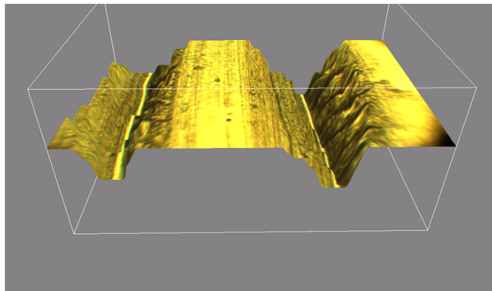
### 3.2 조명 밝기에 따른 표면 조도 값

조명의 광량에 따른 표면 조도 값의 변화를 알아보기 위해 설치된 조명의 값을 단계적으로 3단계 변화시키면서 측정하였다. 광량의 세기는 광 조명도계(DX-100, INS)에 의해 측정하였으며, 최대 밝기의 10%, 20%, 30% 일 때 각각 측정표면에서 220Lux, 316Lux, 421Lux 이었다.

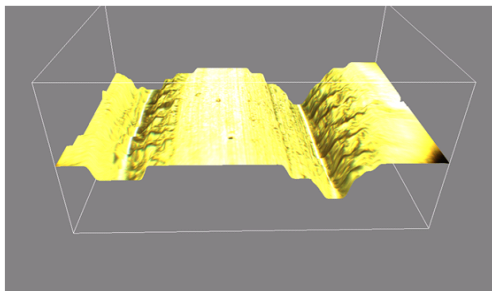
각각의 광량에서 측정된 최대 거칠기 값(Ry)은 각각 51 $\mu$ m, 50 $\mu$ m, 48 $\mu$ m로 조명이 밝을수록 표면 조도 값은 양호하게 나타났으나, 각 각의 측정결과 간 최대오차는 3 $\mu$ m으로 광량에 따른 측정값의 변화는 그리 많지 않았다. Fig. 6에 조명의 최대밝기에 따른 3차원 이미지 및 측정값을 나타내었다.



(a)



(b)



(c)

[Fig. 6] Three dimensional image and measured data(Ry) corresponding to the maximum brightness of the lighting.

(a) 10%(51 $\mu$ m) (b) 20%(50 $\mu$ m) (c) 30%(48 $\mu$ m)

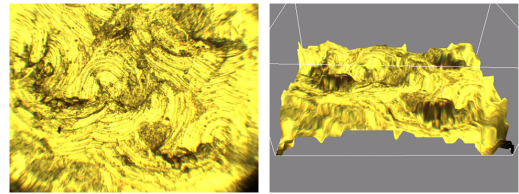
### 3.3 금속 표면 상태 관리

금형가공을 비롯한 금속의 절삭가공에는 여러 종류의 절삭공구들이 사용되며 가공방법에 있어서도 선삭, 밀링, 드릴링 및 연삭 등 다양하다. 이렇게 가공된 제품의 표면 상태는 지속적인 관리가 필요하다. 가공된 표면 상태는 능숙한 숙련공이 아니면 육안으로 판단하기가 쉽지 않으며, 동일한 공작기계에서 같은 제품을 가공하더라도 각각의 제품은 작업장의 여러 환경변수로 인해 마치 사람의 지문처럼 다르게 형성된다.

본 연구에서 개발한 이동식 정도관리 시스템은 가공

현장에서 대형 금형의 표면 상태를 이미지로 캡처하여 지속적인 관리가 가능 할 수 있도록 하였으며, 특히 금형 제작에는 여러 가지 가공 공정과 다양한 공구들이 사용되는데 이에 따른 가공표면을 적당한 배율에서 저장하여 이에 대한 표면 상태를 관리할 수 있도록 하였다.

Fig. 7에 밀링으로 알루미늄을 가공했을 경우 표면 상태와 3차원 이미지를 캡처하여 나타내었다. 가공물인 알루미늄의 표면 조도 값(Ry) 33 $\mu$ m은 절삭조건 등 가공환경과 함께 저장하여 관리할 수 있었다.



(a)

(b)

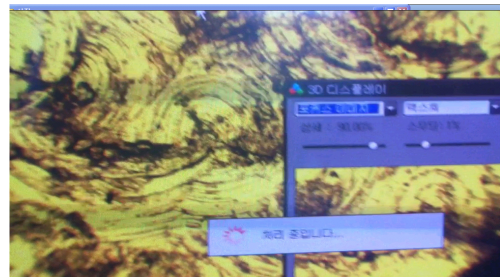
[Fig. 7] Three dimensional image after milling(Al)

(a) Surface state (b) 3d image (Ry: 33 $\mu$ m)

### 3.4 분석소요 시간

분석시간을 실험하는 데 사용한 컴퓨터의 성능은 CPU intel core 2Duo 2.5GHz, RAM 3GB이다.

Fig. 8과 같이 분석시간을 측정하기 위해 표면사진을 캡처 후 3D 버튼을 클릭하여 여러 장의 이미지에서 3D 이미지를 구현할 때까지 걸리는 과정을 동영상으로 촬영하였다. 동영상을 재생프로그램으로 재생하면서 프레임 별로 나누어 분석화면이 뜰 때까지 걸리는 시간을 측정하였다.



[Fig. 8] Video frame analysis.

소요시간은 2차원 이미지를 여러 장 준비하고 이를 3차원 이미지화 시키는 아이콘을 누를 때부터 결과가 나올 때까지 걸리는 시간으로 3초가 소요되는 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

현장 맞춤형 이동식 측정시스템에 분석 소프트웨어를 접목하여 완성한 이동식 정도관리 시스템으로 실험·분석한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 초점이 다른 2차원 이미지를 여러 장 합성하여 3차원 이미지를 구현하여 표면 조도의 이미지 확인과 금형에 생긴 홈 깊이 등의 측정으로 금형관리를 할 수 있었다.
2. 표준시편의 Ry(Rmax)값을 측정식 표면 조도 측정기와 비교한 결과 측정의 정확성은 94.9~99.9%로 매우 높았다.
3. 조명 밝기에 따른 표면조도는 조명이 밝을수록 양호하게 나타났으며, 최대편차는 3 $\mu$ m의 값을 보였다.
4. 가공환경에 따른 금형의 표면 상태를 데이터화하여 관리할 수 있었으며, 2차원 이미지를 3차원 이미지로 변환하여 분석하는 시간은 약 3초가 소요되었다.

#### 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. 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>
- [3] 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.
- [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] J. N. Park, "Development of a Portable Measurement Instrument for Quality Control of Large-sized Die", Journal of The Korea Academia-Industrial Cooperation Society, pp.1844-1849, Vol.15, No.4, April 2014.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.4.1844>
- [7] H. S. Ro, "Development of an Evaluation Method for Standard Surface Roughness Specimens" Hanyang University, pp4-42, 2008.

박 종 남(Jong-Nam Park)

[정회원]



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

<관심분야>

절삭가공, CAD/CAM, 금형