

## 최적 유동시스템을 위한 실무금형교육 사례 연구

# Case Study of Practical Tool Training for Optimal Runner System

신주경\*

오산대학교 기계공학과

Ju-Kyung Shin\*

Department of Mechanical Engineering, Osan University, Osan 18107, Korea

### [ 요약 ]

사출성형 시 유압실린더의 힘으로 스크류가 앞으로 전진하는 동안, 금형의 러너시스템은 성형품 형상의 캐비티 내를 충전시키는 유로로 용융된 수지의 충전, 패킹과정에 관계되며, 이는 스프루(sprue), 러너(runner), 게이트(gate)에 의해서 성형품의 외관, 수지의 물성, 치수 정밀도 및 성형 사이클 등에 큰 영향을 준다. 러너, 게이트 설계가 잘못된 피드시스템은 다양한 성형불량을 일으키므로 이를 방지할 수 있는 최적의 러너밸런스를 유지하는 것이 중요하다. 사출금형을 제작하는 업체에서 응용할 수 있는 실무적인 금형기술 지식을 향상시키기 위해서 기술적인 애로분야에 대한 기술지도를 바탕으로 금형기술 과정의 훈련모델을 제시한다.

### [ Abstract ]

In injection molding process, the runner system of the mold is a flow path for filling the cavity of the molded part during the advance of the screw by the force of the hydraulic cylinder, which involves the filling and packing process of the molten resin. Thus, the sprue, runner and gate greatly affect the appearance of the molded part, the physical properties of the resin, the dimensional accuracy and the molding cycle etc. Feed systems with incorrect runner and gate designs cause various molding defects, So it is important to maintain the optimum runner balance to prevent these defects. In order to improve the knowledge of practical mold technology, which is applied to the manufacturers of injection molds, a training model of the mold technology process is presented based on the technical guidance on the technical difficulties.

**Key Words:** Injection molding, Practical mold technology, Runner system

<http://dx.doi.org/10.14702/JPEE.2017.119>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Received** 14 October 2017; **Revised** 31 October 2017  
**Accepted** 6 November 2017

**\*Corresponding Author**

E-mail: jkshin77@naver.com

## I. 서론

사출금형 기술에 대한 관련된 산업환경은 빠르게 변화하고 있으며, 이에 따라 기술수준에 대한 고객 니즈는 크지만 전문인력 양성의 어려움으로 인해 이러한 요구를 충분히 만족시키지 못하고 있는 것이 산업계의 현실이다. 기업체에서 요구하는 실무능력이 우수한 인력이 필요한 가운데 현장에서의 기술지원 또한 대학의 산학협력과 연계교육에서 매우 중요시 되고 있다. 이에 따라 현장적용에 강한 인재양성 및 산학연에 기초한 산업체에 대한 애로기술 지원이라는 교육목적을 갖고 실천적 교육방식을 추구하고자 한다[1-3]. 사출성형 기술을 적용한 플라스틱 제품을 살펴보면, 자동차 내장부품, 생활 용기, 모바일 기기, 의료 기기 및 IT기기의 기능 부품 등이 있다. 다양한 산업 부문에서 제품의 성능과 기능이 우수한 특성을 갖는 새로운 제품을 위하여 금형설계, 금형제작 그리고 사출성형에 이르기까지 다양한 방법으로 응용기술을 적용하고 있다. 고객요구에 대응하는 빠른 금형개발의 필요성이 요청되고 있으며, 금형기술이 단일한 소재와 단순한 형상을 대상으로 발전해 왔으나 최근에는 원가 절감, 다양한 디자인, 고품질화 등의 요구가 증가하면서 금형개발 경쟁력을 높이기 위한 성형공정에서의 성형불량 발생을 최소화할 수 있는 금형설계, 금형가공 및 성형기술이 필요하다. 본 연구에서는 금형작업 실무자가 다양한 러너와 게이트 성형제품을 바탕으로 적용된 사출금형 기술을 실질적으로 분석해 봄으로써 기구적인 구성을 정확히 이해할 수가 있다. 사출금형에서 러너시스템의 구조변화에 의한 성형품의 외관

품질과 물리적인 특성에 미치는 영향을 찾아서 사출성형품의 성형불량을 최소화하는 러너시스템의 구조별 유동원리에 대해서 충분히 이해를 한 후, 최적의 시스템을 적용할 수가 있다[4-6]. 따라서 산업체에서 금형기술 향상을 위한 실무적인 기술교육으로서 러너, 게이트 적용에 대한 사출금형 애로기술과 이에 따른 사출성형불량을 해결할 수 있는 방법을 찾을 수 있다. 현장에서 실무자가 금형제작 과정에서 발생하는 문제점을 재차 경험해 보고, 학습한 이론적 지식을 적용해 보도록 함으로서, 성형과정에서 발생된 문제점을 해결할 수가 있다. 이러한 실천적 금형기술 지도로 금형설계, 금형제작 및 사출성형과정을 포함하는 관련 산업체의 현장실무자를 위한 기술교육 방법을 제시하고자 한다.

## II. 관련 연구

사출금형설계에서 고려할 중요한 사항 중 하나는 러너시스템의 구조 변화에 의해서 성형품의 전반적인 품질 특성에 많은 영향을 준다. 그림 1은 기본적인 사출금형제작을 위한 금형설계의 흐름도(flow chart)를 보여주고 있다[7]. 사출성형 과정은 용융된 수지가 사출성형기의 가열실린더에서 러너 및 게이트를 통과하고, 제품의 복잡한 형상을 지나면서, 냉각에 따른 온도저하로 압력손실이 크게 발생한다. 사출성형기의 유압실린더에서 가해지는 사출압력에 의해서 용융된 수지가 캐비티 내로 유동될 때, 이 성형압력에 충전단계, 패키징 단계까지 작용하고 냉각에 의한 성형수축이 발생하는데 이

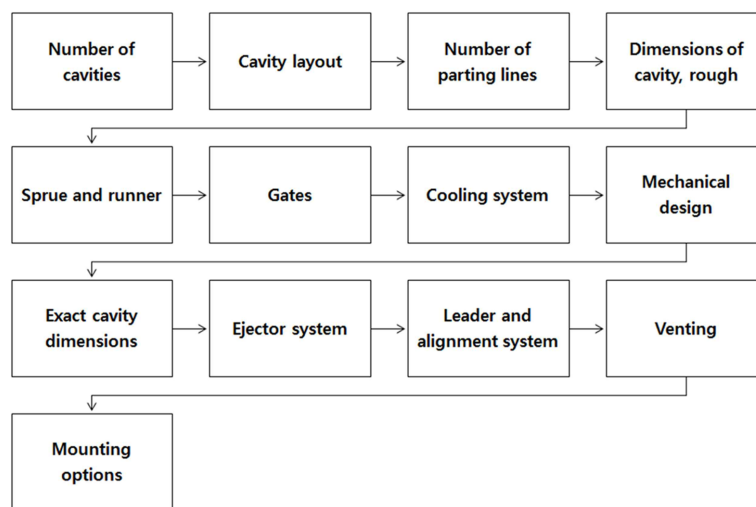


그림 1. 사출금형설계 흐름도

Fig. 1. Flow chart for the mold-design.

러한 수축으로 줄어든 체적을 보상하기 위해서 스크류가 앞으로 더 전진하게 된다. 사출압력이 유지되는 동안에 보압이 끝나는 시점, 즉 게이트가 굳어질 때까지는 용융된 재료가 캐비티 내로 흘러 들어간다. 특히 게이트가 작거나 캐비티의 모서리가 날카롭거나, 제품의 두께가 다르고 금형의 러너가 불균일한 경우는 충전하기가 어렵다. 이렇게 충전이 되더라도 사출압력에 의해서 용융수지 내에 전단응력이 발생되고, 응력이완이 완료되지 못한 상태에서 잔류응력으로 남아서 변형이나 뒤틀림이 발생한다. 캐비티 내에서 용융된 수지의 고화가 진행과정에서 성형기의 스크류가 후퇴를 시작할 때 게이트가 닫혀 있지 않으면 용융수지는 압축이 회복되어 역류(back flow) 현상이 일어난다 또 압축된 상태로 게이트가 막혀 있으면 사출압력은 잔류응력으로 남아 있으면서 냉각이 이루어지고, 냉각되는 과정에서 내부응력이 회복되면서 수축변형이 이루어진다. 그러므로 게이트를 막히게 하는 시점을 어떻게 선정할 것인가는 설계할 때 매우 중요한 사항이 된다. 이 시점에 따라 성형품의 기계적인 품질을 좌우하는 밀도, 수축 및 변형 등의 영향이 결정되기 때문이다. 사출시 용융된 수지가 각 캐비티 내로 균일하게 유동하여 충전이 되어야 한다. 불균일한 충전은 성형품의 치수, 강도 등 기

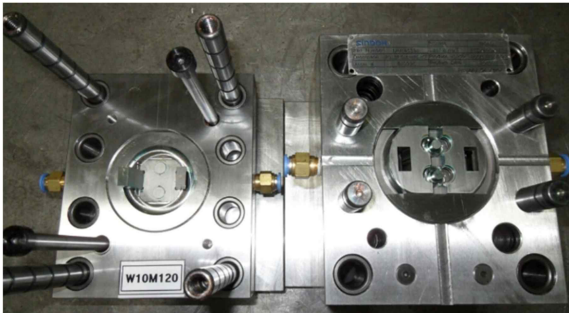


그림 2. 3매판 구성 금형의 핀 포인트 게이트  
Fig. 2. Pinpoint gate utilized in three-plate mold.

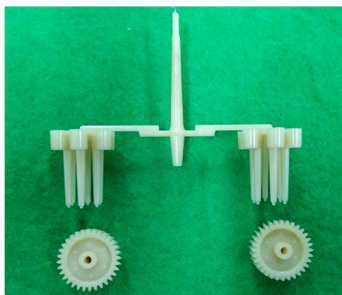


그림 3. 대표적 러너 배치 예  
Fig. 3. Sample of typical runner layouts.

구적인 특성과 이에 따른 성형품의 외관적인 품질, 기계적인 특성에도 매우 영향을 크게 준다. 따라서 사출금형설계에서 러너시스템 구조에 금형기술을 잘 적용해야 한다. 그림 2는 소형 성형제품을 위한 3매판 금형구조에서의 핀 포인트 게이트를 적용한 러너시스템 방식을 나타내고 있고 그림 3에서는 플라스틱 기어부품에 적용된 게이트가 위치한 지점이 3개소로 구성된 러너 레이아웃을 보여준다.

### III. 러너시스템 모델 설계

러너의 치수를 결정할 때는 성형품의 체적과 러너 또는 스프루에서 각 캐비티까지의 거리, 러너의 냉각, 금형 제작용 커터의 사용범위 및 사용수지의 특성을 충분히 검토한 후 결정하고, 러너의 직경은 성형품의 살두께(wall thickness)보다 크게 한다. 이 보다 작으면 성형품보다 러너가 먼저 고화하여 수축이 보정되지 않기 때문에 싱크마크나 기포를 일으키기 쉽다. 그리고 러너의 길이가 길어지면 용융수지의 유동저항이 커지고 스프루에서 각 캐비티까지의 거리는 러너의 단면적을 결정하는 데 직접적인 관계가 있다. 러너는 효과적인 사출압력을 유지하기 위해서는 최대의 단면적으로 하고, 용융수지의 열 발산 즉, 충분한 열전도를 생각하여 바깥둘레 길이는 최소로 설계한다. 이것은 바깥둘레 길이에 대한 단면적의 비율이 러너의 효율을 나타내기 때문이다. 러너밸런스는 스프루에서 각각의 캐비티까지의 거리, 즉 길이를 같게 하는 것을 의미하며 높은 정밀도가 요구되는 성형품에서는 대단히 중요하다. 다수의 성형품을 동시에 이행 시키는 금형에서의 균형 관계는 캐비티 수, 성형품 형상, 구성 플레이트 수 및 게이트 형식에 따라서 결정된다. 러너의 수와 길이는 사출압력의 손실과 용융수지의 온도저하를 예방할 수 있도록 한다. 유동수지의 배분을 생각하여 균형을 유지하도록 한다. 러너밸런스는 스프루에서 각 캐비티까지의 거리를 동일

표 1. 러너시스템에 대한 기능 및 요구사항

Table 1. Functions of and demands on the runner system

기능과 요구사항	
• 웰드라인이 최소화된 캐비티 총 전일 것	• 압력, 온도, 재료 손실을 줄이도록 길이가 짧을 것
• 용융수지 흐름의 제한이 되도록 적을 것	• 성형품이 고화될 때까지 보압이 유효한 두께일 것
• 전체 무게가 작을 것	• 성형사이클 타임에 영향이 없을 것
• 이형이 용이할 것	• 성형품 두께가 가장 두꺼운 곳에 게이트를 설치할 것
• 성형품 외관에 영향이 없을 것	• 제팅 현상을 방지하는 게이트 위치 일 것

하게 하는 것을 의미하며 중요하다. 게이트의 위치, 형상, 치수는 성형품의 외관이나 성형 효과 및 치수 정밀도에 큰 영향을 준다. 또 게이트는 성형품의 형상으로 결정하는 것이 아니고 캐비티 내의 용융수지의 유동방향, 웰드라인의 생성 등을 생각하여 결정한다. 게이트의 위치에 따라 성형품의 가치가 좌우되며 게이트의 위치를 결정할 때는 사용 수지의 특성, 성형품의 외관 등을 충분히 검토할 필요가 있다. 잔류응력, 변형 및 휨에 대해서는 게이트가 작은 것이 유리하다. 게이트 직경이 성형품 살두께보다 작으면 성형품 단면적 중앙부가 고화하기 전에 게이트 내의 수지가 먼저 고화하게 된다. 반대로, 게이트의 단면적이 크면 수지가 고화할 때 외부압력과 유동압력에 의하여 게이트 부근은 마지막까지 수지의 유동이 정지하지 않으므로 내부응력, 충전변형, 분자배향에 의한 변형이 크기 때문에 성형품이 취약하게 된다. 학습자들이 각 개인별로 표 1에서 제시한 러너지스템에 대한 기능 및 요구사항과 표 2에서의 러너지설계와 크기에 영향을 주는 요소들을 기본적으로 상세하게 이해한 후에, 학습을 수행하는 방식으로 실제로 플라스틱 기어제품에 적용된 러너지스템을 분석해 보기로 하였다. 여기에서 사용한 부품은 스피어 기어에 핀 포인트 형식이 적용되었으며, 자동화 취출이 가능한 3매판 구성 금형 구조로 되어 있다. 그림 4는 실험에 사용한 다양한 종류의 핀 포인트 게이트가 적용된 플라스틱 기어 샘플을 보여주고 있다.

표 2. 러너지설계와 크기에 미치는 요소

Table 2. Factors which affect design and size of runners

Items affecting runners	
• Part volume	• Heat losses
• Wall thickness	• Losses from friction
• Plastic material	• Cooling time
• Length of flow path	• Amount of scrap
• Resistance to flow	• Cost of manufacturing
• Surface/volume ratio	• Mold type

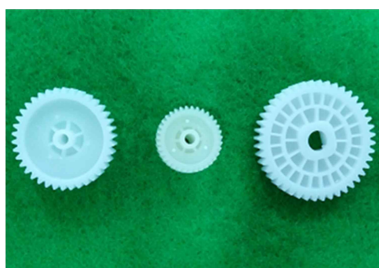


그림 4. 핀 포인트 게이트가 적용된 플라스틱 기어부품

Fig. 4. Plastic gear parts applied pinpoint gate.

#### IV. 기술교육운영

우수한 플라스틱 성형품을 얻기 위한 금형기술교육에 있어서 지역적으로 오산, 평택, 수원, 화성 지역의 사출금형설계, 사출금형제작 및 사출금형조립 분야에 대한 산업체 요구사항에 맞도록 금형기술교육 과정을 설계하였고, 보다 효과적으로 수행할 수 있는 금형부문 직무에 맞는 기술수준으로 교육 프로그램을 구성하였다. 표 3에서 사출금형 분야에서 금형설계, 금형제작을 위한 최적의 러너지스템 적용한 기술지도 과정의 상세내용을 보여주고 있다. 그림 5에서는 사출금형 관련 산업체에 종사하는 제작자 10명을 대상으로 하는 훈련교육과정에서 6개 항목으로 구성된 각 학습 주제별로 참여자 학습만족도에 대한 설문조사 결과를 보여주고 있다. 각 주제별로는 사출성형의 기본원리 4.5점, 사출금형의 유동기구 4.5점, 러너지 설계 4.4점, 게이트의 설계 4.3점으로 높게 나타났고, 나머지 2개에서는 사출성형조건 4.1점, 성형불량유형 3.8점으로 조사되었다. 이를 통하여 사출금형에서 플라스틱 유동기구에 대한 기술적인 학습 요구도가 사출성형조건 및 성형불량에 대한 기술적인 학습 요구도보다 더 높고 있음을 알 수가 있으며, 전반적으로 학습 주제별 내용에 대해서 훈련참여자 만족도가 양호하게 나타났다. 현재 플라스틱산업의 전문 기술인력 양성을 위해 국가차원에서 실시하는 교육훈련기관은 없는 상황이며, 학교의 경우에도 4년제 대학은 물론 전문대학, 특성화고등학교 등 플라스틱제품 성형가공과 관련한 전문기술인력 수요에 특화된 교육과정을 운영하는 학교가 없는 실정이다. 실질적인 산업의 전문 기술인력을 배출하는 전문대학 및 특성화고는 매년 입학생과 졸업생이 줄어들고 있어 국가직무능력표준을 활용한 산업현장 중심의 교육과정 개설·운영 등 산업계의 요구에 부응한 교육과정 마련이 필요할 것이다. 사출금형 분야에서 현장의 의견을 수렴하면서 보다 더 교육훈련 내용을 발전시키고 요구사항에 맞춘 교육을 진행한다면 사출금형기술 및 사출성형기술의 향상을 가져올 수 있다고 생각된다.

#### V. 결론

사출성형작업을 하는 산업체에서 금형설계, 금형제작 및 사출성형 기술자들이 새로운 금형을 개발하면서 여기에 적합한 러너지 및 게이트를 적용할 수 있는 기술적인 지식이 요구된다. 그 동안 적용했던 방식이나 타 제품들의 러너지 샘플을 가지고 각 러너지스템이 적용되었던 이유와 기술적인 분석이 필요하다. 이러한 이유로 산업체 현장에서 필요한 최적

표 3. 최적의 러너지스템 적용을 위한 실무금형기술 과정

Table 3. Practical tooling technology course applied optimal runner system

과정명	최적의 러너지스템 적용을 위한 금형기술지도		
교육목표	실무적인 사출금형기술 능력을 확보하기 위하여 사출금형의 기본원리, 사출금형의 유동기구, 러너의 설계, 게이트의 설계, 사출성형조건, 성형불량유형 등을 설정하고 수행할 수 있다.		
필요지식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사출성형기의 동작원리, 구조에 대한 지식</li> <li>• 사출금형 설계 원칙에 대한 이해도</li> <li>• 플라스틱 재료별 성형조건에 대한 지식</li> <li>• 사출성형기의 동작원리, 구조에 대한 지식</li> <li>• 사출성형 조건과 성형품질에 대한 지식</li> </ul>		
직 무	사출금형 조립제작	소요시간(h)	24
학습내용	주 제	내 용	비 고
	• 사출성형의 기본원리	사출성형의 기본원리와 5단계 공정 성형수축에 영향을 주는 인자	이론/실습
	• 사출금형의 유동기구	사출성형과 잔류압력 유동성과 러너밸런스	이론/실습
	• 러너의 설계	성형품의 두께와 유동거리 러너의 효율	이론/실습
	• 게이트의 설계	게이트 위치와 분자 배향성 게이트 크기와 수축 및 변형	이론/실습
	• 사출성형조건	사출성형조건의 설정방법 밀도, 비체적, PVT선도 이해	이론/실습
• 성형불량유형	성형 불량류의 종류의 현상과 대책 싱크마크, 뒤틀림, 휨 변형 등	이론/실습	
활용교재	NCS학습모듈교재		

각 단원별 만족도

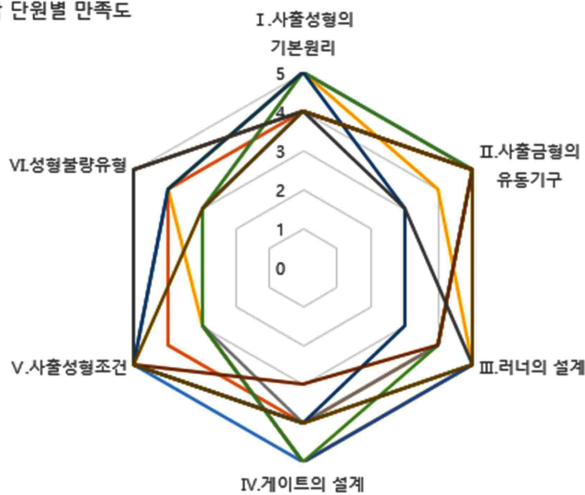


그림 5. 각 주제별 만족도 분석

Fig. 5. Satisfaction analysis for each item.

의 러너지스템 적용을 위한 실무금형기술 과정을 제시하였다. 사출금형에서 필요한 성형제품의 품질 개선에 대한 최적

의 금형기술 향상을 위하여 기업체 현장에서 적용할 수 있는 기술을 사례 중심으로 제시하였다. 학습자들이 각 개인별로 표 1에서 제시한 러너지스템에 대한 기능 및 요구사항과 표 2에서의 러너지설계와 크기에 영향을 주는 요소들을 충분히 기술적으로 이해한 후에, 학습을 수행하는 방식으로 진행하면서 실제로 플라스틱 기어제품에 적용된 러너지스템을 분석해 보기로 하였다. 또한 금형기술교육에 있어서, 지역적으로 오산, 평택, 수원, 화성 지역의 사출금형설계, 사출금형제작 및 사출금형조립 직무분야에 대한 산업체 요구사항에 맞도록 보다 효과적인 금형기술교육 프로그램을 구성하였다. 그리고 사출금형 관련 산업체에 종사하는 재직자 10명을 대상으로 하는 훈련교육과정에서 6개 항목으로 구성된 각 학습 주제별로 참여자 학습만족도에 대한 설문조사 결과는 전반적으로 참여자 만족도가 양호하게 나타났다. 이를 바탕으로 사출금형 분야에서 실무적인 금형기술 과정의 교육훈련 프로그램이 산업체 현장의 의견을 수렴하면서, 보다 더 교육훈련 내용을 발전시키고, 요구사항에 맞춘 교육을 진행한다면 사출금형기술 및 사출성형기술의 향상을 가져올 수 있으리라 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 2017학년도 오산대학교 교내연구비 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

[1] D. H. Lee, D. C. Kang, K. Yi, and K. H. Jung, "An education-oriented industry and university collaboration model a case study of LG electronics and Handong University," *Journal of Engineering Education Research*, vol. 7, no. 3, pp. 32-38, May 2004.

[2] E. J. Song, "Practical engineering teaching method: A study on methodology for teaching improvement on the university," *Journal of Practical Engineering Education*,

vol. 4, no. 1, pp. 45-50, June 2012.

[3] C. H. Oh, B. H. Kim, J. I. Kim, J. H. Ha, K. H. Ahn, and N. S. Kim, "Research on actual state and improving suggestion for practical engineering technician," KUT-HRD Research Center, Research Report 2010-01, February 2011.

[4] J. P. Beaumont, *Runner and gating design handbook*, Hanser, Munich, pp. 37-57, 2004.

[5] J. P. Beaumont, J. H. Young, and M. J. Jaworski, "Mold filling imbalances in geometrically balanced runner system," ANTEC, pp. 599-604, 1998.

[6] E. Erlenkamper, "Gate design for a high quality surface finish," Plastic Business Group, Application Technology Information (1125 d,e), pp. 8-22, 2000.

[7] G. Menges and P. Mohren, "How to make injection molds," Hanser, Munich, pp. 98-103, 1994.



신 주 경 (Ju-Kyung Shin) \_종신회원

2004년 2월 : 연세대학교 기계공학과 석사  
 2012년 2월 : 중앙대학교 기계공학과 박사수로  
 1989년 1월 ~ 1998년 6월 : LG산전(주) 과장  
 1998년 6월 ~ 2002년 3월 : 모토로라(주) 책임연구원  
 2002년 3월 ~ 2006년 6월 : 뉴젠텔레콤(주) 이사  
 2008년 3월 ~ 현재 : 오산대학교 기계공학과 부교수  
 <관심분야> 기계공학, 제품개발, 금형, HRD