

제품디자인개발을 위한 진공주형기의 사용에 관한 연구

Vacuum Modeling for Development of Product Design

김성현

건국대학교 디자인조형대학 인터스트리얼디자인전공

Sung-Hyun Kim(shhkim@kku.ac.kr)

요약

산업구조의 발전에 따라서 제품의 기능이 변화하고 그 결과에 따라 제품의 크기, 무게가 결정된다고 해도 과언이 아닐 것이다. 우리가 실생활에 주로 사용하는 중소형의 생활기기를 개발하는데 많은 시간이 소요되었다. 많은 시간이 소요되던 개발시간을 단축시키는 방법 중의 하나로 진공주형기의 등장은 디자인프로세스를 획기적으로 단축시키는 방법이었다. 간단하게 시제품을 만드는데 있어 크기와 형태에 제한은 있지만 단 몇 시간 안에 복제 또는 간단한 형상을 제작 가능하다.

본 논문은 진공주형의 제작 및 사용방법 중심으로 디자인개발과 가치를 향상 시키고 기업의 생산성과 경쟁력을 통한 산업구조의 체질적 취약성을 보완하고 급변하는 산업 구조 하에서 시대적 요구에 맞는 경제 성장을 위하여 미래의 부가가치로 실현 시킬 수 있는 분야로써 진공주형을 통한 디자인개발의 역할을 검토 제안하는데 연구의 목적을 두었다.

■ 중심어 : | 캐소조형 | 진공성형 | 디자인개발 | 정밀모형 |

Abstract

It is not an overstatement to say that the functions of the products change and the results determine the size and weight of the product. It took a long time to develop the small size everyday tools. One of the ways to shorten the development time was the emergence of vacuum moulds that decreased the design process significantly. In other words, the manufacturing of the product may be limited by the size and shape, but the replication of a simple structure is possible within a few hours.

This study aims to review and suggest the design development through vacuum moulds as an area to realize the future additional values to the economic growth under the rapidly changing industry structures as well as securing the weaknesses of the industry structures through the productivity and competitiveness of the corporations.

■ keyword : | Rapid Prototyping | Vacuum Molding | Design Development | Master Mock-Up |

1. 서론

본 논문의 목적은 진공 주형기를 사용하여 디자인을 개발하고자하는 교육기관, 중소기업체 등 연구자를 위하여 개발사례를 통한 진공주형기의 사용 방법과 올바

1. 연구의 목적과 방법

* 본 논문은 2012학년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임.

접수번호 : #121018-003

접수일자 : 2012년 10월 18일

심사완료일 : 2012년 11월 05일

교신저자 : 김성현, e-mail : shhkim@kku.ac.kr

른 프로세스를 통한 디자이너들이 쉽게 이해하고 활용할 수 있는 메뉴얼을 만들고자 한다. 기존 자료들을 토대로 쉽게 응용 할 수 있도록 체계적인 설명과 사진을 첨부하여 각각 기능의 이해를 돕고 처음 사용하고자는 디자이너들도 쉽게 본인의 디자인을 만들어 볼 수 있도록 정리하고 배우고자 하는 학생들에게도 좋은 메뉴얼이 될 수 있도록 조사한 자료들을 정리하고 직접 사용상의 문제나 사용방법을 사진과 함께 설명하려 한다.

향후 진공 주형기를 통하여 디자인개발을 하고자하는 디자이너들의 지속적인 개발을 통하여 좀 더 깊이 있는 디자인개발의 밑 걸음이 되고자 한다.

연구 방법으로는 진공주형기의 개요와 진공주형기의 특징에 대하여 알아보고 그 사용 용도에 대하여 조사한다. 진공조형공법을 위한 프로세스 및 개요를 연구하여 장점과 단점을 추출 한다. 또한 진공 주형기를 이용한 디자인개발 사례와 이 조사를 통하여 진공 주형기를 사용하여 개발하고자 할 때 먼저 디자인 형태상의 주의점과 금형 설계상의 주의 점에 대하여 연구한다. 다음은 진공주형의 작업순서(Process)에 대하여 연구를 한다. 먼저 실리콘 형 틀 제작과 수지주형(제품주형) 진공 주형시 준비하여야할 Tool에 대하여 조사한다.

2. 진공주형의 개요

일반적으로 진공조형의 제작은 디자인선도와 설계현도 기간을 거쳐 1차 시작개시 후 양산형 수배과정을 거치게 된다. 이때 고려하여야 할 것은 공기단축, 원가절감, 정도확보 등이 있다. 진공 주형 법은 디자인개발에서 금형설계 후 사출 성형 이후 마지막 테스트를 위해 소량의 샘플을 만드는데 사용 되어 왔다. 진공 주형기(Vacuum Cast)은 진공 상태에서 주형 함을 말한다.

3. 진공주형기의 특징

<특징>

- 간단한 조작으로 취급이 용이하며, 콤팩트형으로 어떤 장소에도 설치가 가능하다.
- 교반의 회전은 가변식으로 수지의 점도에 맞추어 적합한 속도에서 양질의 교반작업이 가능하다.

-진공주형기에서 탈포, 교반, 주형작업을 할 수가 있기 때문에 기포가 없는 고품질의 제품이 제작 가능하다.

-차압식 주형방식(선택사양)으로 어떠한 형상의 제품일지라도 정도를 보증 할 수가 있다.

<사용수지>

- 폴리우레탄 수지 -에폭시 수지
- 폴리에스테르 수지 -RTV 실리콘
- 왁스 -기타 열경화성 주형가능 수지

(www.ilbeom.co.kr)[1]

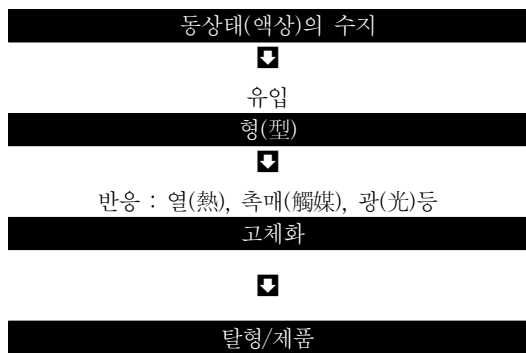
II. 본 론

1. 진공주형의 사용용도

진공주형의 용도는 공업용 시작품제작과 소량다품종의 제품생산에 적합하다. 중소기업이나 소형의 공방에서 제품의 크기가 작으면서 적은 양의 제품을 생산하고자 할 때 실리콘을 이용하여 몰드(Mould)를 만들어 소량의 제품을 검토용으로 생산되어 지고 있다.

2. 개 요

소량다품종 제품제작에 사용이 용이하다.



3. 진공주형(Vacuum casting)기술

쾌속주형(RP)공정은 형상 구속조건 없이 어떠한 형태의 시제품이라도 빠르게 제작할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 각 장비가 사용할 수 있는 재료에 제한이 있고 한번의 공정으로 제작이 가능한 시제품의 개수

가 한정되어 있다. 만약 수요자가 특정한 재질의 시제품, 예를 들어 양산 제품과 동일한 재질의 시제품을 제작하기를 원하거나, 한번에 10개 이상의 시제품을 한꺼번에 제작하고자 한다면 진공주형기술을 적용할 수 있다. 진공주형기술이란 우선 RP 공정으로 원형(pattern)을 제작한 후 실리콘 재질의 주형틀(mold)를 제작하고 이를 이용하여 원하는 재질로 다량의 시제품을 복제하는 기술이다.

진공주형 세부 공정을 순서대로 나타내었다. 우선 1) RP패턴을 제작한 후 2) 패턴주위에 테이프로 파팅라인(parting line)을 생성시키고 3) 실리콘 몰드를 제작할 프레임을 만들고 그 속에 RP 패턴을 위치시킨다. 4) 액체 실리콘을 주입한 후 5) 실리콘 몰드를 오븐 속에서 경화시킨다. 6) 경화된 몰드를 분리하고 7) 그 속에 든 RP 패턴을 제거한 후 8) 몰드를 테이핑 하여 실리콘 몰드를 완성시킨다. 9) 얻고자 하는 완성품 재료(주재료)와 경화제를 혼합한 후 10) 실리콘 몰드로 주입하고 다시 오븐에서 주재와 경화제를 경화시킨다. 이 후 11) 몰드상, 하형을 분리시키고 제품을 꺼내면 12) 최종 시제품이 완성된다.

몰드의 재료 명을 따라 일명 실리콘 주형법이라고도 하는 이 기술은 현재 독일의 MCP 사가 독보적인 기술력을 가지고 세계를 선도하고 있으며, 국내에서는 (주)일범이 시장을 점유하고 있다. 실리콘 재료 몰드의 탄성이 커서 어느 정도의 언더컷(undercut)을 가지고 있어도 슬라이딩 몰드(sliding mold) 혹은 코어(core) 없이 일체의 몰드로 제작이 가능하며 모든 공정이 진공상태에서 이루어져서 몰드 혹은 제품 내에 기포가 최소화되어 정밀도 향상을 가져올 수 있다. 사출성형 시제품을 대신하여 ABC재질의 시제품을 많이 제작하고 있지만, 최근 MCP 사는 실리콘 몰드로부터 나일론 재질의 제품을 7~8분 만에 하나씩 추출할 수 있는 모듈을 개발하여 크게 환영 받고 있다[2].

4. 진공주형기의 장점과 단점

4-1. 진공주형공법의 장점

진공주형공법의 장점은 아래의 9가지로 나누어 볼 수 있다.

- 1) 1개의 원형(Master Model)로 부터 수개~수십 개의 복제품이 수일 내에 제작 가능.
- 2) 원형의 재료는 금속, 목재, 플라스틱등 자유로이 선택.
- 3) 실리콘 형은 경화 후에 수축이 적고, 전사성이 우수하여 원형을 충실히 재현한다.
- 4) 고무형의 탄성을 이용, 다소의 언더카-터도 탈형이 가능.
- 5) 진공 중에 주형하여, 고정도 주형품의 제작이 가능.
- 6) 양산제품과 동일한 물성의 제품을 생산할 수가 있다.
- 7) 주형재료의 착색, 주형품의 도장, 도금이 가능.
- 8) 나사, 금구의 인서트 성형이 가능.
- 9) 0.5mm정도

- 진공주형에 의한 주형물은 사출금형제작에 의한 사출물과 같은 형상으로 주형물을 만들 수 있으며 경우에 따라서는 사출 구배나 사출 방향에 신경 쓸 것 없이 손쉽게 형태를 만들 수 있다.
- 사출 금형과 같은 고가의 금형제작이 없으므로 비교적 저렴하게 주형물을 얻을 수 있다.
- 사출 금형제작 과 같이 직접 금형을 제작하지 않으므로 빠른 시간 내에 주형물을 얻을 수 있다.
- 진공주형 결과물을 얻기까지 적은 비용과 짧은 시간이 소요되므로 개발이 완전하지 않은 경우 실험적인 생산에 적용하기 적당하다.

4-2. 진공주형의 단점

1. 100개 정도의 소량생산 시는 사출 금형개발에 비해 월등히 경쟁력이 있으나 생산 수량이 많아지면 개당 제작시간이 많이 소요되며 경쟁력도 떨어진 다.
2. 사출금형에 비해 정밀도가 많이 떨어진다.
3. 생산품의 품질을 일정하게 맞추기 어렵다.
4. 녹였다가 굳히는 사출 플라스틱에 비해 이액형 수지를 사용하므로 다소 약하다.

5. 진공주형기 작업시 주의점

진공주형을 이용해서 생산하게 될 제품을 디자인할 때는 사출물용의 디자인과는 다른 특성들이 있으므로 주의를 필요로 한다.

5-1. 디자인 형태상의 주의점

- 1) 진공주형물은 사출물과 달리 정밀도가 떨어진다. 특히 의료기기의 경우에는 400mm 이상의 대형 크기에 적용하는 경우가 많은데 크기가 커지면 커질수록 치수관리가 어려워진다. 따라서 디자인 시에도 치수관리가 용이하게 해야 한다. 예를 들어 3개의 주형물이 한곳에서 만나게 되는 경우에는 디자인적으로 가장 중요한 주형물을 겹으로 보이게 하고 나머지 중요하지 않은 주형물을 다른 주형물에 의해 가려지게 하거나 하는 요령이 필요하다.
- 2) 진공주형의 몰드가 실리콘이기 때문에 몰드의 탄성을 이용해서 주형물을 분리할 수 있다는 점을 디자인에서 활용할 수 있다. 평범한 이야기인 것 같지만 새로운 형태를 창조해야 하는 디자이너에게는 구세주와 같은 특징이기도 하다. 단, 몰드의 탄성을 이용해서 주형물을 분리할 수 있다고 해서 주형물의 모든 부분에 발구배를 생략하고 언더컷을 무절제하게 사용할 수는 없다는 점에 주의하여야 한다.
- 3) 주형물이 너무 가늘고 길거나 "ㄱ"자와 같이 어느 한쪽으로 치우친 형태는 주형에 매우 불리하다. 특히 "ㄱ"자와 같은 경우 주형물 자체의 부피는 크지 않지만 몰드는 "ㄱ"자 형태로 만들게 되므로 몰드 비용이 만만치 않게 올라간다.
- 4) 사출물의 경우에는 내부에 리브를 많이 설치해서 견고하게 만들 수 있지만 주형물은 리브를 많이 설치할수록 주형이 어려워지고 여러 부분에서 경비도 상승된다. 따라서 조립 후 제품이 구조적으로 약해질 수 있다는 점을 고려해서 디자인 해야 한다.

예를 들어 모니터의 테두리에 별색으로 구분된 형태를 끼우고자 할 경우에는 부품을 분리하기 보다는 하나

로 붙여서 만들고 색상도장 후가공으로 마감하는 것이 제품의 견고성 측면에서 볼 때 권장할 만하다.

5-2. 금형설계 상의 주의점

- 1) 제품 내부에 설치하는 리브의 두께는 제품 살 두께의 2/3 정도로 해야만 외관에 싱크라인이 생기지 않는다. 또한 리브의 높이가 10mm 이상으로 너무 높으면 주형물을 몰드에서 탈거시킬 때 어려우므로 가능한 높이가 낮게 되도록 해야 한다.
- 2) 보스의 경우에도 리브와 같이 너무 높아지거나 발구배가 적으면 탈거에 어려움이 있다. 외관에 문제가 없다면 발구배는 3도 정도가 적당하다.
- 3) 진공주형은 생산 수량이 적고 제품 단가가 다소 상승해도 된다는 점을 고려해 볼 때 주형 후가공의 여지를 남겨두는 것도 어려운 설계를 비켜갈 수 있는 방법이 될 수 있다.

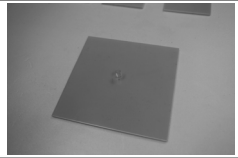
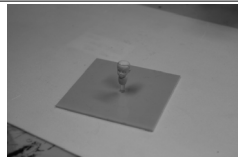
종 류	수 량	가 격	용 도
F - 38	1kg	13,000원	모형용수지
X-1458	1set	33,000원	PP대응용수지
X-1617	1kg	30,000원	시바툴 대응
PX-521	1set	33,000원	투명수지
X-0799	1kg	45,000원	투명수지
RTV-3040	1kg	24,500원	실리콘
RTV-3030	1kg	24,500원	실리콘

참고 사항 : 실리콘, 수지 (주) 일반

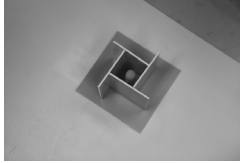

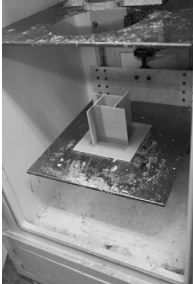
6. 진공주형의 작업순서

진공 주형법은 다음과 같은 절차로 성형 됩니다.

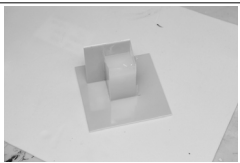


- 1) 최종 성형물의 형상을 먼저 정밀모형(master mock-up)으로 만든다.

	1. 재료 주입을 위해 주입구를 아크릴 봉을 이용하여 확보하고 이 위에 제품을 세팅 한다.
	2. 캐릭터 제품을 아크릴 봉 위에 세팅 한다.

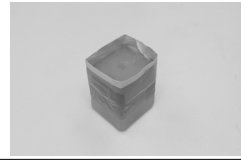
2) 적당한 용기 안에 모형을 고정시킨 후 주형용 실리콘 용액을 부어 형틀을 만든다.

	<p>- 캐리커 제품 주위에 실리콘을 붓기 위해 틀을 만든다. 형틀 제작시 ABS, 아크릴, PC판, 순강접착제, 박스테임 각종공구를 사용한다.</p>
	<p>- 실리콘이 새어나오지 않게 틀 새 주변을 테이프로 막아준다. 그다음 실리콘을 형틀 안에 부어준다. 틀 안에 있는 복제품의 높이보다 높게 실리콘을 충분히 부어준다.</p>
	<p>- 실리콘 형틀에 실리콘을 부어준다. 진공주형기 안에서 진공 상태에서 예비탈포를 한다. 이때 예비 탈포는 20분 이상 하여야 한다.</p>

3) 실리콘 형틀을 2등분하여 실리콘 형틀과 모형을 분리한다.

	<p>- 열풍순환건조기에 굳힌 실리콘의 틀을 완성하기 위하여 실리콘 외벽의 형틀을 완전히 분리시켜준다.</p>
	<p>- 실리콘 절개 라인을 표시한다. 그 이유는 선을 톱니모양의 형태로 그려서 분리 후 다시 주형을 할 때 원형 틀의 형태를 유지하기 좋게 하기 위함이다.</p>
	<p>- 실리콘 절개용 집게를 사용한다. 이때 전개용 집게를 이용하여 실리콘을 벌려 내부에 있는 복제품을 조심하여 꺼내고 다시 실리콘의 원형이 복원되기 위하여 적당한 넓이로 잘 벌려야 한다.</p>



4) 실리콘 형틀을 다시 본 모양대로 조립한다.

	<p>- 실리콘 형틀을 테이프를 이용하여 고정시킨다. 고정시킨 실리콘 주입구에 호수를 이용하여</p>
--	--

5) 실리콘 형틀에 이액형 수지를 부어넣어 굳힌다.

	<p>- 호퍼를 세팅하고 이액형 수지를 붓기 위해 진공주형기 안에서 기포를 탈포하여 실리콘 형틀 안에 수지를 부어준다 이때 액성의 주형용 수지재료 (Polyurethane Resin, Epoxy Resin등의 열경화수지를 주입하고 경화시킨다. 예비탈포를 20분 이상 한 후 스위치를 작동하여 호퍼에 부어 준 후 다시 10분 이상 탈포를 한다.</p>
	<p>- 열풍순환건조기에서 건조한다.</p>

6) 실리콘 형틀에서 주형물을 분리해 낸다.

	<p>- 열풍순환건조기에서 꺼낸 실리콘과 호수와 테이프를 분리 위하여 제거하여 준다.</p>
	<p>- 실리콘 형틀을 벌리고 주형물을 분리한다.</p>

7) 주형물의 외관을 손질해서 제품을 완성한다.

7. 실리콘 형틀 제작

7-1. 작업순서

주의사항: 작업시간 2시간 전에 건조로 전원 ON 시킨다.(온도는 70°C로 맞춘다.)

- 1) 원형제품 상태확인 - 절개선 파악
- 2) 형틀제작 - ABS,아크릴, PC판, 순간접착제, 박스 테일 각종공구 사용
- 3) 실리콘혼합 - 실리콘A(주제10%)와 B(경화제1%) 혼합 섞어준다. - 실리콘 개량 (전자저울사용)
- 4) 예비탈포- 주형기에 넣고 예비 탈포 20분 이상
- 5) 주형 - 스위치를 작동하여 호파에 부어 형틀에 주입한다.
- 6) 탈포 - 다시 탈포 10분 이상 한다. - 건조로에서 약 2시간 정도 건조(경화) 한다.
- 7) 형틀절개 - 지그재그로 절개 - 수술용 메스 사용
- 8) 실리콘형틀 완성

8. 수지주형(제품주형)

8-1. 작업순서

주의사항: 작업시간 2시간 전에 '건조로' 전원 ON 시킨다.(온도는 70°C로 맞춘다.)

- 1) 형합 - 몰드상태 확인 및 형합 (박스테일 사용) - 약1~2시간 정도 '건조로'에서 열을 준다.
- 2) 수지개량 - 수지의 A (주제100%)와 B (경화제 100%) - 각각 A 와 B의 계량컵에 계량한다.(전자저울사용)
- 3) 진공기장 착 - 태핑작업, 벤딩 처리후 진공주형기 안에 넣어 연결한다. - 수지는 각각 A와 B의 계량컵을 진공주형기에 세팅한다. - 임펠러의 스위치를 작동한다.(스피드는 수지점도에 따라 조절) - 예비탈포 10분 이상 한다. (많이 할수록 좋다.)
- 4) 혼합 - B컵의 스위치를 작동시켜 A컵에 혼합한다. - 임펠러를 이용하여 잘 섞어준다. ※주의 가사시간 1-1분30초 준수 - B컵을 원위치 한다.
- 5) 주형 - 임펠러를 멈추고 A의 스위치를 서서히 작

동 시켜 호파에 부어 준다. - 몰드에 수지가 어느 정도 차오르면 A컵을 원위치 한다.

- 6) 탈포 - 5분정도 탈포 - 서서히 진공을 파기 한다. - 진공주형기의 문을 열고 임펠러를 분리하여 잘 닦은 후 보관한다. - 몰드를 건조로에서 1~2시간 건조(경화)한다.

※주의사항 : 계량컵을 진공주형기에서 분리하여 잘 닦은 후 보관한다. - (주)일범

III. 결론 및 과제

본 연구는 디자인 상품을 개발하는데 있어 짧은 시간에 디자인한 제품을 만들어 검증하고자 할때 기존 목업 제작의 시간적, 비용적 측면에서 절약할 수 있는 창조적인 방법을 통하여 여러 분야에서 적용하는데 쉽게 접근하여 활용할 수 있도록 그 사용방법을 제안하고자 했다.

많은 산업체에서 상품디자인 개발에서 디자인적 측면에서의 문제 해결 방안으로 고민하다 생산하지 못하는 경우가 있어 왔으나 진공주형기의 발전으로 인하여 현재 많은 산업체에서 시제품디자인 생산에 활용하고 있다. 그러나 사용상의 문제점과 그 해결책 및 사용방법을 쉽게 해결할 수 없었으나 본 연구를 통하여 보다 쉽고 편리하게 초보자도 사용할 수 있도록 자료 조사와 실제 사용 경험을 통한 노하우를 정리하여 실무진행에 편리하게 활용하고자 정리하였으며 진공주형기의 작동 방법과 실제 캐릭터 제품을 복제하는 실험을 통하여 디자인상의 주의점과 설계상 주의점 및 진주형시 필요 틀에 자료 조사를 통하여 제시 하였다. 또한 진공주형의 중요성과 활용성에 대한 인식이 디자인분야 뿐만 아니라 공예분야나 금속관련 조형분야에서도 부각되고 있는 현실이다. 소량생산을 목적으로 경쟁을 하는 디자인 전문업체나 일반 산업체에서는 경쟁력을 갖추려는 업체들에게는 꼭 필요한 장비이기도 하다.

이번 실험을 통하여 개인적으로 디자인을 진행하는 산업체나 처음 진공주형기를 통하여 디자인을 개발하려는 곳에서는 본 연구가 큰 도움이 되리라 사료 됩니다. 향후 현재 고가의 진공주형기가 저가의 가격 경쟁력이 있고 사용하기 편한 제품이 생산되길 기대한다.

참고 문헌

- [1] <http://www.ilbeom.co.kr>
- [2] 김기대, “시제품을 위한 쾌속조형 진공주형, 금속 주조 기술”, 한국공작기계학회지, 제15권, 제2호.
- [3] 전연찬, 한민식, 김수용 “진공조형몰드 제작에 대한 최적조건 설정에 관한 연구”, 한국기계가공학회지, Vol.6, No.4, pp.65-70, 2007.
- [4] 김기대 “쾌속조형과 진공주형 및 세라믹 몰드를 이용한 금속 주조 시제품 제작공정에서의 형상정밀도 변화”, 한국정밀공학학회지, Vol.24, No.6, pp.131-137, 2007.
- [5] 김태호, 한민식, 김민주, “진공주형을 이용한 비구면렌즈 시제품 제작에 관한 연구”, 한국정밀공학회, 2007년도 춘계학술대회논문집, pp.719-720, 2007.
- [6] 임용관, “쾌속금형제작을 위한 진공주형과 동용침 분말주조기술에 관한 연구”, 한국분말야금학회지, Vol.7, No.2, pp.102-109, 2000.
- [7] 박문선, 김대환, 강범수, “금속광조형 마스터 모델을 이용한 제품 및 간이 금형 제작”, 한국정밀공학회지, Vol.16, No.12, No.105, pp.7-13, 1999.
- [8] 임용관, 정성일, 정해도, “R/P 마스터모델을 활용한 정밀주조 공정기술의 개발”, 한국정밀공학회지, Vol.16, No.6, No.99, pp.52-57, 1999.
- [9] 김범수, 임용관, 배원병, “알루미늄 분말 혼합수지를 이용한 간이형 제작과 그 특성”, 한국정밀공학회지, Vol.15, No.8, No.89, pp.39-45, 1998.
- [10] 문용재, 권대현, 고석조, 차병수, 문창권, “섬유강화 복합재료를 활용한 진공주형용 재료의 특성에 관한 연구”, 한국정밀공학회 학술발표대회 논문집, pp.905-906, 2011.
- [11] 정성일, 정두수, 임용관 “슬립 캐스팅을 이용한 통기성 세라믹형의 쾌속 제작”, 한국정밀공학회지, Vol.16, No.5, No.98, pp.98-103, 1999.
- [12] 박문선, 김대환, 광정기, “금속조형기술을 이용한 쾌속정밀주조 금형 및 시제품 제작”, 한국정밀공학회지, Vol.16, No.11, No.104, pp.74-80, 1999.
- [13] 정용기, 장성규, 광희로, “지하철 변전실용 진공주형 몰드변압기의 난연성 확인에 관한 연구”, 照明·電氣設備學會論文誌, Vol.12, No.2, pp.99-107, 1998.
- [14] 정성일, 정두수, 임용관, “슬립 캐스팅을 이용한 통기성 세라믹형의 쾌속 제작”, 한국정밀공학회지, Vol.16, No.5, No.98, pp.98-103, 1999.
- [15] 박경수, “쾌속조형기술과 진공성형법을 이용한 시작차량용 대형 중공 부품의 제작에 관한 연구”, 부산대학교 2001.
- [16] 박경수, 양화준, 최경현, 이석희, “쾌속조형기술과 진공성형법을 이용한 시작차량용 대형 중공 부품의 제작에 관한연구”, 한국정밀공학회, Vol.10, .2000.
- [17] K. Yamada, “Prediction control for molten metal temperature in furnace on the vacuum casting process,” CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES, Vol.9, No.5, 1996.
- [18] 이대우, “디지털 홈 네트워크 제품디자인 프로세스와 디자인제안”, 한국콘텐츠학회논문지, Vol.9, No.5, pp.118-127, 2009(5).
- [19] 강홍석 “간접 도자 조명등 제품디자인 연구개발 -스탠드형중심으로-”, 한국콘텐츠학회논문지, Vol.11, No3, pp.211-219, 2011(3).
- [20] 김선영, “플라스틱 소재로 본 인테리어 제품디자인 콘텐츠”, 한국콘텐츠학회논문지, Vol.7, No.11, pp.182-192, 2007(11).

저 자 소 개

김 성 현(Sung-Hyun Kim)

정희원



- 2000년 3월 ~ 2003년 8월 : 동서대학교 디자인학부 조교수
 - 2003년 9월 ~ 현재 : 건국대학교 산업디자인학부 교수
- <관심분야> : 제품 디자인 개발, 산업디자인, 컴퓨터아트