

자동차핸들 제품의 CAE해석을 활용한 가스 사출성형에 관한연구

강세호¹, 우창기^{*}, 김옥래²

¹(주)건화, 인천대학교 기계공학부, ²한국생산기술연구원 금형기술그룹

Research on Gas Injection Mold using CAE Analysis of Steering wheel Parts

Sae-Ho Kang¹, Chang-Ki Woo^{*}, Ok-Rae Kim²

¹Kunhwa Co., Ltd, Department of Mechanical Engineering Incheon National University,

²Mold & Dies-technology R&D Group kitech

요약 플라스틱 사출성형제품은 금형을 제작하여 대량생산에 적합한 시스템으로서 두께가 두꺼운 자동차 핸들제품은 가스 사출성형을 수행하는 것이 바람직하다. 가스사출성형은 용융된 원재료를 금형내로 충전시킨 후 질소가스를 주입하는 기술이다. 가스사출성형은 재료비절감, 품질향상 등 많은 장점을 가지고 있다. Moldflow소프트웨어를 활용하여 사출성형 공정을 해석하여 제품의 휨 변형을 최소화하기 위한 게이트의 위치를 결정하였으며, 기존의 일반적인 PP재료로 가스사출 성형을 했을 경우 변형이 크게 발생되므로 미네랄이18% 함유된 PP 재료로 변경하여 사출제품의 휨 변형을 최소로 하는 것과 게이트의 위치를 변경하여 핑거링현상이 발생하는 트러블을 제거하는 것을 목적으로 하였다, 또한 가스 사출성형을 수행하였을 경우 원재료가 유입되고 난후 게이트를 기준으로 가스가 유입된 형상을 파악하기 위해 비교분석해 보았다. 본 연구를 통해 제품형상에 따른 두께의 변화와 가스사출성형을 수행하더라도 플라스틱의 재료에 따라 제품의 휨이 발생 될 수 있다는 것과 게이트의 위치가 제품의 트러블에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

Abstract As plastic injection mold parts is suitable system mass production making mold. So thick steering wheel parts is desirable to carry out gas injection molding. Gas injection mold is skill to inject nitrogen gas postfilling melting raw material into mold. Gas injection mold have many advantage like retrenchment of material cost, upgrading the quality. etc. It was decided gate position to minimize warpage of parts analysis injection mold process using mold flow software and incase doing gas injection mold using normal p.p material. it occur big warpage. so it is object minimizing warpage of injection parts to change p.p material containing mineral 18% and removing fingering phenomenon trouble as changing gate position. Also in case carrying out gas injection mold, I did comparison and analysis to grasp shape flow in gas setting a standard gate after flowing in raw material. Through this study, I found out changing of thickness by parts shape and it can occur warpage of parts by plastic material even though it carry out gas injection mold and it had a direct influence on trouble of parts by gate position.

Keywords : Flow, Gas injection, Molding, Mold design, Injection mold, Runner

1. 서론

플라스틱가공기술의 일부분인 사출성형제품은 2~4mm의 두께가 제품 구조적으로 적당하나, 산업의 발달

과 플라스틱제품의 용도가 다양해지면서 기존 제품두께가 표준규격보다 0.5~1mm로 더 얇아지거나, 8~30mm, 또는 더 이상 두께가 두꺼운 제품을 요구하는 수요가 증가하면서 두꺼운 제품을 생산하기 위한 다양한

*Corresponding Author : Chang-Ki Woo(Incheon National Univ.)

Tel: +82-10-3670-8815 email: nesung@daum.net

Received September 30, 2015

Revised (1st October 22, 2015, 2nd November 6, 2015)

Accepted November 6, 2015

Published November 30, 2015

사출공법이 활용되고 있다[1]. 이와 같은 산업에서 요구되는 변화에 따라 사출성형 관련 기술들은 꾸준히 개발되어 왔으나, 대부분 설계 및 해석기술 부분이며, 또한 일반적인 단품에 대한 연구만 활발하게 진행되어 오고 있다. 그러나 최근 사출성형제품은 금형과 사출성형기의 개발을 통하여 시스템화 되고 있으며, 복잡한 제품도 가능성을 가진 제품들이 생산 되고 있다.

가스 사출성형은 두께가 두꺼운 중공제품 이거나 제품의 변형을 방지하기 위하여 자동차범퍼처럼 성형품의 일부분에 가스를 주입하는 방식을 채택 한다[2]. 금형의 캐비티 내부에서 70~90%로 사출성형을 수행하고 고압의 가스를 제품내부에 주입하는 방식이다. 따라서 기존 사출성형 충전 후 보압 단계가 없고, 질소가스가 유입되어 보압 단계의 역할을 하기 때문에 사이클 타임의 단축, 형체결력의 감소등과 같은 많은 장점을 가지고 있지만 가스는 금형 온도, 원재료 온도에 매우 민감하게 반응하며, 고무풍선처럼 취약한 곳이 있으면 제품을 뚫고 밖으로 유출 된다. 그러므로 특히 강철 인서트물이 있는 경우 제품 두께변화에 유념해야한다. 또한 가압된 가스가 제품 내에서 균일하게 분배되어 전 냉각과정 중에 유지되거나 제품구조의 문제가 있을 경우 가스침투(fingering)현상이 일어나는 경우가 발생한다[3].

가스침투현상은 가스 사출성형의 공통적인 문제점이라 할 수 있다. 가스침투는 가스채널로부터 빠져나간 가스가 제품의 바람직하지 못한 부위로 옮겨갈 때 생긴다. 가스침투의 주된 원인은 잘못된 금형설계, 캐비티 내의 플라스틱 원재료 불충분, 과도한 가스압력, 과도하게 높은 금형온도 때문에 발생하는 경우가 많다.

본 연구에서 사용된 모델은 중공제품으로서 가스사출 후에 제품 표면에 PVC를 입혀 2차 사출을 해야 하므로, 가스 사출시 가스투입으로 인해 제품의 얇은 부위가 터지는 현상을 방지함과 동시에 2차 사출에서 제품을 인서트로 사용해야 하기에 변형이 일어나는 것을 고려해야 한다. 본 연구에서는 가스 사출성형에 대한 연구만 수행하는 것을 목표로 하였다.

2. 실험 방법

2.1 제품설계 및 게이트 위치

Fig. 1은 원재료가 유입되는 게이트의 위치와 가스가 유입되는 유로가 동일하게 설계되었고, 1차 제품의 위치

인 1 Type에서 사출성형을 수행 하였을 때, 문제가 발생되어 CAE 해석[4]을 수행하여 게이트 위치를 12.5mm 이동시켜서 2 Type의 게이트위치로 개선시킨 곳에서 원 부재료의 밸런스를 검토 하였으며, 이는 2가지 유형을 비교 검토한 것이다[5].

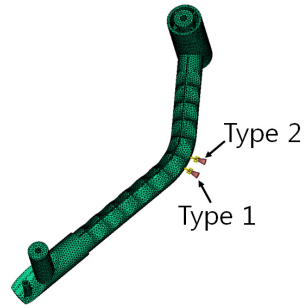


Fig. 1. Gate place

2.2 사출성형 CAE 해석

Fig. 2는 3차원 모델(a)을 디자인한 후 사출성형 유동 해석 프로그램인 Moldflow[6]를 활용하여 유한요소법에 의한 3D Mesh 분할(b)을 나타낸 것이다. Mesh 절점은 40666이고 Elements는 215300이다. 사출성형 CAE 해석을 수행하기 위한 원재료는 PP 폴리머(GS사의 Hi-Prene M540)와 삼성 XF-4150 폴리머(일반재료와 미네랄 18% 함유)로 해석을 수행하여 제품의 휨 양을 비교 분석하였다. Fig. 1의 게이트 위치에 따른 사출 성형해석을 수행하여 Fig. 3과 같이 원재료의 온도변화에 따른 점도를 알 수 있었다. PVT선도는 온도와 압력, 부피의 관계를 나타내고 있는 것이다.

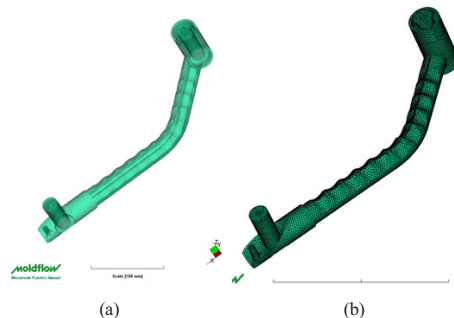


Fig. 2. CAE Analysis model
(a) 3D CAD model (b) Mesh model

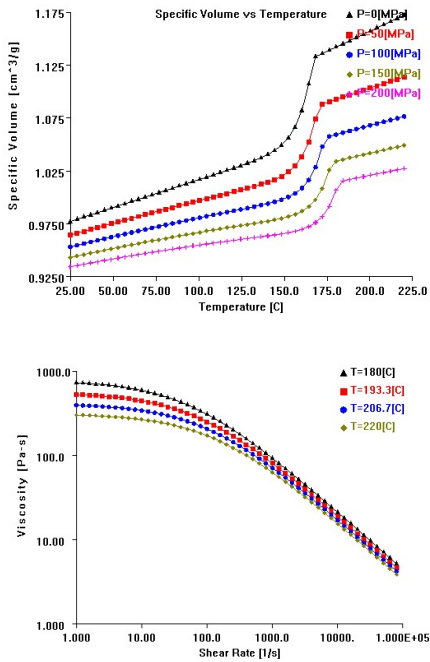


Fig. 3. Viscosity and PVT graphs of applied resin

Table.1은 가스 사출성형 유동해석을 수행하기 위한 충전시간과 금형 및 사출성형기의 실린더 온도이며, Table. 2는 15초간 압력의 크기에 따른 가스충전조건이다.

Table 1. Gas-injection condition of CAE

Processing control factor	Levels
Injection time	0.5
Mold temperature(°C)	30
Melt temperature(°C)	230

Table 2. Gas condition of CAE

pressure(psi)	time
5000	4
4500	3
4000	3
2500	4
1000	1

또한 양호한 제품을 생산 하고자 사출충전 양을 60, 70, 80%로 설정하여 사출시간, Gas 량, 제품 무게를 검토 해 보았다.

2.3 가스 사출성형용 금형제작

아래 Fig. 4와 같이 가스 사출성형이 가능한 금형 제작을 수행하고, 가스사출 제어장치(Gas-injection control units)를 연결하여, 중공제품을 가스 사출하였다.

제품의 원재료는 미네랄 18% 함유된 PP원재료를 사용하였고, 실험을 통해 가스 사출성형의 특성을 고찰하고자, 성형 후 24시간동안 제품을 건조시킨 후 지그작업을 통해 제품의 변형 유·무를 확인하였다.

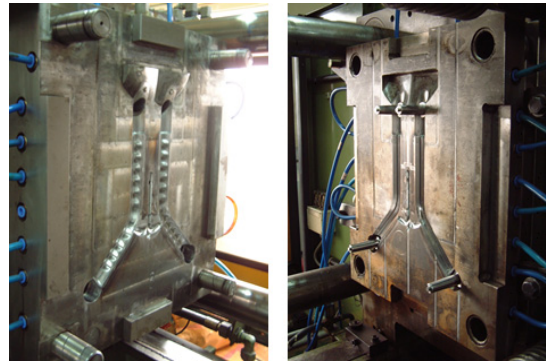


Fig. 4. GAS Injection of Mold

2.4 가스사출 성형조건

실험에 사용된 사출성형기는 Engel 220ton 사출성형기이며, 원재료는 PP 폴리머(삼성 XF-41 50)이다.

사출성형기 실린더 노즐온도를 230°C로 설정하고, 금형온도는 30°C가 유지되도록 하였으며, 사출 충전시간은 2초로 설정하였다.



Fig. 5. GAS Injection of Unit

Fig. 5는 질소가스를 공압으로 압축시켜 금형내부로 유입시키는 가스 유닛이다.

Table. 3은 원부재료의 조건을 보여주고 있으며, Table. 4는 가스충진 조건으로서 각각의 압력마다 가스 압력 유지시간을 다르게 설정하여 냉각되도록 하여, 금형이 열리기전에 가스를 공기 중으로 배출되도록 하였다. 원부재료가 금형에 충전시작 2초 후에 가스를 5단계에 걸쳐 가스를 주입하였다.

Table 3. Gas-injection condition

Processing control factor	Levels
Injection time	2
Mold temperature(°C)	30
Melt temperature(°C)	230

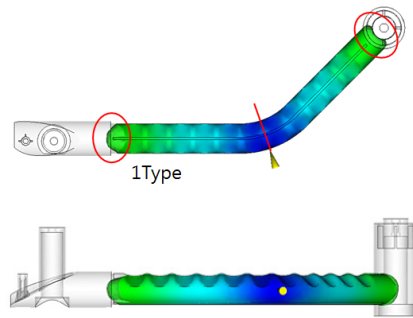
Table 4. Gas condition

pressure(psi)	time(s)
5000	4
4500	3
4000	3
2500	4
1000	1

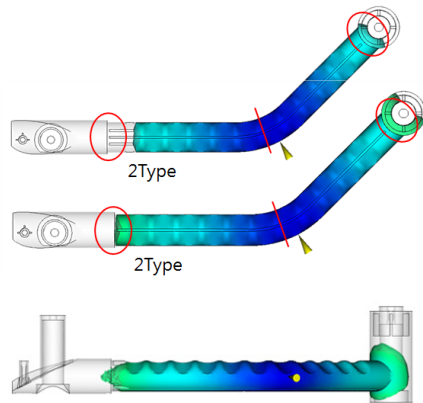
3. 결과 고찰

3.1 가스 사출성형해석

Fig. 1의 Type 1 게이트 유형으로 사출성형 했을 경우 게이트를 중심으로 양쪽의 밸런스가 어느 정도 일정하다고 볼 수 있으나, 제품의 특성상 재료가 적은 상측부위에서 가스침투(finge ring)현상이 발생하므로, Type 1 보다는 Type 2 처럼 상측에 게이트가 위치할 경우 원부재료가 많이 흘러 들어가 질소가스가 적게 투입된다. 그 결과로 Fig. 6에 나타난 것과 같이, 원부재료가 Type 1(a)보다 더 많이 Type 2(b)처럼 상측으로 충전되어야 트러블이 발생되지 않는다는 것을 확인 할 수 있었다.



(a)



(b)

Fig. 6. Gas Injection on Gate
(a) Type1 (b) Type2

또한 일반재료인 Hi-prene M540으로 해석을 수행하였을 때 Fig. 7의 (a)처럼 변형이 2mm로 발생되었고, 미네랄이 18%가 함유된 삼성 XF-4150 폴리머로 해석을 수행 하였을 때는 Fig. 7의(b)경우처럼 0.6mm변형이 발생되어 1.4mm의 차이를 보여주고 있다.

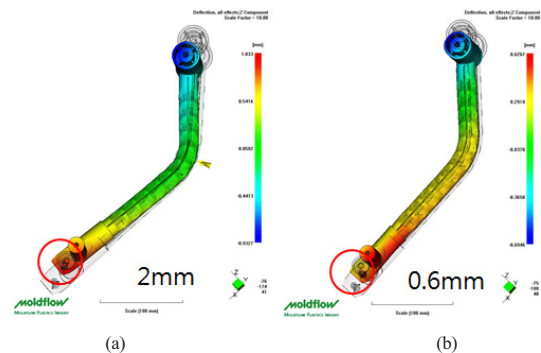


Fig. 7. Polymer by counties volume
(a) general-Polymer(M540) (b) mineral Polymer(XF-4150)

Table. 5와 같이 원부재료의 양을 60%로 설정하여 충전하였을 때, 가스 사출성형 충전시간은 1.34초, 가스불륨은 34%, 원부재료 무게는 136g으로 나타났다. 그리고 70%로 설정하여 충전하였을 때는 가스 사출성형 충전시간은 1.54초, 가스불륨은 30%, 원부재료 무게는 145g으로 나타났다. 80%로 설정하여 충전하였을 때 가스 사출 성형충전시간은 1.75초, 가스불륨은 22%, 원부재료 무게는 161g으로 나타났다.

Table 5. Injection of the results Analysis

Parameter Volume(%)	Fill time(sec)	Gas Volume(%)	Total mass(g)
60 %	1.34	34	136
70 %	1.54	30	145
80 %	1.75	22	161

3.2 가스 사출성형실험 결과

Fig. 8의(a)는 가스가 주입되기 전의 원부재료가 캐비티에 충전된 모습을 보여주고 있으며,

Fig. 8(b)는 원부재료를 금형 캐비티내에 충전 후 질소 가스를 최적화된 사출성형, 가스투입 조건으로 가스 사출성형공법을 활용한 제품의 모습을 보여 주고 있다. 가스 사출성형에서 살 두께가 너무 얇거나, 파팅라인을 기준으로 상·하측의 두께가 많은 차이를 보일 때, 인서트 추가되면 제품의 강도를 저하시킬 수 있으므로 주의가 필요하다.

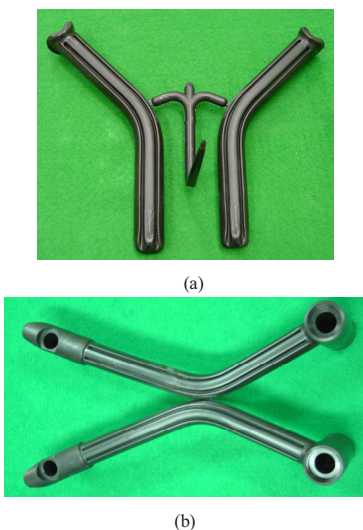


Fig. 8. Appearance of product
(a) general-injection molding
(b) gas-injection molding

중공제품은 형상에 따라 가스가 유입되는 편차가 발생하므로 제품의 두께가 일정하게 나타날 수 가 없다. 그러므로 유형을 파악하여 두께의 변화를 알고 있어야 한다.

Fig. 9(a)는 실험 후 살 두께 측정을 위해 게이트를 기준으로 제품을 40mm씩 6등분 한 것이며 Fig. 9(b)는 5-point에서 각각의 두께를 측정한 것이다. Table 6은 측정된 결과 값을 나타내었으며, Fig. 10은 측정값을 그래프로 나타내고 있다. 그 결과 2라인의 B-3, 3라인의 B-1 부위의 두께가 가장 작은 것으로 나타나고 있다.

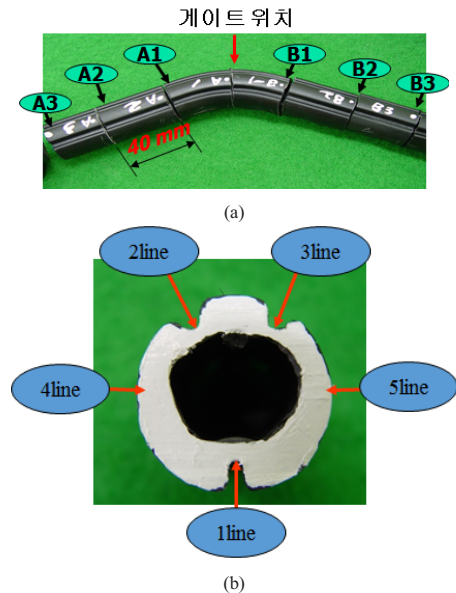


Fig. 9. Point place
(a) Trim (b)cross section

Table 6. measurement data

	A-3	A-2	A-1	B-1	B-2	B-3
1	3.03	3.21	2.75	2.71	2.75	2.81
2	1.76	2.24	2.56	2.73	2.81	1.5
3	1.83	1.86	2.23	1.5	2.22	2.72
4	4.43	5.15	5.04	4.53	3.73	5.37
5	4.92	5.09	4.71	5.18	5.46	4.51

Fig. 11(a)는 Fig. 1의 Type 1 게이트 유형으로 가스 사출성형 했을 경우, 실험에서도 측면에 가스침투현상이 발생되는 것을 보여주고 있는 것이며, (b)는 제품 끝단부위의 두께를 5mm로 설정하여 성형하였을 경우의 가스 침투현상을 나타내는 것이다. 따라서 (c)의 제품은 측면,

끝 단면 모두에서 가스가 침투한 형상을 보여주고 있다. 그리고 (d)에서는 러니벨런스를 12.5mm 변경하고, 제품 끝단 부위를 5mm에서 3.7mm로 수정하여 가스사출성형을 하였더니 Fig. 6처럼 가스침투현상이 완전히 제거되는 결과가 나타난다는 것을 보여주고 있다.

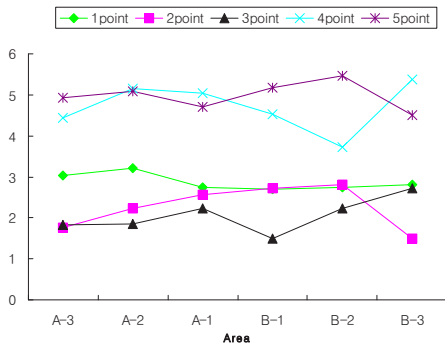


Fig. 10. Graph of thickness data

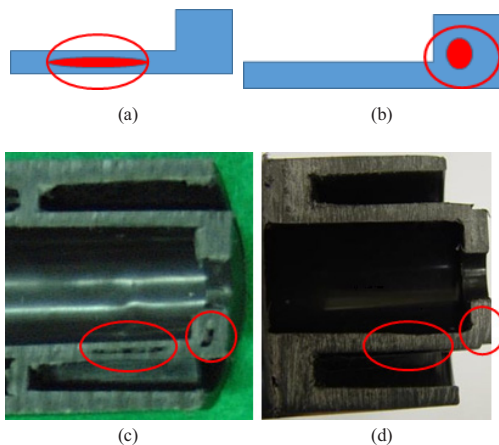


Fig. 11. Fingering phenomenon
 (a) Gate move 12.5mm (b) change width 3.7mm
 (c) Type1 (d) Type2

4. 결론

가스사출 유닛을 활용하여 중공제품을 구성할 경우 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 게이트를 제품의 가운데 설정하여 충전하였을 경우 제품형상에 따라 제품 끝 부분에서 가스침투현상이 발생하는 것을 확인하였고, 게이트의 위치를 가스침투 현상이 발생 되는 곳으로부터 12.5mm 이동한 결과 가스

침투현상이 제거되는 결과를 얻었다.

2) Fig. 11의 (d)제품 끝단부의 두께가 두꺼운 경우 높은 원재료의 온도에 의해 가스가 침투할 요소가 높으므로 5mm에서 3.7mm로 변경하여 가스침투현상을 방지 할 수 있었다.

3) 일반 PP재료인 Hi-Prene M540으로 해석을 수행했을 경우 제품의 휨(warp)발생이 2mm로 나타나고 있으며, 미네랄이 18%함유된 삼성 XF-4150로 사출성형 해석을 수행 했을 경우 0.6mm의 휨 발생이 되는 것으로 보았을 때, 휨을 방지하기 위해 원재료에 첨가제인 돌가루를 5~30%까지 첨가하여 사용하는데 본 제품도 원부 재료에 첨가제를 적용하여야만 원하는 형태의 제품을 얻을 수 있다는 결론을 얻었다.

4) 중공제품의 두께 변화를 고찰해 보았을 때 제품의 형상이 원형 파이프 형상이 아니고 곡선으로 이루어진 형상일 경우 정 가운데가 아닌 게이트 쪽이 얇고 게이트 반대쪽이 두껍게 생성되는 것을 알 수 있었다.

따라서 본 연구를 통하여 제품의 끝단 부위라도 두께가 두꺼운 경우 제품의 구조적인 특성이나, 온도영향에 의하여 가스가 침투할 수 있다는 결론을 얻으므로 향후 제품 구조설계에 반영할 수 있게 되었다.

References

- [1] H. S. Lee, "A Study on the Unified Molding for a Box shaped Thick part Using Gas-Assisted Injection Molding", Transactions of Materials Processing Vol.10, No.5, pp. 402~410, September, 2001.
- [2] Kim, H. S, "Development of Automotive Interior parts using GAIM", The Korean Society Of Automotive Engineers, Vol.16, No.1, pp. 25~35, May, 2004.
- [3] Sun Kon Lee, Sang Hyun Kim, "Experimental Study on implementation of injection molding process for speaker frame in LED TV", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol.12 No.5, pp. 94~101, October, 2013.
- [4] Haeng-Soo Lee, Hong-Seok Byun, "Study on the Design Optimization to Improve Injection Molding performance of Plastic Regulator Rail", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.13, No.12, pp. 5709~5715, December, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.12.5709>
- [5] Jae-Hoon Choi, "Study on manufacturing of Injection Mold and Delivery System Characteristics of Cosmic case", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.14, No.12, pp. 6047~6052, December, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.12.6047>

- [6] Du-Soon Choi, Hong-Seok Kim, " A Study on Insert Injection Molding for BLDC Motor Stator", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.16, No.9, pp. 5737~5742, September, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.9.5737>

강 세 호(Sae-Ho Kang)

[정회원]



- 2005년 6월 ~ 현재 : ㈜건화 감리 CM 본부 이사
- 2013년 2월 : 인천대학교 일반대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 일반대학원 기계공학과(박사수료)

<관심분야>

국가직무능력표준규격(NCS), 유동해석

우 창 기(Chang-Ki Woo)

[정회원]



- 1989년 2월 : 단국대학교 기계공학 (공학박사)
- 1980년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 공학대학 기계시스템공 학부 교수

<관심분야>

파괴역학, 금형설계, 비파괴해석 (Using Acoustic Emission)

김 옥 래(Ok-Rae Kim)

[정회원]



- 2003년 8월 : 인천대학교 인천대학원 기계공과 (기계공학석사)
- 2010년 8월 : 인천대학교 인천대학원 기계공과 (기계공학박사)
- 1989년 3월 ~ 2015년 11월 : 한국생산기술연구원 수석연구원
- 2015년 5월 ~ 현재 : 대한민국산업현장 교수

<관심분야>

CAE사출성형해석, 사출성형, 금형