

화장품 용기의 유동 특성 및 사출금형 제작에 관한 연구

최재훈^{1*}

¹유한대학교 금형설계과

A Study on manufacturing of Injection Mold and Delivery System Characteristics of Cosmic case

Jae-Hoon Choi^{1*}

¹Department of Tool & Mold Engineering, Yuhan University

요 약 화장품제조업은 동일한 제품을 대량으로 생산하고 소비되는 구조로 금형을 통한 생산은 필연적이다. 화장품 용기를 담는 용기는 소비자의 구매의사에도 영향을 주는 요소이며 완제품가격에서 차지하는 부분이 크기 때문에 경제성, 심미성과 기능성을 충족시키는 금형이 필요하다. 화장품 용기 중에 사각형태의 용기는 미성형 불량률이 다른 형태의 제품보다 자주 발생하는 특징을 가진다. 기존에 사각형 형태의 화장품용기 제작공정은 2단 금형에 사이드게이트 구조로 금형을 제작하는데 이는 후가공과 게이트 흔적이 남는 단점이 있다. 본 연구에서 제안한 오버랩게이트는 후가공이 거의 없고 음각으로 게이트가 절단되는 특징이 있으며, 사이드게이트와 비교하여 Moldflow를 이용한 유동시스템을 시뮬레이션 하였다. 오버랩게이트가 유동성, 고화, 밀도, 에어트랩 등에서 유동성 향상과 불량률을 낮출 수 있는 결과를 확인하였으며, 해석결과를 기반으로 금형을 제작을 하고 사출성형 하였다. 본 연구를 통해 미성형 불량률을 줄이고 심미성, 기능성 등의 특성을 가지는 화장품용기 제품의 대량생산 가능성을 검증하였다.

Abstract A cosmetic manufacturing process requires a mold that is inevitable for mass production. Cosmetic containers are one of major factors affecting the customer's purchase decision. In addition, the manufacturing cost in cosmetic container comprises a large portion of the entire product cost. Therefore, a mold satisfying the economical feasibility, aesthetics and functionality is necessary. Among the cosmetic containers, square shape containers have a tendency of having a short shot defect product. The square shaped cosmetic containers are mostly produced as a side gate shape on the two-plate molds. On the other hand, there are two disadvantages, such as gate trace and post processing requirement. The overlap-gateproposed in this study has the characteristics of intaglio gate cutting and no need for post processing. The delivery system of the overlap gate was simulated and compared with the side gate via Moldflow. The improvement in flow, frozen rate, density, and Air trap was confirmed. Based on the simulation results, the mold and performed injection molding was fabricated. In this study, the possibility of the mass production of high aesthetic and functionality cosmetic containers was verified.

Key Words : Air trap, Injection Mold, Frozen, Overlap gate, Short shot

1. 서론

사출성형(Injection molding) 공정은 전통적인 제조방법의 하나로 금형을 통한 대량생산이 용이하여 전 산업

분야에 걸쳐 폭넓게 사용되고 있다. 사출성형 제품들은 금형의 캐비티(Cavity) 내에서 제품의 형상이 성형되는데 이때 용융수지들은 러너게이트를 통해 들어와 충전, 보압, 냉각, 취출 등의 공정 순서로 제품이 생산하게 된다

본 연구는 기술경영 애로사항 해결을 위한 기술지도로 수행한 결과이며, 도움을 주신 대진몰드 최광성 대표님께 감사드립니다.

*Corresponding Author : Jae-hoon Choi(Yuhan Univ.)

Tel: +82-10-2610-0813 email: vashi@naver.com

Received August 26, 2013

Revised (1st September 30, 2013, 2nd October 24, 2013, 3rd October 30, 2013)

Accepted December 5, 2013

[1-4]. 금형제조업중 화장품산업은 대량으로 생산하여 판매하는 구조의 특성상 동일한 형태의 제품을 반복하여 판매하는 구조로 되어있다. 화장품 용기는 제조원가에서 차지하는 비중이 크며, 용기의 심미성(Esthetic)은 고객의 구매의사에 영향을 주는 요인으로 작용한다. 화장품 용기는 디자인과 금형의 제작, 성형기술을 통해 생산되고, 금형의 특성이나 가격보다 금형설계가 매우 중요하다. 사출 성형 공정은 생산성보다 고품질의 외관에 초점을 둔 생산조건을 설정하여 최상품질의 제품을 생산한다[5,6]. 하지만 일반적으로 금형을 제작하고 시 사출을 통해 금형을 수정하여 최종 금형을 제작하게 되는데, 이는 경제적 손실을 유발한다. 이런 손실을 줄이고자 사출성형해석기술은 금형 산업 전반에 폭넓게 적용되고 있다. 화장품 용기 중에 사각형태의 용기는 미성형(Short shot) 불량률이 다른 형태의 제품보다 자주 발생하는 특징을 가진다. 사각형 형태의 화장품용기는 일반적으로 2단 금형에 사이드 게이트 구조로 금형을 제작하는데 이는 후가공과 게이트 흔적이 남는 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제를 극복하기 위하여 Moldflow를 이용하여 화장품 파운데이션 용기의기능성과 심미성 향상을 위하여 개폐 시 내부 거울을 사용이 용의하고 고정기능을 갖도록 힌지가 적용된 제품설계를 하였다. 설계한 화장품 파운데이션 용기를 제작하기 위하여 기존에 사이드게이트와 새롭게 제안하는 오버랩게이트 세 가지 케이스를 Moldflow를 이용하여 비교, 분석하였으며 이를 바탕으로 금형을 설계, 제작을 하였다. 또한 생산성이 향상될 수 있는 공정시스템을 개발하여 최종 화장품 파운데이션 용기를 제작하였다.

2. 유동시스템 설계 및 해석과정

2.1 이론적 배경

오버랩게이트(Overlap)는 제품의 하단에 위치하는 게이트로 플로우 마크(Flow Mark)와 제팅(Jetting)의 발생을 방지하기 위해 사이드게이트 대용으로 사용된다. 게이트 절단 시 제품의 모서리가 음각으로 절단되는 특징을 가져 마무리가공에 주의를 필요로 한다. 오버랩게이트를 제품 금형에 적용하기 위해 아래 경험식을 참고하여 게이트를 설계하였다[7]. Fig. 1은 오버랩 게이트의 형상과 치수를 나타낸다.

$$L_1 = 2 \sim 3mm \quad (1)$$

$$L_2 = h + \frac{W}{2} mm \quad (2)$$

$$W = \frac{n \times \sqrt{A}}{30} mm \quad (3)$$

$$h = n \cdot t (mm) \quad (4)$$

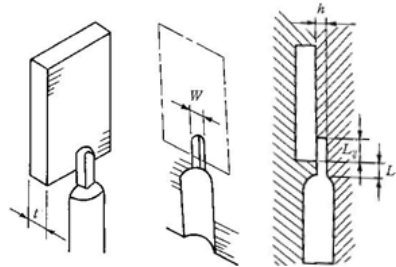
여기서, W : 게이트의 폭 mm

t : 성형품의 살 두께 mm

h : 게이트의 깊이 mm

n : 수지상수

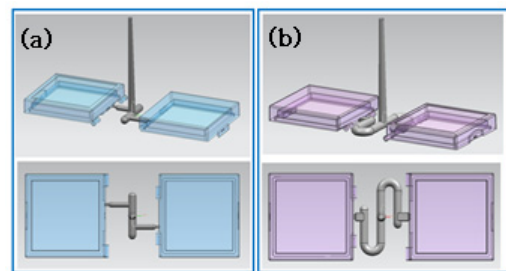
A : 성형품 외측의 표면적(mm²)



[Fig. 1] Shape and dimension of overlap gate.

2.2 유동시스템 설계

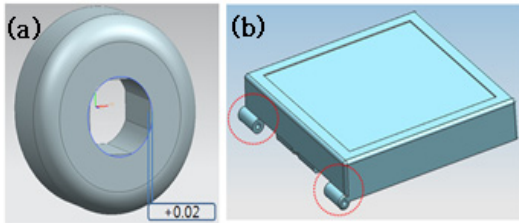
러너의 설계는 사이드게이트의 경우 직선형태이며, 오버랩게이트는 S자 구조로 설계 하였으며, 금형은 2단 몰드베이스에 2 캐비티의 구조로 설계하였다. 유동시스템은 Fig. 2와 같이 두 가지 형태로 설계할 수 있다, Fig. 2의 (a)는 사이드 게이트 방식으로 사각형 형상의 사출 성형을 진행할 경우 수지 미 충전에 의한 미성형 문제가 발생할 가능성이 크며, 게이트 절단을 위해 후 가공을 한다. Fig. 2의 (b)는 기존 미성형 문제를 극복하기 위해 새롭게 고안한 오버랩게이트로, 게이트 제거가 간단하며, 게이트 잔존 돌기 최소화 및 게이트 음각 절단을 통한 생산성 증가가 가능하다는 장점을 가진다. 게이트 위치는 중심부의 음각부위로 결정하여 미 충전 발생을 최소화 하는 위치로 선정하였다.



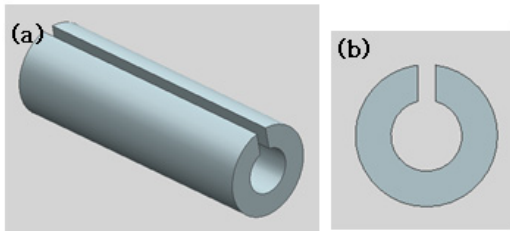
[Fig. 2] Runner system of cosmetic case (a) normal side gate type (b) proposed overlap gate type.

2.3 힌지설계

파운데이션 용기는 일반적으로 거울이 상면에 부착되어 있는데 기존 파운데이션 용기는 개폐 시 180도로 회전하여 손으로 각도를 맞추어 사용하는 단점을 가진다. 이때 사용에 편의를 위해 케이스가 180도 회전 되는 것 보다 고객의 원하는 위치에서 정지가 가능하도록 설계하였다. Fig. 3은 사각형으로 설계하여 억지 끼워 맞춤으로 고정되도록 하는 방법으로 공차관리가 유용하며, Fig. 4는 일반적인 원형 핀에 공간이 있는 형태(Spring pin)로 힌지에 스프링 형 핀을 삽입하여, 조립 시에는 공간에 의해 줄어들고, 사용 중에 마모가 발생되면 핀은 탄성 회복되어 일정기간 보정될 수 있는 방향으로 설계하였다. 이 두 가지 방법을 모두 실험하기 위해 두 개의 슬라이드 코어 핀을 2단 핀으로 설계하였다.



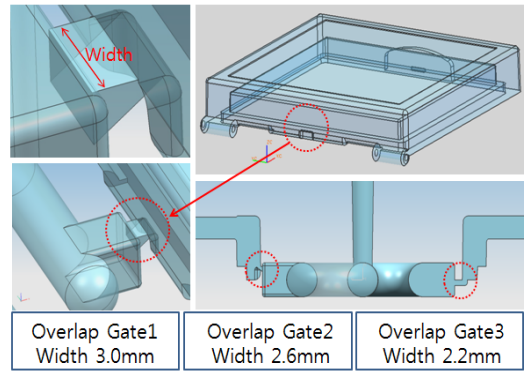
[Fig. 3] 3-Dimensional CAE models of cosmetic case (a) section hinge part (b) hinge location of cosmetic case.



[Fig. 4] Hinge part spring steel core (a) isometric figure (b) plane figure.

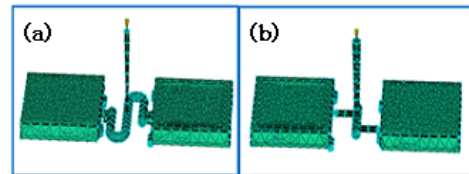
2.4 게이트설계 및 해석 조건

새롭게 설계한 파운데이션 용기의 사출성형 해석은 기존 사이드 게이트와, 설계한 오버랩 게이트 형상을 모델링 하였다. 게이트의 형상은 홈 부위의 특성을 고려하여 30도의 각도 주었으며 모델의 특성상 음각부위의 최대 넓이인 3mm를 기준으로 편측 0.2mm씩 줄여 폭(Width)이 각각 3.0, 2.6, 2.2mm 으로 변수를 지정하여 해석을 진행하였다. Fig. 5은 설계한 오버랩게이트 형상을 보여준다.



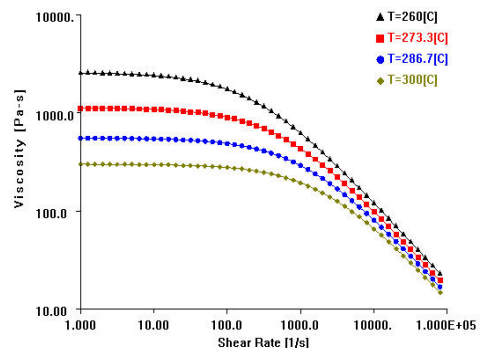
[Fig. 5] Design of overlap gate: (width 3.0mm, 2.6mm, 2.2mm).

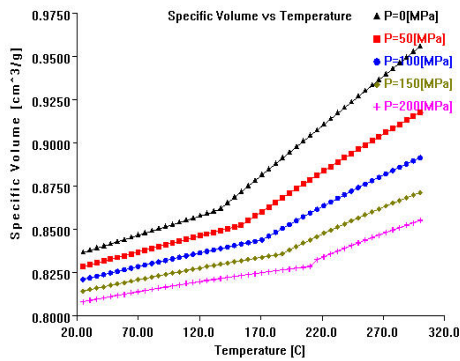
Moldflow 해석을 위해 3D Type으로 약 80,000개의 Mesh 요소를 생성하였다. Fig. 6는 메시(Mesh) 생성 이미지이다. 성형해석 및 제품생산 재료는 폴리카보네이트 (Polycarbonate: PC) 소재이며 LG Chem SC 1004A 제품을 사용하였다. 오버랩게이트의 러너는 수지의 유동과 대량생산의 안전성을 고려하여 S구조로 설계 하였고, 제품의 상측에 오버랩게이트를 설치하기 위하여 사각형 러너로 모델링 하였다.



[Fig. 6] 3D type mesh generation for injection molding analysis.: (a)overlap gate, (b)side gate.

Fig. 7는 Moldflow에서 제공하는 적용수지의 온도별 점도 및 PVT 선도를 나타낸 것이다. Table. 1은 성형해석 조건표이며 소재의 특성을 고려하여 금형의 온도는 70°C, 수지온도 280 °C 냉각수 20°C 로 하여 해석 하였다.





[Fig. 7] Viscosity and PVT graphs of applied resin.

[Table 1] Initial conditions of injection modeling process for CAE.

Filling control	Mold temperature	Melting temperature of resin	Coolant temperature
Automatic	70°C	280°C	20°C

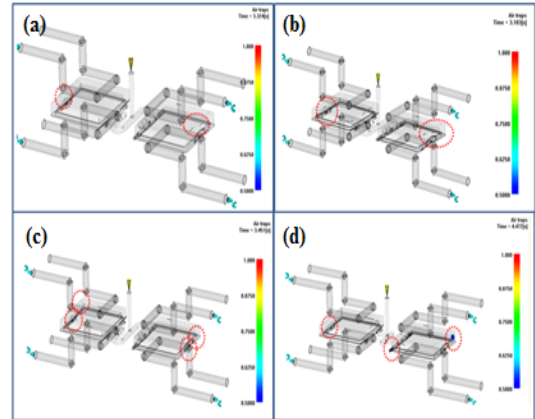
3. 결과 및 고찰

3.1 사출 해석

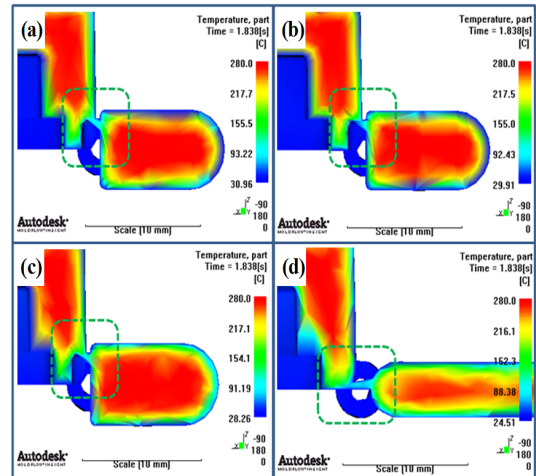
게이트 종류 및 형상에 따른 사출성형 특성을 분석하기 위하여, 기존 사이드게이트와 새롭게 설계한 세 가지 오버랩게이트에 대하여 각각 해석을 수행하였다. Fig. 8은 게이트의 종류 및 형상에 따른 수지의 충전에 대한 에어트랩(Air traps) 해석 결과이다. 폭 3.0mm, 2.6mm, 2.2mm(a), (b), (c) 3.0mm의 에서 점 형태의 미 충전 영역이 3~5곳으로 가장 적게 발생 하였으며, (b)는 솔리드형태 2곳과 점과 선의형태 6곳, (c)는 솔리드형태 3곳 점과 선의형태 7곳, (d)의 사이드게이트는 솔리드형태의 미 충전 영역이 5곳의 솔리드형태와 5~7곳의 점과 선 형상으로 가장 많이 발생하였다. 즉, 오버랩게이트가 사이드 게이트에 비해 미 충전 영역이 적게 나타나 설계한 화장품 파운데이션 용기 성형에 적합한 게이트 설계임을 알 수 있다.

Fig. 9은 충전후의 1.838초에서의 Temperature-part 해석결과를 비교한 그림이다. 폭 3.0mm의 오버랩게이트에서 게이트온도가 150°C, 주변온도 280°C로 나타났으며, 사이드게이트에서 온도가 88°C, 주변온도가 150°C로 나타났다. 즉, 사이드게이트의 성형 사이클이 가장 빠르고, 폭3.0mm의 오버랩게이트가 가장 높은 온도로 수지가 유동 되는 것을 알 수 있다. 오버랩게이트의 (b), (c)는 사이드게이트보다 주위온도는 높지만 폭3.0mm의 (a)보다

는 온도가 낮은 것을 확인하였다. 이를 통해 오버랩게이트의 사출시간이 사이드게이트보다 수초 길어지지만 수축, 미성형 등의 성형불량감소를 통한 생산성 증대가 가능함을 알 수 있었다.

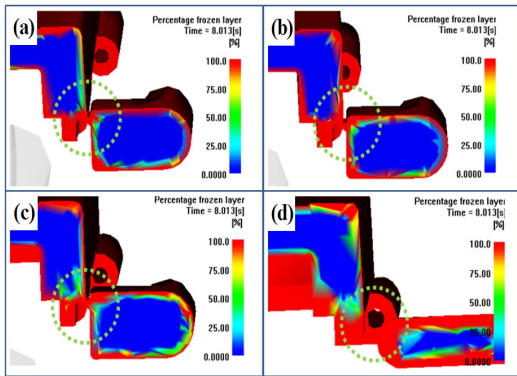


[Fig. 8] The result of air traps analysis: overlap gate (a) 3.0mm, (b) 2.6mm, (c) 2.2mm and side gate (d).



[Fig. 9] Resin temperature at the start of packing pressure: overlap gate (a) 3.0mm, (b) 2.6mm, (c) 2.2mm and side gate (d).

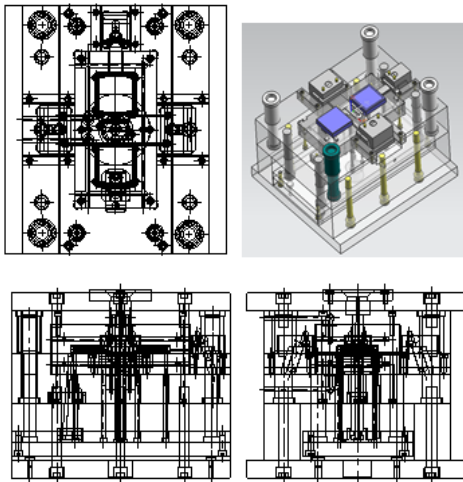
Fig. 10은 충전 후 8.013초 후의 Percentage frozen layer 해석결과이다. 폭3.0mm의 오버랩게이트가 보압시간이 가장 긴 결과임을 알 수 있었다. 이는 동일한 조건에서의 사출시간은 길어지지만 긴 보압으로 수지 인한 밀도증가, 성형불량감소, 우수한 유동성 및 보압 특성을 보임을 확인하였다.



[Fig. 10] The result of percentage frozen layer analysis: overlap gate (a) 3.0mm, (b) 2.6mm, (c) 2.2mm and side gate (d).

3.2 금형설계제작 및 사출성형

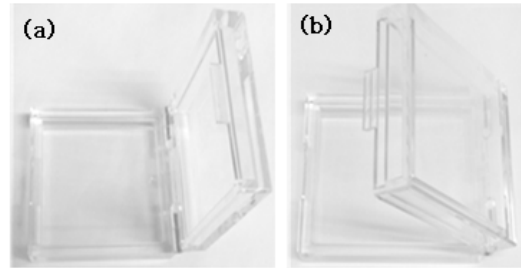
해석결과를 기반으로 하여 금형을 설계 하였다. 제품의 특성상 2단금형의 3면 슬라이드로 설계하였고 유동시스템은 폭 3.0mm의 오버랩게이트로 설계하여 금형을 제작하였다. Fig. 11은 설계한 금형을 나타낸 그림이다.



[Fig. 11] Mold design of using overlap gate and interference fit hinge.

설계한 화장품 파운데이션 용기 제작을 위한 사출 공정은 화낙 사출기를 이용하여 금형온도 70°C 실린더온도 280°C 조건 설정에서 사출을 진행하였으며, Fig. 12는 최종 완성된 제품의 이미지이다. 사출한 제품 중 힌지부분에 스프링 핀을 조립한 제품의 경우, 300번 이상의 Open-stop 시험 후에도 정지 기능이 유효하였다. 이에 반해 힌지부위를 사각 형태로 억지끼움 방식의 제품은 동일한

시험 시 200회를 넘기면서 정지기능이 상실되었다.



[Fig. 12] Injection molding result for cosmetic case.

(a) open 120 degree, (b) open 60 degree

4. 결론

본 연구에서는 화장품 용기의 유동 특성 및 사출금형 제작에 관한 연구를 하였고 게이트의 종류 및 형상에 따른 유동 특성을 Moldflow 2010 Insight를 이용하여 해석하였다. 비교 해석한 결과 사이드게이트는 오버랩게이트보다 성형 사이클은 짧은 것으로 확인하였다. 사이드게이트보다 오버랩게이트가 유동성과 보압에서 좋은 결과를 확인하였다. 에어트랩 해석결과 오버랩게이트는 점 형태의 가장 작은 에어트랩이 발생하는 결과를 확인하였고, 사이드게이트가 가장 많은 에어트랩이 발생하였다. 이는 에어에 의한 미성형 불량에 영향을 주는 결과로 판단된다. 고화율 해석결과 오버랩게이트가 가장 긴 고화시간을 보였는데 이는 사출시간은 사이드게이트보다 수 초 길어지지만 성형불량은 감소하는 결과로 사료된다. Moldflow 해석결과를 기반으로 오버랩게이트(a)의 폭3.0mm로 금형을 설계 제작하여 사출하였고 미성형 불량이 개선되었다. 대량 생산을 위해, 기존 제품이 가지던 거울 부 정지 기능이 강화된 용기를 설계하고 이를 기반으로 실제 사출성형공정을 진행하여 제품을 조립하고, 제품의 정지 기능 강화를 확인하였다. 힌지의 정지 기능은 사각형태의 마모 보정 방식보다, 스프링 핀을 사용하는 것이 약 30% 내구성이 좋은 것을 확인하였다.

References

- [1] Keun Park, Dong-hwi Sohn and Young-soo Seo, "Investigation of Weldline Strength with Various Heating Conditions", Journal of the Korean Society for Precision Engineering Vol. 27, No. 1, pp. 105-112,

- 2010.
- [2] Seung-Hyun Lim, Kang-il Jeon, Young-gon Son and Dong-hak Kim, "Estimation of Viscosity of by Comparing the Simulated Pressure Profile from CAE Analysis with the Long Fiber Thermoplastic(LFT) Measuring Cavity Pressure", Journal of Korea Academia-industrial Cooperation Society, Vol. 12, No. 4 pp. 1982-1987, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.4.1982>
- [3] Nguyen, K. T. and Kamal, M. R., "Analysis of the Packing Stage of a Viscoelastic Melt", Polymer Engineering and Science, Vol. 33, pp. 665-974, 1993.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/pen.760331103>
- [4] Dong-Hak Kim, Hong Jin Yoo and Tae Wan Kim, "Effects of the Mold Surface Heating Methods for the DVD Stamper with Nano Pattern on the Transcription of the Injection Molded Parts using COC and PMMA Plastics", Journal of Korea Academia-industrial Cooperation Society, Vol. 5, No. 3, pp. 218-222, 2004.
- [5] Young-gook Kim, Hoon Lee and Jae-chun Jung "A Study on the Recycling Improvement Method of a Cosmetic Container in Korea", Korea Organic Resource Recycling Association, Vol. 10, No 1, pp. 128-138, 2002.
- [6] Jae-ha Lee and Je-jun Kim "A Study on the Influence of Package Design of Female Cosmetics on Purchasing Preference" Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering, Vol. 27, No. 3, pp. 52-58, 2004.
- [7] Sei-hwan Kim, "How to Become a Metal Mold Consultant Engineer" Dae-kwang Book, pp. 545, 2013.
-

최 재 훈(Jae-Hoon Choi)

[정회원]



- 2009년 8월 : 연세대학교 재료공학 (공학석사)
- 2013년 9월 : 연세대학교 기계공학 (박사과정 中)
- 2013년 9월 : 유한대학교 금형설계과 산학협력중점 조교수

<관심분야>

사출금형 및 프레스금형, Nano Fabrication, 초정밀가공