

시물레이션을 활용한 폰카메라 렌즈모듈 부품용 사출금형개발

김혜정¹ · 김재훈¹ · 김영규² · 송준엽³ · 문덕희^{1†}

A Simulation Study on the Development of Injection Mold for the Parts of Phone Camera Lens Module

Hye Jeong Kim · Jae Hoon Kim · Yeong Gyo Kim · Jun Yeob Song · Dug Hee Moon

ABSTRACT

The demand of a camera-lens-module which is installed in mobile phone has been increased explosively as the increase of mobile phone market. Recently, two missions are given to the parts manufacturer of lens module, and they are how to keep the quality of injection moulding process as the increase of resolution, and how to decrease manufacturing cost. In this paper, a simulation study is introduced which is used for developing barrel and shield considering the double-cassette type of mould. At first, the simulation for injection process using Mold Flow™ is applied in the phase of mould design, and mechanical simulation using DPM Assembly™ is applied for collision detection between picking robot and mould. As a result, the productivity increased more than 300%.

Key words : Injection, Mould, Double Cassette, Productivity, Simulation

요약

휴대폰 시장의 확산으로 인하여 휴대폰에 장착되는 카메라 렌즈모듈의 수요도 급증하고 있다. 렌즈모듈 부품의 경우 해상도의 증가에 따른 사출공정의 품질보증과 원가절감이라는 두 가지 목표를 달성해야 한다. 따라서 본 논문에서는 더블카세트 방식의 금형구조를 이용하여 경통과 실드 두 종류의 제품을 개발하기 위해 시물레이션을 활용한 사례를 소개한다. 개발과정에서 두 종류의 시물레이션 기술을 활용하였는데, 첫 번째는 금형 설계단계에서 사출품의 성형성을 분석하기 위한 시물레이션(일명 Computer Aided Engineering)을 Mold Flow™를 사용하여 수행하였고, 두 번째는 사출기에 금형을 장착한 후 제품이 사출되어 취출하는 동작을 분석하기 위한 동작 시물레이션을 DPM Assembly™를 이용하여 수행하였다. 개발 결과 기존 방식에 비해 제품의 생산성이 300% 이상 증가하는 효과를 얻었다.

주요어 : 사출, 금형, 더블카세트, 생산성, 시물레이션

1. 서론

오늘 날 IT 산업의 발전은 스마트폰이나 태블릿 PC와

같은 IT 기기 수요를 증가시키고 있다. 특히 스마트폰의 경우 기존 북미와 유럽 시장에서 아태지역과 중남미 시장으로 그 범위가 확장되면서, Fig. 1에 제시된 바와 같이 2012년과 2013년에는 글로벌 스마트폰의 시장규모가 생활 가전이나 TV 시장 규모를 압도할 것으로 전망된다^[7]. 이처럼 스마트폰 시장의 규모가 확대되면서, 관련된 부품들의 수요량 역시 증가하고 있다. 하지만 늘어나는 수량에 반비례하여 부품의 가격은 지속적으로 하락하고 있다. 또한 렌즈모듈의 해상도가 증가하면서 부품의 정밀도 역시 고정밀화 되고 있다. 따라서 부품의 품질을 높이면서 부품의 가격을 얼마나 낮출 수 있는지가 제조업체의 최대 관심사가 되었다.

*이 연구는 지식경제부 산업융합기술산업원천기술개발사업(D10040952)과 중소기업청 창업성장기술개발과제(SM123884)의 부분적 지원을 받았다.

접수일(2013년 4월 30일), 심사일(2013년 11월 27일), 게재 확정일(2013년 11월 29일)

¹⁾ 창원대학교 산업시스템공학과

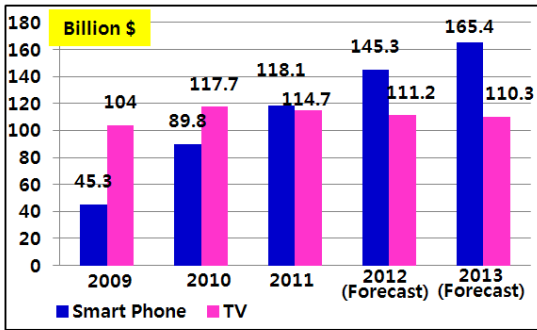
²⁾ (주)진영에이치엔에스

³⁾ 한국기계연구원

주 저 자 : 김혜정

교신저자 : 문덕희

E-mail; dhmoon@changwon.ac.kr



* Unit Price of Smart Phone : \$300

Fig. 1. Global growth of smart device market^[7]



Fig. 2. Structure of lens module

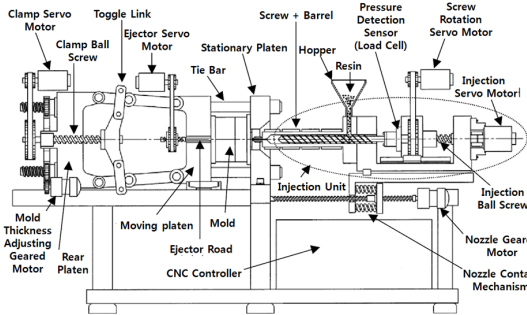


Fig. 3. Structure of injection molding machine^[4]

스마트폰에 탑재되는 카메라 렌즈 모듈은 경통(Barrel), 렌즈(Lens), 스페이서(Spacer), 실드(Shield) 등의 부품으로 구성된다. Fig. 2는 요즘 가장 많이 사용되고 있는 5M Pixels 렌즈모듈의 부품구성도 사례이다. 이 경우 구성부품의 수는 9개인데, 경통, 렌즈는 기본적으로 플라스틱과 같은 열가소성수지를 원재료로 하여 사출성형공정에 의해 생산되며, 일부 스페이서나 실드도 사출성형공정을 이용하여 제조하고 있다.

사출성형공정은 용융된 수지를 금형에 넣어 제품을 찍어내는 방식의 제조방법으로 형체→금형 체결→사출→보압→냉각→가소화→계량→이형 추출 공정 순으로 공정이 진행된다^[9]. 사출성형기술은 낮은 비용과 대량생산의 장점을 가지고 있지만 부품을 만드는데 있어서 공정변

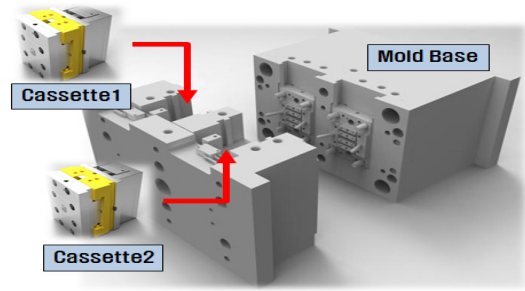


Fig. 4. Structure of double cassette

수가 많고 높은 치수정밀도를 얻기 어려운 단점이 있다^{8, 12)}. 플라스틱 사출성형공장에서 성형품의 품질에 영향을 미치는 조건으로는 금형의 게이트(Gate) 및 런너(Runner)의 형상, 금형온도, 수지온도, 사출속도, 사출압력, 보압시간, 냉각시간 등 다양한 요인들이 있다.

특히 렌즈모듈 부품은 5 μ m의 공차를 허용하는 초정밀 금형이 요구되기 때문에 일반적인 중대형 사출공정과는 달리 외부 치수 뿐 만 아니라 광학적 특성까지 만족시키는 동시에, 생산성까지 향상시킬 수 있는 새로운 성형기술이 필요하다. 따라서 사출기도 Fig. 3과 같은 전통식 사출기를 대부분 사용하고 있으며, 생산성을 높이기 위해 한 번에 생산할 수 있는 수량인 캐비티(Cavity)를 늘리는 노력이 진행되고 있다.

사출성형에서 생산품의 종류를 변경하기 위해서는 품종교체(Setup Change)를 해야 한다. 품종교체는 기존의 금형 탈거, 새로운 금형 부착, 시사출 등의 절차로 진행된다. 카세트(Cassette) 방식의 금형이란 Fig. 4에 있는 것과 같이 금형의 베이스(Base)는 그대로 둔 상태에서 실제로 제품이 성형되는 부분을 카세트로 만들어 이 부분만 교체할 수 있도록 하는 방식이다. 따라서 금형을 Fig. 4과 같은 더블카세트(Double Cassette) 방식으로 변경한다면 한번에 양쪽에서 성형품을 사출하기 때문에 생산성이 2배로 향상된다. 단 동시에 사출할 수 있는 제품은 동일한 수지를 사용하고, 제품의 크기도 유사한 제품에 대해서만 가능하다. 그 이유는 사출량이 달라질 경우에는 양쪽의 균형이 맞지 않기 때문이다. 또한, 금형 교환 시 금형 전체가 아닌 카세트만 교체하기 때문에 미숙련자도 쉽게 작업이 가능하며, 금형의 개발 및 설계 기간이 단축된다.

본 연구에서는 사출기의 생산성을 높이고 동시에 서로 다른 제품을 생산할 수 있도록 더블카세트금형 방식을 채용한 사출성형시스템의 구축에 필요한 시뮬레이션에 대해 소개하고자 한다. 활용된 시뮬레이션은 크게 두 종류로 구

성되는데, 첫 번째 시뮬레이션은 금형 설계단계에서 사출품의 성형성을 분석하기 위한 시뮬레이션(일명 Computer Aided Engineering)과 사출기에 금형을 장착한 후 제품이 사출되어 취출하는 동작을 분석하기 위한 동작 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 5는 전체적인 개발과정을 보여준다.

2. 제품형상과 금형설계

2.1 제품형상 및 특성

개발 대상 제품은 Fig. 6에 제시된 것과 같은 5M Pixels 렌즈모듈에 들어가는 경통과 실드(일명 Ring)의 두 제품이다. 경통금형의 캐비티는 4개로 사출이 한번 이루어질 때마다 하나의 카세트에서 4개의 경통이 생산된다. 반면에 실드 금형의 캐비티 수는 8개로 사출이 한번 이루어질 때마다 하나의 카세트에서 8개의 실드가 생산된다. 특히 이 제품들은 정밀도가 매우 중요하기 때문에 불균일한 수축 및 변형이 없도록 해야 한다.

2.2 금형설계 개념

제품을 사출하기 위한 기존 방식의 금형은 대부분 성형 틀이 금형과 일체 형으로 설계되어 있다. 카세트 방식을 도입한 금형들도 단일카세트(Single Cassette)만을 장착하고 있다. 본 연구를 통하여 개발한 더블카세트 방식에서는 Fig. 4에 제시된 바와 같이 카세트만 탈부착이 가능하므로 금형 베이스는 100% 재사용이 가능한 표준 금형구조다. 이 때, 카세트의 외형 크기는 동일하게 함으로써 품종 교체가 발생할 경우에도 카세트만을 교체하면 품종교체를 간단히 할 수 있다⁵⁾.

경통의 경우 금형은 Fig. 7(a)와 같이 슬라이드코어(Slide Core) 형식의 2단 금형개념을 적용하였으며, 게이트는 터널(Tunnel)형태로 제품상 나사산에 위치한다. 실드의 경우에는 Fig. 7(b)와 같이 게이트가 핀 포인트(Pin Point) 형태로 제품의 상면에 수직으로 위치하는 핀 포인트 게이트(Pin Point Gate) 형식의 3단 금형 개념을 적용하였는데, 3단 금형을 사용함으로써 금형이 이형될 때 제품과 스프루(Sprue)가 자동으로 분리되는 장점을 가진다.

3. 사출성형 시뮬레이션

3.1 시뮬레이션 절차

3.1.1 해석을 위한 격자생성 방법

사출성형 시뮬레이션은 최적화 설계를 토대로 시행착

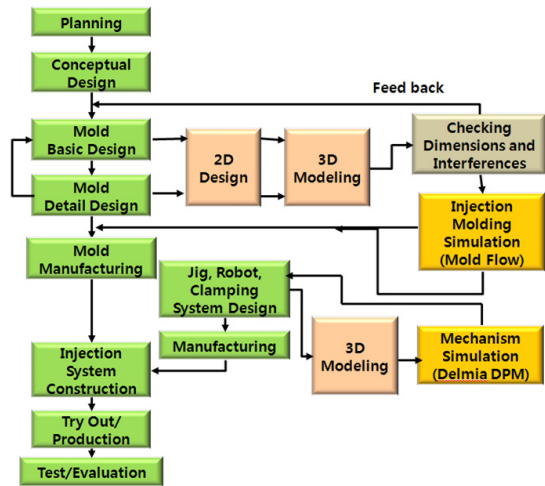


Fig. 5. Developing processes

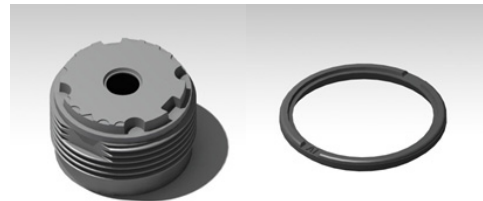


Fig. 6. Shapes of barrel and shield

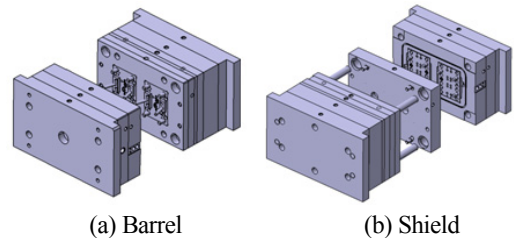


Fig. 7. Concepts of Molds

오를 방지하여 개발기간을 단축하고, 신뢰성 있는 품질을 유지하는 것이 가능하도록 하는 가장 효과적인 방법으로 알려져 있다^{1, 6)}. 본 연구에서는 경통과 실드를 기존방식 및 새로운 개발방식으로 나누어 성형시뮬레이션을 수행하였다. 성형시뮬레이션은 Autodesk사의 Mold Flow^{TM2)}를 이용하여 수행하였는데, 먼저 해석을 하기 위해 필요한 격자작업(Mesh)을 포함한 전처리 작업을 실시하였다. 경통과 실드를 3차원 모델링 프로그램으로 구현하여 해석 가능한 .udm 파일로 변환 한 후, 격자 생성을 위해 생성 조건을 입력하였다. 제품의 사이즈가 매우 작기 때문에

격자간의 길이(Global Edge Length)는 0.07mm, 현의 길이(Chord Height)는 0.01mm, IGES 융합 공차는 0.01mm로 부여하여 Shell 형태의 격자를 각각 제품에 생성하였다. Mesh Statistics를 통하여 격자 상태를 점검하여, 자유에지(Free Edges)의 존재여부를 확인하여 수정하였고, 형상비(Aspect Ratio)를 최소화 하였다. 그 외 격자의 방향성 상태, 격자간의 매치 비율 등을 확인하여 격자를 수정하였다¹⁾. 제품의 3차원 형상은 CATIATM³⁾로 구현하였으며, 격자작업은 Mold FlowTM²⁾에서 제공하는 기능을 사용하였다.

3.1.2 성형 재료의 특성

광학분야에서 환경 유해 물질 관리로 인해 일반 산업용 수지를 사용할 수 없다. 그래서 4대 환경 유해물질이 없는 수지 중에서 일반적인 강도를 가지고 열에 강하며 비틀림이 적어서 외부 온도 변화에 따른 치수 안전성이 높은 유리섬유가 30% 함유된 폴리카보나이트 수지를 본 해석과 사출에 사용하였다. 이는 광학에서 주로 많이 사용되는 수지이기도 하다.

3.1.3 런너 설계

(1) 경통

더블 카세트 금형은 금형 카세트의 크기가 절대적으로 작아야 하고, 그 작은 카세트에서 캐비티 수를 늘여야 한다. 따라서 Fig. 8(b)와 같이 런너를 소형화하여 재설계하였다. Fig. 8(a)와 Fig. 8(b)에서 비교할 수 있듯이 기존 방식과 개발방식의 형태는 유사하지만 런너의 길이 및 직경이 상이하다. 이렇게 함으로써 기존의 단일카세트 금형에서 런너와 스프루의 크기에 의해 발생하는 원자재의 낭비를 감소시킬 수 있다. 게이트와 이어진 런너는 직경 1mm, 길이 2.95mm의 원기둥 형태이고, S자 형태의 가로진 런너는 사다리꼴형상으로 상측 1.3mm, 하측 2.5mm, 높이 1.7mm, 길이는 총 53.4mm 이며, 스프루는 테이퍼진 형상으로 시작점 3mm, 끝 점 3.5mm로 이루어져 있다.

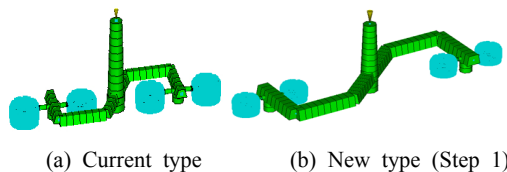


Fig. 8. Developing steps for barrel

(2) 실드

실드는 기존방식과 다른 형태로 설계하였다. 기존 방식에서는 Fig. 9(a)와 같이 8자 방사형 구조로 실드가 8개 달려있었지만, 소형화된 카세트에는 제품 간의 간격이 넓은 8자 방사형 구조를 반영할 수 없기 때문에 개발방식에서는 Fig. 9(b)와 같이 1자 양방향 배열 방사 형태인 4개 단위로 두 개가 구성이 되도록 하여 캐비티 수를 8개로 동일하게 하였다. 이 때 게이트와 이어진 런너는 테이퍼진 원형형상으로 시작점 지름 2.23mm, 끝 점 지름 1.5mm, 길이 61.95mm이고, 중앙으로 가로진 런너는 사다리꼴형상으로 상측 2.53mm, 하측 2mm, 높이 1.5mm, 길이 112.5mm이며, 이 런너의 양 쪽 끝 X자 형태의 런너도 같은 크기이나 길이는 교차점을 중심으로 30.12mm이다. 스프루는 테이퍼진 형상으로 시작점 2.5mm, 끝 점 지름 3.79mm, 길이 37mm으로 설계하였다.

3.1.4 게이트 설계

(1) 경통

게이트 방식은 자동 취출이라는 목적을 고려하여 결정하였다. 경통의 경우 상측 면에 게이트를 설계하게 되면, 렌즈 모듈 조립 후 해상도를 검사할 때 상측면이 바닥에 놓이게 되므로, 버(Burr)로 인하여 Tilt가 발생한다. 따라서 게이트를 넣을 수 없는 곳(상측, 하측, 내부)을 모두 제외하고, Burr의 영향이 없는 경통의 측면에 게이트를 설계하였다. 경통의 측면은 상측 무(無)나사산, 나사산, 하측 무(無)나사산 구간으로 나뉘지는데 무나사산 구간은 두께가 얇기 때문에 게이트의 위치로는 부적절하다. 게이트가 제품의 두께가 얇은 곳에 놓이게 되면, 수지의 흐름

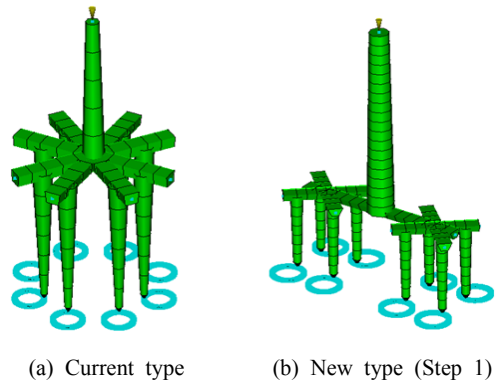


Fig. 9. Developing steps for shield

성이 좋지 않아 미성형 및 불량 발생 우려가 있다. 따라서 나사산 구간을 D-cut하여 그곳에 터널게이트를 위치시켰다. 측면에 게이트를 설계하면 렌즈 모듈이 조립될 때 Burr의 영향이 없고, 오히려 나사산이 100% 형성되어 있는 것보다 훨씬 부드럽게 조립이 된다. 게이트는 직경이 0.3mm × 1mm인 터널게이트로 설계하였다.

기존방식의 게이트는 Fig. 10(a)와 같이 경통의 측면에 단면적이 원형으로 연결되어 있어 취출시 많은 Burr를 발생시켰지만, 개발한 게이트는 Fig. 10(b)와 같이 단면적이 반원형으로 연결 되어 취출 시 Burr의 발생을 감소시킨다. 그리고 기존에는 20° 기울기로 이었던 게이트를 30°로 수정하여 취출에 더욱 용이하도록 하였다.

(2) 슬드

일반적으로 슬드의 경우 사이드 게이트로 설계하기 때문에 사출 후에 작업자가 직접 게이트 커팅(Gate Cutting) 작업을 수행하므로, 후가공 비용 및 시간 등 많은 낭비가 발생한다. 따라서 이 낭비를 제거하기 위해 3단 금형구조를 활용한 핀 포인트 형태의 게이트를 채택하였다. 이 경우 2단 금형보다 금형 제작기간이 오래 걸리지만, 자동으로 취출을 할 수 있다는 장점이 있다.

슬드는 런너의 형태를 포함하여 전체 체적이 많이 줄어들었기 때문에 게이트의 지름을 새로이 설정해야 할 필요성이 있다. 따라서 게이트의 끝 점 직경을 각각 0.10mm, 0.18mm, 0.26mm으로 설정한 뒤, 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 직경이 0.26mm인 경우가 충전시

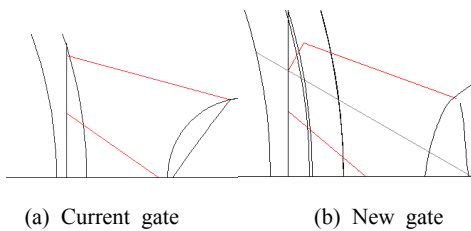


Fig. 10. Shape of barrel gate

Table 1. Simulation results for barrel

	Current	New (Step 1)	New (Step 2)
Fill Time (sec)	0.2111	0.1123	0.1225
Pressure (MPa)	101.8	113.2	115.9
Shrinkage (%)	10.21	5.847	10.5
Deflection (mm)	0.0057	0.0039	0.0039
Total Volume (cm ³)	0.9372	0.4389	0.8778

간, 게이트 압력, 스프루 압력 등이 가장 우수한 것으로 판단되었다. 하지만 3단 금형 구조에서 자동으로 사출품이 취출되는 경우에는 게이트와 이어져 있던 부분에 Burr로 인한 외관 불량이 발생할 수 있다. 이는 시뮬레이션으로는 확인이 불가능하여 금형으로 만든 후 확인이 가능하다. 이와 같은 현실적 문제점을 고려하여 게이트의 직경은 0.18mm로 결정하였다.

모든 설계가 끝난 후에는 성형조건을 설정하고, 유동, 수축/변형 등 각종 시뮬레이션을 수행하였다. 이와 같은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 금형을 제작하여 시사출을 한 후에 제품의 품질을 검사하여 시뮬레이션 결과의 유효성을 검증하였다.

3.2 시뮬레이션 결과

3.2.1 경통

경통 금형의 기존방식과 개발방식(Step 1)에 대해 시뮬레이션을 수행한 결과 Table 1과 같은 결과를 얻었다. 먼저 충전시간(Fill Time)이 0.1123sec로 기존방식에 비

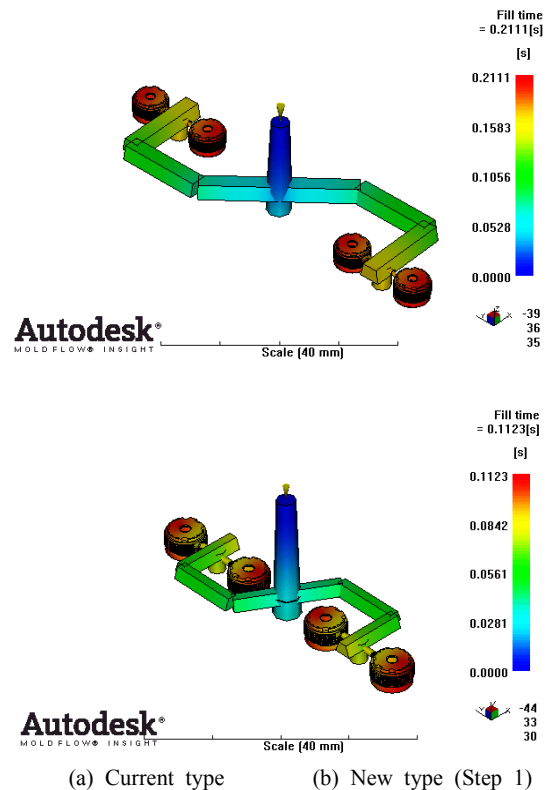


Fig. 11. Flow patterns of current type and new type (Step 1)

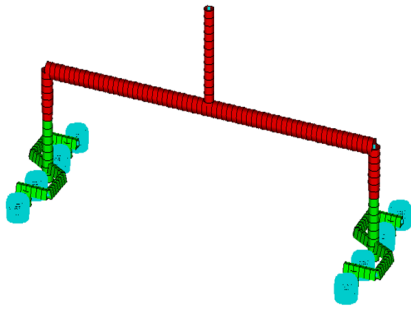


Fig. 12. Structure of double cassette for Barrel

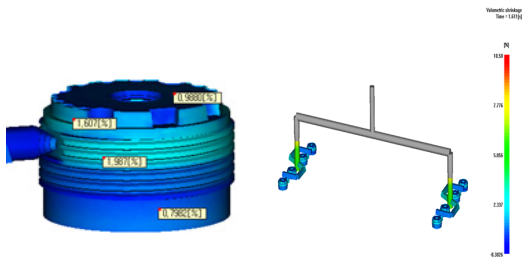


Fig. 13. Shrinkage of new type (Step 2)

Table 2. Simulation results for shield

	Current	New (Step 1)	New (Step 3)
Fill Time (sec)	0.1177	0.0609	0.0628
Pressure (MPa)	144.6	182	163.7
Shrinkage (%)	8.214	3.165	3.609
Deflection (mm)	0.0061	0.0053	0.0057
Total Volume (cm ³)	2.3368	0.8706	1.7412

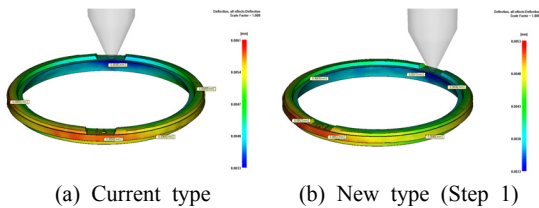


Fig. 14. Deflection of shield

해 절반 정도 짧아진 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 개발방식의 스프루, 런너, 게이트, 사출품의 체적(Volume)이 전체적으로 약 50% 감소되었기 때문이다.

기존방식의 런너 직경이 크기 때문에 개발방식에 비해 압력값(Pressure)은 비교적 낮게 나타났지만 냉각 시간이 길어진다는 단점을 가지고 있다. 이는 사이클 타임에 매우

큰 영향을 미친다. 경통의 수축률(Shrinkage) 및 전체 변형량(Deflection)은 개발방식이 비교적 균일하고 낮게 나타나 품질부분에서도 우수할 것으로 판단되었다. Fig. 11은 기존방식과 개발방식(Step 1)의 카세트 내의 유동패턴을 보여준다.

Table 1의 결과에서 볼 수 있듯이 런너를 축소해도 품질에 큰 영향을 주지 않는 것으로 분석되어 개발방식에 문제가 없음을 알 수 있었다. 따라서 다음 단계로 축소된 구조를 더블카세트 방식에 적용할 수 있도록 Fig. 12와 같이 설계를 하였다. 개발방식(Step 2)의 시뮬레이션 결과는 Table 1에 제시되어 있는데, 충전시간, 압력, 그리고 변형률에서는 단일카세트방식(Step 1)과 별 다른 차이가 없게 나타났다. 반면에 수축률이 다소 높게 나타났는데, 이 부분은 경통의 제품 도면에서 제시한 품질기준을 만족하기 때문에 문제가 없는 것으로 사료된다. Fig. 13은 수축율의 분석화면이다.

Table 1에서 개발방식(Step 2)의 체적은 개발방식(Step 1)의 체적보다 2배로 계산되었는데 그 이유는 더블 카세트를 사용하기 때문에 4 캐비티 2개의 합으로 계산되었기 때문이다. 따라서 Step 1의 체적과 동일하다. 또한 핫런너(Hot Runner)에서는 응용되어 있는 수지는 다음번 사출에 사용되기 때문에 체적 계산에 포함되지 않는다.

3.2.2 설드

기존방식과 개발방식(Step 1)에 대해 시뮬레이션을 수행한 결과 Table 2와 같은 결과를 얻었다. 경통의 경우와 마찬가지로 개발방식의 충전시간이 기존방식에 비해 절반 정도로 짧아진 것을 확인할 수 있다. 이는 런너의 구조가 변경되면서 개발방식의 스프루, 런너, 게이트, 사출품 전체의 체적이 약 50% 감소되었기 때문에 나타난 결과이다. 설드의 수축률과 전체 변형량도 개발방식이 균일하고 낮게 나타나 품질부분에서는 우수할 것으로 판단되었다. Fig. 14는 기존방식과 개발방식(Step 1)에서 설드의 변형율을 분석한 결과다.

Table 2의 시뮬레이션 결과를 통해 개발방식(Step 1)의 런너구조가 더 우수하다는 것이 입증되었기 때문에 이를 더블카세트 구조에 맞도록 Fig. 14(b)와 같이 설계 하였다. Fig. 15(a)는 금형의 내부 구조를 고려하여 런너를 바깥쪽으로 꺾이도록 설계하였다. 그러나 이 런너 구조는 핫런너에서 런너로 수지가 흘러들어 갈 때의 급격한 각도 변화 및 수지의 유동거리가 길어져 속도가 감소하고, 수지 온도가 저하되어 미성형 불량량 Fig. 16과 같이 발생 되어 재설계가 필요하였다.

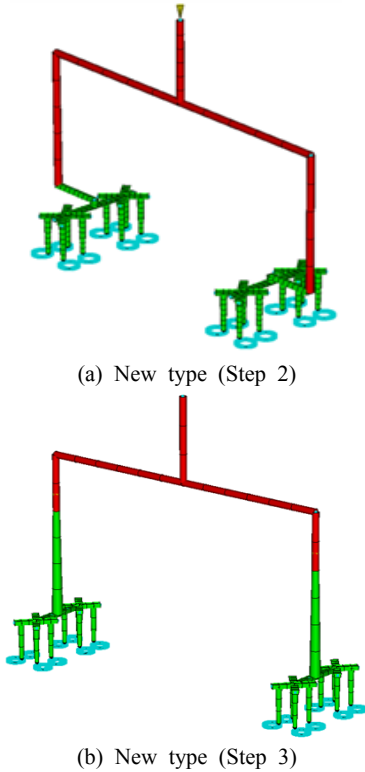


Fig. 15. Developing steps for Double Cassette of shield

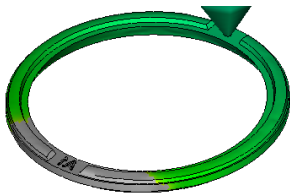


Fig. 16. Example of defect in simulation (Step 2)

위와 같은 문제가 발생하지 않도록 하기 위하여 금형 내부 구조를 수정함으로써 핫런너와 콜드런너(Cold Runner)가 만나는 부분을 꺾이지 않도록 하였다. Fig. 15(b)는 실드의 수정된 더블카세트 구조이다. 개발방식(Step 3)의 시뮬레이션 결과는 Table 2에 제시되어 있는 것과 같이 충전시간, 압력, 그리고 변형률에서는 단일카세트방식(Step 1)과 별 다른 차이가 없게 나타났다. 또한 개발방식(Step 3)의 체적은 앞의 경통에서 설명한 바와 같이 개발방식(Step 1)보다 2배로 계산되었다.

3.3 시사출 (Try-out)

시뮬레이션 과정에서 금형온도, 노즐 온도, 보압시간,

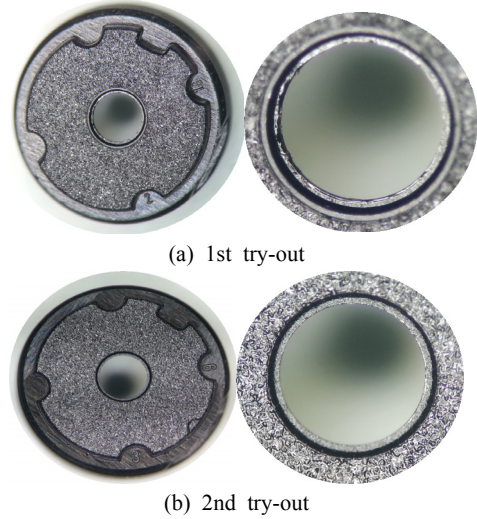


Fig. 17. Inspection result of try-out

보압압력 등 다양한 사출조건을 변화시켜가면서 최적의 사출조건을 결정하였다. 이와 같은 시뮬레이션 결과를 토대로 금형이 제작되었으며, 제작된 금형을 이용하여 시작품을 사출하였다. 시작품 사출결과 시뮬레이션 결과와 다소 차이가 나는 부분이 발생하였으나 미세한 사출조건변경을 통하여 제품의 품질을 만족시킬 수 있었다. Fig. 17(a)는 1차 시사출 과정에서 경통의 불량이가 발생하였던 사진이며, Fig. 17(b)는 금형 예열과정과 금형온도를 조정하여 2차 시사출에서 양품이 생산된 사진이다.

4. 동작 시뮬레이션

동작시뮬레이션 (Mechanical Simulation)은 자동화 장비들이 작동할 때 각 기구부 사이에 충돌이 발생하는지 확인하고, 각 기구부의 동작 순서를 조절하여 사이클타임 (Cycle Time)을 단축시키기 위한 용도로 사용한다^{10, 11)}. 본 연구에서는 금형에서 사출된 제품을 자동으로 취출하는 로봇의 동작과 관련한 시뮬레이션을 수행하였다.

이를 위해 먼저 사출기의 기본 구조와 취출로봇의 구조를 CATIA™를 이용하여 3D 모델로 개발하였고, 이 모델을 바탕으로 DPM Assembly™에서 실제 공정 시간을 입력한 동작시뮬레이션 모델을 Fig. 18과 같이 개발하였다. 개발된 시뮬레이션 모델을 이용하여 사출 공정의 진행에 따른 각 기구부의 동작 메커니즘을 구현할 수 있었으며, 앞에서 개발한 금형을 장착하여 취출공정에서 금형, 사출품, 취출로봇 사이의 동작 간섭을 Fig. 19와 같이 확

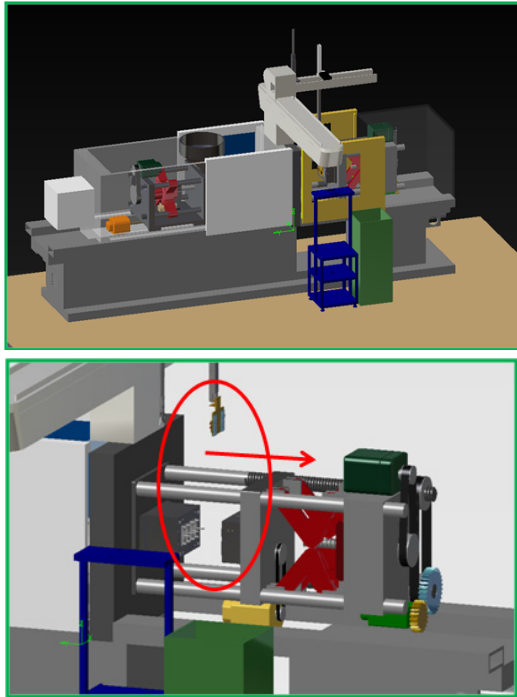


Fig. 18. Mechanical simulation model(a) New type (Step 2)

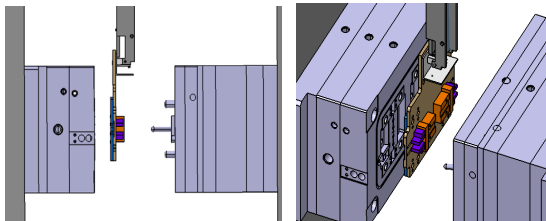


Fig. 19. Collision detection

인하였다.

3D 모델을 이용한 동작 시뮬레이션을 통해 금형과 취출 지그(Jig) 간의 거리가 가까울 경우 Fig. 20(a)에서 나타나는 것처럼 간섭의 위험은 증가하나 금형의 형개폐 시간이 줄어들어 사출기의 사이클타임이 짧아지는 것을 알 수 있고, 금형과 취출 지그의 거리가 먼 경우는 Fig. 20(b)에서 볼 수 있듯이 간섭의 위험은 줄어들지만 사출기의 사이클타임이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 위의 과정을 반복하여 Fig. 20(c)처럼 사이클 타임은 기존에 비해 줄어들면서도 사출품을 간섭 없이 안전하게 취출하는 금형의 최적 이격거리를 찾았다.

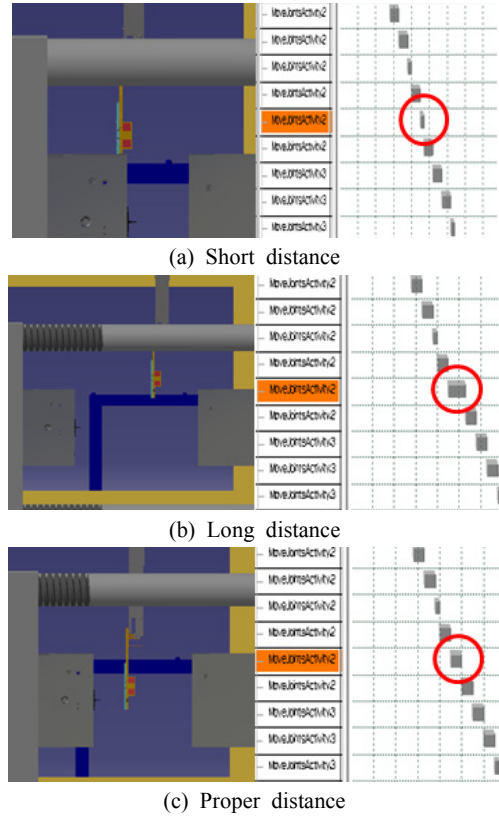


Fig. 20. Best distance between mold and jig

5. 결론

본 논문에서는 폰 카메라용 렌즈 소형 기구물인 경통과 실드의 생산성을 높이기 위해 더블카세트 방식의 금형을 개발하고, 이를 이용하여 사출성형을 하는 과정에서 시뮬레이션을 활용한 사례를 소개하였다. 먼저 사출성형 시뮬레이션 프로그램인 Mold FlowTM를 이용하여 스프루, 런너, 게이트 등의 설계조건에 따른 사출품의 완성도를 검증하였으며, 이를 이용하여 금형을 제작하였다. 또한 동작시뮬레이션 기술을 활용하여 취출로봇과 금형사이의 충돌현상을 검증하였다.

개발된 시스템을 활용하여 실제 생산에 적용한 결과 사출 시에 1사이클(사출공정에서는 일반적으로 Shot라고 함)이 진행이 될 때 소요되는 시간은 기존방식에서는 경통과 실드가 각각 27.46sec, 13.12sec가 소요된 반면 개발된 더블카세트 방식에서는 각각 18.32sec, 7.46sec로 나타났다. 또한 더블카세트 방식에서는 1Shot당 기존 방식의 2배의 생산량이 생산되기 때문에 Table 3에서 제시

Table 3. Comparison of productivity

	Barrel		Shield	
	Current	New (Step 2)	Current	New (Step 2)
Cycle Time (sec)	27.46	18.32	13.12	7.46
Cavity	4	4	8	8
Number of Cassette	1	2	1	2
Quantity per Shot	4	8	8	16
Quantity per Hour	524	1572	2195	7721

된 바와 같이 300% 이상의 생산성 향상 효과를 얻을 수 있었다.

또한 품종교체를 위해 기존의 Base는 그대로 둔 채 카세트틀을 교체하는데 소요되는 시간도 측정결과 경통과 쉘드 모두 평균 3분정도 소요되는 것으로 분석되었다. 따라서 카세트 두 개를 모두 교체하더라도 6분 정도의 품종교체시간이 소요될 것으로 추정되어 기존의 일체형 금형교체 시간에 비해 상당한 시간 감축효과를 얻었다.

향후 연구과제는 렌즈 사출을 위한 더블카세트 구조의 금형을 개발하는 것이다. 렌즈의 경우 본 과제에서 대상으로 하였던 경통이나 쉘드보다 매우 정밀한 사출기술이 필요하다. 특히 렌즈의 경우 카메라모듈의 성능을 직접 좌지우지하는 부품이기 때문에 더블카세트 방식을 채택하였을 때 수율이 떨어진다면 전체적으로 생산성향상 효과가 없어질 수 있기 때문에 보다 다양한 시뮬레이션을 이용한 사전 검증이 필요하다.

References

1. Ahn, D.G., Kim, D.W. and Park, S.O., "Design of Injection Mould for Thin Walled Case Parts Using Mold Flow", Proceedings of the 2007 Fall Conference of Korean Society of Manufacturing Process Engineers, pp. 214-218, 2007.
2. Autodesk, Feature for Mold Flow (<http://www.autodesk.com/products/autodesk-simulation-family/features/simulation-moldflow>), 2013.10.05.

3. Dassault Systemes, CATIA, (<http://www.3ds.com/products-services/catia/welcome/>), 2013.10.05.
4. FANUC Korea, FANUC ROBOSHOT S-2000i Instruction Manual, 2005.
5. Kim, J.H., Moon, D.H., Kim, H.J, Nah, S.H., Kim, Y.G. and Song, J.Y., "Simulation for Developing an Injection Molding System Using the Double Cassette Type of Mould", Proceedings of the 2012 Fall Conference of Korean Society of Precision Engineering, Gwangju, Korea, pp. 445-446, 2012.
6. Kim, H.K. and Yon, K.H, "Design Improvement of Mold-Die for Plastic Fan Product By Using CAE Analysis", Proceedings of the 2008 Spring Conference of Korean Society of Mechanical Engineers (Division of CAE and Applied Mechanics), pp. 109~114, 2008.
7. Kim, S.Y., "The Diastrophism of Electronic Market Due to Smart Phone : The Glowth of Smart Phone Market", The Seoul Economic Daily, 2012.9.21.
8. Kwak, T.S., Ohmori, H., Bae, W.B., "A Study on Searching Method of Molding Condition to Control the Thickness Reduction of Optical Lens in Plastic Injection Molding Process", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 21, No. 2, pp. 27-34, 2004.
9. LG MMA, Injection Molding Theory(http://esales.lgmma.com:2104/html/pdf/k/k3_f0101.pdf), 1999.5.
10. Moon, D.H., Lee, J.S., Baek S.G., Zhang, B.L. and Kim, Y.G., "Developing Automatic Lens Module Assembly System Using 3D Simulation", Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 16, No. 2, pp. 65-74, 2007.
11. Moon, D.H., Lee, G.H., Song, J.Y. and Kim, C.H., "A Simulation Study on Developing Micro Assembly Machine for Lens Module of Mobile Phone", Proceedings of 7th International Workshop on Microfactory and Technology (IWMT 2011), Jeju-do, Korea, pp. 24-25, 2011.
12. Yamanoi, M., Kwak, T.S. and Jung, J.K., "Application of Birefringence CAE in Mould Design of Optic Lens Injection Molding Process", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 3, pp. 1-6, 2012.



김 혜 정 (bs6436@naver.com)

2012 창원대학교 산업시스템공학과 공학사
현재 창원대학교 산업시스템공학과 석사과정

관심분야 : 물류시스템 분석, 사출 시뮬레이션, 시뮬레이션 응용



김 재 훈 (jhkim9461@gmail.com)

2012 창원대학교 산업시스템공학과 공학사
현재 창원대학교 산업시스템공학과 석사과정

관심분야 : 물류시스템 분석, 시뮬레이션을 이용한 스케줄러 개발



김 영 규 (aerokim@naver.com)

1986 부산대학교 기계공학과 공학사
1986~2000 삼성테크윈 근무
2001~2008 유성정밀 연구소장 겸 부사장, KRT 대표이사
2009~현재 진영에이지앤에스 대표이사

관심분야 : 사출금형 설계, 사출 생산시스템 자동화 설계



송 준 엽 (sjy658@kimm.re.kr)

1983 숭실대학교 산업공학과 공학사
1985 숭실대학교 산업공학과 공학석사
1991 부산대학교 산업공학과 공학박사
1985~현재 한국기계연구원 초정밀시스템연구실 실장

관심분야 : 자율지능 사출시스템 설계, 자동화시스템 제어, 반도체 패키징



문 덕 희 (dhmoon@changwon.ac.kr)

1984 한양대학교 산업공학과 공학사
1986 한국과학기술원 산업공학과 공학석사
1991 한국과학기술원 산업공학과 공학박사
1990~현재 창원대학교 산업시스템공학과 교수

관심분야 : Facilities Planning, 시뮬레이션 응용, Scheduling