

## 이중 사출 키패드 성형 공정 개선에 관한 연구

홍민성\*, 이지훈<sup>+</sup>, 신수현<sup>++</sup>

(논문접수일 2011. 07. 08, 수정일 2011. 07. 29, 심사완료일 2011. 08. 06)

### A Study on the Improvement of Double Injection-molding Keypad Process

Minsung Hong\*, Jihoon Lee<sup>+</sup>, Soohyun Shin<sup>++</sup>

#### Abstract

Recently, the plastic resin such as PC, ABS are widely used in IT market. Especially, in most cases the keypads mounted on the mobile phone are the dual-injection-plated type. Environmental regulation is based on the quality of injection-molded products and the minimum process steps are required to avoid the plating defects.

Various parameters to produce the injection-molded plastic products make it difficult to obtain the desired stability. However, the past experience and the use of CAE analysis make it possible to predict the problems occurred in injection molding process. Especially, the problems of the weld lines such as runner balancing, bending, deformation and forming defects can be solved systematically and minimized by CAE analysis.

Through this study, the non-uniform volumetric shrinkage and the difference in temperature distribution induce the deformation and the high value of stress causes the problems such as crack.

**Key Words** : Double injection-molding(이중사출성형), Weld line(웰드라인), Injection pressure(사출압력), Strain(변형)

### 1. 서론

최근 핸드폰 매장에서 판매되는 제품을 보면 대부분이 이중 사출 성형제품으로 구성되어 있다. 수지(resin)의 차이는 있지만 소비자의 구매욕을 충족시키기 위하여 다양한 제품들이 출시되고 있다. 사출성형 기술은 가전용품, 생활용품 등 각종 산업에서 적용되고 있지만 전문가의 부족으로 어려움을 겪고 있으며 이를 위한 인력양성이 필요한 실정이다.

최근 양질의 성형품을 얻고자할 경우 CAE를 이용한 사출 성형해석을 통하여 문제점을 파악하고 이를 해결하기 위한 필수

도구로 사용된다. 특히, 제품 특성에 따른 변형의 원인을 찾고 사출성형 시 문제점을 개선하기 위한 해결책을 제시한다<sup>(1,6)</sup>.

본 연구에서는 핸드폰 방향키(keypad)의 금형을 설계하고 CAE 프로그램을 이용하여 유동해석, 냉각해석을 통한 웰드(weld), 수축(shrinkage), 휨(warpage), 변형(strain) 등을 예측하고 현업에서 발생하는 이중사출 성형에 대한 문제점을 개선하여 제품의 생산성을 높이고자 한다.

또한, 금형온도 및 냉각에 따른 제품 표면 상태를 확인하고 CAE를 이용한 1차, 2차 사출성형 시뮬레이션을 통하여 단계별로 결과를 얻고자 한다. 즉, 1차 PC(polycarbonate)수지 사

\*. 아주대학교 기계공학부 (mshong@ajou.ac.kr)  
주소: 463-797 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5  
+ 아주대학교 대학원 기계공학과  
++ 아주대학교 산업대학원 기계공학과

출성형과, 2차 ABS(acrylonitrile butadiene styrene)합성수지 사출성형을 통한 충전시간 및 수지 정체구간을 파악하고자 한다. CAE Tool로는 Moldex 3D를 사용하였고 ABS 수지(LG 화학, MP220), PC 수지(LG 화학, GP2100)를 사용하였다.

## 2. 연구배경 및 이론

### 2.1 일반적인 사출 성형품의 설계

사출 유입 공정인 Fig. 1(a)에서는 수지가 충류 상태로 유입하면, 유입 속도는 금형 캐비티(cavity) 양 벽면의 중심으로 최대가 되므로, 나중에 유입하는 수지는 먼저 유입한 수지의 심부에 포함되도록 유입해서 금형의 캐비티를 채운다. 성형품의 표층은 사출공정 초기에 심부는 나중에 유입한 수지로 형성되므로 성형공정의 초기에 유입한 수지가 성형품의 외관에 큰 영향을 준다. 수지의 흐름이 분리되었다 합류하면, Fig. 1(b)와 같이 합류의 꺾적 웰드라인, 단열 압축에 의한 태움(black spots) 등이 발생하여 외관 불량일 뿐 아니라 성형품의 강도가 떨어진다. 특히 충전제가 들어 있는 재료에서는 그 정도가 심하다<sup>(1)</sup>.

냉각 구멍의 분포를 정하는 데는 외부에서 공급되는 열량이 많은 곳에 많게, 적은 곳에 적게 한다. 즉, 외부에서 용융수지가 가지고 오는 열에너지에 비례해서 배치하여야 한다. Fig. 2는 동일 형상을 한 성형품의 경우로 5개의 큰 냉각구멍을 가진 금형 Fig. 2(a)와 2개의 작은 냉각구멍을 가진 금형 Fig. 2(b)를 표시한다. Fig. 2(a)는 열전달 경로가 고르게 분포되어 캐비티 표면에 대하여 균일한 냉각효과를 가지지만 Fig. 2(b)는 열전달 경로가 경사되어 균일하지 못한 것을 알 수 있다<sup>(1)</sup>.

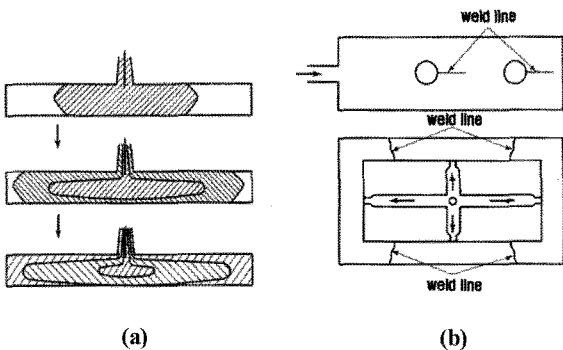


Fig. 1 (a) Injection process and (b) Weld line

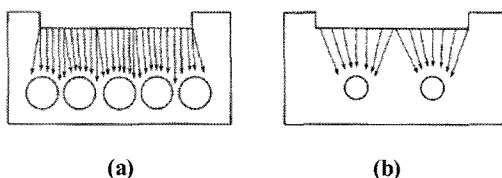


Fig. 2 Mould heat transfer path

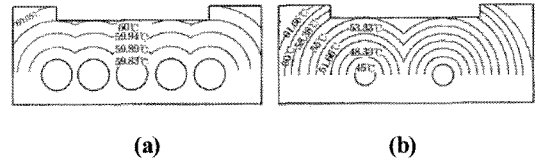


Fig. 3 Temperature gradient of the mold

Fig. 3은 캐비티와 냉각구멍 표면간의 온도구배를 표시한 개략 등온선이다. Fig. 3(a)는 큰 냉각구멍에 59.83°C의 물을 순환시킨 경우이고, 캐비티 표면은 사이클 간에 60 - 60.05°C로 되어 온도차가 작게 되지만 Fig. 3(b)는 작은 냉각수 구멍으로 45°C의 물을 순환시키면 캐비티 표면은 53.33 - 60°C로 온도차가 크게 된다. 즉, Fig. 3(a)와 같이 크고 균일하게 냉각수 구멍을 분포시키면 캐비티 표면에서의 온도 변화는 적어서 균일한 냉각 효과를 기대할 수 있으나, Fig. 3(b)와 같은 경우는 성형품에 균일한 냉각을 전달하지 못함으로 제품의 편차가 나타난다<sup>(1)</sup>.

### 2.2 이중사출 성형 개요

이중사출 성형은 사출성형 공법의 한 부분으로써 그동안 중소형 제품에만 주로 적용되어왔다<sup>(2)</sup>. 금형가공기술 및 사출성형기술을 바탕으로 비교적 대형제품 및 IT 산업에 적용하기 시작하면서 고품질 제품의 핸드폰, TV 출시에 획기적으로 기여하고 있다.

일반 사출성형은 사출부와 형체부가 각각 1개씩 있고 1회 사출로 1개 제품을 성형할 수 있다. 만약, 일반 사출 성형기 2대와 금형 2벌로 이중 사출 성형과 같은 효과를 내려면 Fig. 4와 같이 첫 번째 사출기와 금형으로 1차 사출 후 두 번째 사출기와 금형에 1차 성형품을 삽입하고 2차 성형을 한다. 이렇게 할 경우, 2차 사출시 고온의 2차 성형수지에 의해 1차 성형품 표면에서 온도차가 생겨 변형과 수축이 발생하며, 2차 사출압에 의한 1차 성형품에 크랙(crack)이 발생할 가능성이 있는 등 불량의 소지가 매우 많다. 또한, 1차 성형품과 2차 성형품과의 계면에서는 접착성도 저하되는 등 기능상의 불량도 문제가 될 수 있다<sup>(2)</sup>.

그러나, 이중사출의 경우에는 1차 사출 후 성형품이 냉각되기 전에 금형이 열리고, 이동축에 붙어있는 그대로 회전하여

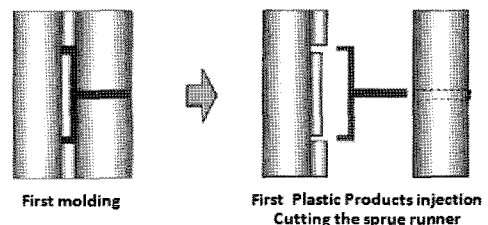


Fig. 4 First molding

2차 수지가 성형되고, 한편으로 새로운 1차 사출이 동시에 진행된다. 1차 사출한 제품이 2차 캐비티내에 있는 상태에서 2차 사출수지에 의해 덮여지기까지 장시간이 소요되지 않기 때문에 1차 성형품의 수축과 변형이 심하지 않아서 양품을 생산할 수 있다.

이중사출 기술의 분류는 형체부에 따른 분류 및 사출부의 위치에 따른 분류로 구분된다. Fig. 5는 이동축 형판이 회전하는 형판회전 다성분 사출성형(rotary injection molding)이다<sup>(2)</sup>.

Fig. 6과 같은 방식은 휴대폰 케이스와 같은 소형제품의 이중 사출 성형에 적용이 용이하다. 또한, 1차 사출 시에는 금형이 닫혀있고, 금형이 열리면 180°회전하여 2차 사출 및 신규 1차 사출이 동시에 진행되어서 핸드폰 키패드 제품을 성형할 수 있다<sup>(2)</sup>.

일반적인 사출 성형 제품은 충전 및 보압 과정에서 매우 높은 사출압을 받게 되고, 이 압력은 사출 성형 공정 내에서 완전히 제거되지 못하고 잔류응력으로 존재하게 되고, 사용 환경에서 온도의 영향을 받거나 시간의 변화에 따라 내부의 잔류응력이 해소되는 과정에서 변형 또는 성능 저하가 발생된다. 특히 최근의 사출제품의 경향과 같이 두께가 얇아지는 경우 사출압은 더 증가하고, 잔류응력은 더욱 심해진다. 이를 해소하기 위한 방법으로 사출 압축 성형이 적용되고 있다. 종류로는 사출 압력(injection pressure) 방식과 사출 압축(injection compression) 방식이 있다<sup>(2)</sup>.

사출 압력 방식은 Fig. 7과 같이 금형을 완전히 닫지 않고

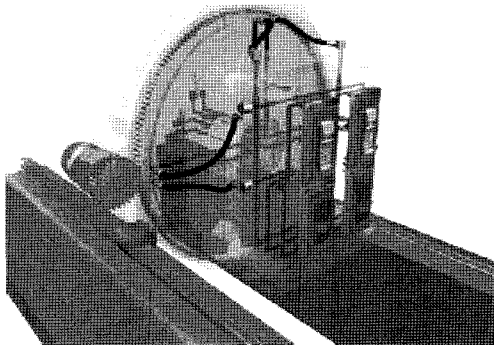


Fig. 5 Dual-injection molding with rotating plate

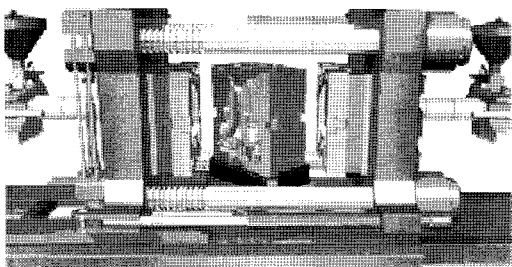


Fig. 6 180° rotating dual-injection molding machine

약간 열린 상태에서 충전되는 방식이고, 사출 압축 방식은 금형이 닫힌 상태에서 충전되지만, 매우 낮은 형체력을 설정하였으므로 충전압에 의해 금형이 약간 열리게 된다. 두 방식 모두 압축단계에서는 보압 대신 형체력으로 이동축을 닫아 압축하는 방식으로 차이가 없다. 따라서, 가스배출 측면에서는 거의 차이가 없지만, 사출 압축방식은 사출 압력 방식보다 몰드 플래시(mold flash)를 줄일 수 있고, 사출 압력 방식에서 쉽게 나타날 수 있는 플로우마크(flow mark)를 줄일 수 있다<sup>(2)</sup>.

사출 압축 성형의 장점은 낮은 압력으로 수지의 충전을 유도하고 충전 도중 또는 종료 후 주로 금형을 압축하는 것으로 보압을 대체할 수 있으므로, 균일한 압력으로 충전/보압이 이루어지기 때문에 제품 전체의 압력 차이를 최소화할 수 있어서 수축 차이가 줄어들고 변형이 줄어든다. 낮은 사출 압에서도 전사성이 우수하고 낮은 충전압/보압을 사용하므로 잔류응력을 최소화할 수 있고 수지의 배향성을 완화할 수 있다. 일반 사출 성형과 사출 압축 성형의 압력 변화를 비교하면 다음과 같다<sup>(2)</sup>.

일반 사출 성형 공정은 가스 벤트(vent)를 설치하더라도 충전 단계에서 공기 저항이 있고 유동층 단면이 가늘기 때문에 충전 압이 높다. 또한, Fig. 8(a)와 같이 제품의 게이트로부터 최종 충전 위치에 이르기까지 압력 차이가 있으므로 보압 단계에서 압력차이가 해소되지 않으면 수축 차이가 발생하여 변형 발생이 쉽고 잔류응력이 많을 수 있다. 사출 압축 성형은 Fig. 8(b)와 같이 초기 사출 단계에서 공기 저항이 없고 유동층 단면이 두꺼워서 비록 게이트로부터 최종 충전 위치까지의 압력 차이는 약간 발생하지만, 전반적으로 충전압이 낮다. 보압 단계에서는 제품의 전체 면적에 걸쳐 고르게 형체에 의한 보압을 받으며

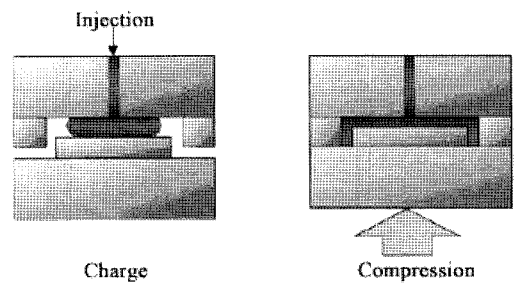


Fig. 7 Pressure injection plastic molding

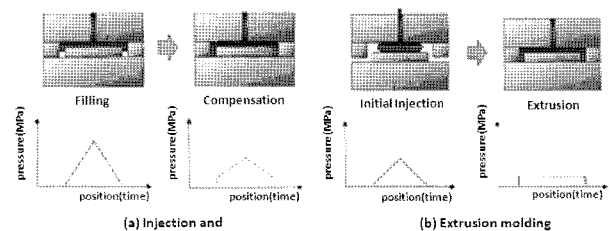


Fig. 8 (a) Injection and (b) Extrusion molding

로 제품의 위치에 따른 압력 차이가 거의 없어서 수축 차이가 거의 없고 변형과 잔류응력이 최소화될 수 있다<sup>(2)</sup>.

최근의 추세는 금형 가열과 이중 사출 성형 및 사출 압축 성형 등 3종의 기술을 함께 접목하여 성형하되, 게이트로부터 멀리 떨어진 부분까지의 압력 차이를 최소화하면서 2개 이상의 게이트를 사용할 경우 웰드라인도 제거하고자 이중 사출 성형 및 금형 가열을 적용하여 외관 광택도도 높이고 일체화 성형도 가능하게 하면서 사출 압축 성형으로 충전압을 낮출 수 있어서 잔류응력 및 변형도 최소화 한다. 잔류응력이 낮아지면 투명 부분에 주로 발생하는 복 굴절을 차이에 의한 색상 차이도 제거할 수 있다<sup>(2)</sup>.

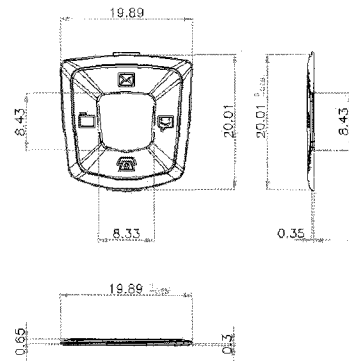


Fig. 9 Dimension of product

2.3 성형재료

ABS 수지는 아크릴로니트릴(A), 부타디엔(B), 스티렌(S)의 세 성분으로 합성되어 있다. 이 수지의 성분 비율이나 결정방법, 제조방법 등을 여러 가지로 변화시킴으로써, 성질이 다른 종류의 것을 만들 수 있다.

이 수지는 수지를 구성하는 3성분의 특성 즉, 스티렌(styrene)이 갖는 광택과 성형, 아크릴로니트릴(acrylonitrile)이 갖는 강성, 내약품성 및 뛰어난 기계적 성질, 부타디엔이 갖는 내충격성 등의 장점만을 부여시켜서 다수의 제품을 생산하고 있다. 또한, 플라스틱에 도금을 필요로 하는 곳에 적당하다. 금형 제작시 유의할 사항으로는 유동성이 좋지 않기 때문에 러너(runner)를 크게, 길이를 짧게 하고, 성형품 빼기구배는 2도 이상 주어야 하며, 공기빼기를 고려해야 한다<sup>(1)</sup>.

폴리카보네이트(polycarbonate)는 투명하고 유연성과 강성이 높은 수지로서 자소성이 있다. 또한 내충격성, 단열, 전기절연성 및 인장강도가 높으며, 내열성이 뛰어나다. Fig. 9과 같이 내후성이 뛰어나 장기간 높은 물성을 유지하고, 내열, 내한성이 뛰어나 심한 온도변화에도 성능을 유지한다.

또한, 내열온도 120℃, 열 변형온도 140℃로 높다. 또한 저온 특성도 우수하여 -100℃까지 견딘다. 러너와 게이트는 충분히 끝 다듬질을 하는 것이 좋으며, 잔류응력에 의한 크랙이 발생하기 쉬우므로 충분히 온도를 높여 성형하도록 해야 한다. 빼기구배는 2도 이상 주는 것이 좋다<sup>(1)</sup>.

3. 시뮬레이션 및 실험결과

고분자의 가공방법 중 사출 성형으로 제조되는 플라스틱 제품은 산업의 모든 분야에서 활용되고 있다. 원가절감 차원에서 강조되는 부분이 사출성형 공정이고 개발단계에서 빈번한 금형수정으로 인하여 금형의 품질이 저하되고 금형 제작비용이 상승하게 된다. CAE 기술을 접목시켜 사출 공정상에 문제점을 예상하여 미리 분석하여 금형 수정, 반복적인 시험 사출을 줄임

Table 1 Simulation vs. injection molding

|                   |               | Fill Time(s) | Injection Pressure(MPa) |
|-------------------|---------------|--------------|-------------------------|
| CAE               | 1st shot(PC)  | 0.6          | 11.27                   |
|                   | 2nd shot(ABS) | 1.0          | 4.41                    |
| Injection         | 1st shot(PC)  | 0.7          | 11.47                   |
|                   | 2nd shot(ABS) | 1.1          | 4.51                    |
| Injection Product | 1st shot(PC)  | 2.5          | 11.47                   |
|                   | 2nd shot(ABS) | 2.7          | 4.51                    |

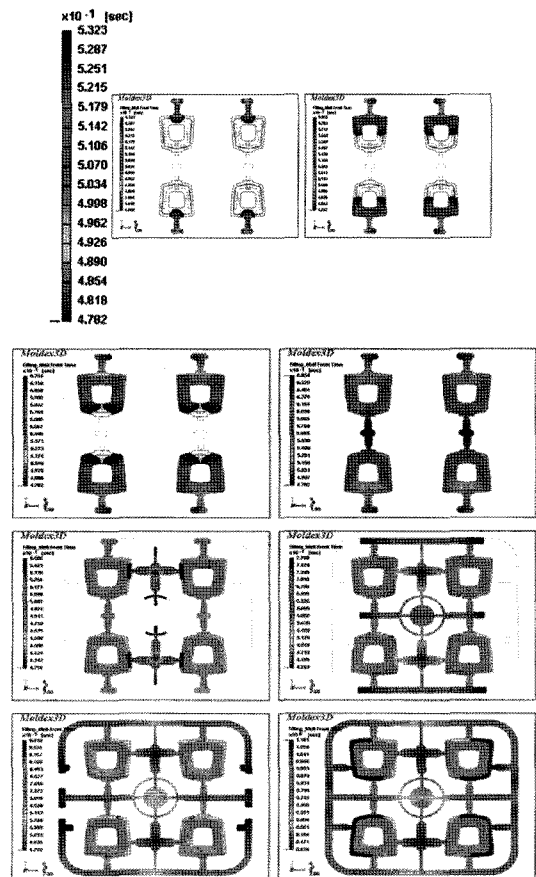


Fig. 10 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> filling time

으로써 시간과 비용을 줄일 수 있다<sup>(3)</sup>.

Fig. 9는 핸드폰 키패드 부품의 하나인 이중 사출 성형품인 방향(navigation) 도금기이다. 본 연구에서는 사출 성형 해석 프로그램 Moldex3D를 이용하여 성형 해석과 실험을 진행하였다. 또한, 1825FC\_40/60/60 몰드베이스를 사용하여 실제로 제작하였다. CAE 해석과 실제 제품과 비교하여 수축, 휨, 변형, 웰드 부분에 대한 비교 분석을 수행하였다.

Table 1은 CAE 해석 시뮬레이션과 실제 사출 성형에 대한 비교이다. 이중 사출 PC와 ABS 사출의 충전시간 및 사출압력에 차이가 나타났다. 또한, 완제품이 나온 시간은 1차 2.5초, 2차 2.7초로 현재 양산중이다.

Fig. 10은 1차 성형할 때 미성형(short shot)없이 충전되었고, 2차 성형 시 수지 정체 현상이 발생되었다. 실제로 1차와 2차 충전을 완료된 상태이다. 1차 충전시간은 0.6초 이고, 2차 충전시간은 1초이다.

미성형이 발생하는 원인으로는 유동 저항이 크거나 수지의 유동성이 부족할 때나 수지의 유동경로 중 일부가 이물질로 막혀서 발생하고, 또한 호퍼(hopper)로부터 원료공급 상태 불안정할 때 생긴다. 이를 해결하기위하여 금형온도와 가열실린더 열을 올려 수지가 유입될 수 있도록 하고, 금형온도, 수지온도, 사출압력과 속도를 높여 충전을 하였다.

Fig. 11는 노즐(nozzle) 선단에서 시간에 따른 압력 이력과 형체력을 나타낸 것이다. 1차 최대 요구 사출압력은 약 115 MPa이고, 최대 요구 형체력은 21 ton이다. 2차 최대 요구 사출압력은 약 145 MPa이고, 최대 요구 형체력은 12 ton이다.

형체력은 금형 내부에 작용하는 압력에 의하여 금형을 가동측 방향으로 미는 힘이다. 사출압력과 밀접한 관계가 있고, 보압 시간에 따라 증가한다. 해석을 통하여 계산된 최대 형체력은 사출기 최대 형체력의 90%을 넘지 않도록 해야 한다<sup>(4)</sup>.

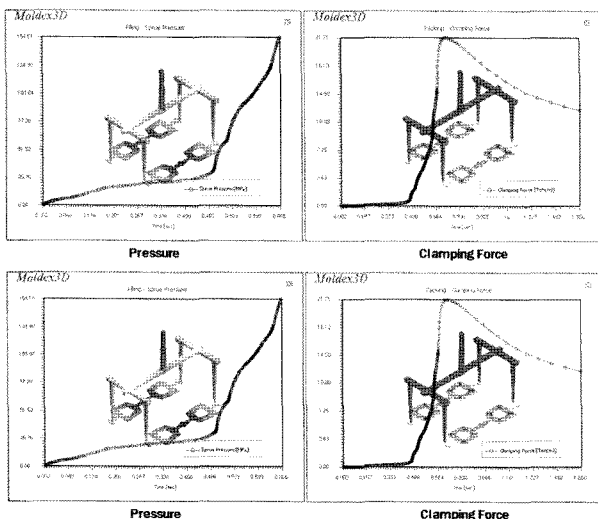


Fig. 11 Pressure and clamping force of 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> shots

Fig. 12는 제품내 구멍 형상에 의한 웰드라인이 나타나고, 게이트가 2점 이상인 경우에는 웰드라인이 나타날 확률이 높음을 보여준다.

웰드라인을 보면 수지의 흐름이 합류할 때 서로 완전히 융합하지 않고 성형품의 외관에 나타났다. 제품에서 웰드라인을 숨기는 방법에는 일반적으로 제품에 부식처리를 한다.

Fig. 13은 충전 직후의 전단 응력의 분포와 보압 직후의 전단 응력 분포를 각각 나타내었다. 이러한 수치들은 제품 내부에서 그 값이 작으면 작을수록 좋고 과도한 응력값은 제품에서 균열

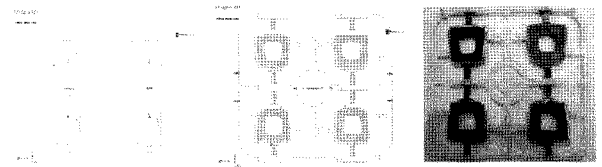


Fig. 12 Comparison of weld lines

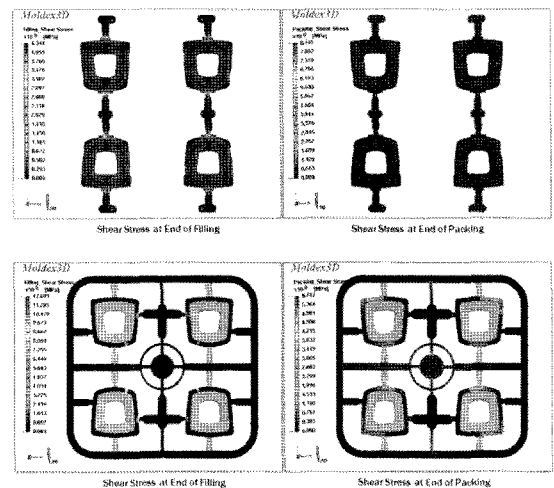


Fig. 13 Comparison of shear stress after 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> shots

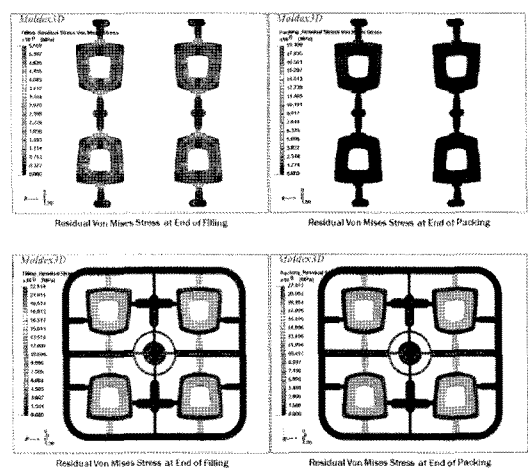


Fig. 14 Residual Von Mises stress after 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> shots

과 같은 문제점을 유발하는 원인이 된다.

Fig. 14은 충전 직후와 보압 직후의 유동단계에서 유발되는 잔류 Von Mises 응력의 분포를 나타낸 것이다. 이러한 수치들은 제품 내부에서 그 값이 작으면 작을수록 좋다.

Fig. 15은 충전 직후의 제품 내부와 표면의 온도 분포를 나타낸 것이다. 제품에서 불균일한 온도 분포로 인한 변형으로 제품의 결합력 저하되고, 제품불량으로 나타날 수 있다.

Fig. 16는 보압 직후의 제품 내부와 표면의 체적 수축 분포를 나타낸 것이다. 균일하지 못한 체적 수축 분포는 변형의 원인이 된다.

Fig. 17은 보압 후 싱크마크의 발생 가능성이 높은 영역을

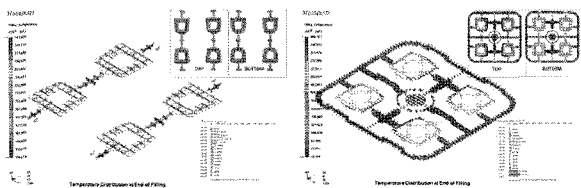


Fig. 15 Temperature distribution at the end of filling

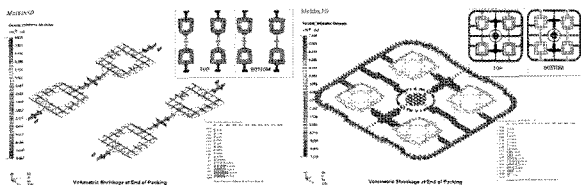


Fig. 16 Temperature distribution at the end of packing

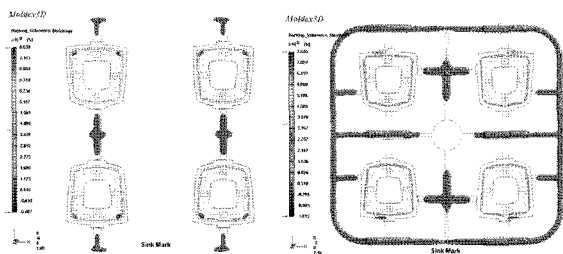


Fig. 17 Sink mark at packing

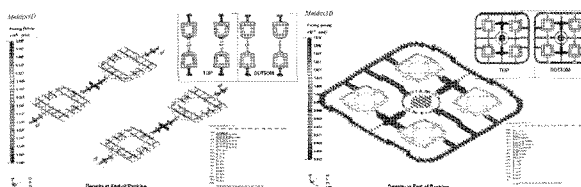


Fig. 18 Density distribution at the end of packing

나타낸 것이다. 제품 내부에 높은 체적 수축영역은 싱크마크의 원인이 된다.

Fig. 18은 보압 직후 제품 내부와 표면의 밀도 분포를 나타낸 것이다. 이러한 수치들은 제품 내부에서 수치가 균일할수록 양호하다. 제품 내부에서 수치 차이가 크면 균열의 발생 가능성이 높다.

Fig. 19는 각 방향별 변형의 경향 및 값을 나타낸 것이다. X,Y방향에 비해 Z방향으로 변형이 비대칭으로 나타남을 알 수 있다. Table 2는 시뮬레이션에서 얻어진 결과값들이다.

Fig. 20은 충전 시작 후 1.2초 시점에서의 1<sup>st</sup> shot과 2<sup>nd</sup> shot 사이의 단면 온도 분포를 나타낸 것이다. 제품 내에서 수치 정체가 발생했던 부위와 그렇지 않은 부위의 온도 차이가 심하게 발생된다.

Fig. 21은 충전 시작 1.8초 / 3.0초 시점에서 1<sup>st</sup> shot과 2<sup>nd</sup> shot 사이의 단면 온도 분포를 나타낸 것이다. 사출 성형에서 충전 과정에 매우 높은 사출압을 받게 되고, 이 압력은 사출 성형 공정 내에서 완전히 제거되지 못하고 잔류응력으로 존재

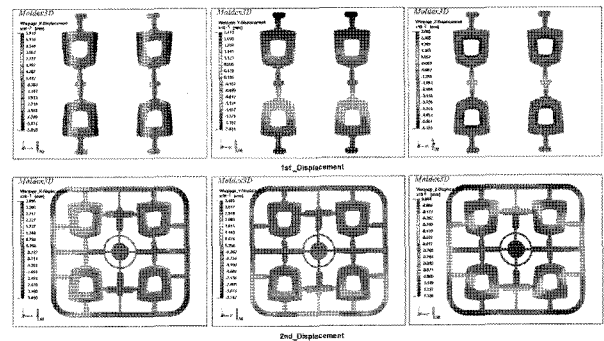


Fig. 19 Warpings in X-Y-Z direction

Table 2 Warpings values

|             | min value(mm) | max value(mm) |
|-------------|---------------|---------------|
| X direction | -0.058        | 0.059         |
| Y direction | -0.242        | 0.241         |
| Z direction | -0.061        | 0.03          |

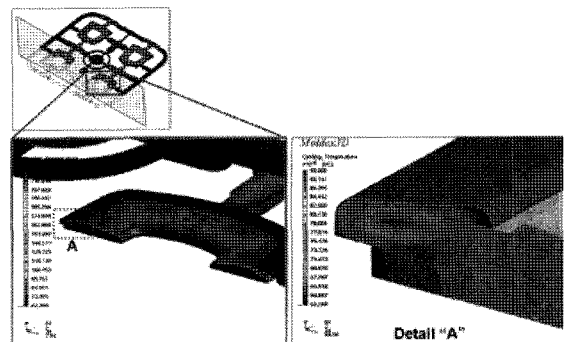


Fig. 20 Temperature distribution between 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> shots

하게 되고, 사용 환경에서 온도의 영향을 받거나 시간의 변화에 따라 내부의 잔류응력이 해소되는 과정에서 변형 또는 성능 저하가 발생된다.

Fig. 22는 1<sup>st</sup> shot과 2<sup>nd</sup> shot 사이의 단면 수축 분포를 나타낸 것이다. 제품 내에서 수지 정체가 발생했던 부위와 그렇지 않은 부위의 수축 차이가 심하게 발생되었다. 두께가 얇은 경우 사출압은 더 증가하고, 잔류응력은 더욱 심해진 것을 볼 수 있다. 제품을 성형하기 위해서는 수지의 유동성이 좋아야 하지만, 웰드라인, 플로우마크 부근에서의 수지 배향성에 따라 제품의 변형 및 휨 발생을 개선할 수 있다고 판단되었다.

Fig. 23은 1<sup>st</sup> shot과 2<sup>nd</sup> shot 사이의 열적 Von Mises 응력 분포를 나타낸 것이다. 제품 내에서 수지정체가 발생했던 부위와 그렇지 않은 부위의 응력 차이가 심하게 발생되었다.

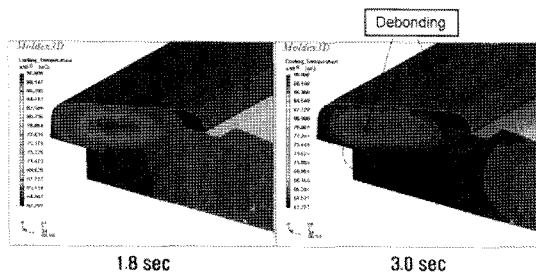


Fig. 21 Temperature distribution between 1st and 2nd shots

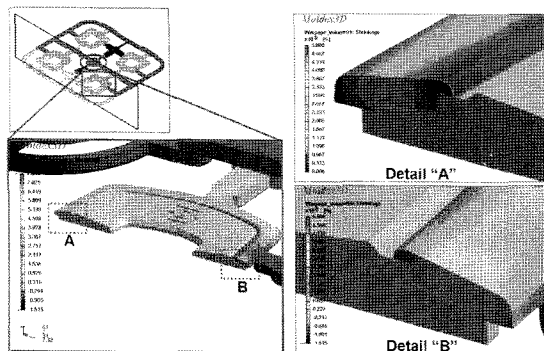


Fig. 22 Shrinkage distribution between 1st and 2nd shots

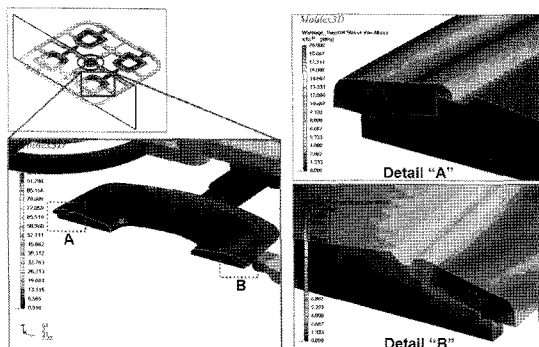


Fig. 23 Thermal stress distribution between 1st and 2nd shots

본 연구를 통하여 웰드라인 및 수축으로 인한 개선 전·후 비교한 결과 불량률은 5.9%에서 2.5%로 줄어들었다.

#### 4. 결론

본 연구는 이중 사출 성형에 대한 CAE 해석을 통하여 성형품의 최적화를 시뮬레이션 결과와 실제 사출성형 결과를 비교, 검증하였다.

- (1) 사출 성형 시 PC와 ABS 접착력과 수축 및 웰드라인을 예측하여 문제점을 최소화 및 개선하였다. 접착력 문제는 온도의 차이에 의한 변형을 최소화하기 위해 사출속도 0.1초 차이와 압력은 197KPa 차이 나게 조정한 결과 PC와 ABS 접착력이 개선되었다.
- (2) 웰드라인 및 수축으로 인한 개선 전·후를 비교한 결과 불량률은 5.9%에서 2.5%로 개선되었다.
- (3) 시뮬레이션을 통하여 사출 공정 문제점을 미리 예측하여 현장에서 공정상에 변수를 파악하고 보다 신속하게 대응 및 처리가 가능함을 확인하였다. 또한, 이를 동일한 조건에서 실제 사출 성형 결과와 비교하여 성형 최적 설계 및 문제점 예측이 가능하게 하였다.

#### 후 기

이 논문은 지식경제부와 한국산업기술재단의 전략기술인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

#### 참 고 문 헌

- (1) Yoo, J., and Park K., 2010, *Injection Molding Design*, Dongmyung, Co., Korea
- (2) Kim, W., 2009, "Technical Trend of Polymer Injection Molding," *Polymer Science and Technology*, Vol. 20, No. 1, pp. 1~8.
- (3) Dasolad Co., 2010, *Analysis of Injection Molding Technology with Zero Error*, KUT Advanced Mold Technical Education Center, pp. 7~300.
- (4) Park, K., 2010, *New Technology of Injection Molding*, Samsung Electronics Co., pp. 1~6.
- (5) LG Chemical, 2003, "Product Information Specified by Materials," <<http://www.chemwide.co.kr>>
- (6) Yoo, K., Kim, O., Seo, J., and Hyun, D., 2010, "A Study of Optical Property and Injection Molding Simulation of 60W LED Light," *Proceedings of KSMTE Autumn Conference*, pp. 265~268.