

IML(In-Mold Labeling) 휴대폰 커버의 사출 - 구조 연계 해석 Coupled Analysis of Injection for the Mobile Phone Cover

*박형필^{1,3}, 차백순¹, 김옥래², 이상용², 김영근², 이병욱³

*H. P. Park^{1,3}, B. S. Cha(bscha@kitech.re.kr)¹, O. R. Kim², S. Y. Lee², Y. K. Kim², B. O. Rhee³

¹ 한국생산기술연구원 금형·성형기술연구부, ² 한국생산기술연구원 금형기술지원센터, ³ 아주대학교 기계공학과

Key words : IML(In-Mold Labeling), Injection Molding, CAE, Structure Analysis

1. 서론

고품질의 제품 생산에 대한 요구가 증가함에 따라서 품질 향상을 위한 다양한 생산기술이 개발되고 있다. 특히, 제품 외관 품질은 소비자의 제품 구매 욕구를 증가시키기 때문에, 대다수 기업체에서는 외관 품질 향상을 위한 많은 기술 개발이 이뤄지고 있다. 최근에 플라스틱 성형부품에 부드러운 느낌과, 미적인 감촉을 나타낼 수 있도록 천이나 기타재료를 이용하여 외관과 품질을 향상시키는 성형방법으로 Fig. 1 과 같은 IML(In-Mold Labeling) 기술이 소개되고 있다.

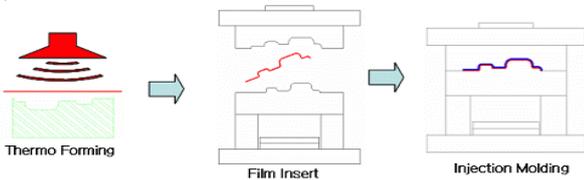


Fig. 1 Schematic of IMD(Insert Mold Decoration) process

IML 은 플라스틱 필름을 진공성형 및 프레스 공정을 이용하여 성형한 후 불필요한 부분을 제거(Trimming)하여 사출금형에 Film 을 삽입하여 완제품을 사출하는 제조 방식으로써, 추가적인 공정 단축을 이룰 수 있어서 고부가가치의 생산 기술로 알려져 있다. 일반적으로 IML 기술은 사출 공정만으로 도금, 증착, 인쇄효과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한 고풍택, 무광, 부분무광 처리가 가능하며, 별도의 UV 공정이 불필요하고, 두께차이로 인한 낮은 색상 변화, Cost Down 효과 등의 장점을 가지고 있다. 특히, In-Mold Film 에 전자파 차폐기능 부여가 가능하고, 재활용 및 친환경적 생산이 가능한 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 고품질 휴대폰 커버 생산을 위한 IML 기술 적용 시 발생하는 불량 현상을 사출성형 해석을 통하여 문제점을 예측하도록 하였다. 또한 기존의 사출 성형 해석 결과를 활용한 필름의 품질 영향을 알아보기 위한 방법으로 구조 및 사출성형의 연동해석을 통한 예측 기법을 제시하고자 한다.

2. 사출 및 구조 해석

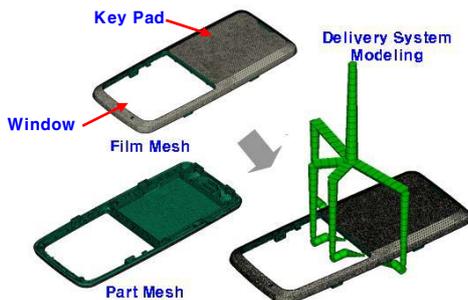


Fig. 2 The Finite element model for case of mobile phone

본 연구는 IML 사출성형을 이용하여 무도장 처리 및 제품 디자인 향상을 위한 휴대폰 커버를 대상으로 하였으며,

Fig. 2 에 사출 성형 해석을 수행하기 위한 필름과 플라스틱 제품의 유한요소 모델을 보여주고 있다. 사출성형 해석을 통하여 휴대폰 커버의 유동 패턴을 분석하고, 유동 중 발생하는 전단율 및 전단응력의 분포를 분석하여 필름의 품질에 영향도를 예측하도록 하였다.

2.1 사출성형 유동해석

해석에는 Moldflow 사의 MPI 6.1 을 사용하였으며, GE Plastic 의 Lexan 121R(PC) 수지에 대한 기본 공정조건을 적용하도록 하였다.

Fig. 3 에는 사출성형 해석을 통하여 도출된 시간에 따른 유동 패턴을 보여주고 있다. 초기에는 키패드 부분의 충전 속도가 느리지만 액정 부분의 충전이 완료되고 나면 키패드 부분의 충전 속도가 급격히 빨라지는 것을 볼 수 있다. 이 부분에서의 빠른 충전 속도로 인한 전단응력(Shear Stress)의 발달로 하측의 코너 부분에서의 필름이 변형이 될 것이라 예측해 볼 수 있을 것이다. 이를 방지하기 위하여 다단 사출을 시도하여 액정 부분의 충전 완료 시 충전 속도를 줄여주는 것이 좋을 것으로 판단된다. 또한, 충전 과정에서 수지의 속도를 살펴보면 키패드 부분에서의 수지의 속도가 크다는 것을 볼 수 있다. 전단율(Shear Rate)의 크기는 수지의 흐름과 속도에 크게 의존하는데 속도가 큰 부분에서 전단율의 크기도 커진다. 이런 높은 전단 변형은 수지를 흐름 방향으로 배향되게 하고, 수지의 유동 선단 온도를 상승시키며, 전단응력을 증가시킨다. 또한 수지의 속도 차이로 인한 전단응력의 발달이 다른 부분에 비해 상대적으로 크므로 이 부분에서의 제품의 변형이 일어나기 쉽다고 예측해 볼 수 있다. 전단응력을 크게 받는 부분은 수지의 배향성이 증가되고, 성형 후 추출 과정에서 밀핀에 의한 크랙(Crack)이 발생하기 쉽다.

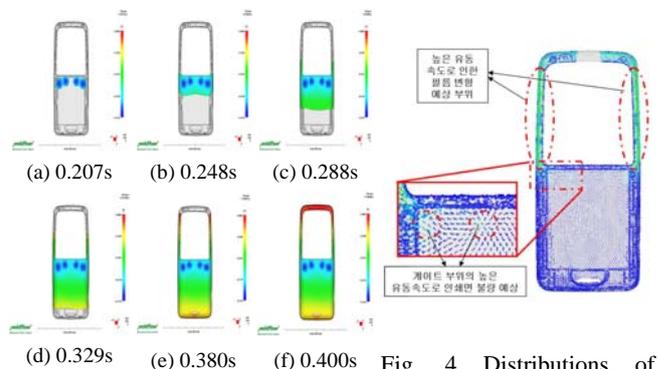


Fig. 3 The result of filling pattern

2.2 사출-구조 연계해석

사출성형 결과 분석에서 필름에 가장 영향을 줄 것으로 판단되는 인자가 전단응력인 것으로 나타났다. 그러나 사출성형 해석의 경우 그 대상이 필름이 아닌 플라스틱 성형물이기 때문에 필름에 구체적인 영향도를 판단하기 어려운 부분이 있다. 그로 인하여 지금까지의 IML 사출성형 해석은 일반 사출성형 해석과 동일하게 수지의 유동, 웰드라인,

압력 및 온도 분포 등에 국한되어 사용되어 왔다. 또한 시험 사출과정 중에 발생하는 문제점 파악에 CAE 의 활용도가 낮아 시행착오적인 방법에 의해서 문제 해결을 유도해가고 있다. 따라서 필름의 영향도 분석을 위해서는 구조해석이 필요한 것이다. Fig. 5 에는 사출 구조 연계해석의 프로세스를 보여주고 있다.

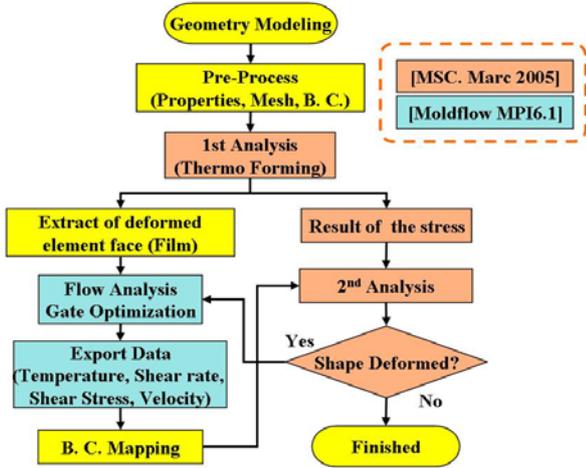


Fig. 5 Analysis procedure for the plastic deformation of the film.

1 차 구조해석으로 필름의 열성형 해석을 진행하고, 이때 변형된 필름의 형상을 토대로 사출성형 해석을 진행한다. 사출성형해석을 통하여 최적 게이트 위치를 도출하고, 이때의 전단응력 결과를 2 차 구조해석의 입력값으로 사용하기 위한 Mapping 공정을 거치게 된다. 사출성형해석에서는 전단응력 결과를 시간에 따른 유한요소(Element)의 전단응력 값으로 제공하고 있다. 그러나 전단응력의 경우는 방향성을 가지고 있으며, 구조해석에 적용 시 U, V 벡터 방향을 찾아야 하는 문제를 가지고 있다. 또한 사출성형의 경우 수지의 유동방향이 충전 중에 다양하게 변화되기 때문에 U, V 의 값이 시간에 따라 계속 변화되는 문제도 가지고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 사출성형의 해석결과 중 전단응력 결과와 유동 속도 결과를 이용하여 시간에 따른 각 유한요소의 U, V 값을 정의 하였다. 정의된 값은 구조해석의 경계조건으로 부여되고, 구조해석 결과를 통하여 필름의 영향 정도를 좀 더 정확하게 예측/평가 하도록 한다.

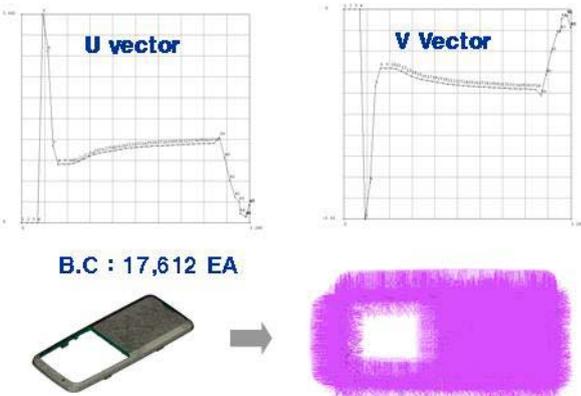


Fig. 6 Applied boundary condition using the shear stress mapping.

이러한 결과를 바탕으로 Moldflow 에서 도출된 전단응력을 필름 인서트에 경계조건으로 부여하도록 하였으며, 이때 전단응력의 경계조건 외에 금형의 구속조건을 고려하여 필름형상의 엷지부를 구속조건을 부여하였으며, 필름이 금형에 삽입되었을 경우 필름의 상면은 금형과 맞닿아 있

기 때문에 상면 또한 구속조건을 부여하도록 하였다. 이때 전단응력에 대한 사출성형 해석결과는 시간에 따라 계속 변화되기 때문에 구조해석에 입력되는 전단응력 또한 시간에 따른 전단응력으로 입력하도록 하였다. Fig. 6 에 전단응력이 부여된 경계조건을 보여주고 있다.

Fig. 7 에는 위의 경계조건을 이용하여 해석된 결과를 보여주고 있다. 시간에 따라서 필름에 작용하는 응력의 변화를 확인 할 수 있었으며, 초기에는 게이트 부에 높은 응력이 발생됨을 확인 할 수 있다. 게이트 부의 높은 압력은 Ink Washes out 현상이 발생할 수 있음을 확인 할 수 있다. 또한 수지의 유동이 진전되어 휴대폰 커버 윈도우의 좁은 유로를 지날 경우에는 유동속도 증가로 응력이 높게 발생됨을 알 수 있었으며, 충전 말단부까지 수지 유동이 진행되며 높은 응력분포 영역이 넓어짐을 확인 할 수 있었다. 이를 통하여 초기 응력 증가로 인한 필름의 변형이 누적되어 충전말단 부에 필름에 주름(Wrinkling) 발생을 예상할 수 있었다.

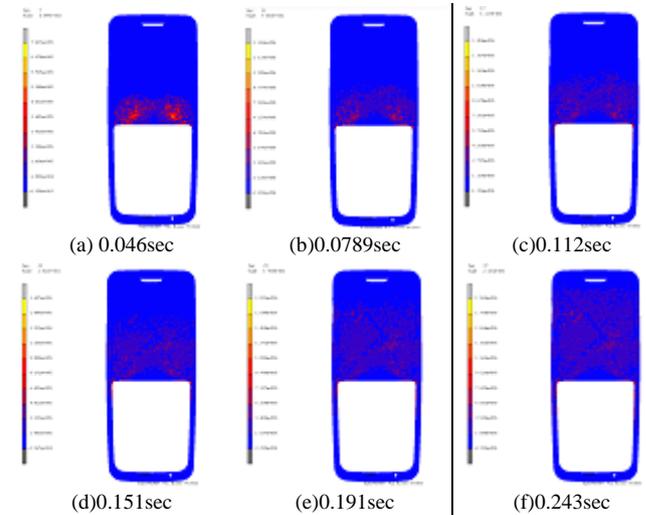


Fig. 7 Stress distribution according to the time(Equivalent Von Mises Stress)

3. 결론

본 연구에서는 IML 사출 성형을 통한 휴대폰 커버의 성형성, 변형 등을 알아보기 위한 사출성형과 구조해석의 연계 해석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 사출 성형 해석을 통하여 휴대폰 커버의 유동 패턴, 전단율, 전단응력의 분포를 확인하였으며, 이를 통하여 제품 및 필름 품질에 전단응력의 영향이 크게 나타남을 확인하였다.
2. 사출-구조 연계를 통하여 IML 사출 성형 필름에 작용하는 응력분포를 확인할 수 있었으며, 이를 통하여 필름의 주름(Wrinkling) 및 Ink Washes out 불량현상을 예측할 수 있었다.

참고문헌

1. H. P. Park, B. S. Cha, B. O. rhee, "Structural analysis for the deformation of the inner tube of electric power plugs manufactured by injection molding process", SPE ANTEC, 459 - 463, 2008.
2. Y.W. Leong, U.S. Ishiaku, M. Kotaki, H. Hamada, S. Yamaguchi, "Interfacial characteristics of film insert molded polycarbonate film/polycarbonate-acrylonitrile-butadiene-styrene substrate, Part 1: influence of substrate molecular weight and film thickness", Polymer Engineering and Science, Vol. 46, 1674-1683, 2006