자동차 내장 부품 진공흡착 금형 개발

임태양*, 박광진*, 박태현*, 김기선**, 김송화***
*공주대학교 대학원 기계공학과
**공주대학교 기계자동차 공학부
***엠티코리아(주)
E-mail : keysun@kongju.ac.kr

Development of Vacuum Suction Mold for Automotive on Interior

Tae-Yang Lim*, Kwang-Jin Park*, Tae-Hyun Park*, Key-Sun Kim**,
Song-Hwa Kim***
*Dept. of Automotive Engineering, Graduate school of Kongju University
**Dept of Automotive Engineering, Kongju University
***M.T. Korea Inc.

요 약

일반형 자동차 내장부품은 외부가 플라스틱 사출 성형한 형태로 사용되지만, 고급 차종은 내장재의 미감이나 질감을 위하여 사출물 표면에 엠보싱 무늬가 형성된 표피재가 수지에 추가로 부착되어 제작된다. 부착하는 방법은 한 장비에서 저압 사출 후 플라스틱이 완전 응고 전에 표피재를 넣고 압입하는 저압 사출법과 표피재 수지를 기 사출된 제품위에 놓고 압착시키는 압착법이 있으나 이 두 방법 모두 엠보싱 무늬가 형성된 표피재를 넣고 작업하기 때문에 고온 압착시 기존 무늬가 찌그러지고 코너 부위가 경화되어 기존의 질감을 얻지 못하며, 치수 공차가 변형되어 불량률이 증가하므로 이를 시급히 개선할 새로운 제조 기술의 필요성이 대두된다. 본 연구는 가열 압착기로 지그 및 금형을 새로 개발하여 도어 트림 제조시, 기 사출물을 금형 쪽으로 기 조직을 삽입한 후 엠보싱 무늬가 없는 원소재 표피재로 상부 금형 쪽으로 소재조직을 진공으로 흡입하여 무늬를 성형한 후 하강시켜, 기 사출물에 압착시키는 가열 압착으로 엠보싱무늬의 손상을 방지하는 금형을 제안하였으며 그에 대한 해석, 설계, 실험을 통하여 성능을 평가 분석 하였다.

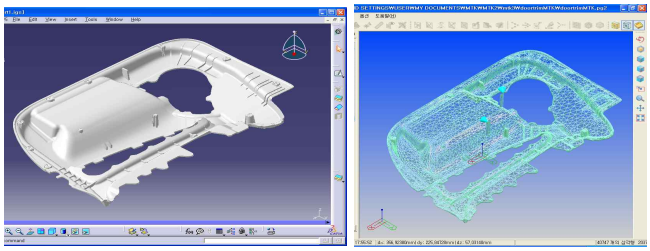
1. 서론

차량용 도어트림 제조는 경질의 수지를 사출 성형하여 제작되며 고급 차종은 내장재의 미감이나 질감을 위하여 사출물 표면에 엠보싱 무늬가 형성된 표피재가 수지에 추가로 부착되어 제작된다. 부착하는 방법은 한 장비에서 저압 사출 후 플라스틱이 완전 응고되기 전에 표피재를 넣고 압입하는 저압 사출법과 표피재 수지를 기 사출된 제품위에 놓고 압착시키는 압착법이 있으나 대부분의 중소기업에서는 저압 사출법의 가격부담으로 인하여 대부분 압착법을 사용되고 있다. 그러나 이 두 방법 모두 엠보싱 무늬가 형성된 표피재를 넣고 작업하기 때문에 고온 압착시 무늬가 찌그러지고 코너 부위가 경화되어 기존의 질감을 얻지 못하며, 치수 공차가 변형되어 불량률이 증가 하므로 이를 시급히 개선할 새로운 제조 기술의 필요성이 대두된다. 최근 이를 개선한 금형 및 제조기술등이 국내는 전무하고 다만 일본 KTX사에서 개발되어 상용화되기 시작하였으나, 그 금형의 제조 공법이 전주에 의한 특수가공으로 가공이 장기간 소요 될 뿐만 아니라 저압 압축이기 때문에 마찰이 별로 중요하지 않음에도 불구하고 전주 가공의 특성상 금형 소재를 Ni로 사용해야한다. 최근 금형 단가의 50%이상을 소재 비용이 차지하고 있는 실정에서 최근 수입하기 시작할 경우 수억에 이르는 고가로 새로운 공법 개발 및 국산화가 요구된다. 이를 개선하기 위하여 본 연구는 중소기업 현장에서 많이 사용되는 직접 압착기에 지그 및 금형을 새로 개발하여 도어트림 제조시 기 사출물을 금형 내에 삽입한 후 엠보싱 무늬가 없는 원소재 표피재를 넣어 상부 금형 내에서 진공으로 흡입하여 무늬를 성형한 후 하강시켜 기 사출물에 압착시키는 획기적인 공법 기술에 대한 설계 및 도어트림 사출품의 구조해석, 사출 유동해석, 변형해석 및 진공흡착 유동해석을 수행하여 설계변수를 확립하는데 그 목적이 있다.

2. 본 론

2.1 사출공정 해석

국내 H사의 승용차에 사용되는 Door Trim 제품을 1/4로 축소 모델링하여 플라스틱 변형 해석과 유동 해석을 금형해석 전용 소프트인 SIMPOE-MOLD를 이용하여 진행하였다. 대상은 최근 H사에서 개발되는 승용차모델의 1/4 축소형 356.924 x 225.847 x 57.031(mm)의 제품을 모델링 하였으며 그 형상은 그림 1.과 같다.

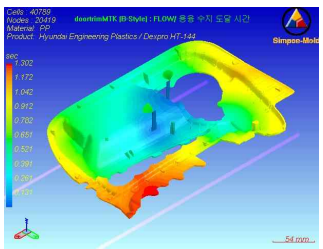


[그림 1] Door Trim 모델링

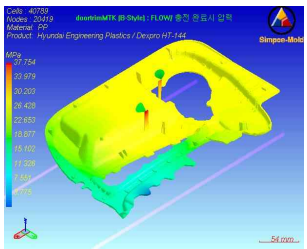
소재의 재질은 PP를 사용하였으며 초기 조건은 용융 온도 200℃, 취출 온도 120℃로 적용 하여 공정 해석의 조건은 표 1.과 같다.

[표 1] 충전/보압 공정조건

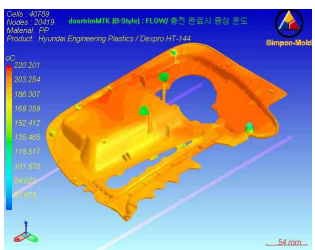
공정 조건 명칭	입력 조건 값
1차 수지 사출 온도	200℃
금형 벽면온도	40℃
최대 사출(장비) 압력	165 MPa
최대 사출(장비) 유량	150 cc/sec
보압 유지시간	3 sec
충/보압 과정 전체 시간	5 sec



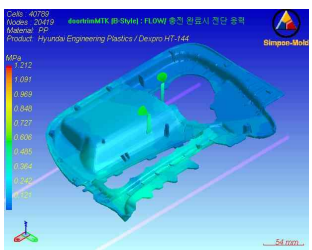
(a)수지 도달 시간



(b)충전 완료시 압력

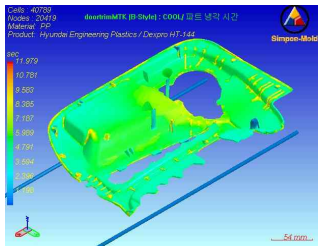


(c)충전완료시 중심온도

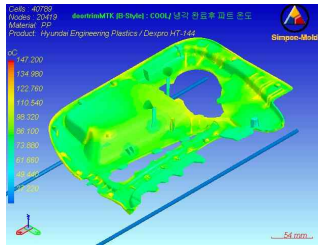


(d)충전 완료시 전단응력

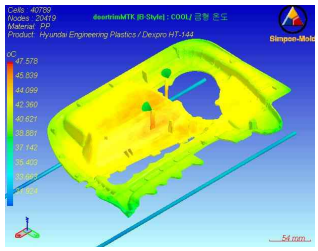
[그림 2] 충전해석 결과



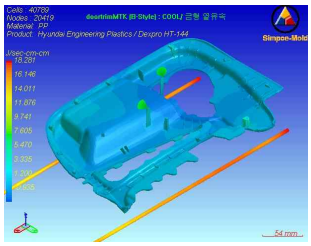
(a)냉각 시간



(b)냉각 완료 후 온도

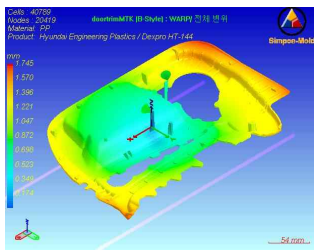


(c)금형온도

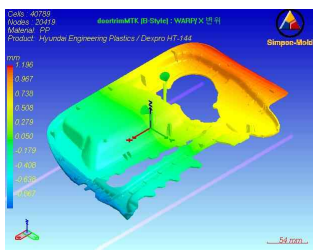


(d)금형 열유속

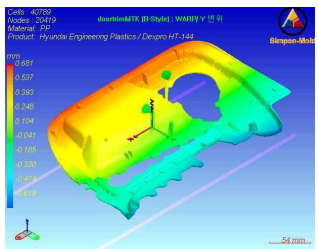
[그림 3] 냉각해석 결과



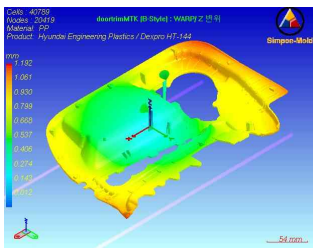
(a)전체변위



(b)X방향 변위



(c)Y방향 변위



(d)Z방향 변위

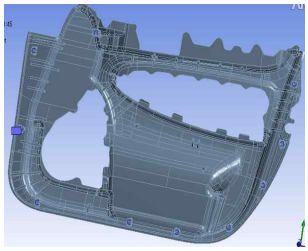
[그림 4] 변형해석 결과

그림 2.에서 충전해석결과 수지 도달 시간은 1.3s, 요구 사출 압력은 37.75 MPa임을 확인 하였으며, 충전 완료시의 중심 온도는 220℃, 최대 전단 응력은 1.21 MPa임을 확인 하였다. 또한 [그림 3] 의 냉각 해석결과 금형의 하단에 2개의 냉각 라인을 삽입하여 제품이 냉각되는 시간은 약 12초, 냉각 완료 후 온도는 147℃가 되는 것을 확인 할 수 있으며, 그림 4.의 변형 해석 결과에서는 X, Y, Z방향으로 각각 1.196mm, 0.681mm, 1.192mm의 변위가 발생하는 것을 확인. 전체 변위는 1.745mm인 것을 확인하였으며 이는 H사에서 요구하는 변형 허용오차 범위 내

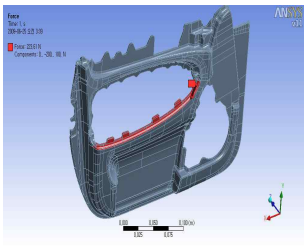
임을 확인하였다[2]. 따라서 이를 토대로 사출 공정 변수를 확정하여 금형 설계를 하였다.

2.2 구조해석

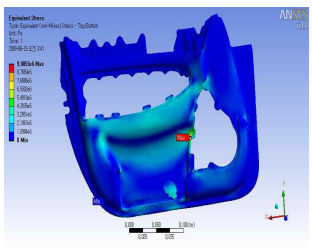
1/4 축소 모델에 대하여 Ansys를 이용 제품의 강도 및 변형을 파악하기 위한 구조해석을 진행 하였으며 결과는 다음과 같다.



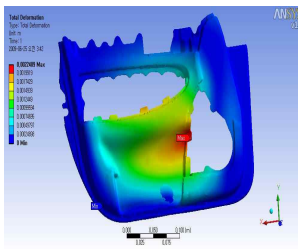
(a)구속조건 적용 위치



(b)하중 적용 위치



(a)최대응력



(b)변형량

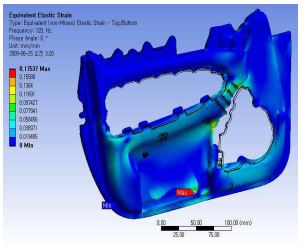
[그림 5] 구조해석 조건 및 결과

그림 5.와 같이 자동차의 Door에 볼트로 체결하는 너트 리브 10곳을 구속하였으며 하중은 문에서 운전자가 하중을 가할 수 있는 영역을 정하여 200N의 하중을 수직으로 그림과 같이 인가하였다.

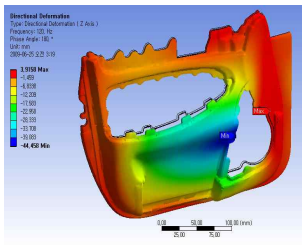
구조해석 결과 최대 응력은 하단 힌지부에서 응력 집중을 보였으며 응력값은 약 10Mpa이다. 변형량 역시 응력이 집중되는 하단 힌지부에서 가장 큰 값을 보였으나 그 값은 0.002mm로 매우 적은 수치를 보였다[3].

2.3 진동 해석

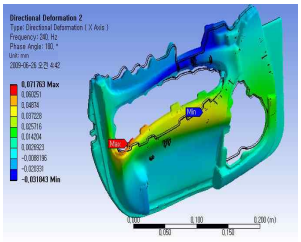
축소 모델의 강도 및 변형을 파악하기 위하여 Ansys를 이용하여 6가지의 진동 형상에 대한 해석을 진행하였고 그 결과를 이용하여 가장 큰 반응을 보이는 120Hz와 240Hz의 상황에서 응력과 변위, 변형률을 확인하여 각각의 결과를 그림 6.에 도시하였다.



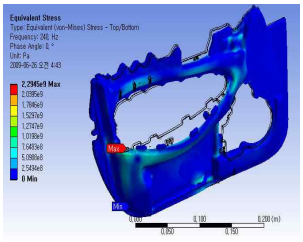
(a)120Hz에서의 변형률



(b)120Hz에서의 Z방향 변위



(c)240Hz에서의 X방향 변위



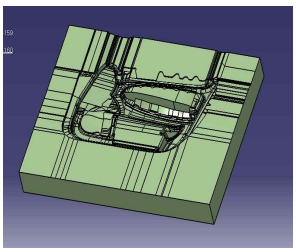
(d)240Hz에서의 응력

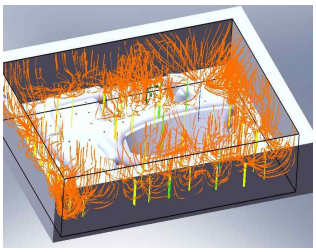
[그림 6] 120Hz, 240Hz에서의 응력과 변위, 변형률

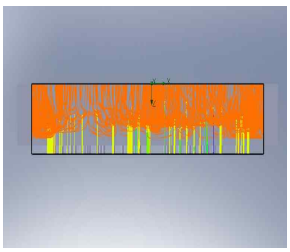
해석결과 120Hz에서 변형률은 0.17mm/mm이었으나 Z방향의 변위는 3.9mm로 큰 값을 보였으며 240Hz의 X방향 변위는 0.07mm의 값으로 아주 작은 값을 보였다. 또한 240Hz에서의 응력은 2.29pa로 안전한 설계임을 확인 하였다.

2.4 흡착금형 유동해석

축소모형에 대한 진공 흡입 금형을 모델링 하여 흡입압으로 하부에서 표피재를 흡입시 발생하는 내부 유동 현상을 확인하기 위하여 유동해석 소프트인 EFD를 이용하여 유동해석을 진행하였다. 해석의 변수인 흡입구의 위치와 구경을 임의로 설정하였으며 주변 온도는 55℃, 공압은 600mmHg로 설정하여 계산하였으며 그 결과는 다음과 같다.





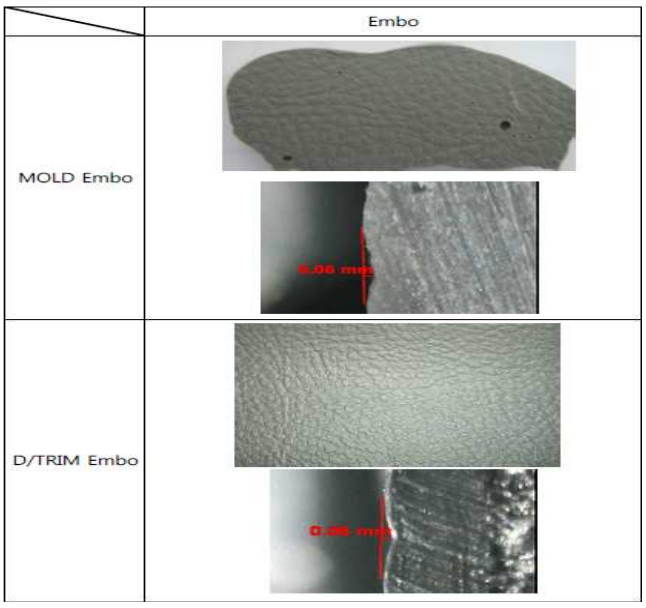


[그림 7] 흡착과정의 유동해석 결과

해석결과 많지 않은 흡입구의 개수와 임의의 배열에도 고루 분포되는 유동 형상을 확인 할 수 있었으며 유동의 분포양상을 분석하여 흡입구의 위치를 효율적으로 배치하고 흡입구의 개수를 늘릴 경우 사출품의 표면에 표피재를 안정적으로 흡입하여 부착하는 것이 가능함을 확인 할 수 있었다[4].

3. 시작품 제작 및 실험

앞서 얻어진 해석결과를 바탕으로 하여 지그를 제작, 시험하였으며 완성된 제품은 아래와 같다. 또한 무늬의 생성율을 확인하기 위하여 지그 표면의 무늬를 본을 떠내 절단 한 뒤 시작품의 절단면과 무늬의 형상을 비교한 결과 기존 공법에 비해 20% 향상된 97%의 생성율을 얻을 수 있음을 확인하였다[5].



[그림 8] 제작된 제품과 절단면 엠보싱 형태 비교

4. 결론

현재의 일반적인 압착법의 경우 표피재에 형성된 엠보싱 무늬가 찌그러지거나 코너부의 경화현상으로 원 표피재의 질감을 얻지 못하는 문제가 있으므로 본 논문은 중소기업 현장에서 많이 사용되는 직접압착 공법으로 도어 트림 제조시 기 사출물을 금형 내에 삽입한 후 엠보싱 무늬가 없는 원소재 표피재를 넣어 금형 내에서 무늬를 성형하는 획기적인 공법, 공정 및 제조 기술을 연구 개발하고자 하였으며 이를 위하여 표피재 수지를 금형 상부에서 진공 흡착하여 엠보싱을 형성 시키는 새로운 기술인 Negative 진공 흡착 제조 공법, 공정 및 금형개발을 구상하여 사출공정 및 변형, 구조해석을 하여 사출품의 설계, 제작에 대한 데이터를 확보하고 진공흡착 유동 해석을 통하여 진공흡착 성형공정의 실용 가능성을 확인하였다.

후기

"본 연구는 지식경제부 지정 공주대학교 자동차의장 및 편의부품 지역혁신센터의 지원에 의한 것입니다."

참고문헌

[1] 장익근, 전오환, 최해석, 이상준, "CAE를 이용한 도어트림 사출 성형 최적 설계를 위한 프로세스 개발" 한국자동차공학회 추계학술대회 Vol. 5, pp. 1818-1823, 2005.

[2] 최윤식, 한동엽, 정영득, "사출성형에서 제품 형상에 따른 PP수지의 수축거동", 한국기계가공학회지, 제3권, 제3호, pp. 46-51, 9월, 2004.

[3] 김채환, 김성호, 오화진, 윤재륜, "사출성형된 자동차 내장재에서의 잔류응력 측정", 한국자동차공학회 춘계학술대회 Vol. 7, pp.1761-1764, 2007.

[4] 김동균, 윤천석, "Glass 패널 진공흡착시스템의 유동해석 연구", 대한기계학회논문집 B 33 886-893 1226-4881, 2009.

[5] 유영은, 서재원, 제태진 외, "대면적 미세 패턴 사출 성형 특성에 관한 연구", 한국정밀공학회 춘계학술대회 Vol. 9, pp. 514, 2009.