

고감성 크래쉬패드 스킨부 열성형해석

이승규*, 최동혁**, 최완규**, 김진곤*

*대구가톨릭대학교 자동차공학과

**KBI 동국실업

e-mail:zazzsky@naver.com

Thermoforming Analysis of High-sensitive Crash Pad Skin

Seung-Kyu Lee*, Dong-Hyuk Choi**, Wan-Kyu Choi**, Jin-Gon Kim*

*Dept. of Automotive Engineering, Daegu Catholic University

**KBI Dongkook Ind.

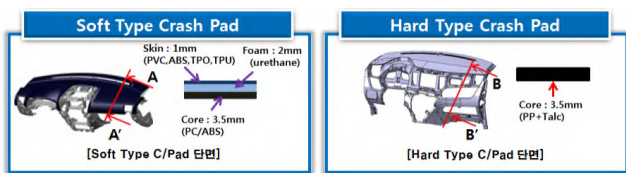
요약

크래쉬 패드는 자동차 실내 전방에 설치되는 내장재로 자동차 사고로 인해 승객이 충돌할 경우 승객을 최대한 안전하게 보호하는 역할을 한다. 크래쉬 패드는 단면이 스킨, 폼, 코어의 3계층으로 구성되어 있어 외관 및 촉감으로 부드러운 쿠션감을 느낄 수 있는 구조로 되어 있다. 본 연구에서는 스티치 공정 적용 가능 영역 및 범위 검토를 위한 크래쉬패드 마스터 제품 설계를 위해 가변형 형상을 가지는 스킨부에 대한 열성형 해석을 수행하였다. 이를 위하여 스킨부 소재의 성형해석을 위한 고온 인장실험을 통한 관련 물성을 구하였으며, 해석을 통하여 성형 시 원단의 온도에 따른 연신률 변화 및 성형성을 분석하였다.

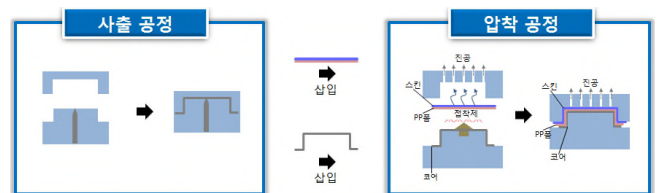
1. 서론

크래쉬 패드(Crash pad)는 Dash board라고도 하는 자동차 실내 전방에 설치되는 내장재로 자동차 사고 등으로 인해 승객이 충돌할 경우 승객을 안전하게 보호하는 부품으로서의 역할을 수행한다. 최근에는 크래쉬 패드의 친환경, 고감성, 경량화 및 고기능성 추세에 맞춰 다양한 공법과 재료가 적용되고 있다. 자동차 크래쉬 패드는 제조공법과 적용되는 소재에 따라 그림 1과 같이 soft type과 hard type으로 구분된다. Soft type은 외관 및 촉감으로 부드러운 쿠션감을 느낄 수 있도록 단면이 3계층(Skin, Foam, Core)으로 구성되어 있다. 크래쉬패드 제조에는 PSM(Powder Slush Molding) 공법, 진공성형(Vacuum Forming) 공법, Spray 공법, LIM(Laminate Insert Molding) 공법, IMG(In-Mold Grain-pre) 공법 등과 같은 다양한 공법들이 적용되고 있다[1-3]. 이 때 soft type 크래쉬 패드의 스킨부는 열 성형에 따른 우수한 성형성과 고온에서의 물성을 만족해야 한다.

본 연구에서는 IMG를 적용하여 크래쉬 패드를 개발하는 과정 중, 코어 사출물에 부착되는 크래쉬 스킨부의 스티치 공정 적용 가능 영역 및 범위(곡률 및 제품 각도) 검토를 위한 가변형 마스터 제품에 대한 진공성형해석을 수행하였다. 해석에 필요한 물성 확보를 위해 고온 챔버 인장 실험기를 이용하여 TPO 스킨부의 고온 인장실험을 수행하였다. 고분자 복합 소재의 기계적 물성은 일반적으로 온도에 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있으며 온도가 변형을 경화에 미치는 영향 및 다양한 온도에 대한 딥드로잉에 대한 연구들이 수행되고 있다[4-5]. 성형해석은 Hyperform과 RADIOSS를 이용하여 수행하였으며, 가변형 마스터 제품 스킨부의 성형 온도, 블랭크 사이즈 및 진공압 등의 다양한 조건에 대한 성형성을 평가하였다. 해석결과를 바탕으로 최종 크래쉬패드 스킨부 형상에 대한 진공 열성형해석을 수행하여, 제품의 성형성을 확인할 수 있었다.



[그림 1] 크래쉬패드 타입별 단면

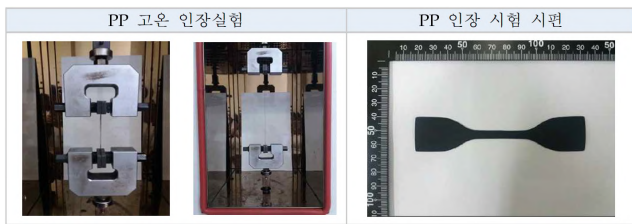


[그림 2] IMG 공정 프로세스

2. 스킨부 열성형 해석

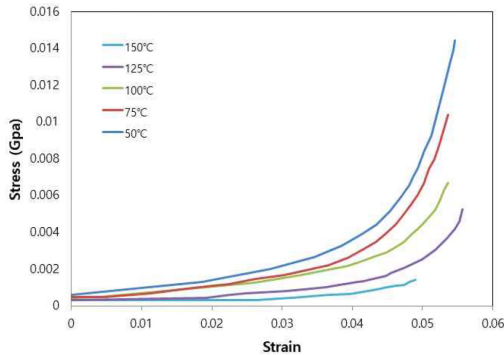
2.1 스킨부 고온 인장 실험

크래쉬 패드 스킨부의 온도에 대한 성형성을 평가하기 위하여 고온 챔버 인장 실험기를 이용하여 TPO 소재에 대한 고온 인장 실험을 수행하였다. TPO 소재는 스크래치 향상을 위한 표면처리비용이 증가하나 재활용성 및 내구성에 치명적인 한계를 가지고 있는 PVC를 대체하기 위해 많이 적용되고 있다. TPO 소재의 단축인장실험은 그림 2와 같이 ASTM D412 (Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers-Tension) 기준에 준하여 실시하였다.

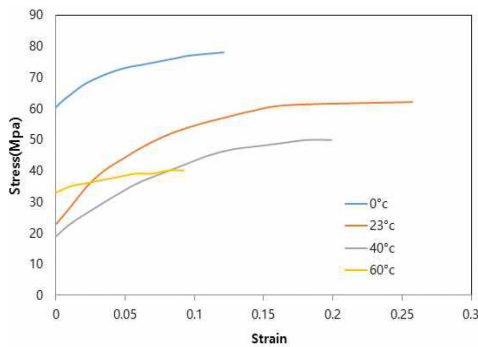


[그림 2] TPO 고온 인장 실험

챔버의 온도를 50도에서 25도씩 증가시키면서 TPO가 녹는 150도 한계 온도까지 Plastic Stress-Strain 데이터를 그림 3과 같이 구하였다. 적용 TPO 소재와 BASF사의 Elastollan TPU 소재와의 온도에 대한 특성을 비교하면 60도에서 상대적으로 더 높은 연신율을 가짐을 알 수 있다.



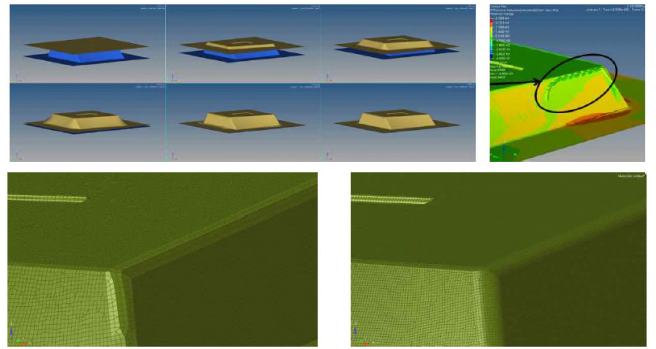
[그림 3] TPO plastic stress-strain curve



[그림 4] TPU plastic stress-strain curve

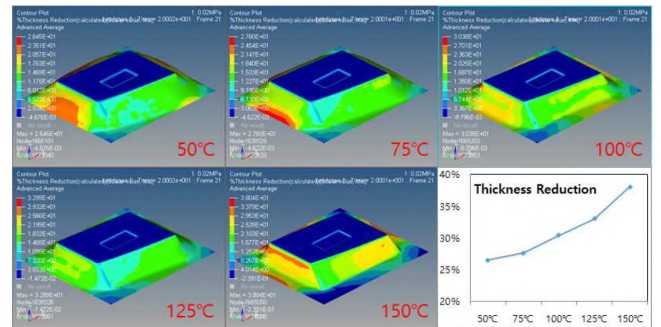
2.2 가변형 마스터 제품 스킨부 열성형 해석

성형해석은 Hyperform과 RADIOSS를 이용하여 다음과 같이 해석을 진행하였으며, 초기 해석에서 모서리 부위에서 주름이 생기거나 찢어지는 현상이 발생하였다. 해석상에서 이러한 문제점을 개선하기 위하여, 초기 날카롭게 모델링된 모서리 부분을 실제와 같이 금형 모서리 곡률을 정확하게 구현할 수 있도록 유한요소망 밀도를 키워서 발생하는 문제점들을 개선하였다.



[그림 5] Preforming 금형 모델링 수정 전후

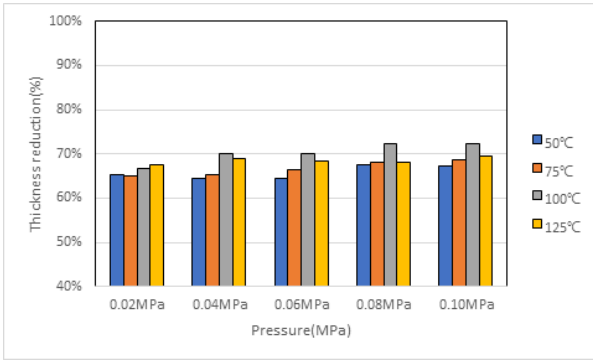
스킨부의 진공 열성형 해석에서 스킨부 예열 온도가 증가할 때 성형에 따른 두께 감소율이 증가하였지만, 125도 이상에서 성형성이 더 좋아지는 것으로 나타남을 그림 6의 해석 결과로부터 알 수 있다. 하지만, 하단부가 금형에 완전 밀착되는 형태로 성형되지 않는 문제점이 발생하였다.



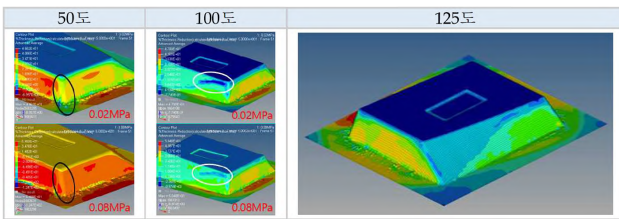
[그림 6] 예열 온도에 따른 스킨부 성형해석

스킨부 모서리 부위의 일부 성형성에 미치는 온도와 진공압의 영향을 살펴보기 위하여, 예열 온도와 진공압의 다양한 조건에 따른 해석을 그림 7과 같이 수행하였다. 대부분 성형 온도에서 두께 감소율은 0.02~0.08MPa에서 비교적 양호한 것으로 나타났다. 하지만, 0.08MPa 진공압에서 성형 시 두께 감소와 주름 발생 등을 고려하였을 때 상대적으로 가장 양호한 성형성을 나타내는 것으로 나타났다. 다음으로 열성형 시 블랭크 사이즈가 주름발생에 주는 영향을 살펴보기 위하여 블랭크의 크기를 조정하여 온도별 해석을 수행하였다. 해석 결과 블랭크의 크기를 가로 10%, 세로 5%로 조정하여 상기의 성형조건에서 성형을 할 경우 주름이나 찢어짐 현상이 발

생하지 않는 가장 우수한 성형성을 가지는 것으로 그림 7과, 그림 8과 같이 나타났다.



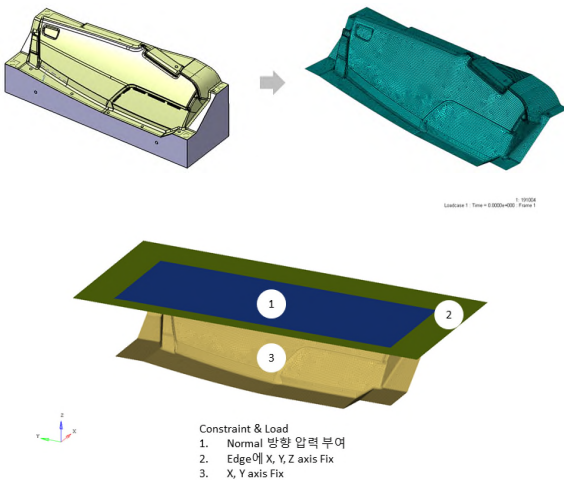
[그림 7] 예열 온도 및 진공압에 따른 스킨부 두께 변화



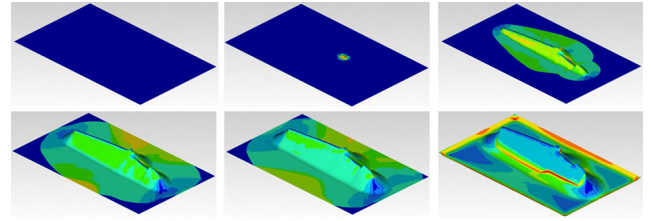
[그림 8] 스킨부 블랭크 사이즈 조정 후 성형해석

3. 크래쉬 패드 스킨부 열성형해석

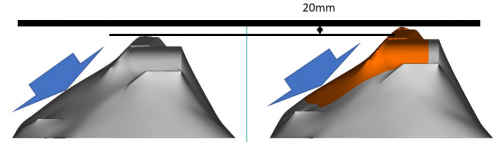
다음으로 가변형 마스터 제품의 성형해석에서 도출된 성형 조건을 바탕으로 크래쉬 패드 스킨부의 열성형해석을 수행하였다. 그림 8과 9는 각각 성형해석을 위한 유한요소모델링 및 단계별 성형해석 결과를 보여주고 있다.



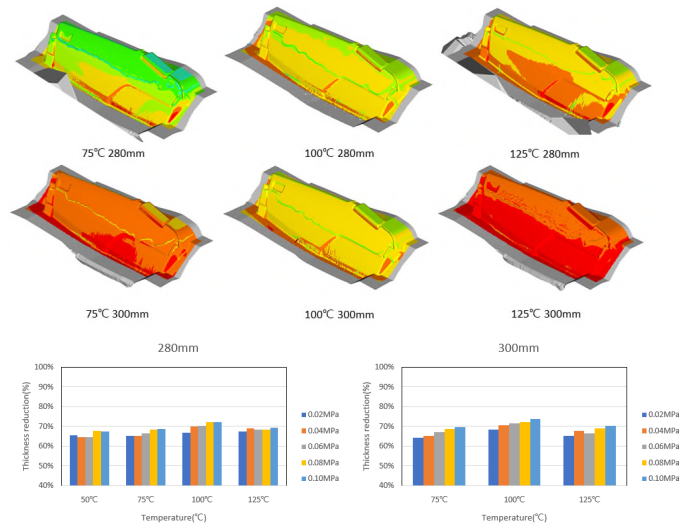
[그림 9] 크래쉬 패드 스킨부 성형해석 유한요소모델링



[그림 10] 크래쉬 패드 스킨부 단계별 열성형 해석결과



[그림 11] 스킨부 블랭크 성형깊이 조정



[그림 12] 스킨부 성형 조건에 따른 해석결과

그림 10과 같이 실제 크래쉬 패드 스킨부의 성형성을 분석하기 위하여 예열 온도, 진공압 및 성형 깊이 등의 다양한 조건에 대하여 성형해석을 수행하였다. 해석결과 가변형 마스터 제품에서와 유사한 결과를 확인할 수 있었다. 해석결과로부터 압력(0.08MPa) 및 온도(125도)를 높일수록 두께 감소율은 약간 증가하였지만 그 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 하지만 표면에서의 주름 발생 문제가 현저하게 개선되었으며, 성형깊이를 증가시킬 경우에는 압력이 들어가는 각도를 조절하여 주름 발생 문제를 가장 최소화시키는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 IMG 공법을 적용한 크래쉬 패드를 개발하기 위해, 코어 사출물에 부착되는 크래쉬 스킨부의 다양한 조건 하에서의 열성형해석을 통하여 성형성을 분석하였다. 고온 인장 시험을 통하여 TPO 스킨부의 온도별 물성을 구한 후

해석에 적용하였다. 성형해석은 Hyperform과 RADIOSS를 이용하여 수행하였으며, 가변형 마스터 제품 스킨부의 성형 온도, 블랭크 사이즈 및 진공압 등의 다양한 조건에 대한 성형성을 평가하였다. 이러한 해석결과에 성형 깊이에 따른 영향을 포함하여 최종 크래쉬 패드 스킨부 형상에 대한 진공 열성형해석을 수행하였으며, 제품의 성형성을 개선할 수 있는 최적의 성형 조건을 도출할 수 있었다.

후기

본 연구는 2020년 산업통상자원부 광역협력권산업육성사업(과제번호: P0002148)의 지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

- [1] 광성복, 문찬성, “고분자 적용 크래쉬 패드 부품 성형 기술”, *Auto Journal*, 제 31권 6호, pp. 26-34, 12월, 2009년.
- [2] 광성복, 주상률, 이상락, 문찬성, “네가티브 진공성형용 친환경 크래쉬 패드 개발”, *한국자동차공학회 추계학술대회*, pp. 2800-2805, 11월, 2009년.
- [3] 광성복, 이재용, 김승호, 우민서, “자동차 크래쉬패드의 친환경 소재 적용성 연구”, *한국고분자학회 춘계학술대회*, 제 44권 1호, pp. 2800-2805, 11월, 2009년.
- [4] 최성식, 공병석, 박동규, “IMG 발포일체성형 크래시패드 개발”, *한국산학기술학회논문집*, 제 20권 7호, pp. 607-612, 7월, 2019년.
- [5] 이호진, 안동규, “중대형 플라스틱 제품 성형공정 모사를 위한 3차원 진공 열성형해석 기법”, *한국정밀공학회지논문집*, 제 32권 11호, pp. 953-960, 11월, 2015년.