

측면 충격 안전성 향상을 위한 배터리 하우징의 설계 개선

김지훈*, 이상민*, 임보영*, 김정진**
*대구 미래형자동차산업 혁신아카데미
**계명대학교 기계자동차공학부
e-mail: kjj4537@gmail.com

Design improvement of battery housing
for safety enhancement against side impact

Ji-Hun Kim*, Sang-Min Lee*, Bo-Young LIM*, Jung Jin Kim**
*Daegu Future Automobile Industry Innovation Academy
**Dept. of Mechanical Engineering, Keimyung University

요 약

전기차용 배터리의 수요 및 공급은 전기차의 보급의 증가와 함께 성장세가 가파르다. 다만, 배터리의 급격한 확산과 함께 다양한 문제점들이 발생하고 있다. 그중 배터리 하우징의 구조적 취약성이 문제점으로 제기되고 있는 상황이다. 본 논문에서는 배터리 하우징의 측면 충돌 상황 가정 하에 형상 변경을 통한 안전성 향상을 목적으로 한다. 그 결과 형상변경을 통해 기존모델 대비 개선된 모델의 안전율이 약 108.5%로 크게 향상됨을 확인하였다.

1. 서론

최근 자동차 산업에서 내연기관의 배출은 배출가스 및 이산화탄소 배출 규제 강화로 가속화되고 있는 상황이다. 반면, 전기차용 배터리의 수요 및 공급은 전기차의 보급의 증가와 함께 성장세가 가파르다[1]. 다만, 배터리의 급격한 확산 함께 다양한 이슈들이 발생하고 있다. 그중 배터리 파손은 운전자 및 차량의 안전성과 직결되어 있어 대표적인 이슈로 꼽힌다.

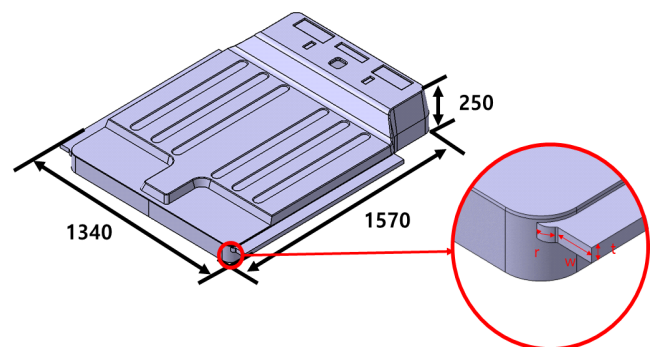
일반적으로 전기차 배터리는 배터리 하우징, 배터리 모듈, 하네스 등으로 구성된다. 특히 배터리 하우징은 외부의 충격으로부터 배터리 모듈을 보호하는 중요한 역할을 담당하고 있다. 다만, 외부 하중에 대한 구조적 취약성이 문제점으로 제기되어 배터리 하우징의 강성을 높이는 연구들이 최근 활발히 수행되고 있다[2].

본 연구에서는 배터리 하우징의 설계 개선을 통해 측면 충격에 대한 안전성을 향상을 목표로 한다. 이를 위해 구조해석 기반의 취약점을 도출하고 이를 강화하는 설계안을 제시하였다. 그리고 기존 모델과 비교하여 개선 모델의 안전성을 정량적으로 분석하였다.

2. 본론

2.1 유한요소모델링

본 연구에서는 현대자동차 코나 일렉트릭 배터리 하우징의 제원을 기반으로 모델링 하였다. 다만 하우징에 대한 구조 개선을 목적으로 하기에 구조적 거동에 영향이 적은 배터리 팩은 모델링에서 제외하였다. 배터리 하우징은 가로 1570 mm, 세로 1340 mm, 높이 250 mm의 크기를 가진다(그림 1).



[그림 1] 배터리 하우징 기준 모델

본 연구에서는 안전성이 강화된 설계안을 도출하기 위해 배터리 하우징의 상판과 하판이 연결되는 접합부의 두께(t), 너비(w), 모각이(fillet)의 반경(r), 내부 칸막이 가공이 서로 다른 5개의 개선된 모델을 생성하였다(표 1).

[표 1] 모델 Type

	접합부 두께	칸막이 가공	라운드	너비
기준모델	25	-	X	70
Type1	25	-	O	70
Type2	30	Hole	O	70
Type3	30	Pocket	O	70
Type4	30	Pocket	O	80
Type5	50	Pocket	O	70

[표 2] Aluminium Alloy 6063-T5 물성치

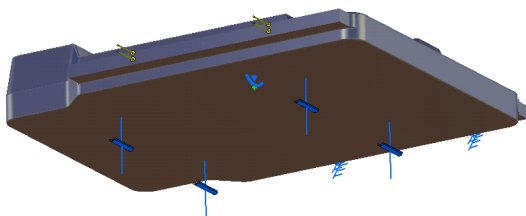
Young Modulus [MPa]	69,000
Poisson ratio	0.33
Density [kg/m ³]	2,700
Tangent Modulus [MPa]	580
Yield Strength [MPa]	180

정량적 안전성을 평가하기 위해 해당 모델들은 유한 요소 모델로 변환하였다. 이는 CATIA V5 Generative structural analysis를 통해 수행하였다. 하우징의 요소의 크기는 15 mm로 생성하였다. 다만 구조적 거동의 중요성을 가지는 접합부 요소의 크기는 2.5 mm로 세분화하였다.

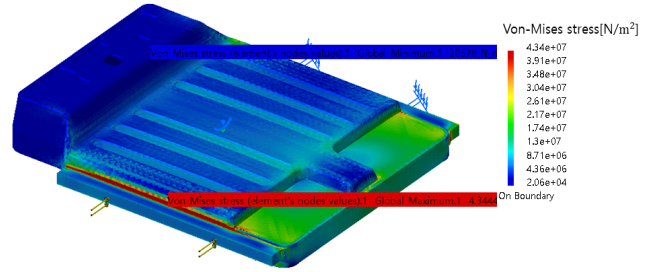
2.2 유한요소해석

본 연구에서는 측면 충돌의 상황을 가정하였다. KNCAP 충돌 상황 조건으로 충격 시간을 0.1 s로 가정하였을 때 233 kN의 결과를 얻을 수 있다. 하지만 본 연구에서는 배터리 하우징에 직접 충격을 가하기 때문에 차체와 프레임 등의 충격 분산을 고려하여 배터리 하우징에 가해지는 힘을 100 kN으로 가정하였다. 도출된 힘을 하우징의 접합부 중 한쪽에 수평방향으로 부여하였다. 그리고 구속 조건으로는 배터리 하우징의 하판에 미끄럼 조건, 힘이 가해지는 접합부의 반대 부분에 고정 조건을 적용하였다(그림 2).

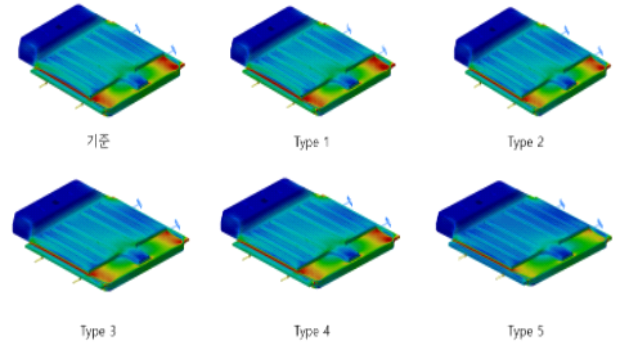
모든 유한 요소 모델은 일반적으로 배터리 하우징에 사용되는 알루미늄 합금 6063-T5을 적용하였다. 알루미늄 합금 6063-T5의 물성치는 표 2에 나타내었다.



[그림 2] 하중조건, 구속조건 그림



[그림 3] Von-Misses Stress 해석 결과



[그림 4] 각 타입 별 Von-Misses Stress 해석 결과

[표 3] 기준 모델 대비 안전율

	안전율	Von-Mises stress (Mpa)	평가지
기준모델	1.05	90.3	55.49
Type 1	1.25	76.3	65.09
Type 2	1.51	62.8	79.08
Type 3	1.69	56.2	88.83
Type 4	1.59	59.9	82.53
Type 5	2.19	43.4	109.95

2.3 해석 결과

표 3과 그림 3은 해석 결과에 따른 기준 모델과 Type 별 모델의 안전율, Von-Mises Stress를 나타낸다. 그림 4는 각 Type 별 해석 결과를 나타내었다. 평가치는 Von-Mises Stress를 각 Type 별 하중으로 나눈 값으로, 안전율 향상에 따른 하중의 증가를 추가적으로 파악하기 위해 설정하였다.

Type 5의 모델의 안전율은 2.19로 기준 모델(1.05)에 비해 안전율이 크게 향상됨을 확인하였다.

3. 결론

본 연구를 통해 측면 충격 시 배터리 하우징의 형상 변경을 통한 안전율 변화를 분석하였다. 기준 모델에서 모각이를 준 Type 1의 경우 안전율이 18.34%

증가하였다. 또한 내부 칸막이를 pocket으로 가공한 Type 3은 Hole로 가공한 Type 2에 비해 안전율이 11.70% 증가하였다. Type 3의 모델에서 접합부 두께를 20 mm 증가한 Type 5의 경우 Type 3에 비해 안전율이 29.49% 증가하였다. 여러 Type 별 안전율 분석을 통해 접합부의 두께가 안전율에 가장 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다. 결론적으로 Type 5가 안전율 2.19로 다섯 모델 중 측면 충격에 대해 가장 안전한 것을 확인할 수 있었다.

다만, 본 연구는 배터리 하우징의 실제 재원을 간소화하여 연구를 수행하였다. 따라서 향후 실제 재원을 적용한 모델링을 통한 연구가 추가적으로 필요하다고 판단된다. 더불어 경량화 소재를 적용한 연구를 진행할 경우, 경량화와 안전성을 모두 확보할 수 있을 것이라 예상된다.

참고문헌

- [1] 이명규, “전기차용 배터리 현황/전망 및 주요 이슈”, KIET 산업경제, pp. 72-75, 1월, 2022년.
- [2] 이동원, “xEV 배터리 하우징 산업 동향”, 한국 과학기술정보연구원, 1월, 2016년.