

# 모터 하우징 강건부의 두께 변화에 따른 안전율별 최대 하중 경향성 분석

백지아\*, 김지선\*, 김정진\*

\*계명대학교 기계공학부

e-mail: jhwhite000809@gmail.com

## Tendency Analysis of Maximum Load by Safety Factor with Changing Thickness of The Robust Parts in Motor Housing

Jee-A Baik\*, Jisun Kim\*, Jung Jin Kim\*

\*Dept. of Mechanical Engineering, Keimyung University

### 요약

전기차의 주동력원인 전기 모터는 차량의 효율성 향상을 위해 경량화가 요구된다. 다만, 현재까지 모터 하우징의 외력 정보나 설계 기준이 없어 체계적인 경량화가 어려운 상황이다. 이에 본 연구는 모터 하우징의 경량화를 위한 설계 가이드라인을 제공하기 위해, 모터 하우징 강건부의 두께 변화에 따른 최대 하중 경향성 분석을 목적으로 한다. 먼저, 모터 하우징 유한요소모델의 여러 부위에 집중 하중을 가하고 응력 집중도를 분석하여 강건부와 취약부를 확인했다. 그리고 강건부의 다양한 두께별 유한요소 모델을 구성하여 여러 가지 안전율에 따른 최대 하중을 도출했다. 연구 결과, 모터 하우징의 강건부는 두께가 증가할수록 안전율이 작을수록 더 큰 하중을 허용할 수 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구를 통해 제시한 가이드라인은 모터 하우징 설계 시 특정 하중에 대한 최소한의 두께 설계의 참고지표가 되어 모터 경량화에 이바지할 것으로 기대한다.

## 1. 서론

## 2. 본론

전기 모터는 전력 에너지를 받아 동력 에너지로 변환하는 장치이다. 이는 전기차의 주동력 원으로 고효율, 고출력, 경량화가 요구된다. 그중 경량화는 전기 모터의 무게를 감소하여 차량의 효율성 향상과 성능 개선에 큰 효과가 있어 매우 중요하다.

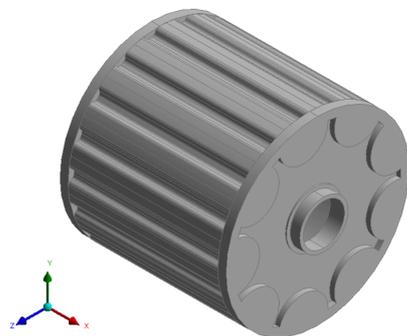
전기 모터는 로터, 스테이터, 샤프트, 하우징 등 여러 가지 부품으로 구성되어 있다. 그중 모터 하우징은 현재까지 보고된 파손 사례가 극히 드물다. 이는 모터 하우징이 강건 설계되어 두께 변화를 통해 경량화의 가능성을 가진다는 것을 의미한다[1].

모터 하우징의 경량화를 위해서는 하우징에 가해지는 외력 정보 또는 하우징의 설계 기준이 필요하다. 그러나 아직까지 이러한 정확한 기준이 부족하여, 기존의 모터 하우징 경량화는 설계자들의 직관과 경험에만 의존하여 이루어지는 문제점이 있다. 따라서 모터 하우징의 정확한 경량화를 위해서는 설계 가이드라인이 필요한 상황이다.

본 연구에서는 유한요소해석을 통해 모터 하우징 강건부의 두께 변화에 따른 안전율별 최대 하중을 도출하여, 모터 하우징의 경량화를 위한 가이드라인을 만들고자 한다.

### 2.1 연구 모델 선정

본 연구에서는 RIMAC의 SPM\_900모터를 연구 대상으로 선정했다. 실제 모터 하우징은 형상이 매우 복잡하므로 효율적인 해석을 위해 구조적 거동에 영향이 적은 볼트 체결부는 제거했다. 그리고 라운드(round)와 모깍기(fillet) 등의 복잡한 형상을 제거하고, 주요 형상만을 고려하여 그림 1과 같이 단순화하였다. 단순화한 모터 하우징은 두께 3.5mm, 지름 266mm, 길이 217.5mm의 크기를 가진다.



[그림 1] RIMAC SPM\_900 모터 하우징 모델

## 2.2 유한요소해석 기반 강건부 및 취약부 분석

본 연구에서는 유한요소해석 상용소프트웨어인 ANSYS 2021 R2 Workbench를 사용하여 모터 하우징의 구조적 거동을 분석하고, 이를 통해 모터 하우징의 강건부와 취약부를 분석했다. 유한요소모델은 육면체(Hexahedron) 요소와 사면체(Tetrahedron) 요소로 구성하였으며 총 절점수는 약 68만개, 요소수는 약 15만개이다. 각 요소에는 다이캐스팅용 알루미늄 합금 ADC12의 물성치[2](Young's Modulus: 71 GPa, Poisson's Ratio: 0.33, Density: 2,700 kg/m<sup>3</sup>, Tensile strength: 330 MPa, Yield Strength: 165 MPa)를 부여하였다. 강건부와 취약부를 파악하기 위해 여러 가지 외부하중 시나리오에 대한 모터 하우징의 응력 분포를 분석하였다. 하중 조건은 앞면, 측면, Radial 방향, Axial 방향의 충돌 상황을 가정하였다. 그리고 취약부와 강건부를 명확하게 구분하기 위해 1000N의 충분히 큰 하중을 가정하여 적용했다. 모터 하우징은 감속기, 인버터와 연결되어있다. 따라서 앞면의 인버터 결합부와 뒷면의 감속기 연결부인 샤프트 결합부의 x, y, z축의 자유도를 모두 구속하여 경계조건을 부여하였다.

## 2.3 두께 변화에 따른 안전율별 최대 하중 분석

모터 하우징의 구조적 거동을 통해 판별한 강건부는 두께가 서로 다른 모델을 설계하여, 모델별 안전율에 따른 최대 하중을 도출하였다. 먼저, 강건부는 2.5 mm부터 4.5 mm까지 0.5 mm씩 두께를 변화하여 여러 가지 모델을 구현하였다. 그리고 최대 하중을 도출하기 위해 식 (1)을 통해 알루미늄 합금 ADC12의 안전율(S)별 허용 응력을 계산했다.

$$S = \frac{\sigma_Y}{\sigma_a} \quad (1)$$

위 식에서  $\sigma_Y$ 는 알루미늄 합금의 기준 응력인 항복 응력이고  $\sigma_a$ 는 허용 응력이다. 안전율의 범위는 Joseph Vidosic의 factor of safety[3]을 참고하여 1~4로 설정하였다.

## 3. 결론

본 연구는 유한요소해석을 통해 모터 하우징의 강건부의 두께와 안전율을 고려하여 최대 하중의 경향성을 분석했다. 모터 하우징의 강건부는 두께가 증가할수록 더 큰 하중을 허용할 수 있으며, 안전율이 커질수록 더 작은 하중을 허용할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 경향성 분석은 모터 하우징의 특정 외부하중에서 안전성 확보가 가능한 최소 두께 결정의 가이드라인이 될 수 있다. 또한, 본 연구에서는 세분화한 안전율 고려로 모터 하우징에 가해지는 여러 가지

하중 또는 다양한 설계 상황에 적절하게 적용할 수 있게 했다.

본 연구를 통해 제시한 가이드라인은 모터 하우징 설계 시 특정 하중에 대한 최소한의 두께 설계의 참고지표가 되어, 모터 경량화를 가능하게 할 것이다. 그리고 이는 차량의 효율성 개선에도 기여할 것이라 기대한다.

### 참고문헌

- [1] 최복록, 강성중, “연료전지차량 차체프레임 강성 및 내구 해석,” 한국자동차공학회논문집, 제 19권, pp. 47 - 53, 2011년.
- [2] 강신욱, 박경섭, 오은호, 심정일, 김희수, “다이캐스팅 ADC12 합금의 열처리 전후의 기계적 특성변화,” 한국주조공학회지, 제 36권, 3호, pp. 88 - 94, 2016년.
- [3] Vidosic, Joseph P., Machine Design Projects, Ronald Press, New York, 1957.