

# 경량압축기용 Mg 합금 구동스크롤 적용을 위한 정적 유한요소해석

정 기 호<sup>1)</sup> · 이 근 안<sup>1)</sup> · 이 형 옥<sup>2)\*</sup>

한국생산기술연구원 성형기술연구실용화그룹<sup>1)</sup> · 한국교통대학교 에너지시스템공학과<sup>2)\*</sup>

## Static simulation of orbiting scroll for development of lighter compressor

Ki Ho Jung<sup>1)</sup> · Guen An Lee<sup>1)</sup> · Hyung Wook Lee<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup>Metal Forming R&BD Grou, Korea Institute of Industrial Technology,  
156 Gaetbeol-ro, Yeonsu-gu, Incheon, 406-840, Korea

<sup>2)\*</sup>Department of Energy System Engineering, Korea National University of Transportation,  
50 Daehak-ro, Chungju-si, Chungbuk 380-702, Korea

(Received 2014. 04. 23 / Accepted 2014. 05. 16)

**Abstract** : 최근 유가상승 및 환경오염으로 인하여 자동차 연비 개선에 대한 관심이 날로 증가하고 있어 자동차 제조사들은 다양한 접근방법을 통해 경량화를 달성하고자 하고 있다. 경량화 방법으로는 경량재료의 적용, 고강도 소재를 이용한 부품소형화, 조립식 파트의 일체형 모듈화 등이 있으며, 본 연구에서는 경량구조재료인 마그네슘 합금을 자동차용 스크롤 압축기에 적용하기 위하여 기존 알루미늄 합금부품과의 열팽창 및 열변형의 비교를 통해 마그네슘 합금 적용한 스크롤 부품의 설계시 고려되어야 할 요소들을 분석 및 제시하고자 한다.

**Key words** : Magnesium alloy, Scroll compressor, Temperature distribution, Thermal expansion, Contact analysis

### 1. 서 론

스크롤 압축기는 자동차 및 소형건물의 공조시스템에 주로 사용되며 왕복동 압축기 (Reciprocating compressor)에 비해 별도의 흡입/토출 밸브가 없고 연속적인 냉매의 흐름으로 토크변동이 작고, 압축 효율이 높으며, 진동 및 소음이 적다는 장점을 지닌다 [1].

여타 압축기와 마찬가지로 스크롤 압축기는 냉매가 압축되면서 내부온도가 상승하는데 C. Lin[2]등의 연구에 따르면 냉매의 온도는 초기 입구부에서 47℃, 최종 출구부에서 107℃까지 상승하여 스크롤 구조물의 온도구배를 가져오며, 이러한 온도구배는 결과적으로 열팽창에 의한 변형을 유발한다.

Al소재와 Mg소재는 Table 1에서 나타나듯이 열변형 특성 중 대표적으로 열전달계수와 열팽창계수가 다

르기 때문에, 스크롤 압축기 구동 중에 열팽창을 고려한 공차량의 변화를 가져올 수 있으므로 스크롤 소재 변경 시 열팽창 해석을 통하여 공차를 검증해야 한다.

본 연구에서는 문헌[2]를 참고하여 Fig.1과 같이 스크롤 압축기의 온도측정결과를 본 압축기의 스크롤에 유사하게 적용하여 열변형해석을 수행하고, 알루미늄 합금과 마그네슘합금에 대하여 변형을 서로 비교 분석하였다. 또한 고정스크롤과 구동스크롤간의 침투량을 계산하였고, 접촉조건을 적용하여 접촉압력 및 최대응력, 접촉부위의 변형정도를 분석하였다.

### 2. 해석방법

해석적으로 열팽창을 접근하는 방법은 Sequentially Coupled Thermal-Stress Analysis로 명명되는 열전달해석과 열팽창해석을 순차적으로 시행하는 방법이 많이

\*Corresponding author. E-mail :hwlee@ut.ac.kr



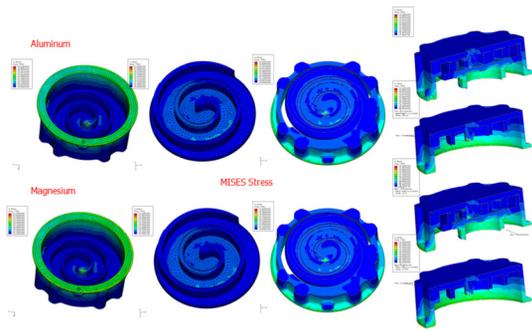


Fig 4. Distribution of von Mises stress with respect to fixed and orbiting scrolls after coupled thermal-stress analysis with the contact condition

분포를 Fig. 3에 도시하였고, 총 변위의 크기 및 방향을 벡터로 표시하였다. 구동스크롤은 스크롤 날개부위의 상부면으로 변형이 이루어지고 있고, 스크롤의 반경방향으로 변형이 발생함을 확인하였다. 반면에 고정스크롤은 스크롤의 바닥면 쪽으로 변형과 함께 스크롤의 반경방향으로 변형이 발생할 것으로 예측되었으나 두 스크롤의 변형 방향이 동일하여 실제로 반경방향의 접촉은 거의 발생하지 않을 것을 알 수 있었다.

Fig. 5와 같이 접촉간극을 확인한 결과 gap open 값이 스크롤의 중심부에서 음의 값이 나타나 서로 침투하고, 고정 스크롤의 스크롤 날개 상단부가 회전 스크롤의 스크롤 날개의 바닥부위와 접촉하는 것을 확인할 수 있다. 침투깊이는 알루미늄 소재의 경우 최대 59.67  $\mu\text{m}$ , 마그네슘 소재의 경우 최대 59.82  $\mu\text{m}$ 로 나타났으며, 접촉에 대해서는 두 소재가 대등소이한 것을 알 수 있었다.

Fig. 6와 같이 부품간 접촉조건을 부여하여 접촉부위에서의 압력을 계산할 수 있었고, 알루미늄의 경우

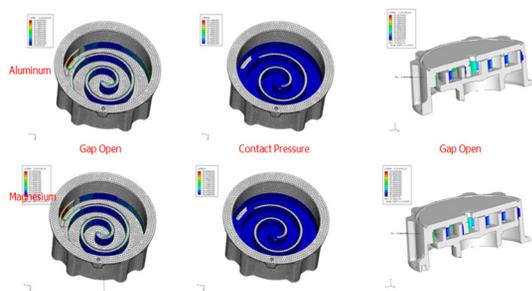


Fig 5. Distributions of contact pressure and gap open distance between fixed and orbiting scrolls

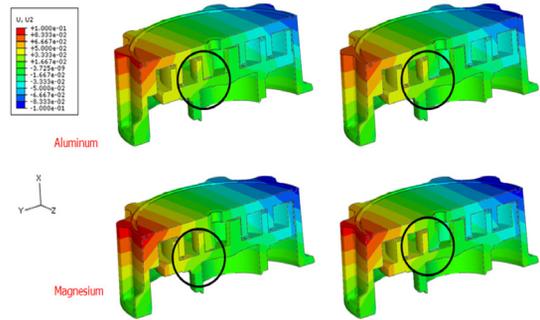


Fig 6. Variation of displacement of y-direction after contact analysis

471.4 MPa, 마그네슘의 308.4 MPa로 소재의 강성에 의한 차이로 두 소재간의 접촉압력이 달라짐을 확인하였다.

접촉해석 전후의 횡방향(y-방향) 변위량의 차이를 Fig. 6에 도시하였다. 표시된 부위는 접촉해석 전에는 연속적인 변위분포로 나타나있지만, 접촉해석 이후 불연속적인 변위분포를 나타내고 있다. 스크롤의 반경방향으로 늘어난 변위가 접촉해석을 통하여 고정 스크롤은 중심방향으로, 회전 스크롤은 반경방향으로 변화하는 것을 확인하였다.

수직방향 침투량을 분석하기 위하여 고정 스크롤의 바닥면에서 상부면까지의 절점에 대하여 높이 대비 초기 간극과 침투량을 확인한 결과 초기 간극은 16  $\mu\text{m}$ 에서 46  $\mu\text{m}$ 까지 보였고, 평균적으로 약 30  $\mu\text{m}$  수준으로 나타났으며, 알루미늄 소재와 마그네슘 소재에 따른 변형량의 차이는 거의 없었다.

열팽창해석시 볼트 체결에 의한 고정스크롤의 구속경계조건을 고려하면 수직방향으로는 상부면의 이동변위보다 바닥면의 변위가 큰 반면에 반경방향으로는 상부에서의 변화가 크게 되어 바닥면에서 침투보다 상부면의 침투가 커지게 됨을 알 수 있었다. 또한 수직방향으로는 바닥면과 상부면은 침투가 크고 그 사이의 영역에서는 침투량이 작은 것을 알 수 있었으며, 알루미늄 소재와 마그네슘 소재의 침투량 분포 비교에서 상부면의 경우 마그네슘소재의 침투량이 더 크지만, 나머지 영역에서는 알루미늄 소재의 침투량이 커서 구동스크롤을 마그네슘 소재로의 변경할 경우 압축기 구동 중 구동/고정스크롤 간의 간섭측면에서는 알루미늄에 비해 상대적으로 유리할 것으로 판단되었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 경량구조재료인 마그네슘 합금을 자동차용 스크롤 압축기에 적용하기 위하여 기존 알루미늄 합금부품과의 비교를 통해 마그네슘 합금 적용시 설계과정에서 고려되어야 할 점들을 유한요소해석을 통해 분석 및 고찰하였다.

- 1) 알루미늄합금의 경우 223초 후에 정상상태에 도달하였고, 마그네슘합금의 경우 183초 후에 정상상태에 도달함을 확인하였고, 소재에 따른 온도의 분포차이는 부위별로 온도를 부과하였고, 정상상태에 도달하였기 때문에 거의 없는 것을 알 수 있었다.
- 2) 구동스크롤은 스크롤 날개부위의 상부면으로 변형이 이루어지고 있고, 주로 스크롤의 반경방향으로 변형이 발생함을 확인하였다. 반면에 고정스크롤은 스크롤의 바닥면 쪽으로 변형과 함께 스크롤의 반경방향으로 변형이 발생할 것으로 예측되었으나 두 스크롤의 변형 방향이 동일하여 접촉면이 거의 발생하지 않을 것을 확인할 수 있었다.
- 3) 부품간 접촉조건을 부여하여 접촉부위에서의 압력을 계산할 수 있었고, 알루미늄의 경우 471.4 MPa, 마그네슘의 308.4 MPa로 소재의 강성에 의한 차이로 두 소재간의 접촉압력이 달라짐을 확인하였다.

- 4) 구동/고정스크롤을 마그네슘 소재로의 변경할 경우 간섭측면에서는 마그네슘이 알루미늄에 비해 상대적으로 유리할 것으로 판단되었다.

#### Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부/산업기술연구회 융합연구사업의 지원으로 수행되었음 (과제번호 B551179-11-02-00).

#### References

- 1) C.M. Chen, C.C. Yang, C.G. Chao, "A novel method for net-shape forming of hypereutectic Al-Si alloys by thixocasting with powder preforms", J. Mater. Process. Technol., 167, pp. 103~109, 2005.
- 2) C. Lin, Y. Chang, K. Liang, C. Hung, "Temperature and thermal deformation analysis on scrolls of scroll compressor", Applied Thermal Engineering, 25, pp.1724-1739, 2005.
- 3) www.matweb.com