다중목적 유전 알고리즘을 이용한 방폭 토크렌치 소켓의 설계 최적화 연구

김지웅*, 이희남**†
*국립순천대학교 우주항공공학과 석사과정
**국립순천대학교 기계우주항공공학부
†e-mail:hnrhee@scnu.ac.kr

A Study on the Design Optimization of Explosion-Protection Torque Wrench Socket using Multi-Objective Genetic Algorithm

Jiwoong Kim*, Huinam Rhee**†
*Graduate student, Dept. of Aerospace Engineering, Sunchon National University
**Dept. of Mechanical & Aerospace Engineering, Sunchon National University

요 약

산업 현장과 운송 장비에 사용되는 다양한 기계 설비에는 볼트와 너트의 체결 구조가 널리 사용되고 있다. 흔히 사용되는 철 재질의 토크렌치 소켓을 이용한 체결 과정 중에는 마찰로 인해 스파크 발생 가능성이 높으며, 이는 수소 산업 등의 현장에서 폭발이나 대형 화재로 이어질 수 있다. 본 연구에서는 다중목적 유전 알고리즘을 활용한 최적설계 기술를 적용하여 방폭 소재인 AL-7075-T6 합금을 사용한 경량 방폭 소켓을 개발했다. 본 연구에서 개발한 토크렌치 소켓은 기존 상용 제품 보다 약 30% 가벼우면서, 유한요소 전산구조해석 및 강도 시험을 통해 파단강도 기준 안전 계수가 기존 제품 이상임을 검증하였으며, 세계 시장에서 경쟁력있는 제품 개발의 직접적인 기반이 된다.

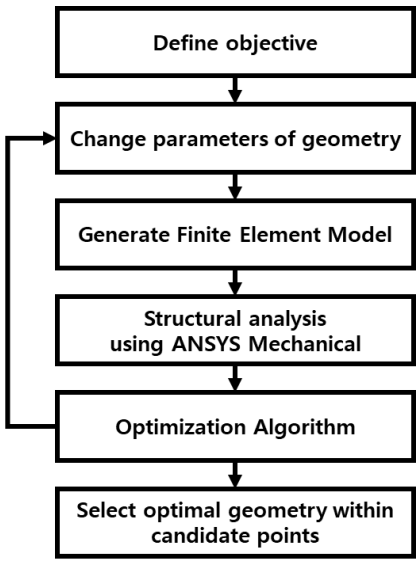
1. 서론

산업 현장과 운송 장비에 사용되는 다양한 기계에는 볼트와 너트의 체결 구조가 널리 사용되고 있다. 그러나 비방폭 소재로 분류되는 철 재질 기반 토크렌치 소켓[1]은 부품과의 마찰로 인해 불꽃이 발생할 가능성이 높으며, 이는 수소, 유증기 등의 환경에서 작업시 폭발이나 대형 화재로 이어질 수 있다.

본 연구에서는 유한요소 전산구조해석과 다중목적 유전 알고리즘(MOGA) [2,3]을 활용하여 우수한 방폭 특성 소재로 알려진 AL-7075-T6 알루미늄 합금 재질의 최적설계된 경량 방폭 토크렌치 소켓을 개발하였다.

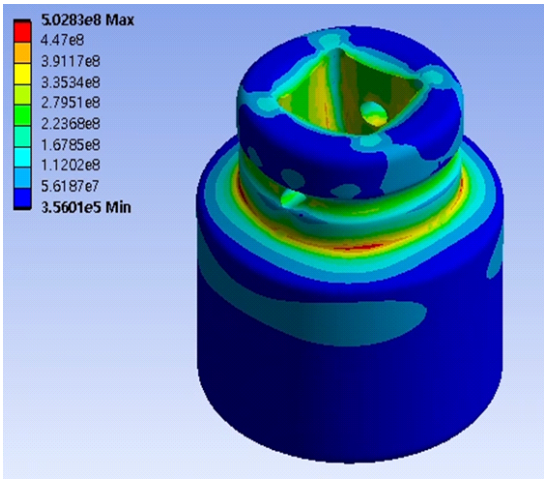
2. 본론

그림 1과 같은 과정을 통해 유한요소 전산구조해석과 다중목적 유전 알고리즘을 이용하여 토크렌치 소켓의 최적 설계를 수행하였다.

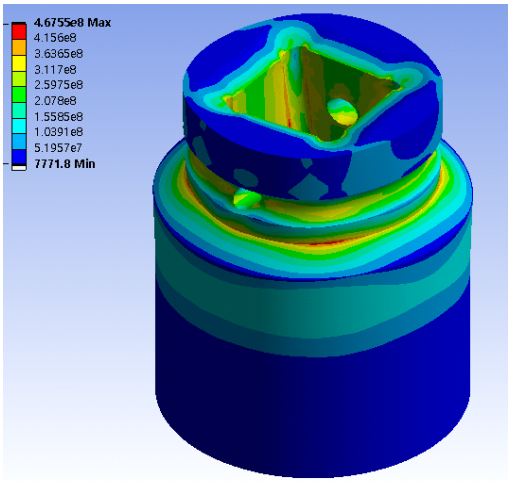


[그림 1] Flow chart for optimal design

유한요소 전산구조해석을 통해 계산한 기존 상용 제품과 최적 설계된 소켓의 폰-미제스(Von-mises)응력 분포는 각각 그림 2, 3과 같다.[4]



[그림 2] Von-mises stress distribution of reference socket



[그림 3] Von-mises stress distribution of optimized EP socket

개선된 방폭 소켓은 표 1과 같이 기존의 방폭 소켓 대비 30%의 질량이 감소하였으며, 안전계수는 기존 제품 이상의 우수한 수준을 유지하는 것을 확인할 수 있다.

[표 1] Comparison of original design vs optimized design

Parameters	Original design	Optimized design
Socket mass (kg)	0.50837	0.3546
Safety factor by FEA analysis	1.274	1.2801

3. 결론

본 연구에서는 유한 요소 모델을 기반으로 한 전산 구조해석과 다중목적 유전 알고리즘을 이용하여 방폭 토크렌치 소켓을 최적설계하였다. 그 결과 필요한 강도를 유지하면서도 약 30% 질량이 감소된 제품 설계가 가능함을 확인하였다. 최적화된 설계를 바탕으로 방폭 토크렌치 소켓의 생산 단가를 획기적으로 낮출 수 있을 것으로 기대되며 동시에 토크렌치의 경량화를 통해 높은 작업 효율과 작업자의 안전사고를 줄일 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 이러한 최적 설계 방법을 다양한 방폭 소재 장비나 공구들에 적용하는 연구를 수행 중이다.

후 기

본 연구는 2024년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다. (2021RIS-002)

참고문헌

[1] D.M Son, H.S Kim, J.W Park, N.Y Cheon, "High-performance Tool Steel Material Development Status and Issues", Proceeding of The Korean Society for Technology of Plasticity and materials processing, pp.48-48, 2023, November.

[2] Markets and Markets, “Explosion Proof Equipment Market with COVID-19 Impact Analysis by Product, Connectivity Service, Zone Classification, Industry and Geography”, Market Research Report, 2016

[3] Shanu Verma, Millie Pant and Vaclav Snasel, “A Comprehensive Review on NSGA-Ⅱ for Multi-Objective Combinatorial Optimization Problems”, IEEE, Vol. 9, pp.57757-57791, 2021

[4] ANSYS Inc., “ANSYS Mechanical APDL Theory Reference ver. 17.2”, 2016