

너클 - 로어암 조립부의 자동화 적합성 향상을 위한 설계 개선 연구

주진욱^{*1)} · 전재웅¹⁾ · 오상훈¹⁾ · 유영진¹⁾ · 박대준²⁾

현대모비스 모듈선행연구팀¹⁾, 현대모비스 구조동역학해석팀²⁾

Automation-Oriented Design for Knuckle - Lower Arm Assembly

Jinwook Joo^{*1)} · Jaewoong Jeon¹⁾ · Sanghoon Oh¹⁾ · Youngjin You¹⁾ · Daejun Park²⁾

Module New Tech. Research Team, Hyundai Mobis¹⁾, Structural & Dynamics Simulation Team, Hyundai Mobis²⁾

Key words : Automation-Oriented Design(자동화 지향 설계), Chassis Module(차시모듈), Knuckle(너클), Lower Arm(로어암), Design Optimization(설계 최적화), Position Correction Tolerance(위치 보정 허용 오차)

Jinwook Joo, E-mail: jinwook.joo@mobis.com

자동차 산업의 생산 공정은 점차 자동화로 전환되고 있으며, 이에 따라 부품 설계 또한 자동화 적합성을 고려한 방향으로 진화하고 있다. 특히 전문 차시모듈의 너클(Knuckle)과 로어암(Lower Arm) 간 조립은 로어암의 볼조인트(Ball Joint)가 요동하는 구조로 되어 있어, 조향 시 너클의 회전 운동 및 휠&타이어의 상하 운동을 동시에 허용하는 기능적 특성을 갖는다. 이러한 요동 특성은 차량의 조향 성능 확보를 위해 필수적이지만, 자동화 조립 공정에서는 위치 정렬이 어렵고 반복 정밀도가 낮아지는 원인이 된다. 기존 조립 구조는 협소한 조립 공차와 복잡한 체결 하드웨어로 인해 자동화 장비의 적용이 제한적이었다. 본 연구는 해당 조립부의 자동화 적합성을 향상시키기 위한 설계 개선을 통해 생산 효율성, 품질 안정성, 구조 강도 향상을 동시에 달성하고자 한다.

설계 개선은 크게 세 가지 방향으로 이루어졌다. 첫째, 기존 알루미늄 너클의 체결 홀 강성을 확보하기 위해 압입하던 스틸 재질의 소켓(Socket)을 제거하고, 와셔 타입 볼조인트를 적용함으로써 부품비 및 압입 공정비를 절감하였다. 특히 소켓 압입 시 너클의 체결 홀이 확장되면서 잔류응력이 발생하고, 이로 인해 피로 내구성 저하 및 치수 안정성 문제가 우려되었다. 이러한 문제를 설계적으로 제거함으로써 구조적 신뢰성과 제조 품질을 동시에 향상시킬 수 있었다. 둘째, 너클의 볼조인트 삽입 홀 사이즈를 확대하여 편측 갭을 기존 1.6mm에서 3.7mm로 증대시켰고, 이를 통해 자동화 장비의 위치 보정 허용 오차(Position Correction Tolerance)를 확보하였다. 셋째, 기존 너트와 평와셔를 사용하는 체결 하드웨어를 테이퍼 너트 단일 부품으로 변경함으로써 부품 수를 축소하고 조립 공정을 단순화하였다. 이는 자동화 장비의 피딩 및 체결 안정성 향상에 기여하며, 체결 토크 관리 측면에서도 일관된 품질 확보가 가능하다. 더불어 하드웨어 구성 단순화는 제조원가 절감뿐만 아니라 설비 투자비 절감에도 긍정적인 영향을 미친다.

설계 개선 후 구조 강도 해석을 통해 개선 전/후 너클의 응력 분포를 비교한 결과, 최대 응력이 320.4MPa에서 276.0MPa로 13.9% 감소하여 구조적 신뢰성 향상도 확인되었다. 본 연구는 조립 자동화 적합성을 고려한 설계 개선을 통해 조립 공정의 효율성, 부품비 절감, 구조 강도 향상이라는 다각적 효과를 달성하였으며, 향후 유사 부품의 자동화 설계에 유용한 기준을 제시할 수 있다.

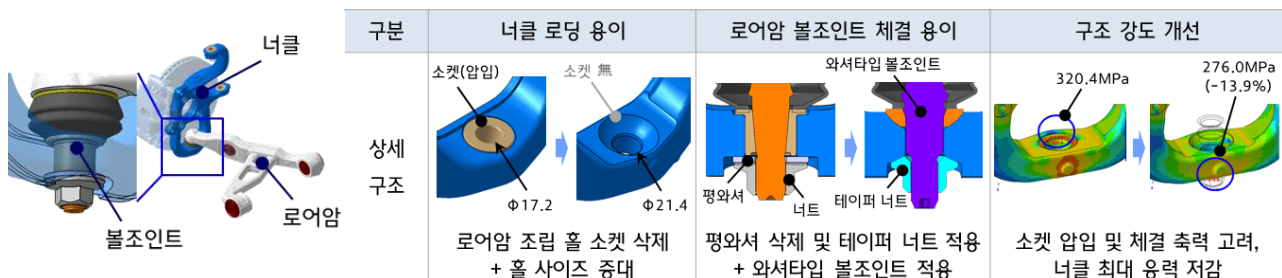


Photo. 1 System Schematic and Design Improvements/Effects Summary