

엔진 타이밍체인 시스템 경량화를 위한 텐서너 암 최적화 설계

선 영 택^{*1)}

보그워너펍택 기술부¹⁾

Design Optimization of Tensioner arm in Engine Timing Chain System for Weight Reduction

YoungTaek Sun^{*1)}

BorgWarner Morse Systems Korea^{*1)}

Key words : Timing chain system(타이밍 체인계), Tensioner arm(텐서너 암), Polyamide plastic(폴리아미드 플라스틱), Finite element analysis(유한요소해석), Topology analysis(위상최적화)

* 선영택, E-mail: ytsun@borgwarner.com

엔진 타이밍 체인계는 체인, 텐서너, 스프로킷, 텐서너 암 및 체인가이드로 구성되어 엔진의 크랭크 축과 캠 축의 동력을 전달하고 엔진 타이밍을 제어한다. 주로, 승용차용 가솔린엔진 및 디젤엔진에 적용하고 흡기 및 배기 밸브의 개폐를 위해 크랭크 축과 캠 축의 회전수를 2:1이 되도록 설계한다. 시스템을 구성하는 주요 부품인 텐서너 암은 텐서너의 유압력과 체인 구동 중 발생하는 힘을 상호 전달하는 역할을 하고 텐서너 암의 곡률은 체인과 일정한 접촉을 하면서 진동을 감쇠 시키는 반면 이 과정에서 발생하는 마찰력으로 엔진 구동 토크의 손실이 발생할 수 있다. 일반적으로, 텐서너 암은 체인의 구동 중 발생하는 마찰손실과 마모를 최소화하기 위하여 폴리아미드 플라스틱(Polyamide Plastic)재질인 PA66또는 PA46을 적용하고 엔진의 특성에 따라 단일형과 2개의 조립체로 구분하여 설계한다. 최근에는 기존의 단일형 텐서너 암을 체인이 접촉하는 페이스와 강성을 유지하는 브라켓으로 분리한 후 조립하는 형상으로 설계하고 있다. 특히, PA46소재에 테프론(Teflon)을 첨가하는 고가의 재질을 적용하여 마찰 손실을 최소화하고 브라켓은 강성을 보강하기 위하여 PA66-GF와 같은 섬유강화복합재료나 알루미늄 재질을 적용한다.

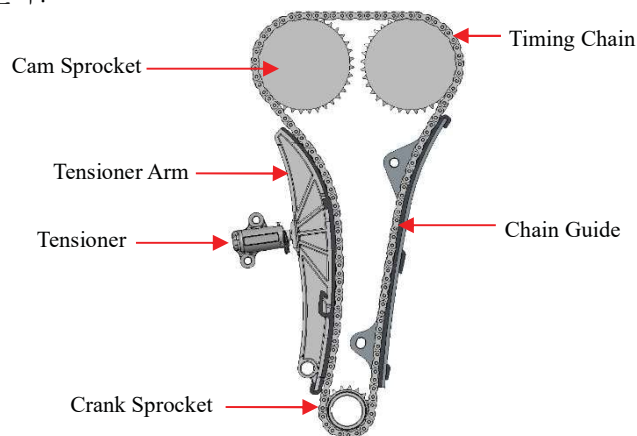


Fig. 1 Configuration of Engine Timing Chain System

최근 엔진의 원가절감 및 연비향상이라는 시장의 요구에 대응하기 위하여 부품의 경량화 연구가 활발히 진행되고 있다. 그리고, 유한 요소해석이나 시뮬레이션 기법의 발전으로 이를 이용한 자동차 부품의 최적화를 통한 경량화 및 성능개선에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 배경에 맞추어, 엔진 타이밍체인 시스템의 주요 부품인 텐서너 암 설계 최적화를 통해 경량화 하고, 최적화 과정에서 이용한 FEA(유한요소해석), Topology optimization(위상최적화) 및 시험결과를 본 논문을 통하여 소개하고자 한다.

일반적으로, 텐서너 암의 설계 검증을 위해 시험을 수행하기 앞서 유한요소 해석을 진행하는데 실제 엔진에 적용되는 조건과 동일한 조건을 이용하기 위하여 체인에 장력을 가하여 텐서너 암에 하중을 발생시키는 Chain pull method를 사용한다. 그러나, 위상최적화 해석에서는 이 방식이 적합하지 않아 텐서너 암에 직접 하중을 가하는 Pressure method를 적용하였고, 최종 사양을 Chain pull method로 재검증하는 방식으로 최적화를 진행하였다. 그리고, 엔진 및 차량 내구 평가 결과를 바탕으로 페이스 두께를 최적화함으로써 중량 및 원가를 절감하였다.



Fig. 2 Tensioner arm bracket modification by Topology analysis

최적화 설계가 완료된 부품을 기존부품과 함께 엔진에 조립하여 성능평가 및 내구평가를 수행하였다. 특히, 형상 변경으로 인한 부품의 응력변화를 확인하기 위하여 스트레인게이지를 부착하고 부품의 변형을 확인하기 위하여 갯센서를 설치하여 성능평가를 진행하였고, 최적화된 부품에 발생하는 응력이 기존부품 대비 엔진 전RPM구간에서 1~2MPa 상승하였으나 재료의 인장강도보다 낮고 변형이 없었다. 그리고, 엔진 전속 전부하 내구평가를 300시간 이상 수행한 결과 최적화된 부품의 파손이나 이상 변형이 없었다.

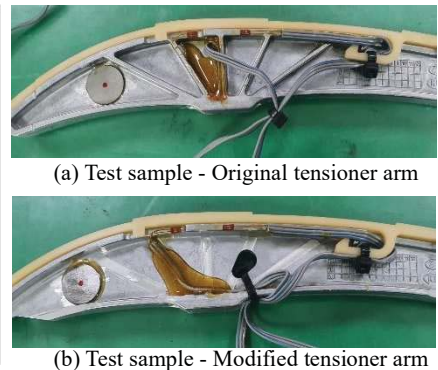
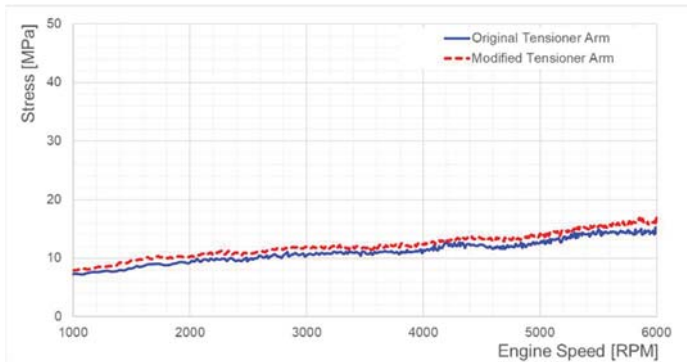


Fig. 3 Stress on tensioner arm from engine performance test

본 연구에서는 위상최적화를 통한 설계된 부품을 유한요소 해석과 시험을 통해 검증함으로써 부품의 중량을 감소하고 원가를 절감하였다. 이를 바탕으로 관련 부품인 체인가이드의 최적화도 진행될 예정이며 타 부품에도 적용할 수 있도록 상세한 내용을 소개하고자 한다.