

하이브리드 차량용 엔진-변속기 연결구조의 양산성 확보 및 설계 최적화

강 효 은

현대트랜시스

Mass-Producibility and Design Optimization of a Coupling Structure Between Engine and Transmission for Hybrid Vehicles

Hyoeun Kang

Hyundai Transys

Key words : Hybrid Powertrain(하이브리드 파워트레인), Spline Coupling(스플라인 연결), Zero-Backlash(제로 백래시), Assembly Feasibility(조립성), Relative Aggressiveness(상대공격성)

강효은, E-mail: hyoeunkang@hyundai-transys.com

하이브리드 차량의 기술이 고도화되면서 파워트레인의 전장 단축과 NVH 성능을 향상시키는 것이 핵심 설계 과제로 부상하고 있다. 기존 내연기관의 엔진-변속기 연결 및 동력전달구조는 전 세계 모든 차량에서 엔진 - 댐퍼 - 변속기 순으로 구성되어 있으며, 이 구조는 댐퍼가 엔진의 불규칙적인 진동을 흡수하게 되어 변속기 내부의 기어와 스플라인으로 구성된 부품들에서 발생할 수 있는 래틀 소음을 억제할 수 있었다. 하지만, 변속기의 사이즈를 최적화하기 위해 TMED-II 하이브리드 변속기에서는 엔진 - 스플라인 - 댐퍼 - 변속기 순서로 구성된 신구조를 개발하였고, 양산 적용하였다. 이는 기존의 통상적으로 사용되던 구조를 변화시킨 세계 최초의 획기적인 엔진 - 변속기 연결 구조로 변속기 전장단축 및 탑재성에 매우 큰 이점이 있다. 그러나 이 구조는 스플라인이 엔진 직후에 배치되어 있기 때문에 래틀소음이 발생할 수 있다는 우려점이 있었다. 이를 방지하기 위해서는 내구 후에도 제로 백래시를 유지해야 한다는 중대한 기술적 과제가 존재했다.

본 연구에서는 새로운 엔진-변속기 연결구조의 양산성 확보와 설계 최적화를 목표로 조립성 및 상대공격성 개선을 중심으로 한 현실적 해결방안을 제시한다. 이를 통해 세계 최초로 양산 적용된 엔진-변속기 연결 신구조를 현실화하였으며, 향후 다수의 차세대 하이브리드 파워트레인에 확대 적용될 것이다.

1. 엔진-변속기 동력 전달 연결 구조 (Fig.1 참조)

- 1) 일반적인 엔진-변속기 연결 구조 : 엔진 → 댐퍼 → 스플라인 → 변속기
- 2) 본 연구의 엔진-변속기 연결 구조 : 엔진 → 스플라인 → 댐퍼 → 변속기

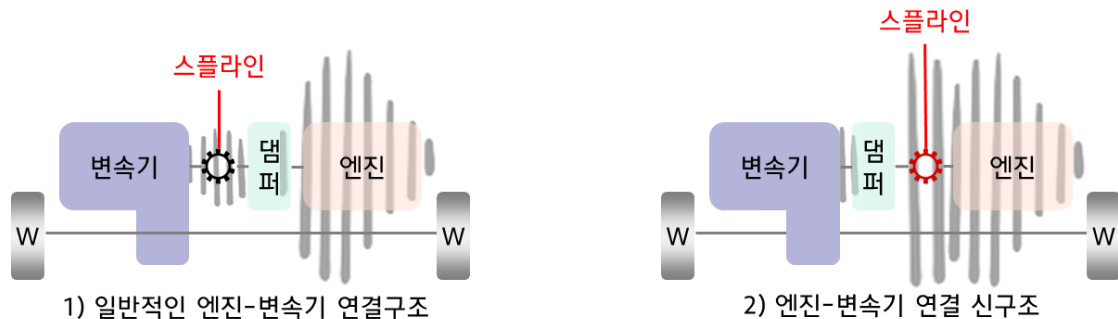


Fig. 1 Engine-Transmission Coupling Structure

2. 기술적 과제 : 스플라인이 댐퍼를 거치지 않고 엔진 직후에 위치하여 엔진의 진동이 직접 스플라인에 전달된다. 그 때문에 스플라인 치면 간극에 의해 필연적으로 래틀 소음이 발생하게 된다. 따라서 스플라인의 치면 간극의 최소화, 조립성, 상대공격성 등을 동시에 충족해야 한다.

1) 제로 백래시 설계 조건 : 스플라인 치면 간극은 공차 최악 조건에서도 ‘0’ 이하가 되어야 하며, 이는 강제 압입 조건을 의미한다. 일반적인 변속기 부품의 압입 스플라인 대비 과압입 조건이며, 스플라인의 잇수와 물림길이 또한 중요한 설계인자로 내구 후에도 치면에 간극이 발생하지 않아야 한다. (Fig2. 참조)

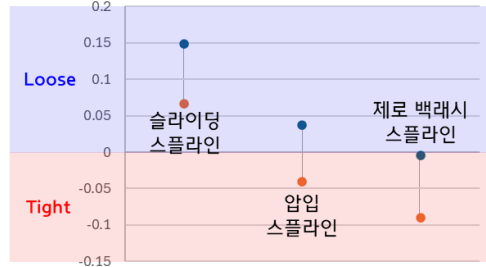


Fig. 2 Tooth Clearance Conditions by Spline Specification

2) 조립성 : 스플라인은 치면의 간극이 없는 경우, 조립 시 암/수 스플라인의 치가 자리를 잡지 못해 조립이 원활하지 않게 된다. 또한 자리잡기가 되지 않은 상태에서 강제 압입을 시도할 경우 장비나 부품의 파손으로 연결될 수 있다. 일반적으로 해당 수준(Fig2. 제로 백래시 스플라인)은 자동화 양산이 불가능한 수준으로 볼 수 있다.

3) 상대 공격성 : 스플라인의 자리잡기가 되었어도 강제 압입 시 치면이 깎이는 현상이 발생한다. 이는 내구성 저하로 이어져 반복 작동 시 치면 간극이 커지는 현상이 발생할 수 있고, 치면이 깎여 발생한 이물이 변속기 내측으로 유입되는 문제로 연결될 수도 있다.

3. 양산성 확보 개선안 및 설계 최적화 방안

1) 양산성 확보 개선안

- 스플라인 초입부 챔퍼 각도 최적화 : 암/수 스플라인 입구부 챔퍼 각도를 자리잡기가 유리한 최적의 각도를 찾아서 적용한다. 통상 상호 각도가 수직에 가까울 경우 자리잡기가 유리하다.

- 그리스 도포 및 이물 포집 공간 적용 : 그리스 도포로 유막을 형성해 치면 갈림을 최소화하고, 이물이 발생하는 경우에도 그리스에 붙어 떨어지지 않게하여 변속기에 유입되지 않도록 구조적으로 차단한다.

2) 근본적 설계 최적화 방안 : 조립성과 상대공격성을 동시에 개선할 수 있는 가장 현실적인 방안으로 스플라인 허브 초입부 치면에 프레스 챔퍼를 적용한다.

- 조립성 개선 : 치면 챔퍼 적용에 따라 초기 치면 맞물림이 원활해져 자리잡기 및 조립문제가 개선된다.

- 상대 공격성 개선 : 치면 날카로움 완화로 치면 깎임에 따른 이물발생이 개선된다.

- 제로 백래시 유지 : 스플라인 초입부 치면에 프레스 챔퍼를 적용하여도 핵심 압입 설계는 유지되는 조건이며, 스플라인의 기능 및 내구성 저하는 없는 것으로 검증되었다.

- 양산성 확보 : 스플라인 초입부 가공 시 투입되는 공수 대비, 사이클타임 단축 및 비용 저감으로 양산성을 확보하였다.

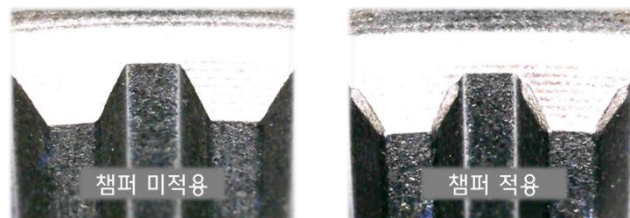


Fig. 3 Application of Chamfer at Spline Hub Entry

본 연구는 새로운 엔진-변속기 연결 구조를 현실화, 최적화하여 양산적용 한 사례이며 스플라인을 엔진 직후에 위치시키는 혁신적 설계를 실현한 사례이다. 이 구조는 제로 백래시 유지, 조립성 확보, 상대공격성 개선이라는 상충되는 요구사항을 현실적인 방안으로 해결하여 세계 최초로 양산 적용한 사례로서, 하이브리드 파워트레인의 기술수준을 한층 높이는 데 기여하였으며, 향후 다양한 파워트레인에 확장 적용될 수 있는 핵심 기술로 자리매김할 전망이다.