

엔진 오일 변경에 따른 베어링 성능 검증에 대한 해석적 연구

윤재원¹⁾ · 이병하¹⁾ · 강병권¹⁾지엠테크니컬센터 코리아¹⁾Analytic Study on the Bearing Performance Validation according to the
Change of Engine Oil TypeJaewon Youn¹⁾ · Byung-ha Lee¹⁾ · Byongkwon Kang¹⁾GM Technical Center Korea¹⁾**Key words :** Engine Oil (엔진오일), Bearing (베어링), Oil Flow (오일유량), Bearing Oil Film Thickness (베어링 오일 유막 두께), Crankshaft (크랭크샤프트)

* E-mail: jaewon.youn@gm.com

엔진 오일(Engine Oil)은 엔진의 움직이는 부품들에 적절한 윤활을 제공하고 이를 통해 엔진 구동 요소 간의 마찰로 인한 손상 또는 마모를 방지한다. 또한 구동부에서 발생하는 열을 흡수하여 냉각시킴으로써 차량 엔진의 적절한 기능과 수명 관리에 그 역할이 있다. 최근 들어 엔진 실린더 비활성화 시스템(cylinder deactivation system), 스타트 앤 스탑(start-stop), 실린더 내 연료 직접분사(direct injection), 터보차저(turbocharger) 등의 여러 기술들이 엔진 연비와 출력 향상의 목적으로 보편적으로 적용되면서 소형/고출력 엔진들이 대세가 되고 있다. 이에 엔진 오일 유로는 갈수록 좁아지고 복잡해지는 추세이며 연비 절감(fuel economy)과 냉간 시동(cold start) 조건에서 윤활성능을 더욱 확보할 수 있는 0W20 엔진 오일이 최신 엔진들에 많이 적용되고 있다. 반면 기존 레거시(legacy) 엔진 들에는 5W30 혹은 5W20 엔진 오일이 많이 사용되고 있는데 이는 신규 엔진에서 사용되는 0W20 오일이 다른 엔진 오일들과 동일한 생산시설에서 혼용되는 상황을 만들고 차량 제조업체의 생산 관리 비용 절감 측면에서도 0W20으로의 엔진 오일 통합이 요구되어지고 있는 상황이다.

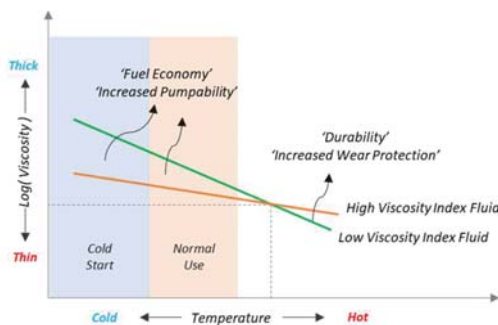


Figure. 1 Oil Viscosity vs. Temperature

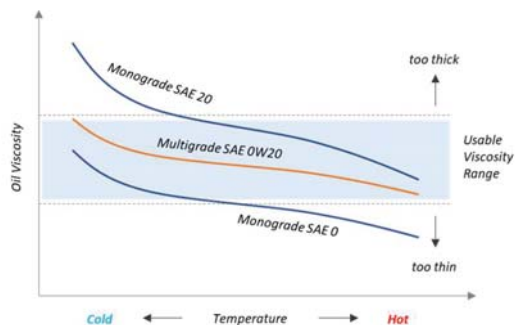


Figure. 2 Monograde Oil vs. Multigrade Oil

이러한 5W30/5W20에서 0W20으로의 엔진 오일 타입의 통합으로 가져올 수 있는 여러 이점들이 있음에도 불구하고 이를 적용하기 어려운 이유는 엔진 오일이 여러 구동 부품 들에서 사용되는 베어링 류의

성능에 직접적으로 영향을 미치고 엔진 오일펌프의 용량과 연관되어 엔진 윤활시스템 전체 및 내구성에 큰 영향을 미치는 사안이기 때문이다. 엔진 오일 타입을 변경하려면 이에 대한 검증 작업이 반드시 필요하고, 해석적 방법에 의한 베어링에 대한 검증은 베어링 윤활 해석을 통해 해당 베어링부에 전달되는 부하를 지탱할 수 있을 만큼 충분한 오일 유막이 형성되는지와 이를 위한 엔진 윤활 시스템의 오일 유량은 충분한지에 대한 평가를 의미한다. 이번 논문에서는 기존에 5W30 엔진오일 기반으로 개발된 엔진의 엔진오일을 0W20 타입으로 변경하려는 것과 관련하여 진행하였던 검증 연구들 중 엔진 주요 베어링들의 윤활 성능 검증에 관한 해석적 평가 결과를 정리하고자 한다.

엔진 구동부에서 사용되는 주요 베어링에는 크랭크샤프트(crankshaft)와 실린더 블록(cylinder block) 사이의 메인 베어링(main bearing), 커넥팅 로드(connecting rod)와 크랭크샤프트 사이의 커넥팅 로드 베어링(connecting rod bearing), 캠샤프트(camshaft)와 실린더 헤드(cylinder head) 사이의 캠샤프트 베어링(camshaft bearing)들이 있고, 밸런스샤프트(balanceshaft)가 있거나 터보차저가 있는 경우 이들 내부에도 회전 샤프트를 보호하기 위한 베어링이 들어간다. 이러한 베어링들의 성능 검증을 윤활 해석을 통해 해석적으로 진행하기로 하였고, 이를 위해서는 먼저 베어링이 지지해야 하는 부하에 대한 계산이 선행되어야 했다. 각 부위별 베어링 하중은 그 양식과 형태가 다양하여 각각의 다물체 동역학 해석을 통해 베어링 하중(bearing load)을 계산하였고, 이를 이용하여 베어링 시스템에 대한 윤활 해석을 진행하여 오일 유막 두께와 오일 유량을 평가하였다. 5W30에서 0W20으로 엔진 오일을 변경함에 따라 오일 점성이 낮아지면서 베어링 마찰은 감소하고 오일 유량은 많아지면서 오일 유막 두께는 얇아지는 것을 해석 결과에서 확인하였다. 이를 과거 엔진들에 대한 벤치마킹 결과와 비교함으로써 그 정도에 대한 판단을 할 수 있었다.

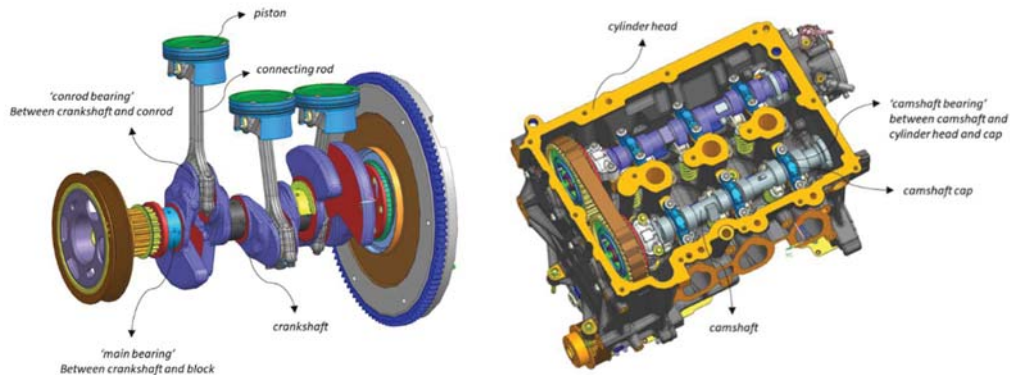


Figure. 3 Engine Bearings (Crankshaft Main Bearing, Connecting Rod Bearing, Camshaft Bearing)

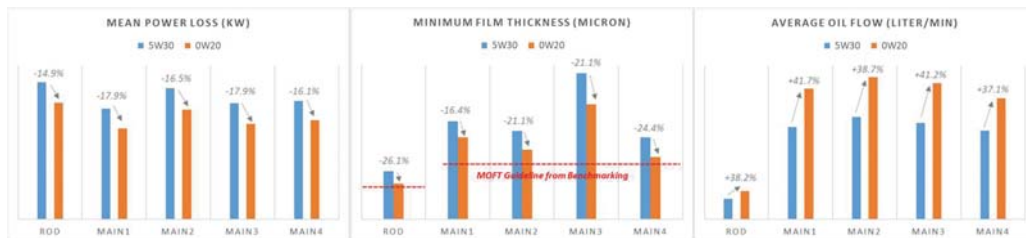


Figure. 4 Bearing Lubrication Analysis Results (mean power loss, minimum oil film thickness, average oil flow rate)