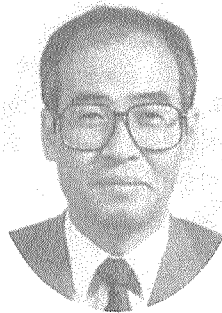


석유제품의 품질 (Ⅰ)



申世熙

〈중앙대 화공과 교수〉

디

젤엔진은 1892년 독일에서 *Rudolph Diesel*에 의하여 발명되었다. 이 엔진은 당시 독일에서 부족한 석유를 대체하기 위한 분말 석탄을 연료로 사용하기 위한 목적으로 고안되었으나 시동중에 일어난 우발적인 사고로 인하여 개발이 포기되었다. 그 후 1898년 미국에서 *Adolphus Busch*에 의한 60마력짜리 두개의 피스톤을 사용하는 디젤엔진이 최초로 개발되었다. 그리고 1930년 초에 디젤트럭, 중장비, 기관차들이 상용화되었다.

디젤엔진은 현재 가장 효율적인 동력장치이다. 증기를 사용하는 증기엔진의 열효율이 6 -10% 수준인 반면에 디젤엔진은 28 - 38%로서 이러한 고효율은 개솔린 엔진의 22 - 30%에 비하여 우위를 점하고 있다. 그리하여 기관차, 선박에 사용되던 증기엔진은 거의 전부 디젤엔진으로 교체되었으며 승용차까지 그 사용범위가 확대되었다. 근래에 압축비가 증가된 개솔린엔진의 발달로 인하여 디젤엔진과의 효율격차가 줄어들고 있으나 디젤엔진은 일반적으로 열효율이 개솔린엔진을 능가하며 저렴한 연료를 사용하여 경제성이 양호하다.

디젤엔진도 개솔린엔진과 같이 피스톤을 사용하는 내연기관에 속하며 작동하는 방법도 유사하나 다른점은 연료, 연료-공기의 혼합방법, 연소방법이 다르다. 개솔린엔진에서는 연료-공기의 혼합물이 스파크에 의하여 점화되어 폭발시에 실린더 압력이 20 - 27 기압에 도달한다. 디젤엔진에서는 처음에는 실린더에 공기만 유입하여 34 - 40 기압으로 압축한다. 이와같이 압축된 공기는 실린더 내부의 온도를 480 - 650 °C로 증가시키며 이 때에 연료를 48 - 680 기압으로 분사하면 연소가 폭발적으로 일어난다. 개솔린엔진에서의 압축비는 보편적으로 7-10인 반면에 디젤엔진의 압축비는 12~20이며 압축비의 증가는 동력을 증가시킨다. 디젤엔진중에는 비교적 낮은 압력에서 스파크를 사용하는 *Otto*엔진도 있다.

디젤엔진에서의 연소는 다음과 같은 세 단계에 의하여 진행된다. 첫번은 *delay period*(또는 *ignition lag*)라

고 부르는 연소 예비과정으로서 연료가 주입되어 연소가 일어나기 직전까지를 의미한다. 이 과정은 엔진의 전반적인 성능에 영향을 주며 주입되는 연료-공기의 온도, 엔진속도(*RPM*), 압축비등의 엔진설계와 관련이 있으나 연료품질의 영향도 받는다. 두번째는 연소과정으로서 이 때에는 연소가 급격히 일어나며 실린더의 압력이 최대치에 도달한다. 이 과정에 영향을 주는 요소들은 연료입자의 크기, 분산정도, 분사속도 등의 연료분사와 연료의 휘발성이다. 세번째는 연소종말과정으로서 잔여 연료가 완전히 연소되는 과정이다. 이 세 과정은 매우 짧은 시간동안에 일어나며 (예를 들면 2000*RPM*에서 약 1000 분의 2.5초) 단시간에 원활히 작동하는 디젤엔진을 위하여서는 효율적인 엔진설계와 용이하게 점화되고 연소후 잔여물을 발생하지 않는 연료가 필요하다. 만약 용이하게 점화되지 않는 연료를 디젤엔진에 사용할 경우에는 예비과정이 길어지고 미처 연소되지 않은 연료가 실린더에 축적되어 다음 연소 사이클 초기에 갑자기 폭발하여 녹킹현상을 유발할 수 있다. 반면에 개솔린엔진의 녹킹현상은 연소 후기에 일어나는 것으로서 두 종류의 녹킹현상은 근본적으로 다르다.

디젤엔진은 크기, *RPM*, 마력, 설계에 따라 다르지만 요구되는 연료의 품질은 거의 유사하다. 디젤유는 안전한 취급을 위하여 대기에서의 발화점 (*Flash point*)이 어느정도 높아야 한다. 그러나 발화점과 엔진에서의 연소발화점 온도와는 무관하다. 연료펌프에서 이송의 용이성은 점도와 유동온도(*pour point* 또는 *cloud point*)에 의하여 결정된다. *pour point* 는 연료가 액체로 존재하는 최저온도이며 *cloud point*는 연료중에 왁스입자가 형성되기 시작하는 온도로서 이들은 표준화된 측정들이다. 이 온도가 너무 높으면 추운 겨울에 연료필터를 막아서 연료의 공급이 중단된다. 또한 점도는 분사시 연료입자의 크기를 결정하는 요소이며, 점도가 너무 높으면 분사시 연료가 주로 실린더 벽면과 피스톤 쪽으로 이동되어 높은 온도의 벽면에서 탄화되어 탄소입자를 형성한다. 반면에 점도가 너무 낮으면 윤활유를 사용하

지 않고 고압으로 작동되는 디젤 분사장치의 기계적 마모를 증대시킨다.

디젤연료의 엔진조건하에서의 연소의 용이성을 결정하는 것이 세탄가(Cetane Number)이다. 엔진의 시동, 녹킹, 과도한 매연, 엔진의 탄소물질 축적등은 직접, 간접으로 세탄가의 영향을 받는다. 세탄가는 옥탄가와 마찬가지로 한개의 실린더를 사용한 표준 디젤엔진에서 측정된다. 세탄은 탄소수 16개의 노말 파라핀이며 이 물질의 세탄가를 100으로 정하고 연소성이 매우 나쁜 탄소수 11개인 아로매틱 α -Methyl-Naphthalene의 세탄가를 0으로 정한다. 일반적으로 파라핀계는 아로매틱계에 비하여 연소성이 우수하다. 이 점은 옥탄가와와는 상반된 관계이다. 세탄지수(Cetane Index)는 값비싼 엔진 테스트를 거치지 않고 연료의 API비중과 50%(Mid Boiling Point) 증발온도를 사용하여 정의된 지수로서 세탄가를 간편히 추정하는 목적으로 사용할 수 있다. 따라서 디젤유의 연소성은 비등점 분포 및 비중과 밀접한 관계를 갖는 것을 알 수 있다.

디젤유의 비등점은 휘발성과 관련이 있으며 50 - 100 % (Final Boiling Point)의 비등점 범위의 유분이 품질에 큰 영향을 준다. 만약 휘발성이 너무 낮으면 실린더에서 순간적으로 기화하여 연소할 수 없기 때문에 불완전 연소에 의한 검댕이 형성된다. 연료의 휘발성 문제는 엔진의 RPM과도 연관이 있다. 즉 RPM이 높은 엔진에서는 연소시간이 짧기 때문에 연료의 휘발성이 높아야 하며 RPM이 낮으면 연소시간의 연장으로 인하여 휘발성의 중요성은 상대적으로 적어진다. 디젤유의 비중은 발생하는 열량과 밀접한 관계가 있으며 비중이 높은 연료의 열량이 높다.

연료중의 황의 함량은 디젤유에서는 개솔린보다 심각하다. 이는 디젤유의 황함량이 개솔린보다 현저히 높기 때문이다. 연소과정에서 연료중의 황화합물은 공기중의 산소와 결합하여 SO_2 / SO_3 및 산이 형성되어 후자는 응축되면 엔진내부의 부식을 촉진시킨다. 그리고 높은 RPM엔진에서는 SO_2 보다 SO_3 의 생성이 많아

지는데 이 화합물은 반응성이 강하여 윤활유와 반응하여 윤활유의 성능을 저하한다. 따라서 고속으로 작동되는 디젤엔진은 황의 함량이 낮은 디젤유를 사용하는 것이 이상적이다. 보편적으로 디젤엔진은 1000 RPM 이상을 고속, 500 - 1000 RPM은 중속, 500 RPM이하는 저속으로 구분한다. 그 밖에 연료품질에 영향을 주는 요소들은 잔유 탄소량(CCR), 회분(ash content), 산성도, 침전물 형성, 물의 함량 등이나 이들의 영향들은 위에서 언급한 것들에 비하여 비교적 덜 중요하다.

디젤엔진의 종류에 따라 요구되는 연료의 품질을 구분하면 다음과 같다. 예를 들면 시내에서 운행되는 버스등에 장착된 고속엔진에서는 세탄가가 50, 비등점범위가 160 - 290 °C, API비중이 40정도의 등유가 사용되는 것이 이상적이라면 고속이지만 일반 버스, 트럭, 중장비의 엔진에 사용되는 연료는 세탄가가 50, 비등점범위가 180 - 340 °C, API비중이 37정도의 디젤유를 사용할 수 있다. 그리고 중속인 기관차엔진은 세탄가 45, 비등점범위가 180 - 360 °C API 비중이 34정도의 디젤유를 사용할 수 있으며, 저속의 선박용 엔진에서는 품질이 더 떨어지는 디젤유와 진공가스오일의 혼합물을 사용할 수 있다. 연료의 점도와 황함량도 고속에서 저속으로 갈수록 높아져도 무방하다. 이와같이 디젤유의 품질은 용도에 따라 다양하다. 디젤유의 성능을 향상시키기 위하여 각종 첨가제를 연료에 혼합할 수 있는데 침전물 방지, 세탄가 향상, 부식방지, 유동온도 향상제등이다.

최근에는 환경오염 방지를 위한 연료중의 탈황이 중요한 문제로 대두되고 있으며 연소가스 중의 검댕형성을 줄이고 세탄가를 증가시키기 위한 디젤유중의 아로매틱의 함량감소가 중요시되고 있다. 특히 아로매틱의 함량을 감소하기 위하여 고압에서 촉매를 사용한 수소화를 수행하여야 하기 때문에 제품가격을 높게 된다. 따라서 이 분야에 대한 국내 정유업계의 관심이 요청되고 있다. ♣