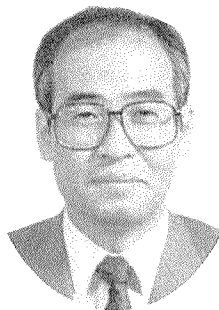




석유제품의 품질



申世熙

〈중앙대 화공과 교수〉

석

유제품은 어떤 공정에 의하여 제조되어도 결국은 수요자에게 연료, 윤활유, 접착제, 건설자재, 방수재, 부식방지재, 전기절연재 등의 용도로 사용된다. 개솔린의 경우 복잡한 정유공장의 경우 10 여개의 다른 공정에 의하여 개솔린 비등점 범위의 유분이 생산될 수 있으며 이들 유분은 수일에 걸친 혼합공정에 의하여 최종제품이 생산된다. 이들 제품들의 성능을 나타내기 위하여 표준측정 방법이 존재하고 품질을 정량적으로 결정하게 된다. 예를 들어 어떤 제품을 펌프를 사용하여 이송하려면 해당 온도에서의 점도가 중요하다. 반면에 비교적 높은 온도에서 이 제품을 이송할 경우에는 점도보다는 제품의 휘발성이 더 중요하다. 휘발성이 너무 높으면 관에서 공동(cavity)이 형성되어 이송이 일시적으로 중단되거나 펌프가 손상될 수도 있다. 이러한 현상을 *vapor lock*이라고 부른다. 세계적으로 생산되는 석유의 85% 정도는 연료로서 사용된다. 연료와 공기중의 산소와 결합하여 연소가 원활히 일어나기 위하여 이 두 물질이 균일하게 혼합되어야 한다. 혼합에 있어서 기체연료와 휘발성이 강한 액체연료는 문제점이 없으나 기화되기 어려운 벙커유는 미세한 액체방울로 분사하여 공기와의 혼합을 증진시킨다.

석유제품의 가장 큰 용도는 내연기관의 연료이다. 내연기관은 연소의 불연속성과 연속성에 의하여 두 종류로 구분된다. 전자는 피스톤을 사용하는 왕복기관식(reciprocating)이 주종이고 후자는 가스터빈식이 주종이다. 왕복기관식은 스파크점화식(spark-ignition)엔진과 압축점화식(compression-ignition)엔진의 두 종류로 구분되며 각종 자동차, 중장비, 농기구에 사용될 수 있다.

스파크점화식 엔진은 주로 승용차에 사용되며 흡입, 압축, 팽창, 배출의 네단계로 구성된다. 연료는 연료탱크로부터 펌프에 의하여, 공기는 엔진 실린더의 피스톤에 의한 흡입으로 인하여 두 물질이 분사장치(carburettor)에서 혼합되어 엔진실린더로 유입된다.

이 때에 연료는 일부 기화한다. 1960년 초에 개발된 *fuel injection*시스템은 연료를 직접 실린더로 분사하여 연료-공기의 혼합도를 향상시키는 분사장치이며 전자분사장치는 연소후에 배출되는 공기중의 산소량을 측정하여 연료-공기의 주입량을 최적화하는 장치이다.

실린더에 흡입된 연료-공기 혼합물이 압축과정을 지나면 스파크에 의하여 연소가 시작된다. 연소과정은 스파크 플러그에서 부터 시작하며 먼저 플러그 부근의 온도, 압력이 증가하고 점차 불꽃이 피스톤 쪽으로 이동하면서 피스톤을 밀어낸다. 연소과정에서는 연료가 완전히 연소되어야 하고 피스톤을 밀어내는 힘도 급격한 변화없이 순탄하게 진행되어야 한다. 그러나 실린더의 온도와 압력이 증가함에 따라 연료가 폭발적으로 연소하여 자동차가 흔들리는 현상이 일어날 수 있으며 이것을 녹킹이라고 부른다. 녹킹은 엔진설계와 연료자체에서 그 원인을 찾을 수 있다. 녹킹을 유발하는 인자는 스파크의 시간조절(timing), 실린더 밸브, 흡입공기, 냉각수의 온도, 압축비 등인데 이 중 다른 인자들은 모두 엔진설계와 관련된 것이며 연료와 가장 관련이 깊은 것은 압축비이다. 압축비는 실린더 내부의 연료-공기의 부피가 최대, 최소일 때의 비를 의미하며 최대/최소비가 클수록 동일한 연료량에 대한 엔진의 마력이 크다. 그러나 압축비의 증가는 녹킹을 심화시키기 때문에 사용되는 연료품질에 의하여 그 상한값이 정해진다. 높은 옥탄가의 연료는 압축비가 높은 엔진에서 녹킹현상을 방지할 수 있지만 압축비가 고정된 엔진에서는 현상에서 녹킹이 없으면 옥탄가를 증가시킨다고 하여도 녹킹에 관한한 이득이 발생하지 않는다.

엔진이 가동될 때 연료중의 침전물, 공기중의 먼지, 윤활유중의 첨가제 등이 실린더 벽에 부착되어 엔진 성능을 저하시킨다. 우선 이 연소침전물은 실린더의 체적을 감소하여 압축비를 증가시킨다. 따라서 새차에서는 없던 녹킹현상이 사용도중에 발생할 수 있다.

이를 방지하기 위하여서는 옥탄가가 평소보다 더 높은 연료를 사용하여야 한다. 보편적으로 침전물에 의한 역효과는 새차의 경우 8천 km의 주행동안 증가하고 그 이후에는 일정 수준으로 유지된다. 이 시점에서 평소에 90 이상의 옥탄가 연료를 사용하였다면 옥탄가가 2 - 5정도 더 높은 연료를 사용하면 효과적이다. 두번째 발생하는 침전물의 영향은 실린더 벽에서의 열전달의 감소이다. 이 현상은 냉각수에 의한 냉각효과를 저해하고 실린더 내부의 온도를 국부적으로 상승시키어 연료의 정상적인 연소를 저해할 수 있다. 이러한 현상이 일어나면 스파크 플러그에 접화가 시작되기 전에 실린더 벽면에서 연소가 시작될 수 있으며 소음이 심해지고 엔진을 손상할 수도 있다. 그 밖에 스파크 플러그의 교체 문제도 연소침전물에 의한 것이다.

이상에서 고려한 스파크점화식 엔진에서 사용할 수 있는 연료는 분사장치에 흡입될 때에 용이하게 휘발하여 공기와 잘 혼합하여야 하며, 스파크에 의하여 실린더에서 쉽게 점화되어야 한다. 그리고 연소시에는 녹킹이나 기타의 문제가 없어야 한다. 이러한 연료는 가스, LPG, 개솔린, 알코올 등이며 품질을 결정하는 요소는 휘발성, 옥탄가, 그리고 안정성이다. 이들 중 가장 보편적으로 사용되는 개솔린에 대하여 품질을 결정하는 요소에 대하여 고려하자.

낮은 온도에서 개솔린 엔진이 시동될 때 카부레타의 공기 흡입관에 부착된 초크(choke)밸브가 자동적으로 폐쇄되어 흡입되는 공기를 거의 차단하고 연료만 유입시킨다. 이 때에 실린더 내부에서는 공기에 비하여 연료의 양이 과다하고 증발되는 연료량이 주행시보다 줄어든다. 이 때에 충분한 양의 연료증기가 실린더에 존재하지 않으면 점화가 일어나지 않는다. 따라서 연료의 휘발성은 겨울철 시동에 큰 영향을 준다. 반면에 연료의 휘발성이 과다하면 vapor lock 현상에 의한 역효과가 발생한다. 즉 개솔린의 휘발성이 과다하면 연료펌프에서 공동의 형성으로 인하여

연료주입이 감소한다. 이러한 현상은 온도가 높은 여름과 자동차가 정지하였다가 재시동하여 가속될 경우에 주로 일어난다. 시동성과 vapor lock 문제는 연료의 RVP(Reid Vapor Pressure)라는 증기압 측정과 70°C 에서 증발하는 연료의 양으로 결정된다. 이 두 값을 사용하여 시동지수 SI(Starting Index)와 CVLI(Car Vapor Lock Index)를 계산하여 이 지수들을 품질관리에 이용한다. 그런데 이러한 값들은 온도, 고도의 영향을 받기 때문에 양질의 연료는 계절과 지형의 요인을 고려하여 제조되는 것이 바람직하다.

연료가 자동차에 영향을 주는 요소중의 다른 하나는 warm-up이다. 이는 자동차가 시동되어 최대 마력에 도달할 때까지의 시간을 의미한다. 엔진이 이미 가열된 후에는 엔진에서 배출되는 가스중의 열을 사용하여 주입되는 연료의 온도를 높이기 때문에 warm-up의 문제가 없으나 가열되지 않은 엔진의 시동시에는 문제가 될 수 있다. warm-up도 연료의 휘발성과 밀접한 관계를 갖으며 개솔린의 50%, 90%의 체적이 증발되는 온도와 관계가 있으며 특히 50%에서의 온도가 중요하다. 정유공장에서는 이들 측정치와 관련된 적절한 지수를 사용하여 품질관리를 수행한다.

다음에는 카부레타 냉각(icing)과 연료의 관계이다. 이 현상은 시동후 자동차가 저속(idle)상태에 있을 때 일어나며 주로 봄, 가을의 습한 날 (영하 2°C 에서 12°C 구간, 습도가 65%이상일 때)에 나타날 수 있다. 연료가 휘발하면서 열을 빼앗아 공기중의 습기가 얼음이 되어 카부레타 관에 응결하여 공기주입을 차단하여 엔진이 정지하는 현상이다. 이러한 냉각현상은 대기온도가 영하 2°C 이하에서는 습도가 낮으므로 큰 문제가 되지 않는다. 냉각현상을 방지하려면 휘발성이 낮은 연료를 사용하여야 하나 시동과 warm-up의 문제로 인하여 정유공장에서는 첨가제를 사용하여 이 현상을 방지하는 방법을 선택할 수 있

다.

자동차가 정상적으로 주행할 때 일어날 수 있는 녹킹현상을 연료의 측면에서 정량화한 것이 옥탄가이다. 옥탄가의 측정방법은 표준엔진, 표준조건하에서 일어나는 녹킹을 측정하여 이소옥탄과 노말헵탄의 혼합물과 비교하는 것이다. 이소옥탄의 옥탄가는 100 노말헵탄은 0으로 임의로 지정하여 어떤 연료의 옥탄가가 90이라면 이는 이소옥탄이 체적으로 90이고 노말헵탄이 10인 혼합물과 동일한 녹킹경향을 나타낸다는 것을 의미한다. 측정방법은 엔진의 압축비를 점차 증가하여 녹킹이 일어날 때를 관찰한 후 그와 동일한 효과를 갖는 표준시료의 옥탄가를 결정하는 것이다. 그러나 녹킹 경향은 측정조건에 따라 영향을 받기 때문에 두 가지 다른 조건하에서 옥탄가를 측정할 수 있는데 RON(Research Octane Number)는 엔진의 회전속도가 비교적 낮은 경우에 해당되고 MON(Motor Octane Number)는 고속일 때 해당된다. KS규격은 RON을 기준으로 한다. 실제 주행시에 적용할 수 있는 옥탄가는 Road Octane Number로서 RON과 MON을 사용하여 정의한다. 이러한 옥탄가들이 실제 승용차에서의 옥탄가와 관련은 있지만 절대적인 것은 아니다. 예를 들어 엔진이 정지하여 가속될 때에는 연료중의 일부가 증발되어 연소되기 때문에 100℃ 이하에서 증발하는 유분의 RON 값이 실제 승용차의 녹킹과 관련이 깊다. 또한 변속기의 형태도 녹킹을 결정하는 요소가 된다. 수동변속기를 갖는 승용차는 낮은 회전수(RPM)에서 녹킹

이 일어나고 자동변속기 승용차는 높은 RPM에서 녹킹이 발생한다. 앞으로 엔진의 압축비가 현재보다 증가된 차량이 상용화되면 이에 따른 연료의 옥탄가 증가도 수반되어야 할 것이다.

연소침전물에 영향을 주는 연료의 성분은 비등점이 높은 유분이다. 특히 탄소수가 10개이상인 아로매틱(나프탈렌 등)이 침전을 유발한다. 과거에 유연휘발유를 사용할 때에는 납성분에 의한 침전물이 문제가 되었으나 현재에는 완화된 상태이다.

개솔린에는 검(gum)을 형성할 수 있는 성분이 존재할 수 있다. 검형성을 방지하기 위하여 개솔린중에 산화방지제를 첨가하는데 특히 열분해에 의하여 생산된 개솔린에서 문제가 될 수 있다. 그 밖에 엔진에 축적되는 스러지도 연료에 의한 것이다. 이러한 스러지의 형성을 최소화하기 위하여 수첨처리, 흡착, 증류의 방법을 사용할 수 있다.

알코올(특히 에탄올)은 개솔린 대용품으로서 예전부터 사용되어 왔다. 미국에서 현재 시판되는 Gasohol은 10%의 에탄올을 함유하며 브라질에서는 20%를 함유한다. 최근에 사용되는 Methyl-Tertiary-Butyl Ether(MTBE)는 개솔린에 첨가하여 사용하면 환경오염을 절감하는 효과가 있기 때문에 앞으로 그 수요가 급격히 증가할 것으로 예상된다. LPG는 옥탄가가 높고 연소성이 우수한 장점이 있으나 휘발성이 너무 강하고 개솔린에 비하여 저장이 어려운 단점이 있다. 그러나 높은 압축비에서도 성능이 우수한 연료로 사용될 가능성도 있다. ♣

□ 신간안내 □

95년 개정판

석유의 이해

- 대한석유협회 홍보실 -