

능동밸브계에 의한 능동연소 엔진의 등장

Active Combustion Engine with Active Valvetrain



정 동 수 / 한국기계연구원 책임연구원
Dong-Soo Jeong / Korea Institute of Machinery & Materials

자동차 산업에 불어닥친 연비, 배기가스 등의 규제 강화로 인하여 엔진기술은 GDI(가솔린 직분식), CRDI(디젤CR고압직분식), Hybrid 동력, Fuel Cell 등으로 발전해 나가고 있으면서 한편으로는 가변압축, 밀러싸이클, HCCI(에혼합압축연소) 등 기존 엔진의 기본특성은 그대로 살리면서 성능을 획기적으로 개선할 수 있는 방법을 지속적으로 모색해 오고 있다.

최근 영국의 Lotus Engineering사에서 개발을 시도하고 있는 Active Valvetrain에 의한 가솔린 압축점화 엔진 기술을 소개하고자 한다.

최근 몇년 동안 대체원동기 기술발전의 추세를 보면 Fuel Cell 등의 등장으로 인해 연소식 원동기는 수명이 거의 다 되어 조만간 살아질 것 같은 분위기이다. 그러나 Group Lotus의 기술그룹 Jeff Allen 실장은 내연기관의 미래가 오히려 더 활성화 될 것이라고 장담하고 있다. 내연기관이 100여년 동안 꾸준히 문제점을 개선하여 발전해 왔지만은 최근의 제어장치와 제어기술의 발달로 연소를 효율적으로 제어할 수 있어 획기적인 고성능 연소엔진의 출현 가능성을 자신하고 있다. 사실 Lotus Engineering사에서 개발을 시도하고 있는 능동제어연소 기술은 공기/연료 혼합기를 점화하는 기술로 전기나 압축에 의한 점화가 아니라, 앞 싸이클기간 동안 발생한 고온의 배기가스를 실린더 내에 잔류시킴으로써 자동으로 점화시키는 것이다. 이 자동점화 기술을 사용함으로써 Lotus Engineering사는 연소안정성을 지속적으로 개선하고 연료소비율과 배출공해가스를 획기적으로 감소시킬 수 있다고 주장하고 있다.

이 기술의 원리는 가변 밸브계에 기초를 한 것으로 현재 Lotus Engineering사가 캡이 없는 "Fully

Adaptive Hydraulic System"을 개발하여 밸브 개폐시기와 밸브 리프트의 조절이 가능하도록 하는 AVT(Active Valvetrain) Project 결과를 활용한 것이라고 한다. 이 능동 가변밸브계를 능동 연소에 적용하기 위해 Lotus Engineering사는 특허로 등록한 두 가지 방법을 사용해서 밸브제어를 정밀하게 하여 실린더를 최적화하고 있다.

첫째 방법은 <그림 1>에서와 같이 배기행정에서 배기밸브를 일찍 닫아 실린더 내에 배기가스 일부를 잔류시켜서 압축시키는 것이다. 그 다음 흡입과정에서 흡기밸브는 늦게 열려 잔류 배기가스와 신기가 혼합되어, 압축과정에서 신기가 연소실 내 여러 곳에서 동시 점화되는 것이다.

둘째 방법은 <그림 2>에서와 같이 흡입과정에서 흡기밸브가 닫힌 후 배기밸브가 잠시 열려 잔류배기가스가 실린더 내로 역류시키는 것이다.

이러한 방법에 의한 연소의 안정성은 매우 안정적이다. 전기점화는 실제 반복성에는 한계가 있고 또 일점 점화점화는 점화가 일어나는 그 시점과 점화 점의 주위의 조건에 따라 좌우되는 특성이 있다. 실린더 내

로 유입되는 연료와 공기의 혼합기는 이론적으로는 균일하게 혼합되어 있을 것 같지만은 실제 실린더 내부에서는 국부적으로 공연비가 다양하게 달리 분포되어 있다. 점화위치가 반드시 매번 같은 곳일 필요는 없으나 점화가 일어나는 위치에서 조건은 항상 일정하게 되면 연소안정화를 이룰 수 있다.

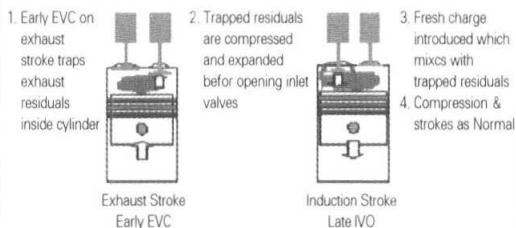
배기밸브를 얼마나 일찍 닫느냐에 따라 실린더 내의 배기가스 잔류량이 결정되고, 혼합기의 점화시기가 결정된다. 즉, 배기가스 잔류량의 조절로 점화진각을 결정하고, 실린더 내 전역에서 <그림 3>과 같이 동시 다발 연소가 가능하게 되어 전기나 압축에 의한 점화와는 완전히 다른 새로운 연소과정이 이루어진다는 것이다. 이 결과는 진정한 "Unthrottled Load Control"로서, 실린더 내부에서 가스혼합기를 변화시킴으로써 펌핑손실을 없앨 수 있으므로 연비절감이 15내지 20%까지 가능하게 된다는 것이다.

또한 기존 엔진에서는 엔진을 최적화 할 경우, HC

와 NOx 사이에 Trade-Off 관계가 있지만은 이 신형식 연소는 HC와 NOx를 동시에 저감할 수 있는 놀라운 특성을 지니고 있다. 배기가스를 잔류시키는 것이 바로 EGR효과이고 전기점화기관에서는 EGR율이 약 24%가 거의 한계이고 이 이상을 넘으면 연소 불안정을 가져오는데 비해 이 연소시스템에서는 70% 이상도 가능하다고 한다.

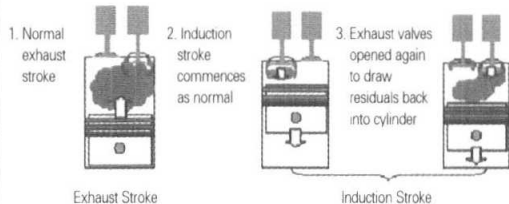
그리고, 현재는 이론공연비 조건에서 가솔린 연료에만 집중해서 개발하고 있지만, 디젤이나 수소 등 연료 종류에 상관없이 희박연소나 성층연소도 가능하다고 한다. 이 신형식 연소 시스템은 2005년에 실용화해서 2007년부터 보급을 확대할 계획이라고 하며 현재 이 시스템에서 가장 핵심이 되는 것은 <그림 4>에서와 같은 유압시스템으로 실용엔진에 최고 회전수 8,000rpm까지 운전이 가능하다고 하므로 향후 실용화가 기대되는 매우 흥미로운 기술 중의 하나임을 틀림이 없다.

- Method 1: Trap a Quantity of Exhaust Gas and Pull Fresh Charge Into Cylinder

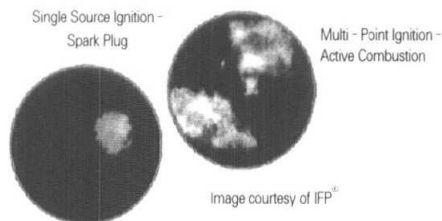


<그림 1> 배기가스 잔류 방법

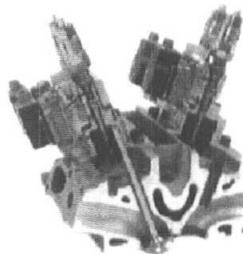
- Method 2: Pull both fresh charge and exhaust gas into cylinder



<그림 2> 배기가스 역류 방법



<그림 3> 기존 일점 전기점화와 동시 다발 연소의 연소 비교



<그림 4> Fully Adaptive Hydraulic System 단면도

(정동수 책임연구원 : dsjeon@mailgw.kimm.re.kr)