

# 자동차용 기관의 레이아웃 (I)

## A Layout of Automotive Engines

李 成 烈\*

Song Yol Lee

### 1. 서 론

내연기관은 자동차용 기관에 의하여 일반대중과 접촉하게 되었으며, 특히 20세기 중반에 이르러 자동차라는 기계가 일반가정에서 사용되는 가구로 탈피하는 과정에서 그 중요장치의 하나인 자동차용 기관도 전문가가 취급하는 기계로부터 일반인이 취급하는 가구의 탈피를 요구함에 따라 크게 발전해 온 것이 사실이다.

종래, 내연기관의 설계에 있어서 그 출력과 연료소비를 가장 중요한 성능평가의 요소로 삼아 왔지만, 가구로서의 자동차의 최적화를 위해서는 더욱 중요한 많은 성능평가의 요소가 있다는 것을 인식할 필요가 있다고 생각한다. 실은 최적화에 필요한 많은 요소의 균형을 어떻게 할 것인가 하는 것이 자동차용 기관의 설계에 있어서 가장 중요한 일이라 생각되며, 자동차용 기관을 계획할 때의 목표는 다음과 같은 3 가지로 생각 된다.

- (1) 고성능일 것
- (2) 우수한 기능을 가질 것
- (3) 공해가 없을 것

(1)의 고성능을 추구하는데 있어서는 비출력, 연료소비율 및 양호한 응답성이 중요한 요소로 된다. 이 중 응답성의 문제는 연료공급기구나 조속기 등의 기능적인 요소와 깊은 관련이 있다.

그리고 내구성, 신뢰성, 정비점점의 무용성이라는 것이 (2)의 우수한 기능을 보장하기 위한 가

장 중요한 배경으로 된다.

또한 진동이나 소음이 없고 정숙할 것이 (3)의 무공해성의 목표와도 관련되는 중요한 요소이다. 배출가스의 무공해화가 자동차에 의한 공해방지의 입장으로부터 중요한 요소가 되는 것은 주지의 사실이다. 그리고 이 배출가스의 청정화의 문제는 성능향상을 위한 비출력증대의 방향에 대한 방해가 되는 문제이다.

이상 기술한 바와 같은 실제단계에 있어서의 계획목표를 3 가지로 설정하고, 이 3 가지 목표에 관련되는 요소의 균형을 어떻게 취해야 할 것인가 하는 점에 초점을 맞추어 되도록 쉽게 기술하고자 하였으나, 미비한 점이 많았을 것으로 생각하며, 다만 이 분야에 종사하는 기술자 여러분에게 약간의 도움이라도 되었으면 하는 것이 소망이다.

### 2. 비출력의 증대

3 가지 목표 중, (1)의 고성능을 추구하는데 있어서는 비출력, 연료소비율 및 응답성이 중요한 요소가 된다는 것은 이미 말하였다. 먼저 비출력의 증대에 필요한 것은 고속화, 평균유효압력의 증대 및 경량소형화와 해도 좋을 것이다. 그리고 이 목표에 연결되는 요소를 6 가지로 나누어 보면 소형 실린더, 밸브기구, 흡·배기관계, 과급기, 고압축비 및 재료와 가공기술이 되는 것으로 생각한다.

비출력의 크기를 생각할 때, 최대출력이 얻어지는 회전수보다 높은 회전수를 사용하는 것은 무의미 하지만, 자동차의 경우에는 최대 출력이 얻어지는 회전수가 몇 회전이나 하는 것 외에 몇 회전까지 over run이 허용되는가, 즉 최대허용회전수가 몇 회전이나 하는 것이 매우 중요하다. 그리고 또한 최대토크를 발생하는 회전수가 얼마인가 하는 것이 중요한 인자로 된다.

즉, 그림 1에 표시하는 성능곡선에 있어서  $N_T$ ,  $N_{PS}$  및  $N_{max}$ 이 각각 어떠한 값을 가지는가 하는 것이 중요하다. 일반적으로  $N_T$ 의 값을 되도록 낮은 쪽이 좋으며  $PS_{max}$ 의 값을 크게 하기 위해  $N_{PS}$ 를 고속쪽으로 가져가고자 하는 것과는 상반된다.

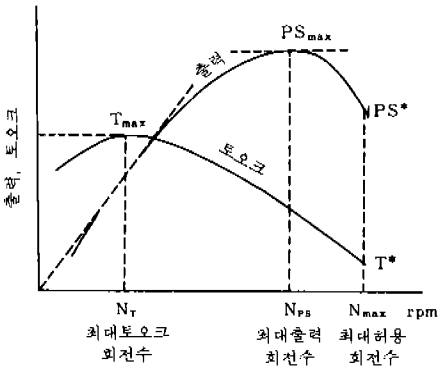


그림 1

그리고  $N_T$ 의 값을 되도록 낮게 하고자 하는 요구를 받아 들이고,  $PS_{max}$ 의 값을 양보하는 경우에는  $N_{max}$ 의 값을 증대할 수 있으면 비출력의 점에서 잃은 것을 보상할 수 있게 된다.

이것은 현재의 자동차의 변속기가 3단 또는 4단 등의 몇 단계의 불연속적인 치차비의 선택밖에 할 수 없기 때문이다. 그림 2에 표시한 바와 같이 3단의 변속비를 가지는 자동차의 가속성능을 생각하자. 기관의 토크 곡선의 모양은 그대로라고 하고, 최대허용회전수를  $N_{max} \rightarrow N'_{max}$ 까지 향상시켰다고 하면 제 1속 기어로 허용되는 최고속도가  $V_{1max} \rightarrow V'_{1max}$ 까지 증가하며 그 만큼 가속성능은 향상한다. 그리고 이와 같은 관계는 그림 2의  $\Delta F_1$ 이 0이 될 때까지 성립한다.

마찬가지로 제 2속의 기어에서는  $V_{2max} \rightarrow V'_{2max}$

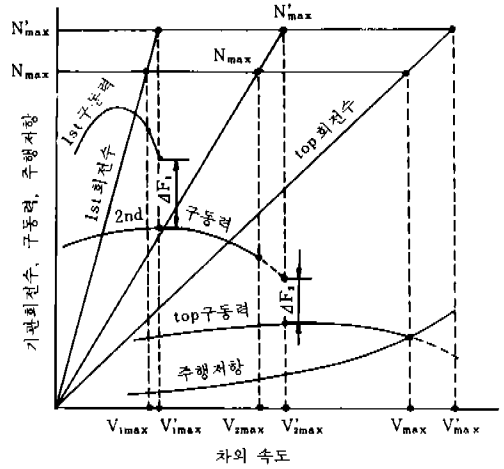


그림 2

로 되며 가속성능은 향상하고,  $\Delta F_2$ 가 0이 될 때까지 이와 같은 최대허용회전수의 증대만에 의하여 자동차의 가속성능은 향상한다. 그러나 top gear의 경우에는  $N_{max}$ 이 얻어지는 차의 속도 부근에서는 구동력과 주행저항이 거의 균형되도록 계획되고 있는 것이 보통이며,  $V_{max}$ 의 주행상태는 보통 실용될 수 없을 것이지만, 실제의 노면에는 기복이 있고, 또한 바람을 등에서 받는 경우도 있으므로  $V_{max} \rightarrow V'_{max}$ 으로 되는 것은 자동차를 실제로 사용할 때 있는 일이다.

이와 같이 자동차용 기관으로서의 비출력의 향상이라 해도 중량당, 용적당의 출력이 1마력이라도 높은 쪽이 좋다고 만은 할 수가 없다. 상술한 바와 같은 변속기의 성능이나 제원을 생각한 위에서 비출력의 향상이라는 것을 생각해야 할 것이다.

자동차용 기관의 출력성능이 충분한지, 어떠한지는 동력계에 의한 성능시험에 의하여 판정되는 것이 아니고, 자동차를 운전했을 때 힘이 충분하다든지, 고속에서의 여유가 충분하다든지 하는 것으로서 평가된다는 것을 잊어서는 안될 것이다. 그래서 경우에 따라서는 변속기의 치차비를 변경하는 것 만으로도 만족한 결과가 얻어지는 경우도 있다.

이상에서와 같이 토크곡선이 정해져 있는 경우의 최대허용회전수  $N_{max}$ 의 값을 증대시키는 것의 중요성을 이해할 수가 있었다고 생각하는데,

이  $N_{max}$ 의 향상을 방해하고 있는 것이 밸브의 서어징이 현상이다. 이 밸브의 서어징이 생기고 있는 상태에서 기관을 사용하면 극히 단시간에 밸브 스프링의 절손이 일어난다. 현재의 자동차용 기관에서는 6000 rpm 정도까지는 서어징이 발생하지 않지만, 그 이상은 보장이 될 수 없다.

그리고 고속화를 위해서는 흡·배기밸브의 소형, 경량으로 하고 싶지만, 한편 평균 유효압력을 높이기 위해서는 밸브의 개구면적은 되도록 크게 해야 할 것이다. 특히 흡기밸브 개구면적은 충분히 크게 하고 싶은 것이다.

여기서 비출력의 증대를 회전수에 의존할 것인가, 또는 평균유효압력에 의존할 것인가 하는 문제가 생긴다. 물론 이 양자의 상승적이 최대가 되도록 설계해야 할 것이나, 이 경우 전술한 over run의 허용회전수를 평가해야 하므로 복잡해진다. 정성적으로는 비출력을 어느 정도 희생하더라도 회전수에 의존하게 될 것으로 생각한다.

### 3. 흡·배기계의 문제

흡·배기계의 문제로서는 연료공급장치, 흡기관 또는 흡기 매니폴드, 흡·배기밸브 개폐시기 및 배기관, 또는 배기 매니폴드와 소음기에 관한 것이 있다. 먼저 연료공급장치의 문제로서는 모든 운전상태, 특히 모든 회전수에 있어서 최량의 공기연료비의 혼합기를 공급하고, 또한 흡기저항이 적어야 할 것이 중요하다.

연료공급장치는 기화기와 연료분사장치로 대별되는데, 기화기는 그 특성이 흡기의 맥동과 흡기관계내의 기주의 공명진동 등의 영향을 받고 있고, 원리적으로 이것을 피할 수가 없기 때문에 넓은 회전수 범위에 걸쳐 일정한 최량 공기연료비의 혼합기를 공급하기가 매우 어렵게 된다(드로틀밸브 전개일 때 맥동이나 공명진동도 현저하게 된다. 그래서 비출력의 점으로서는 드로틀 밸브 전개일 때가 문제가 된다).

이와 같은 결점을 완화하고자 하면 기화기의 벤츄리 저름을 작게 하거나 해서 흡기저항이 증가하는 회생을 감수하지 않으면 안된다. 연료분사의 방식을 채용하면 이와 같은 결점은 원리적으로 제거할 수 있지만, 그 대신 기계적으로 부

잡하고, 제조기술상의 어려운 문제를 가지게 된

특히, 비출력에 중점을 두는 고급차, sport car, racer 등에는 연료분사 방식이 채용되는 수가 많지만 보통의 자동차의 경우는 비용, 가구성 등의 점으로부터 기화기 방식을 사용하는 것이 보통이다.

다음에, 흡기계의 역할로서는 되도록 많은 혼합기를 실린더내에 충전시키는 것 외에, 기화기 방식에 있어서는 공급된 연료를 기화시켜, 각각의 실린더에 균등하게 분배해야 하는 것이 중요하다.

먼저, 되도록 많은 혼합기를 실린더내에 충전시키기 위해서는 흡기관내의 흐름의 관성효과를 이용하는 것, 소위 관성과급의 방식이 사용되지만, 이 효과는 흡기관내의 유속이 클 것과 흡기관의 등가길이(가)가 적당해야 할 필요가 있다. 그런데 흡기관내의 유속이 크다는 것은 흡기저항이 크다는 것으로 되며, 여기서도 설계상의 적합치를 찾아야 하는 문제가 생긴다.

또한, 등가길이의 선택은, 관성과급효과가 최대가 되는 회전수를 정하는 것으로 된다. 이 최대효과가 얻어지는 회전수보다 고속쪽에서는 관성효과가 역으로 작용하여 흡기효율은 급격히 저하하게 된다. 그리고 이 관성효과를 이용하면 필연적으로 흡기관내의 맥동에 의한 기화기특성에 악영향을 생기게 한다.

또한, 흡기 매니폴드의 연료의 균등 분배는 드로틀 밸브 전개(가)의 경우만 생각하여도 회전수의 영향을 받는 것이 보통이며, 모든 회전수 범위에 있어서 균등한 연료분배를 얻기는 어려운 일이다. 그러나 흡기 매니폴드를 가열함으로써 연료의 기화를 촉진시키면 연료분배의 문제는 대폭 개선되지만, 흡기효율의 저하를 피할 수가 없게 된다.

그래서 연료분배의 불균등에 의한 출력손실과 흡기가열에 의한 흡기효율의 저하를 고려하여 최적의 설계를 채용하지 않으면 안되지만, 실은 이와같은 비출력의 점만을 고려해야 하는 경우는 오히려 예외이고, 보통은 연료소비율의 점도 고려하여, 출력을 다소 희생하더라도 연료 분배의 균등화를 기하기 위해 흡기가열을 강화하게 된다.

또한 흡기관성효과를 이용하여 흡기효율을 높

이기 위해서는 흡·배기밸브의 개폐시기, 특히 overlap과 흡기밸브 닫힘시기가 중요한 의의를 가진다. 이 경우에 흡·배기관의 설계가 관성효과를 이용하는 보다 이상적으로 되어 있는 경우 정성적으로 고회전에 있어서 높은 흡입효율을 얻기 위해서는 overlap을 크게 하고, 흡기밸브 닫힘시기를 늦추어 가면 되지만, 흡·배기계의 구조에 따라서는 맥동압력과의 간섭에 의하여 overlap을 감소시키거나, 흡기밸브 닫힘시기를 앞당기거나 하는 조절이 필요한 경우가 많다.

이와 같이 하여 고속에 있어서 흡기효과를 증가하는 것은 저속에서의 성능, 공운전의 원활을 희생시키는 것으로 되며, 균형의 배려가 필요하게 된다. 그리고 배기관계의 설계에서는 소음기와의 관계도 불가분의 관계로 된다. 소음기는 배기저항을 증대시킬 뿐만 아니라 배기관의 맥동류에 대한 뱀퍼로 되므로 출력의 감소를 수반하게 된다. 또한 일반적으로는 의장상의 관점으로나, 성능상의 관점으로부터 배기관의 길이를 필요한 값보다 길게 하지 않으면 안된다. 소음기를 2개 또는 3개로 분할함으로써 배기관의 등가길이를 출력요구에 맞추고, 소음효과면에서나, 의장상의 제약면에서도 요구에 답할 수 있는 방식이 사용되는 것이 보통이다.

전반적으로 흡기관계, 밸브개폐시기 및 배기관계를 비출력이 최대가 되도록 설계하면 저속과 공운전에 있어서의 원활한 운전 및 흡·배기관의 소음의 점에서 만족스럽지 못한 점이 나오게 된다.

#### 4. 과 급

이상과 같이 흡·배기계를 극한까지 조화시켜도 유속이 크게 되면 흐름에 의한 손실도 증가하고, 이용될 수 있는 관성효과에도 한도가 있게 마련이다. 그래서 더욱 높은 평균유효압력을 얻기 위해서는 과급기를 사용하여 흡기량을 증가시키는 방법이 가장 직접적인 수단으로 된다. 이 경우, 과급을 하기 위한 압축기는 용적형의 것을 사용하는 경우와, 흐름형의 원심압축기를 사용하는 경우로 대별된다.

용적형의 압축기로서는 루우프(Roots) 압축기

가 사용되는 수가 많지만, 베인(Vane)펌프가 사용되기도 한다. 고속회전에서 사용하는 경우는 루우프형이 많이 사용되었지만, 자동차용으로서 플라스틱제의 블레이드를 가진 베인펌프를 사용하여도 좋지 않을까 생각한다. 어느 것이거나 이와 같은 용적형의 압축기를 사용할 때는 기어 또는 벨트에 의하여 구동하지만, 원심압축기를 사용하는 경우에는 기계구동방식을 취하는 것보다 배기터어빈에 의하여 구동하는 방식이 사용되는 수가 많다.

배기터어빈 과급방식의 경우에는 배기 에너지의 이용도 겸하고 있어, 연료소비율의 점에서도 유리하지만, 후술하는 응답성의 점에서 자동차용으로서의 문제가 있다. 또한 토오코곡선의 모양도 그림 3에 표시하는 바와 같이 저속의 토오코가 증가하지 않는다는 점에서 반드시 희망적인 것으로는 볼 수 없다. 그러나 이들 점은 변속기에 유체변속기를 사용함으로써 어느 정도 보상이 가능할 것으로 생각한다. 또한 유압구동의 무단변속기를 사용하여 적당한 제어를 하면 매우 우수한 특성이 기대될 것으로 생각한다.

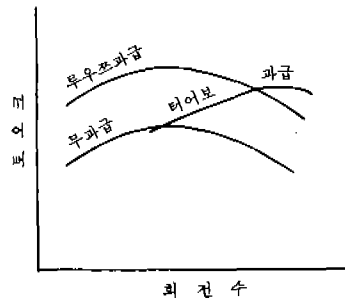


그림 3

그러나, 이 경우 어느 정도까지의 과급이 가능할 것인가 하는 것은 가솔린기관의 경우에는 연료의 옥탄가에 의하여 주로 정해지는 노크(knock)한계에 의한 제약을 받는다. 또한, 디젤기관이면 열부하의 문제가 한계를 제약하게 되는 것이 보통이다. 가솔린기관의 경우, 일정 옥탄가의 연료를 사용하고, 과급에 의하여 가능한 한 큰 비출력을 얻고자 하는 경우에는 기관의 압축비가 높으면 약간의 과급에 의하여도 노크가 발생하게 되어 충분한 과급의 효과를 올릴 수가

없게 된다. 이와 같은 것으로부터 과급기를 사용하는 경우의 압축비는 정성적으로 말해서 보통의 과급기가 없는 경우의 압축비가 낮고, 노크를 발생하지 않으며, 높은 과급을 할 수 있도록 배려할 필요가 있다.

그러나 지나치게 기관의 압축비를 저하시키면 열효율이 크게 저하하게 되어 아무리 과급하여도 출력의 저하를 초래하게 된다. 사용연료의 옥탄가가 정해져 있는 경우, 노크한계까지 과급을 했을 때 최대출력을 얻을 수 있는 기관 압축비  $\epsilon_{opt}$ 가 존재한다. 이  $\epsilon_{opt}$ 가 어느 정도의 값이 될 것인가 하는 것은 과급기의 효율이나 중간냉각기의 유무, 연료의 조성, 남의 첨가량 등에 따라 변하지만, 대략 4~5 정도의 값이 되는 것으로 추산된다.

즉, 과급기를 사용해서 되도록 비출력을 증가시키고자 하는 경우, 기관의 압축비는 4~5 정도로 낮출 필요가 있다.

대형 차량용의 디젤 기관에는 배기터어보 과급기가 사용되는 경우가 디터 있는데 이것은 등반속도의 유지에 그 목적이 있는 것으로 생각해도 좋다. 디젤 기관의 경우에는 가솔린 기관에 있어서의 노크한계에 상응하는 제약이 없지만, 실린더내의 최고압력이 과급에 의하여 과대하게 되는 것을 방지하는 뜻에서의 압축비, 연소실의 설계, 연료분사시기 등에 대한 제약이 필요하게 된다. 많은 경우, 피스톤 냉각의 문제로부터 제약이 나온다.

## 5. 압축비 및 경량소형

과급에 의하여 평균유효압력을 증대시키고자 하는 경우에는 압축비는 보통의 경우보다 낮게 할 필요가 있었지만, 기관의 열효율의 개선에 의하여 평균유효압력을 증가시켜 비출력을 개선하고자 하는 경우는 기관의 압축비는 되도록 높게 취해야 한다. 가솔린 기관의 경우에는 연료의 옥탄가로 정해지는 노크한계로부터 제약을 받게 되며, 이 노크한계는 흡·배기밸브의 배치와 점화플러그의 위치를 포함한 연소실의 구조설계에 의해서도 크게 영향을 받는다. 디젤 기관의 경우에는 강도상의 문제와 기계효율의 저하의 점

으로부터 제약이 오는 것이 보통이다.

이 경우, 일정 옥탄가의 연료에 대하여 되도록 노크가 발생하기 어려운 연소실의 구조, 즉 기계적 옥탄가 높은 연소실은 실린더내에서 혼합기가 연소할 때의 화염의 전파가 느리게 되는 부분, 즉 end gas 부분의 냉각을 행하기 위한 quenching area를 설정하는 경우가 많으며, 이것은 미연의 탄화수소를 증가시키므로 배기가스의 무독성, 무해성의 점으로부터 문제가 된다. 여기서도 또한 다른 요소와의 균형을 생각하면서 비출력의 향상을 도모하지 않으면 안된다.

또한 일반적인 문제로서도 압축비를 높게 할수록 연소실의 표면적과 용적의 비의 값이 크게 되며 배기가스의 무해성에는 좋지 않은 방향으로 된다. 그러나 경량소형이고 대출력을 발생하기 위해서는 압축비는 높혀야 하는 것이다. 자동차용 가솔린 기관에서는 압축비를 1높이면 출력은 4~5% 정도 증가하게 될 것이다.

그러나, 경량소형으로 하기 위해서는 알루미늄, 마그네슘 등의 경합금을 사용함과 동시에 정밀밀주조, 다이캐스트, 정밀단조, 프레스 가공, 용접가공 등의 재료 및 그 가공법에 관한 진보가 지배적인 요소로 된다. 자동차용 기관의 재료로서 경합금을 사용하는 것은 이미 오랜 기간 동안의 과제였는데, 경합금을 사용하면 기관의 소음이 크게 되고, 정속이나 승차의 안락감을 저내하므로 sport car, racer 등의 비출력에 중점을 둔 차량에 사용될 정도였다.

정속이나 안락감에 중점을 두는 경우에는 경합금에 의존하는 것보다 가공과 설계의 기술개발에 의존하는 방향이 채용되는 수가 많다.

크랭크 축의 길이가 기관의 중량을 크게 좌우하므로 V형이나, 수평대향형 등의 실린더배열로 한 2, 4, 6 및 8기통의 것이 사용될 수도 있다. 이와 같은 실린더 배열은 단지 중량의 경감이라는 관점만이 아니고, 용적이나 모양도 자동차에 탑재하는데 편리할 것이고, 공간이용의 면으로서는 뛰어나는 것으로 보이는데, 현실은 이와 같은 형식의 것이 반드시 주력이 되지는 않은 것 같다. 그러나 금후 충분한 설계상의 검토를 가하면 소실린더 다기통화라는 요소와 관련

시켜 흥미있는 방향이 되지 않을까 생각한다.

## 6. 소실린더, 소행정

소실린더로 한다는 것과, 소행정으로 한다는 것은 고속화할 하는데 있어서는 배놓을 수 없는 것이다. 피스톤과 같이 왕복운동을 하는 부분의 중량은 실린더 직경의 대략 3승에 비례하여 증가하는데 대하여 왕복부분 상당질량에 작용하는 관성력을 받는 베어링이나 커비팅로드의 단면 면적 등은 대략 실린더 직경의 2승에 비례하여 증가하는데 지나지 않으므로 하중부담부분의 단위 면적당의 왕복부분 중량의 값은 실린더 직경을 적게 할 수록 적게 되며 이 점으로부터 고속회전에 견딜 수 있는 방향으로 된다.

또한 왕복부분 가속도의 최대치는 피스톤 행정의 길이에 비례하므로 이러한 관점으로부터 소행정의 방침을 채택하게 되는 것이다. 이와 같은 것으로부터, 소실린더, 소행정의 대기통 기관으로 되겠는데, 이것만으로는 전체로서 반드시 소형경량으로는 되지 않을 것이다. 그러나, 대기통화라는 것은 기관의 균형의 점에서나 토오크 변동의 점에서 바람직스러운 일이고 진동, 승차감의 견지로부터는 필요한 일이라 생각한다.

이 경우 소실린더, 소행정이라는 것은 실린더 직경의 값과, 행정과 직경의 비(stroke bore ratio)의 값을 문제로 삼아 논하는 것이 보통이다.

먼저, 실린더 직경은 상술한 바와 같은 관점으로부터 적으면 적을 수록 좋으나 하면 그렇게 될수는 없고, 너무 적으면 점화플러그와 같이 크기를 어느 정도 이상 바꿀 수 없는 부분도 있는 반면, 가공기술상의 제약 때문에 연소실 등의 벽의 두께에 대하여도 최소한도의 제약이 있게 마련이며, 실용상 실린더 직경의 최소한이라는 것은 가공과 설계의 기술상의 제약으로부터 나오게 될 것이다.

그러므로 가공기술상의 점으로는 가능한 크기 일지라도 실린더 용적과 내면적과의 비가 적게 되어 열손실의 점에서나 마찰손실의 점에서도 불리하게 된다.

또한 행정과 직경의 비의 값을 적게 하면, 즉 short stroke로 하면 압축끝의 연소실의 형상이

편평하게 되어 연소시의 손실이 크게 된다. 그러나 실린더 직경이 크다는 것은 밸브의 개구면적을 크게 취할 수 있어서 체적효율의 향상에 연결될 것이다. 즉, 한 실린더의 용적이 정해졌을 때, 행정과 직경의 비를 어떠한 값으로 선택할 것인가 하는 것은 허용최대회전수와 흡기효율과 열효율의 점을 감안하여 결정해야 한다.

short stroke를 채용하면 앞에서 들은 바와 같은 유리한 점이 있지만, 열효율의 점에서 손실이 있게 된다. 그리고 이것의 타협점은 실린더 용적의 크기에 따라 변하게 되며, 대략의 검토에 따르면 실린더 용적이 350cc 정도일 때는 행정과 직경이 같을 때, 즉 square engine으로 하는 것이 성능의 점에서 가장 유리하게 되는 것으로 생각한다. 이것보다 큰 실린더 용적에서는 직경보다 행정의 길이를 크게 하는 것이 유효하다고 생각한다. 그리고 최대출력이 얻어지는 회전수는 흡·배기관계의 설계나 밸브 개폐시기에 따라 변하지만, 보통은 평균 피스톤 속도가 13~15m/s 정도에 도달할 때의 값으로 생각한다.

즉, 이 회전수는 피스톤 행정의 길이에 역비례하는 것으로 생각해도 크게 틀림이 없다. 이것은 흡기밸브의 개구부에 있어서 흡입혼합기의 평균유속으로부터 오는 제약이라는 관점으로 생각해도 좋을 것 같다. 즉, 피스톤 면적과 밸브 개구면적과의 비가 일정하다고 가정하면, 극히 단순하게 생각하여 흡기효율이 급히 저하하기 시작하는 회전수는 대략 밸브 구멍부의 흡기속도, 즉 피스톤의 평균속도의 값으로 정해진다고 해도 좋을 때문이다.

이와 같은 점으로부터 short stroke를 채용하면 고회전에서 높은 흡기효율을 얻는 것이 가능하게 된다. 그러나 한편 높은 열효율을 얻기 위해서는 실린더내의 연소는 상사점후 150정도 까지는 종료해야 하기 때문에 압축끝에 있어서의 와류나 난류의 강도가 필요하게 된다. 그리고 이것은 또한 피스톤 속도나 흡기유속에 의하여 지배되므로 앞에서 말한 바와 같이 연소실 용적과 벽표면적과의 비가 좋지 않게 되고, short stroke로 하면 저속에 있어서 문제가 생기게 된다.

〈다음호에 계속〉