

# 유동 강화형 밸브의 형상에 따른 정상 유동 특성

최수진\* · 류기현\* · 전충환\*\* · 장영준\*\*  
(1998년 2월 27일 접수)

## Steady Flow Characteristics of Flow-Intensifying Valve Configurations

Su-Jin Choi, Ki-Hyun Ryoo, Chung-Hwan Jeon and Young-June Chang

Key Words: 정상유동장치(steady flow rig), 유량계수(flow coefficient), 스월강도(swirl intensity), 텀블강도(tumble intensity), 블록밸브(blocked-valve), 열선유속계(hot wire anemometer)

### Abstract

The flow characteristics of 2-valve and 4-valve cylinder heads with various blocked-valve were experimentally investigated in a steady flow rig. Effects of the blocked-valve configurations on flow coefficient, swirl and tumble intensity are studied. Compared to the conventional valve, the blocked valve in both cylinder heads have the much lower flow coefficient and the much higher intensity of swirl and tumble. Under the same size of blockage, the value of flow coefficient and swirl(or tumble) intensity were varied according to the position of blockage. Throughout these steady flow test the optimized positions of blockage in both cylinder heads were determined.

### 1. 서론

엔진 실린더 내부로 공기 또는 공기와 연료의 혼합기가 흡입되면 복잡한 유체 운동이 유발된다. 이때 발생한 유동 중 실린더 축을 중심으로 하는 강제 와류 모양의 유동을 스월(swirl)이라고 하고, 공기 유동이 실린더 축에 대하여 회전할 때, 이 유동을 배럴스월(barrel swirl) 또는 텀블(tumble)이라고 한다. 스월 유동과 텀블 유동은 회전 방향이 일정하게 유지되어 압축 과정 중 서서히 난류 성분으로 변하기 때문에 이들은 압축, 폭발과정 중 지속적인 난류 생성원이 된다.<sup>(1)</sup> 스월 유동은 회전축이 피스톤 중심축과 일치하기 때문에 텀블보다 안정적이어서 폭발과정 후까지 난류생성원이 되지만 난류성분이 실린더 외벽에 치중되기 때문에 초기 연소동안에는 연소성능

향상에 큰 기여를 하지 못한다. 반면 텀블 유동은 피스톤의 움직임에 따라 그 강도와 운동 중심이 변하는 특징이 있어 스월 유동보다 압축 말기에 깨짐의 효과가 크며, 생성된 난류 성분은 실린더 중심에 편중되어 있으므로 초기 연소 반응을 촉진시켜 초기 연소 속도를 증가시키지만 후기 연소에는 큰 영향을 미치지 않는다. 최근 고성능 가솔린 엔진은 엔진의 체적 효율을 높이고 기관의 출력을 향상시키기 위해 2밸브보다는 4밸브 형태를 취하고 있으며, 이같은 형태에서는 기구학적 특성상 스월유동보다 텀블유동의 생성이 보다 유리하다.

실린더 내의 연소 상태는 실린더 내로 유입되는 공기량과 실린더 내의 유동에 의해 좌우되므로, 실린더 내의 유동과 이에 따른 연소 및 기관 성능과의 관계를 규명하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 결과 유동을 강화시킴으로써 화염핵의 성장이 촉진되고, 화염면의 증가에 의해 연소속도가 증가되어 연소가 안정되는 등의 효과가 있음을 확인하였다.<sup>(2),(3)</sup> 이와 같은 결과를 기초로 실린더 내외 유동을 강화하고자 C. Arcoumanis<sup>(4)</sup> 등은 LDV(laser doppler velocimeter)를 사용하여

\* 부산대학교 대학원 기계공학과

\*\* 회원, 부산대학교 기계공학부, 부산대학교 기계기술 연구소

흡기 포트의 형상과 유동의 관계를 연구하였고, 흡기와 배기 밸브를 연결하는 축에 평행한 90° 포트의 경우 텀블유동이 강화되며, 텀블 유동을 강화시키는 경우가 난류의 생성에 유리하다고 결론을 얻었다. S. Omori<sup>(6)</sup> 등은 텀블 테스트 및 LDV를 사용하여 흡기 포트의 형상에 따른 실린더 내 텀블 유동 양상을 연구하였다. 그 결과 텀블 유동은 흡기 밸브로부터 배기 밸브 쪽으로 흐르는 유동에 의해서 생성되어 압축 초기에 완성되며, 흡기 밸브 쪽으로부터 실린더 벽쪽으로 흐르는 유동은 텀블 유동의 생성을 방해한다는 것을 밝혔다. 또한 슈라우드(shroud)를 장치하여 텀블 유동을 강화시키면 희박연소시 안정에 기여한다고 밝혔다.

본 연구는 블록핀(block pin)을 부착하여 서로 다른 와류강도를 갖는 다양한 형태의 흡기 밸브를 제작, 설치하여 실린더 내의 유동장을 제어하여 정상유동 특성과 유동속도를 측정하여 스윙(swirl), 텀블 강도(tumble intensity)와 유량계수(flow coefficient), 그리고 유속과의 관계를 밝히 고자 한다.

## 2. 실험장치 및 방법

정상유동 실험은 포트로 들어오는 공기량을 일정하게 하는 일정유량 방식과 차압을 일정하게 하는 일정차압 방식이 있다. 그리고 와류 강도를 측정하는 방법은 하니콤(honeycomb)과 로드셀(load cell)을 이용하여 토크(torque)를 구하는 스윙 임펄스(swirl impulse)식과 패들휠(paddle wheel)의 각속도를 이용하는 패들휠식이 있다.

본 실험에서는 일정차압 방식과 패들휠식 스윙메타(swirl meter)를 사용하였다. 그러나 패들휠을 사용한 정상유동 실험은 실린더 내의 전체적인 유동을 파악하는 것으로써 실제 실린더 내의 국소적인 유동을 파악하기는 매우 어렵다. 이를 해결하기 위해 열선유속계(hot wire anemometer)를 이용하여 블록핀을 사용한 경우에 내부의 유동 특성 변화를 측정하였다. 본 실험에서는 정온도 모드를 사용하였으며, 유동장에 놓여진 열선에서의 열전담은 주로 대류에 의해서 발생하고 복사나 전도는 무시할 수 있을 정도로 작다고 가정하였다. 그리고 본 논문에서 사용한 열선유속계로는 그 방향성을 알기 어려워 하류

방향의 속도 크기뿐만 나타내었다.

### 2.1 실험장치

Fig. 1은 유량 및 텀블 강도(tumble intensity)와 스윙 강도(swirl intensity) 등 정상상태 유동 특성을 측정하기 위한 실험장치와 구성도이다. 흡입공기를 도입하기 위하여 최대 1.2기압, 10 m<sup>3</sup>/min의 루츠 블로워(roots blower)를 사용하였고, 소음과 맥동을 방지하기 위하여 소음기(silencer)와 서지 탱크(surge tank)를 사용하였다. 그리고 흡입공기량을 측정하기 위하여 층류 유량계(laminar flow meter)를 설치하여, 압력값을 1-1000 mmH<sub>2</sub>O 범위의 마이크로 마노메타(micro manometer)로 측정하였다. 본 논문은 일정차압 방식을 채택하여 실험을 행하였으므로 흡기 밸브 전후의 압력차를 일정하게 유지하기 위하여 U형 마노메타를 설치하였다. Table 1에는 본 실험에 사용한 엔진의 사양을 나타내고 있는데, 실린더 헤드는 2000 cc급의 상용 DOHC(Double over head cam)와 SOHC(Single over head cam) 헤드를 사용했으며, 4개의 실린더 헤드 중에서 1번 실린더 헤드를 사용하였다. 그리고, DOHC의 흡기 밸브 길이는 109.5 mm이고, 스템(stem) 직경은 6.5 mm이며, SOHC의 경우는 각각 109.7 mm, 8.0 mm이다.

Table 1 Engine specifications.

Type	SOHC	DOHC
Cylinder arrangement	In-line, 4cylinder	In-line, 4cylinder
Valve system	2-valve	4-valve
Displacement (cc)	1997	1996
Bore×Stroke (mm)	85×88	85×88
Valve timing (deg.)	IVO BTDC 19 IVC ABDC 57 EVO BBDC 57 EVC ATDC 19	IVO BTDC 18 IVC ABDC 54 EVO BBDC 47 EVC ATDC 17
Valve spec. (mm)	Length - intake 109.7 - exhaust 108.6 Stem diameter 8.0	Length - intake 109.5 - exhaust 109.7 Stem diameter 6.5

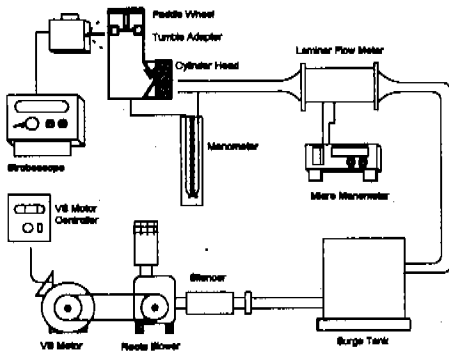


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus.

텀블 및 스윙을 측정하기 위하여 아크릴 어댑터를 제작하여 사용하였다. 아크릴 어댑터는 내경은 실제 엔진의 내경과 같은 85 mm이고, 두께가 5 mm이며, 측정 위치는 스윙인 경우 내경의 1.75배, 텀블의 경우 내경의 3배 되는 지점에 패들휠을 설치할 수 있게 하였다.

패들휠의 배인(vane) 치수는 AVL사의 기준에 의해 계산하여 제작하였고, 배인 재질은 알루미늄을 사용하였다.<sup>(6)</sup> 그리고 스트로보스코프(stroboscope)를 이용하여 패들휠의 회전수를 측정하였다.

속도를 측정하기 위하여 열선유속계를 사용하였다. 사용된 열선은 지름 5 $\mu$ m인 텀스텐 재질의 I형을 사용하였으며, 측정위치를 변화시키기 위하여 2차원 이송대에 설치하였고, 주파수를 10,000 Hz, 샘플링 수를 4,096개로 하였으며, 양상불 평균으로 데이터를 구했다.

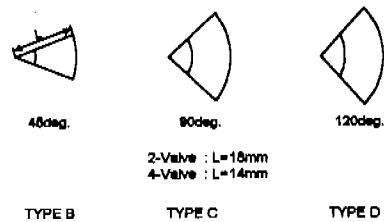
2.2 실험방법

2.2.1 정상유동실험방법

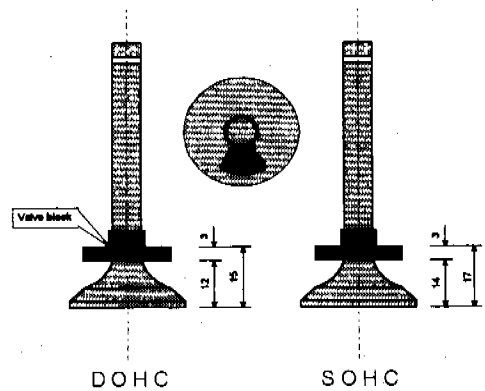
본 논문에 사용된 엔진헤드는 2000 cc DOHC와 SOHC 헤드를 사용하였다. 흡기 다기관은 실제 엔진에서 사용되는 것으로 나머지 세 개의 흡입 부분을 막고 하나의 흡입구만 사용하였다.

본 논문에서는 세가지 형태의 블록핀(block pin)을 밸브 스템에 부착하여 실험을 행하였다. Fig. 2 (a)는 실험에 사용한 블록핀의 형상과 각도를 표시하고 있고, (b)는 밸브에 부착한 위치를 나타내고 있다. 블록핀의 크기는 DOHC인 경우는 반지름이 14 mm, 각도가 45° (Type B), 90°

(Type C), 120° (Type D)이고, SOHC인 경우는 반지름이 18 mm, 각도는 DOHC의 경우와 같이 하였다. 블록핀의 부착위치는 밸브 바닥면에서 12 mm (DOHC), 14 mm(SOHC)이고 블록핀의 두께는 3 mm인 것을 제작하여 사용하였다. 이것은 포트 안쪽면에 최대로 가깝게 블록핀이 위치할 수 있고, 또한 밸브 리프트(valve lift)에 따라서 블록핀의 효과를 최대로 하기 위해서였다. 그리고 블록핀의 방향을 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 0°, 90°, 180°, 270°로 바꾸어 가며 실험을 행하였다.



(a) Block-pin Configuration



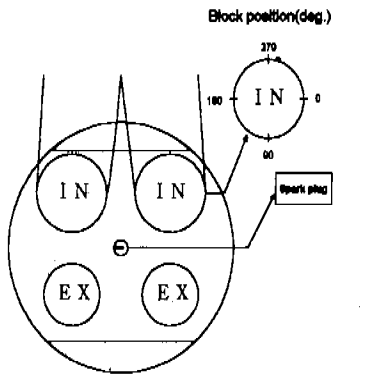
(b) Block-pin position

Fig. 2 Block-pin configuration and position.

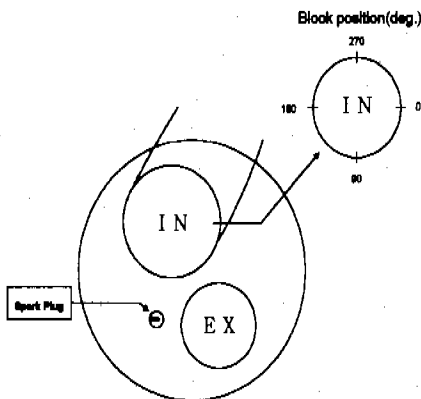
텀블의 강도를 정량화하기 위하여 텀블어댑터를 이용하여 텀블 유동을 스윙 유동으로 바꾸어 스윙 강도값으로부터 계산하여 텀블강도를 무차원 와류값(Non-dimensional rig tumble)으로 나타내었다. 텀블 강도의 크기는 텀블 어댑터의 각도에 따라 달라지므로 90°, 135°, 180°, 225°로 방향을 바꾸어 가며 측정하였다. 그리고 유량계 수, 스윙 및 텀블값은 밸브리프트 0~8 mm까지 1 mm단위로 하여 실험을 행하였다. Table 2에 본 실험의 실험 조건을 보인다.

**Table 2** Experimental conditions for steady flow rig test.

	Type A	Type B	Type C	Type D
Configuration (Block size, deg.)	Conve- ntional	45	90	120
Valve lift (mm)	1~8			
Block direction (deg.)		0, 90, 180, 270		
Tumble adaptor angle (deg.)	90, 135, 180, 225			



(a) 4-valve



(b) 2-valve

**Fig. 3** Direction of block-pin.

실험의 각 조건들은 엔진내의 유동이 충분히 난류가 될 수 있게 흡기 다기관과 실린더내 차압

이 250 mmH<sub>2</sub>O가 항상 유지되는 일정차압 방식을 택하였으며, 이는 통상 정격 회전수의 50%에 해당하는 엔진 흡기 유량에 해당된다.<sup>(7)</sup>

본 실험에서 사용한 일정차압 방식의 결과를 무차원 와류값(NRS, NRT ; Non-dimensional rig swirl or tumble)으로 표시하였다. 무차원 와류값은 패들휠의 각속도에 의하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$NRS \text{ or } NRT = \frac{w_p B}{v_0} \quad (1)$$

여기서, B는 실린더 보어(Cylinder bore),  $w_p$ 는 패들휠 각속도(Paddle wheel angular velocity,  $2\pi \times Np$ ), 그리고  $v_0$ 는 특성속도(Characteristic velocity)로 비압축성 조건에서 아래와 같이 정의된다.

$$v_0 = \left[ \frac{2(p_0 - p_c)}{\rho} \right]^{1/2} \quad (2)$$

여기서,  $p_0$ 는 흡기측 압력, 그리고  $p_c$ 는 실린더내 압력을 나타낸다.

무차원 와류값을 증가하기 위해서 항상 제약을 받는 것이 체적효율이다. 통상적으로 와류를 증가시키기 위해서 유동의 방향으로 바꾸기 위하여 흡입면적을 막기 때문에 그 부분을 항상 고려하여야 한다. 그래서 이러한 흡입 유량을 표시하기 위하여 유량계수를 정의하였다.

$$C_f = \frac{Q}{Av_0} \quad (3)$$

여기서,  $C_f$ 는 유량계수(Flow coefficient), Q는 실제공기유량(Amount of real air flow), 그리고 A는 밸브시트면적(Valve seat area)를 나타낸다.

### 2.2.2 속도 측정 방법

속도 측정 평면은 헤드면에서 2.5 mm 떨어진 부분이고, 측정 위치는 평면원의 중간지점을 0으로 하여 상하좌우로 5 mm 간격으로 40 mm까지 하였다. 그리고 측정할 때의 밸브양정은 7 mm로 고정하여 실험을 행하였다. 또한 블록핀의 크기가 실린더 내의 속도에 어떻게 영향을 주는지 알아보기 위하여 네가지 형태로 실험하였다. 열선유속계 실험에서는 블록핀의 방향은 270°, 밸브의 크기를 30°, 45°, 60°로 하여 블록핀 크기변화의 영향을 확인하고자 하였다. 속도 계측에는 DOHC만 사용하였는데 이는 스월

보다 텀블 강화시에 유속의 변화를 확인하기 위해서였다. 그 외의 실험조건은 정상 유동 실험에서와 같이 하였다.

열선 유속보정을 위해서는 몇가지 방법이 있는데, 본 실험에서는 다항근사(Polynomial curve fits)방법에 의해 다음과 같은 관계식을 이용하였다.<sup>(8)</sup>

$$V = A + B \cdot E + C \cdot E^2 + D \cdot E^3 \quad (4)$$

여기서, V는 유체속도(Velocity of fluid flow), E는 전압값(Value of voltage), 그리고 A, B, C, D는 보정상수(Calibration constants)이다. 본 실험에서는  $A = -73.00975$ ,  $B = 104.74527$ ,  $C = -51.36505$ , 그리고  $D = 8.6379$ 를 사용하였다.

위의 방식은 접근방식이 용이할 뿐더러 위 식에 의해 구한 측정값이 5~50 m/s의 속도영역에서 정규표준편차  $\epsilon_u = 0.24(\%)$ 를 가지기 때문에 실험 오차는 거의 무시할 수 있다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 정상유동 특성

##### 3.1.1 텀블어댑터 설치방향의 영향

텀블 어댑터(tumble adaptor)의 형상이 헤드면과 수직으로 되어 있기 때문에 그 출구 방향에 따라서 텀블의 크기가 달라진다. 이러한 텀블 어댑터의 방향이 텀블 크기에 어떤 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 어댑터의 방향을 90°에서 225°까지 15° 간격으로 실험한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 텀블 어댑터의 방향이 150°일 때 텀블의 크기가 가장 크게 나타났고, 225°일 때 가장 작게 나타났다. 이것은 텀블 어댑터의 형상이 L형이기 때문에 그 출구 방향에 따라서 달라지는 것으로 보인다. 즉 실린더 내에 주유동 평면이 그 출구 방향과 수직이 될 때 텀블 유동이 스윙 유동으로 완전히 바뀌는 것으로 생각되어진다. 그러나 최대 텀블 지점이 150° 부근에서 나타난 것은 텀블 어댑터의 수직관과 수평관의 접합 부의 기하학적형상 때문인 것으로 보여진다.

##### 3.1.2 불룩핀 방향에 따른 정상유동 특성

본 실험에서는 불룩핀의 크기를 각도로 정하였기 때문에 그 방향에 따른 정상 유동 특성을 파

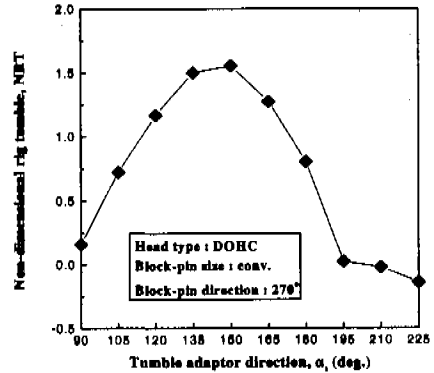


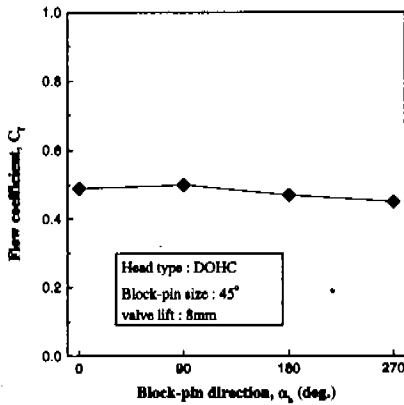
Fig. 4 Effect of tumble adaptor direction on NRT.

악할 필요가 있다. 따라서 불룩핀의 방향에 따른 유량계수와 스윙 및 텀블의 크기를 Fig. 5, 6에 나타내었다. Fig. 5는 DOHC, Fig. 6은 SOHC에 대한 결과로 텀블어댑터의 방향은 둘다 180°이고 불룩핀의 크기도 45°로 일정하다. 먼저 DOHC인 경우, 유량계수는 거의 일정하지만, 불룩핀 방향이 90°인 경우가 약간 높게 나타났다. 그리고 텀블은 270°일 때가 가장 크고, 스윙의 절대값은 225°일 때가 가장 크게 나타났다. 또한 스윙의 경우 불룩핀의 방향에 따라 역스윙이 발생하는 것을 알 수 있다. 이 결과로부터 불룩핀의 크기가 일정한 경우 불룩핀의 설치방향에 따른 유량계수의 차이는 거의 나타나지 않지만 스윙과 텀블의 강도는 큰 변화를 보이고 있다. 이로부터 유동을 강화하기 위하여 불룩핀을 설치하는 경우 불룩핀의 크기가 일정한 경우에는 그 설치방향이 유동에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

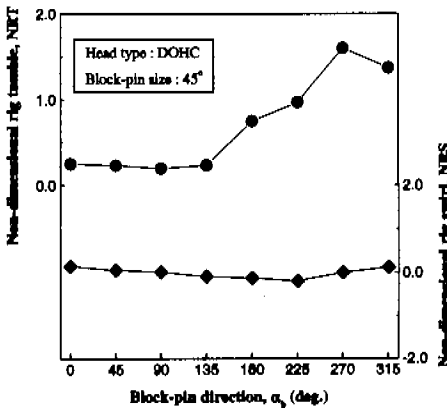
SOHC인 경우에도 유량계수는 거의 일정하게 나타났지만, 180°일 때가 약간 크게 나타났고, 텀블은 불룩핀이 270°, 스윙은 0°(360°)인 지점에서 가장 크게 나타났다. 이로부터 DOHC와 마찬가지로 불룩핀의 설치방향이 유동강화에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

이상의 결과로부터 스윙과 텀블강도를 동시에 강화하기 위한 불룩핀의 설치방향은 DOHC의 경우 180~270°사이에, SOHC의 경우 270~0°(360°)사이에 존재함을 예측할 수 있다. 이는

DOHC의 경우 본 연구에서 설정한 블록핀 방향(270°)과 흡기포트는 거의 평행하지만, SOHC의 경우는 흡기포트와 경사져 있다. 이러한 형상의 차이로 인하여 블록핀 방향에 따른 정상유동 특성이 DOHC와 SOHC에서 차이를 나타내는 것으로 생각되어진다.



(a) Flow coefficient



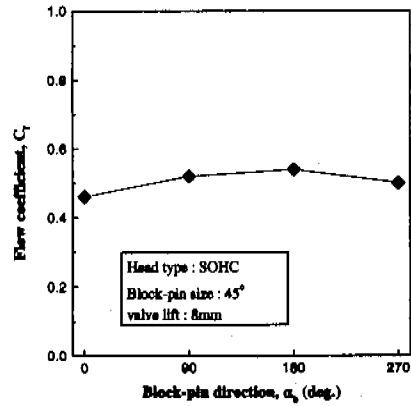
(b) Non-dimensional rig swirl and tumble

Fig. 5 Effects of block-pin direction on  $C_t$ , NRS and NRT of DOHC(Tumble adaptor angle :180 deg.).

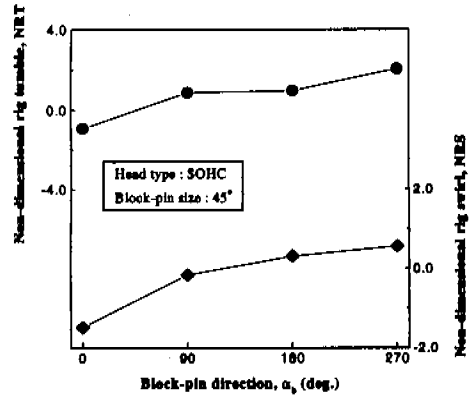
3.1.3 블록핀 크기에 따른 정상유동 특성

Fig. 7은 블록핀의 방향을 270°로 하였을 때, 블록핀의 크기를 달리하면서 valve lift 변화에 따른 유량계수의 변화를 DOHC와 SOHC에 대하

여 나타난 결과이다. 먼저 밸브리프트에 따른 유량변화를 보면 블록핀을 설치하지 않은 경우, 선형



(a) Flow coefficient



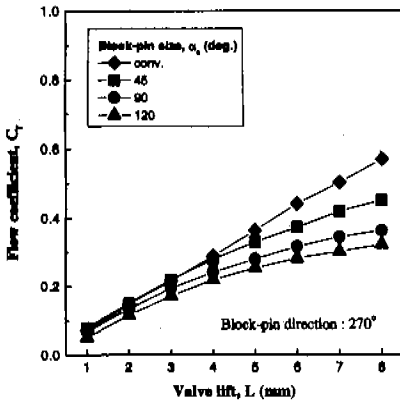
(b) Non-dimensional rig swirl and tumble

Fig. 6 Effects of block-pin direction on  $C_t$ , NRS and NRT of SOHC(Tumble adaptor angle : 180 deg.).

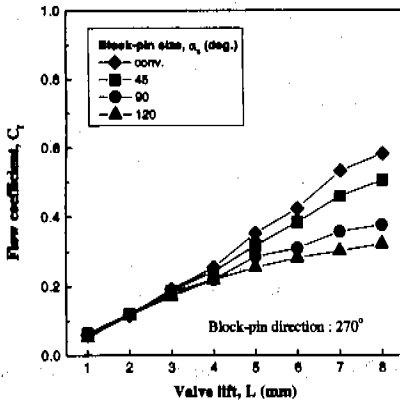
적으로 유량이 증가하는 것으로 보인다. 그러나, 블록핀의 크기가 증가할수록 점차로 완만한 곡선을 그리며 낮아지고 있음을 알 수 있다. 이것은 결국 블록핀이 흡기 포트를 막음으로 해서 흡입 공기가 통과할 수 있는 공간이 작아지고 또한 블록핀의 형상이 평판으로 되어 있어 이곳에 부딪힌 유동이 실린더내로 유입되는 유동의 흐름을 방해하기 때문인 것으로 보인다.

Fig. 7(a)로 부터 최대 밸브리프트에서 유량계

수를 블록핀의 크기에 따라 블록핀을 사용하지 않은 조건(Type A)과 비교해 보면, Type B, Type C, Type D일 때, 80%, 63.1%, 57.9%로 블록핀의 크기가 커짐에 따라 줄어들음을 알 수 있다.



(a) DOHC

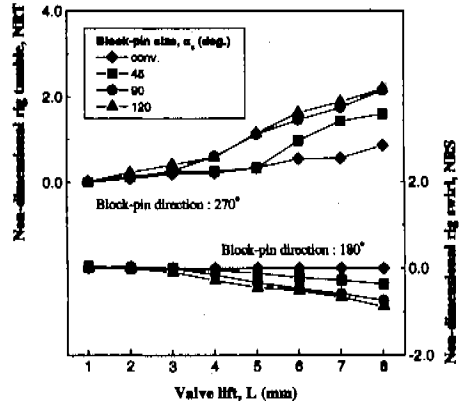


(b) SOHC

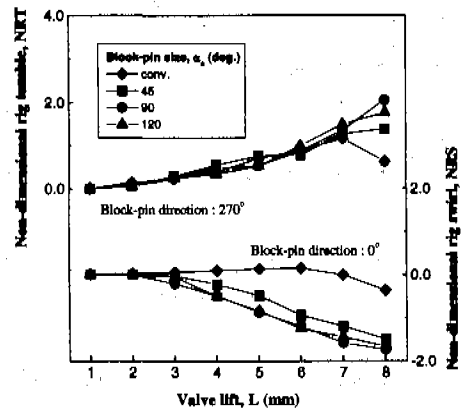
Fig.7 Effects of block-pin size on flow coefficient.

Fig. 8은 블록핀의 크기에 따른 스윙과 텀블의 크기를 나타낸 그림이다. 블록핀을 사용함으로써 블록핀을 사용하지 않은 경우와 비교해 DOHC에서는 텀블의 강화가, SOHC에서는 스윙의 강화가 뚜렷이 나타나고 있음을 알 수 있다. Fig. 8 (a)로부터 블록핀의 크기를 증가시킬수록 텀블과 스윙은 강화되지만 블록핀의 크기가 90°와 120°인 경우는 거의 유사한 텀블 및 스윙강도를 보이

고 있어 블록핀의 크기를 90° 이상 증가시키면 유동강화에는 큰 영향을 미치지 않게 되지만, 유량계수는 감소하게 되는 결과를 보이고 있다. Fig. 8(b)로부터 블록핀의 크기가 45°보다 큰 경우 텀블 및 스윙의 강화는 크게 나타나지 않지만 유량계수는 감소하게 된다. 이로부터 본 실험조건 내에서 유동강화를 위한 블록핀의 크기는 DOHC에서 90° 부근에, SOHC에서는 45° 부근에 존재함을 예상할 수 있다.



(a) DOHC



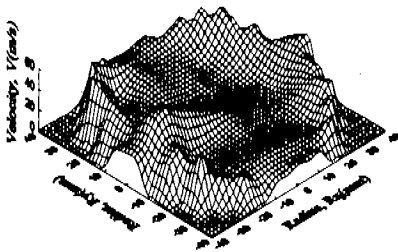
(b) SOHC

Fig. 8 Effects of block-pin size on non-dimensional rig swirl and tumble.

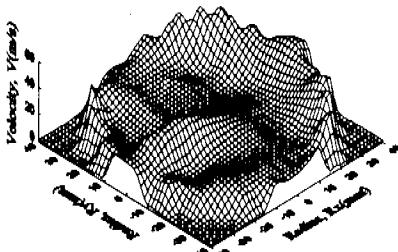
3.2 정상유동 속도 분포

Fig. 9는 DOHC인 경우의 Type A와 Type B에 대한 속도분포를 나타내었다. Type B의 경

우 블록핀을 부착하였으므로 흡기포트의 실린더 벽 방향의 속도가 Type A보다 낮은 것으로 나타났다. 그리고 두 경우 모두 중심 부분의 속도가 크게 나타나는데, 이는 두 포트에서 나오는 유량이 교차하는 지점이므로 속도가 빨라진다고 생각되어진다. 그러나 실제 텀블을 발생하는 주유동 방향은  $X=40\text{ mm}$  근처의 속도가 크게 좌우된다고 생각되어진다.



(a)  $\alpha_v$  : Conv.



(b)  $\alpha_v$  : 45 deg.

Fig. 9 Velocity map of in-cylinder flow at  $Z=25\text{ mm}$ .

Fig. 10에 중심을 기준으로  $Y=-5, 0, 5\text{ mm}$  지점의 값을 평균하여 나타내었다. 밸브에서 실린더 벽쪽은 블록핀의 크기가 커질수록 점점 속도가 낮게 나타났고, 중심에서 반대쪽 반경은 약간 증가하는 것으로 나타났다.

이상과 같이 열선유속계를 이용한 속도 실험에서 블록핀의 사용으로 그 유량은 감소하지만 주 방향의 속도는 약간씩 증가하고, 그 반대방향의 속도 성분이 감소함으로써 주유동방향과 그 반대 방향의 속도성분이 만나 상쇄되는 효과가 줄어들어 주유동방향으로의 회전력이 더 강화되어 텀블유동이 강화되고 있음을 알 수 있다.

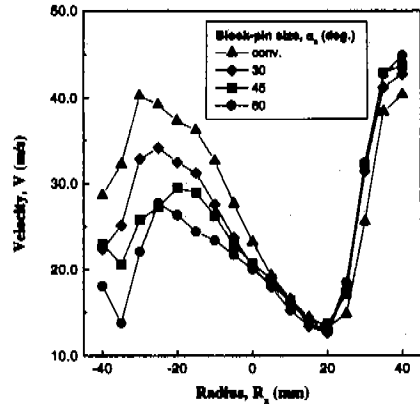
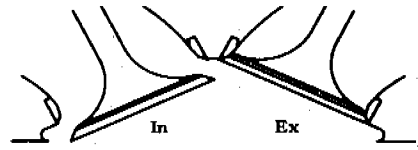


Fig. 10 Velocity in-cylinder with various block-pin at  $Z=25\text{ mm}$ .

#### 4. 결론

연소실 내 유동개선을 위하여 가솔린엔진의 흡기밸브 변형에 의한 정상유동 실험에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 블록핀 부착 밸브를 사용한 경우 유량은 어느정도 감소하지만 텀블 혹은 스웰의 강도는 증가하였다.

(2) 텀블강도는 어댑티의 방향에 따라 강도의 변화가 있으므로 텀블 측정에 있어서 그 방향성의 고려가 필요하다.

(3) 스웰강도는 DOHC에서  $180^\circ$ , SOHC에서  $0^\circ$  에 블록핀을 설치했을 때 가장 커지고, 텀블 강도는 DOHC와 SOHC 모두  $270^\circ$  일 때 가장 커진다.

(4) DOHC에서 블록핀을  $270^\circ$  방향에 설치함으로써, 주유동 방향의 속도는 블록핀의 크기에 따라 조금씩 증가하지만, 그 반대 방향으로의 속도가 크게 감소하여 텀블의 크기가 증가하게 된다.

#### 참고문헌



- (1) C. Arcomanis and Z. Hu, J. H. Whitelaw, 1993, "Steady Flow Characterization of Tumble-Generation Four-Valve Cylinder Heads", *Proc. IMechE*, Vol. 207, pp. 1~9.
- (2) J. B. Heywood, 1987, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill.
- (3) C. M. Ho, et al., 1987, "Turbulence Effects on Early Flame Kernel Growth", *SAE* 872100.
- (4) C. Arcomanis, et al., 1990, "Tumbling Motion : A Measurements for Turbulence Enhancement in Spark-Ignition Engines", *SAE* 900060.
- (5) S. Omori, et al., 1991, "Effect of Intake Port Flow Pattern on the In-Cylinder Tumbling Air Flow in Multi-Valve SI Engines", *SAE* 910477.
- (6) G. T. Graz, 1965, "Development Work on Valve Ports of Four-cylinder Diesel Engines", *AVL Report* No. 128.
- (7) G. Woschni, 1967, "Universally Applicable Equation for The Instantaneous Heat Transfer Coefficient in the Combustion Engine", *SAE* 670931.
- (8) H. H. Bruun, 1995, *Hot-Wire Anemometry Principles and Signal Analysis*, Oxford University Press, New York.