

# 吸排氣 밸브시이트 修正에 依해 機關性能에 미치는 影響

閔 右 泓

Effect on the engine performance by refacing valve seats

Woo-Hong, Min

## Abstract

The valve of internal combustion engine, especially exhaust valve, operates under the severe conditions, and so erosion, wear or cutting occurs at the valve face and seat. In this case valve and seat must be grinded for gastight contact. As the result the valve becomes deeply seated and valve opening area is seriously reduced. By the reduction in the valve opening area the performance of the engine is penalized.

### <目 次>

- |                      |               |
|----------------------|---------------|
| 1. 緒 言               | 4. 性能에 미치는 影響 |
| 2. 밸브 시이트 通過面積과 揚程   | 5. 結 言        |
| 3. 밸브 시이트 修正과 通過面積關係 |               |

## 1. 緒 言

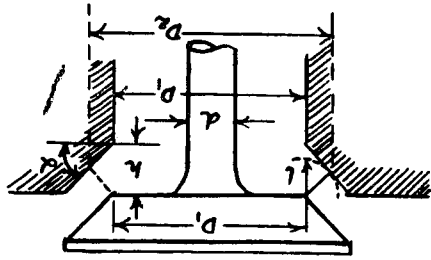
內燃機關의 吸排氣밸브와 시이트는 機關部品中 가장 苛酷한 條件下에서 作動하게 된다. 卽 高壓 高溫의 燃燒가스에 露出되며 또한 作動中 밸브스프링의 張力에 依해 間斷없는 衝擊力을 받아 疲勞로 磨耗가 促進된다. 特히 밸브 face 와 座面은 排氣가스에 含有된 遊離酸素, 鉛, 鹽素, 硫黃, 臭素等의 影響을 받아 腐蝕이 이어나며 座面에는 局部的으로 生成되는 堆積物에 依해 燒損되는 경우가 자주 생긴다. 이런 結果로 밸브와 시이트의 密着狀態가 나빠지며 이를 修正하기 위해 lapping 과 研磨로 reseating 을 하게 된다. 이러한 修正過程이 反復되면 밸브 시이트의 폭이 넓어지고 밸브시이트의 位置가 相當이 내려 가게 된다. 이로인해 밸브의 流通斷面積에 變化를 가져오고 吸排氣의 流通抵抗이 增大한다. 여기서 內燃機關의 吸排氣밸브로 가장 많이 쓰이는 poppet 밸브의 修正으로 유기되는 밸브通過面積의 變化量을 검토하고 이로인한 機關性能에 미치는 影響에 對해 考察하고자 한다.

## 2. 밸브시이트의 通過面積과 揚程과의 關係

밸브 시이트의 通過面積을 밸브 port 의 斷面積에 같게 놓고 밸브의 揚程을 求하는것은 周知의 사실로 그림 1에서

$$\text{밸브 port 의 斷面積 } A_1 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - d^2) \dots \dots \dots (1)$$

밸브 시이트의 通過面積  $A_2 = \pi(D_1 + h \sin \alpha \cos \alpha) h \cos \alpha \dots\dots\dots (2)$



- $D_1$ : 밸브 port 直徑
- $d$ : 밸브 스템 直徑
- $h$ : 밸브의 揚程
- $\alpha$ : 밸브의 角度

여기서  $d = 0.2D_1$  으로 하고  $A_1 = A_2$  되게  $h$  를 決定하면  $\alpha = 45^\circ$  에 對해  $h \cong 0.3D_1$ ;  $\alpha = 30^\circ$  에 對해서는  $h \cong 0.25D_1$  이된다. 實際로는  $h$  를 너무 크게해도 流量은 增加하지 않고 밸브의 慣性力만 커져 정속한 運轉에 장애가 됨으로 高速에서는  $h \cong 0.25D_1$ , 過給低速에서는  $h \cong 0.3D_1$  程度로 밸브揚程을 決定한다<sup>Ⓞ</sup>.

그림 1

高速에서는  $h \cong 0.25D_1$ , 過給低速에서는  $h \cong 0.3D_1$  程度로 밸브揚程을 決定한다<sup>Ⓞ</sup>.

### 3. 밸브시이트 修正에 依한 通過面積의 變化量

밸브의 reseating 에 依해 시이트는 그림 2 와 같은 模樣을 갖게된다.

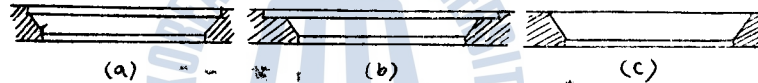


그림 2 弁座의 修正

그림 2 에서 (a) 의 경우는 實質的으로 밸브의 揚程이 減少된것과 같은 結果를 초래함으로 特別한 경우를 제하고는 피해야할 方法이요 (b) 의 경우는 시이트에 堆積物이 잘 고이며 吸排氣의 流動抵抗이 커진다. (c) 의 경우도 역시 流動抵抗이 커진다. 이상 어느 경우이든지 밸브시이트가 내려 앉게된다. 이 경우 밸브 시이트 通過面積變化를 살펴보면 그림 3 에서 밸브 시이트의

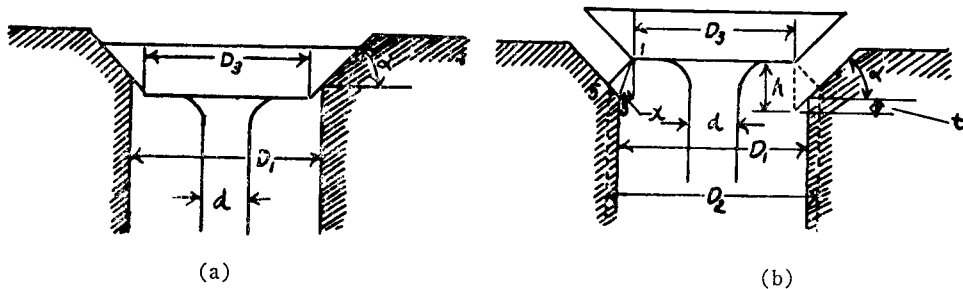


그림 3

通過面積은, 上部斷面の 直徑  $D_3$ , 下部斷面の 直徑  $D_1$ , 傾斜高  $l$  (1-3) 인 [截頭円錐表面으로 생각할수도 있고 또 上部斷面直徑  $D_3$ , 下部斷面直徑  $D_2$ , 傾斜高  $l'$  (1-5) 인 截頭円錐表面으로 생각할수있다.

앞의 경우 밸브 시이트 通過面積  $A_3$  는

$$A_3 = \pi \left( \frac{D_3 + D_1}{2} \right) l$$

吸排氣 밸브 사이트 修正에 依해 機關性能에 미치는 影響

여기서  $D_3 = D_1 - 2x$ ,  $x = \frac{t}{\tan\alpha}$ ,  $D_3 = D_1 - \frac{2t}{\tan\alpha}$ ,

$$l = \sqrt{\left[h - \left(\frac{D_1 - D_3}{2}\right) \tan\alpha\right]^2 + \left(\frac{D_1 - D_3}{2}\right)^2} = \sqrt{(h-t)^2 + \left(\frac{t}{\tan\alpha}\right)^2} \text{ 임으로}$$

$$A_3 = \pi \left(D_1 - \frac{t}{\tan\alpha}\right) \sqrt{(h-t)^2 + \left(\frac{t}{\tan\alpha}\right)^2} \dots\dots\dots (3)$$

$D_3$ : 修正後의 밸브 face 下部直徑

$D_1$ : 밸브 port 直徑

$l$ : 截頭円錐의 傾斜高(1-3)

$\alpha$ : 밸브 각도

$t$ : 修正에 依해 밸브 사이트가 내려앉은 量

위의 경우 傾斜高를 1-5로 보았을때 밸브 사이트 通過面積  $A'_3$ 는

$$A'_3 = \pi \frac{(D_3 + D_2)}{2} l'$$

여기서  $l' = h \cos\alpha$ ,  $D_3 = D_1 - \frac{2t}{\tan\alpha}$ ,  $D_2 = D_1 - \frac{2t}{\tan\alpha} + 2h \cos\alpha \sin\alpha$  임으로

$$A'_3 = \pi \left(D_1 - \frac{2t}{\tan\alpha} + h \cos\alpha \sin\alpha\right) h \cos\alpha \dots\dots\dots (4)$$

이상으로 밸브 사이트의 修正에 依해 밸브 사이트 通過面積은 (2)式에서 (3)式 또는 (4)式으로 變化한다는 것을 알수있다. 그러나 變化量의 增減率를 直接 (2), (3), (4)式으로 比較하기는 밸브치수에 따라 다르므로 例題로 살펴보기로 한다.

(例)

$D_1 = 5\text{cm}$ ,  $d = 0.2D_1$ ,  $\alpha = 45^\circ$ ,  $h = 0.25D_1 = 1.25\text{cm}$  인 밸브를 修正하여 밸브 사이트가 2.5mm 내려 앉었다면

修正前의 사이트 通過面積은 (2)式에 依해

$$A_2 = \pi(5 + 1.25 \times \sin 45^\circ \cos 45^\circ) 1.25 \times \cos 45^\circ = 15.609(\text{cm}^2)$$

修正後의 사이트 通過面積은 (3), (4)式에 依해

$$A_3 = 3.14 \left(5 - \frac{0.25}{\tan 45^\circ} \sqrt{(1.25 - 0.25)^2 + \left(\frac{0.25}{\tan 45^\circ}\right)^2}\right) = 15.36(\text{cm}^2)$$

$$A'_3 = 3.14 \left(5 - \frac{2 \times 0.25}{\tan 45^\circ} + 1.25 \times \sin 45^\circ \cos 45^\circ\right) 1.25 \times \cos 45^\circ = 14.22(\text{cm}^2)$$

이 결과로 밸브 사이트 通過面積은 修正에 依해 減少하며  $A'_3$ 가 最少通過面積이 되고 吸排氣의 流通도  $A'_3$ 에 支配된다는 것을 알수있다.

따라서 사이트 通過面積의 減少率은

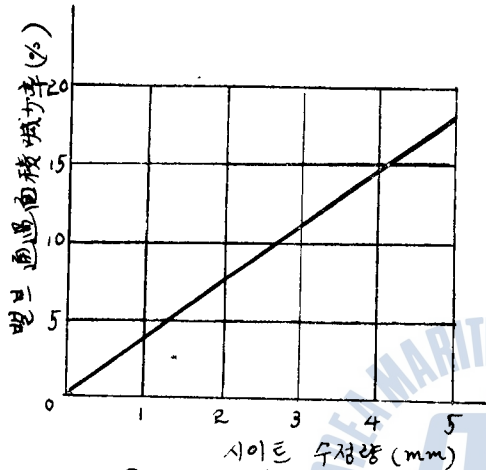
(2), (4)式에 依해

$$\text{通過面積減少率} = \frac{A_2 - A'_3}{A_2} \times 100$$

$$= \frac{\pi(D_1 + h \sin\alpha \cos\alpha) h \cos\alpha - \pi \left(D_1 - \frac{2t}{\tan\alpha} + h \cos\alpha \sin\alpha\right) h \cos\alpha}{\pi(D_1 + h \sin\alpha \cos\alpha) h \cos\alpha} \times 100$$

$$= \frac{2t}{\tan\alpha(D_1 + h\sin\alpha\cos\alpha)} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

(5)式에서 밸브 시이트 通過面積減少率은 밸브角과 揚程이 一定함으로 시이트의 내려앉은 量에 比例한다는 것을 알수있다. 또 밸브角이 30°인 경우는 45°인 경우 보다 같은 修正量에 對해 훨씬 큰 밸브通過面積의 減少率을 나타낸다는 것을 알수있다. 그림 4는 例題의 修正量에 對한 밸브 通過面積減少率을 나타낸 것이다.



시이트 수성량 (mm)  
 $D_1 = 5\text{cm}$ ,  $d = 0.2D_1$ ,  $\alpha = 45^\circ$ ,  $n = 0.25D_1$

그림 4

여기서 피스톤速度  $V_p$ , 크랭크핀速度  $V_c$  와 피스톤 速度係數  $F$  와의 關係式  $V_p = V_c \times F$  에서 求해지며 크랭크핀速度  $V_c$  는  $V_c = 2\pi RN$  ( $R$ : 크랭크半徑,  $N$ : 機關回轉數  $r.p.m$ ), 피스톤 速度係數  $F$  는 表 1 에서 求할수있다.

表 1 피스톤速度係數:  $F = \frac{V_p}{V_c} = \frac{\text{피스톤速度}}{\text{크랭크핀速度}}$

크랭크 角	$\frac{L}{R}=3$	$\frac{L}{R}=3.2$	$\frac{L}{R}=3.4$	$\frac{L}{R}=3.6$	$\frac{L}{R}=3.8$	$\frac{L}{R}=4.0$	$\frac{L}{R}=4.2$	$\frac{L}{R}=4.4$	$\frac{L}{R}=4.5$	$\frac{L}{R}=5$	$\frac{L}{R}=5.5$	$\frac{L}{R}=6$	
T. D. C 0	360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	350	0.231	0.227	0.224	0.221	0.218	0.216	0.214	0.212	0.212	0.208	0.205	0.202
20	340	0.450	0.443	0.437	0.432	0.427	0.423	0.419	0.415	0.414	0.406	0.402	0.396
30	330	0.646	0.637	0.629	0.622	0.615	0.609	0.604	0.599	0.597	0.587	0.579	0.572
40	320	0.811	0.799	0.790	0.782	0.775	0.768	0.762	0.756	0.752	0.742	0.733	0.725
50	310	0.936	0.924	0.915	0.906	0.898	0.891	0.885	0.880	0.877	0.866	0.856	0.849
60	300	1.017	1.007	0.998	0.960	0.683	0.977	0.971	0.966	0.964	0.954	0.946	0.939
70	290	1.053	1.045	1.038	1.032	1.027	1.022	1.018	1.015	1.013	1.005	0.999	0.994
80	280	1.045	1.041	1.037	1.034	1.031	1.029	1.027	1.025	1.024	1.019	1.016	1.014
90	270	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
100	260	0.925	0.929	0.932	0.935	0.938	0.941	0.943	0.945	0.946	0.950	0.952	0.956
110	250	0.827	0.935	0.841	0.847	0.852	0.857	0.861	0.865	0.867	0.874	0.880	0.885

#### 4. 機關性能에 미치는 影響

밸브 시이트 修正에 依한 시이트 通過面積의 減少는 吸氣의 밸브 流入速度와 排氣의 排出速度의 增加를 유발한다. 시이트 通過面積減少에 依한 吸氣의 流入速度는  $V_v = \frac{A_p V_p}{A_v}$  에 依해 理論上 求할수있다.

$V_v$ : 吸氣流入速度,  $A_v$ : 시이트通過面積

$A_p$ : 피스톤面積,  $V_p$ : 피스톤速度

여기서 피스톤速度  $V_p$ , 크랭크핀速度  $V_c$  와 피스톤 速度係數  $F$  와의 關係式  $V_p = V_c \times F$  에서 求해지며 크랭크핀速度  $V_c$  는  $V_c = 2\pi RN$  ( $R$ : 크랭크半徑,  $N$ : 機關回轉數  $r.p.m$ ), 피스톤 速度係數  $F$  는 表 1 에서 求할수있다.

吸排氣밸브시이트 修正에 依해 機關性能에 미치는 影響

120	240	0.715	0.725	0.734	0.742	0.749	0.755	0.761	0.766	0.768	0.778	0.786	0.793
130	230	0.596	0.608	0.617	0.626	0.634	0.641	0.652	0.647	0.655	0.666	0.676	0.683
140	220	0.475	0.486	0.495	0.603	0.511	0.518	0.524	0.530	0.532	0.543	0.553	0.560
150	210	0.354	0.363	0.371	0.378	0.385	0.391	0.396	0.401	0.403	0.413	0.421	0.428
160	200	0.234	0.241	0.247	0.252	0.257	0.261	0.265	0.269	0.270	0.277	0.282	0.288
170	190	0.117	0.120	0.123	0.126	0.129	0.131	0.133	0.135	0.136	0.139	0.143	0.145
BDC 180	180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

L : 連接棒길이 R : 크랭크 半徑

吸氣의 流入速度增加는 體積效率에 影響을 미치며 이 關係는 溫度, 壓力, 壓縮比, 吸氣管의 脈動效果 및 慣性效果, 排氣管의 形狀, 機關回轉數等 많은 要因에 依해 '大端이 複雜해져 正確한 關係式을 유도하기는 困難하며 이의 近似的關係를 그림 5에 表示하였다.

排氣밸브 通過面積減少는 排氣의 blow down 損失를 減少시키고 行程損失를 增加시킨다. 이 關係는 排氣의 流出速度, 排氣밸브의 進角, 機關回轉數, 吸排氣管의 形狀等 여러가지 要因에 影響을 받아 一律的인 關係를 求하기는 困難함으로 앞으로 研究할 課題이다.

實驗的으로는 指壓線圖(그림 6)에 依해 比較檢討할수있다.

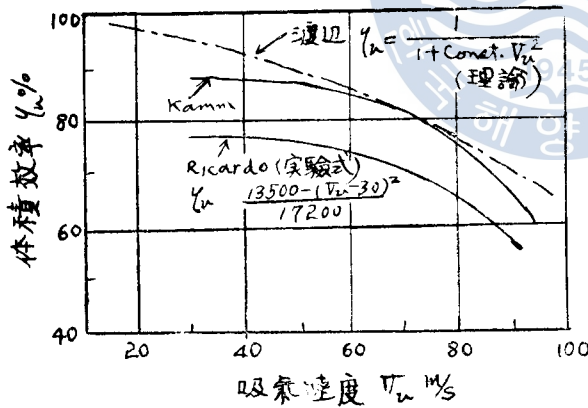
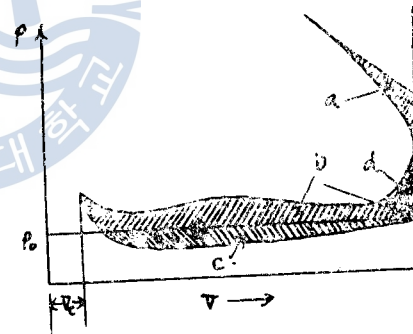


그림 5 吸氣速度와 體積效率



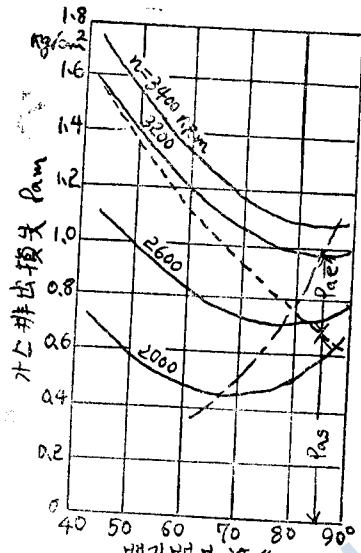
a : 排氣 blow down loss  
b+d : 排氣行程損失

그림 6 排氣過程의 損失

또한 排氣밸브의 通過面積의 減少는 結果的으로 排氣의 blow down 期間을 길어지게함으로 排氣밸브의 進角을 적게준것과 같은 結果임으로 排氣밸브進角과 排出損失間의 關係에서 比較檢討할 수 있다. 이 關係는 參考로 그림 7에 表示했으며 이 線圖에서 排氣밸브通過面積의 減少는 거이 直線의 比例로 排出損失를 增加시킨다.

## 5. 結 言

1. 밸브 시이트의 修正은 밸브 流通面積을 減少시키며 減少率은 修正量에 正比例하고 밸브角



배기밸브 진행  
 $P_{ae}$ : blow down loss  
 $P_{ac}$ : 行程損失

그림 7

이 45°일때 보다 30°일때 훨씬크다.

2. 吸氣밸브 流通面積의 減少는 體積效率 및 充塡效率의 低下를 초래하며 最大出力도 減少한다. 排氣밸브 流通面積의 減少는 排氣의 blow down 損失를 減少시키나 行程損失이 보다 더 增加하여 排出損失은 增加한다. 正確한 關係는 앞으로 研究할 課題이다.

3. 밸브시이트의 修正量이 크면 機關의 性能이 크게 低下함으로 밸브시이트링을 交換하거나 다시 해 끼우는 것이 좋다.

參考文獻

- ① 長尾不二夫 內燃機關講義
- ② J. A. Polnon Internal combustion engines.
- ③ 門馬孝吉 自動車整備全書
- ④ 山海堂 火花点火機關