

# CAM 輪廓曲線의 磨耗變形에 對한 考察

閔 右 泓

## A Study on the Deformation of Cam Profile by Wear

By

Min Woo-Hong

### 目 次

- |                |                  |
|----------------|------------------|
| 1. 序 言         | 4. 輪廓曲線變形에 따른 影響 |
| 2. 切線CAM의 運動特性 | 5. 結 言           |
| 3. 運動特性線圖와 磨耗度 |                  |

### Abstract

Most manufacturers of engine provide anti-wear treatment on the cam surface. However the long period of operation, the poorness of lubrication or the defect of cam material results in considerable wear of cam, and so the cam profile comes to differ from the one originally designed. This follows inevitably the deterioration of engine performance. In this paper, the changes of motion characteristics of cam resulting from its wear are studied, and the effects of engine performance following by cam wear are stated.

### 1. 序 言

內燃機에서 CAM은 運轉中 從動部와의 接觸面에서 摩擦力과 衝擊力에 의해 磨耗를 招來하여 CAM 輪廓曲線에 變形을 가져온다. 이러한 變形은 바로 機關性能에 影響을 미치므로 製作時 耐磨耗策이 여러가지로 강구되고 있다 그러나 機關의 長期使用, 潤滑法의 不充分 및 材質缺陷等要因에 의해 相當한 磨耗가 일어났을 境遇는 設計時의 輪廓曲線이 變形되어 吸, 排氣밸브의 開閉角度, 吸氣의 體積效率, 燃料噴射開始時期, 噴射壓力, 및 燃燒狀態等に 影響을 미친다. 이러한 變形에 의한 機關性能의 低下는 CAM을 가리 기므로 根本的으로 改善할 수 있으나 그렇지 못할 境遇에는 밸브開閉時期, 燃料噴射時期等を 再調整 할 必要가 생긴다.

이와 같은 機關의 性能低下 原因이 되는 CAM의 輪廓曲線磨耗變形을 CAM의 運動特性에 의해 考察하고 從動部の 作動時期再調整基準에 對해 概述하고자 한다.

### 2. 切線CAM의 運動特性

內燃機關의 使用하는 여러가지 CAM中 代表的인, 從動부에 코오리가 달린 切線 CAM의 運

動 特性을 살펴보면

그림1에서

$R_1$  : CAM의 基圓의 半徑

$R_2$  : 頂圓의 半徑

$R_3$  : 로오리 半徑

$h_m$  : 從動部の 最大揚程

$\omega$  : CAM의 回轉角速度

$F$  : 基圓中心과 頂圓中心間의 거리

$\phi$  : 從動部가 作動하기 始作하여 揚程이 最大에 達할때 까지의 CAM의 回轉角度

$\alpha$  : 從動部の 作動角이라 하면

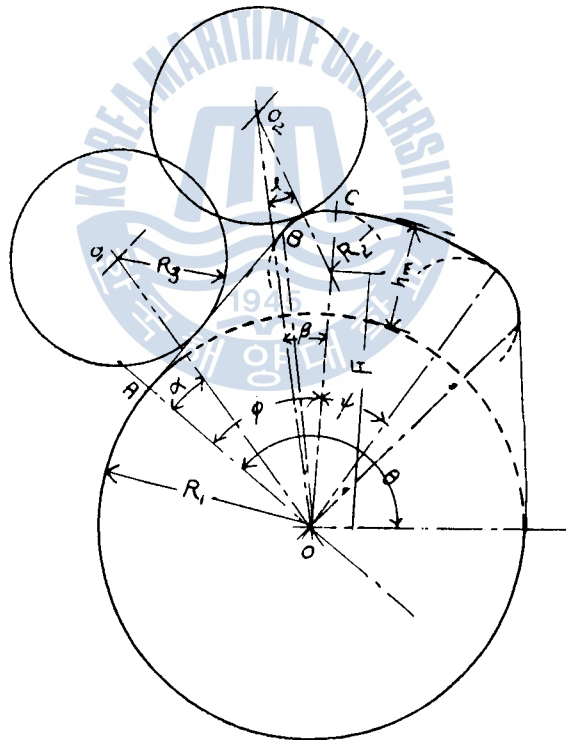


그림 1 切線 CAM

$$F \cos \phi = R_1 - R_2, \quad F = R_1 + h_m - R_2, \quad R_3 = R_1 - h_m \frac{\cos \phi}{1 - \cos \phi} \text{ 이므로}$$

$$\cos \phi = \frac{R_1 - R_2}{R_1 + h_m - R_2} \dots \dots \dots (1)$$

即 輪廓曲線上的 基圓과 頂圓部分의 磨耗은 CAM의 作用角(벨브에서는 開閉角)에 變化를 가

저온다.

로오리가 輪廓曲線의 Flank (AB)와 接觸할때의 運動特性을 살펴보면  
그림1에서

$$OO_1 = \frac{R_1 + R_3}{\cos \alpha} \text{ 임으로 從動部の 揚程 } h \text{ 는}$$

$$h = OO_1 - (R_1 + R_3) = (R_1 + R_3) \left( \frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) \text{ 임으로}$$

$$h = \frac{R_1 + R_3}{\cos \alpha} - (R_1 + R_3) \dots \dots \dots (2)$$

로오리 간격(e)를 考慮하면

$$h = \frac{R_1 + R_3}{\cos \alpha} - (R_1 + R_3 + e) \dots \dots \dots (2')$$

CAM의 磨耗는 接觸面에 미치는 힘과 衝擊力에 關係됨으로 從動部の 速度, 加速度, 跳躍度 (jerk)를 求하하여 보면

$$\text{Flank 에서의 速度 } V \text{ 는 } V = \frac{dh}{dt} = \frac{dh}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt} \text{ 임으로}$$

$$\text{②式과 } \frac{d\alpha}{dt} = \omega \text{ 에서}$$

$$V = (R_1 + R_3) \omega \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{加速度 } a \text{ 는 } a = \frac{d^2 h}{dt^2} \text{ 임으로}$$

$$a = (R_1 + R_3) \omega^2 \frac{1 + \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{跳躍度 } p \text{ 는 } p = \frac{d^3 h}{dt^3} \text{ 임으로}$$

$$p = \omega^3 (R_1 + R_3) \frac{\sin \alpha (2 + \sin^2 \alpha)}{\cos^4 \alpha} \dots \dots \dots (5)$$

頂圓에서의 從動部の 揚程, 速度, 加速度, 跳躍도를 求하며는

그림1에서

$$\frac{OO_2}{\sin(\beta + \gamma)} = \frac{R_2 + R_3}{\sin \alpha} \text{ 임으로}$$

$$OO_2 = (R_2 + R_3) \frac{\sin(\beta + \gamma)}{\sin \beta} = (R_2 + R_3) (\cos \gamma + \cot \beta \sin \gamma)$$

$$\text{또한 } \frac{F}{\sin \gamma} = \frac{R_2 + R_3}{\sin \beta} \text{ 임으로}$$

$$\cos \gamma = \left\{ 1 - \frac{F^2 \sin^2 \beta}{(R_2 + R_3)^2} \right\}^{1/2}$$

윗式을 整理하면

$$OO_2 = \{ (R_2 + R_3)^2 - F^2 \sin^2 \beta \}^{1/2} + F \cos \beta$$

따라서 이때의 揚程  $h'$  는

$$h' = OO_2 - (R_1 + R_3) = \{(R_2 + R_3)^2 - F^2 \sin^2 \beta\}^{1/2} + F \cos \beta - (R_1 + R_3) \dots \dots \dots (6)$$

從動部の 速度  $V'$  는  $V' = \frac{dh'}{dt} = \frac{dh'}{d\beta} \cdot \frac{d\beta}{dt}$ ,  $\frac{d\beta}{dt} = -\frac{d\alpha}{dt} = -\omega$  임 으로

⑥式에서

$$V' = \frac{dh'}{dt} = F\omega \left[ \frac{\sin 2\beta}{2\{(R_2 + R_3)^2/F^2 - \sin^2 \beta\}^{1/2}} + \sin \beta \right] \dots \dots \dots (7)$$

加速度  $a'$  는  $a' = \frac{d^2h'}{dt^2} = \frac{d^2h'}{d\beta^2} \left( \frac{d\beta}{dt} \right)^2 = -\omega^2 \frac{d^2h'}{d\beta^2}$  임 으로

$$a' = \frac{d^2h'}{dt^2} = -F\omega^2 \left[ \frac{\sin^4 \beta + (R_2 + R_3)^2 \cos 2\beta / F^2}{\{(R_2 + R_3)^2/F^2 - \sin^2 \beta\}^{3/2}} + \cos \beta \right] \dots \dots \dots (8)$$

跳躍度  $p'$  는

$$p' = \frac{d^3h'}{dt^3} = F\omega^3 \left[ \frac{\sin^3 \beta \cos \beta (8k^2 - \sin^2 \beta) - k^2 \sin \beta \cos \beta (4k^2 - 3\cos^2 \beta)}{(k^2 - \sin^2 \beta)^{5/2}} - \sin \beta \right] \dots \dots \dots (9)$$

⑨式에서  $k = \frac{R_2 + R_3}{F}$  임

以上 ②, ⑥式에서 從動部の 揚程은 輪廓曲線의 磨耗變形뿐만 아니라 로오리의 磨耗에도 關係된다는 것을 알 수 있다.

또한 ④, ⑤, ⑧, ⑨式은 輪廓曲線의 磨耗變形에 對한 從動部の 加速度, 跳躍度の 變化關係를 나타낸다.

### 3. 運動特性線圖와 磨耗度

CAM의 輪廓曲線의 磨耗度を 基圓部分과 Flank 및 頂圓 두 部分으로 區分하여 [하여보면

$W$ : 從動部の 自重

$P$ : 從動部の 스프링張力

$\alpha$ : Flank에서의 CAM 回轉角(그림1 참조)

$\gamma$ : 頂圓에서의 CAM 回轉角(그림1 참조)

$a$ : 從動部の 加速度

$p$ : 從動部の 跳躍度

$F_v$ : CAM 接觸面에 수직으로 作用하는 힘

$g$ : 重力에 依한 加速度이라 할때

基圓部分에서 接觸面에 수직으로 作用하는 힘  $F_v$ 는  $F_v = \frac{W+P}{g}$  임으로 다른 要因을 考慮치 않는 限 磨耗는 全基圓에 均一하게 일어난다.

Flank 및 頂圓部分에서는  $F_v = \frac{W+P}{g} \cos \alpha \cdot a$ ,  $F_v' = \frac{W+P}{g} \cos \gamma \cdot a'$  이며 이것과 跳躍度  $p$ 의 復合要因에 依해 磨耗度가 決定되며 CAM의 回轉角에 따라 磨耗도가 相違하다는 것을 알 수

(5)  
있다.

이러한 關係를 다음과 같은 實例로 線圖에 依해 表示하여 본다.

[例] r. p. m 1200인 4싸이클기관의 排氣밸브가 下死點 53°에서 열리고 上死點後 9°에서 닫치  
며, 밸브의 最大揚程  $h_m = 14$  mm, 最大揚程에서 머무르는 期間이 없고, CAM의 基圖直  
徑이 37 mm, 로우러기 直徑 26 mm 일때  $\phi$ 는 ①式에 依해 60.5°가 되고  $\omega = 62.8$  rad/s  
가 된다. 이 밸브의 運動特性線圖를 그려보면 그림2와 같이된다.

이 線圖에서 로우러의 磨耗에 依한 影響을 알기 爲해 同一한 條件에서 로우러의 直徑이 40  
mm인 밸브의 運動特性도 같이 表示하였다.

그림3은 Flank와 頂圓接觸面에 作用하는 힘을 比例尺度로 表示하였고, 그림4는 이部分의 跳  
躍度를 比例尺度로 表示하였다.

CAM의 磨耗는 接觸部의 相對速度에 따른 摩擦係數, 材質, 作動溫度, 潤滑方式等 여러 要因  
에 影響을 받으므로 一律的인 關係를 나타내기는 困難하나 그림3, 그림4에 依해 輪廓曲線의 位  
置에 따른 磨耗度는 大略推測할 수 있다.

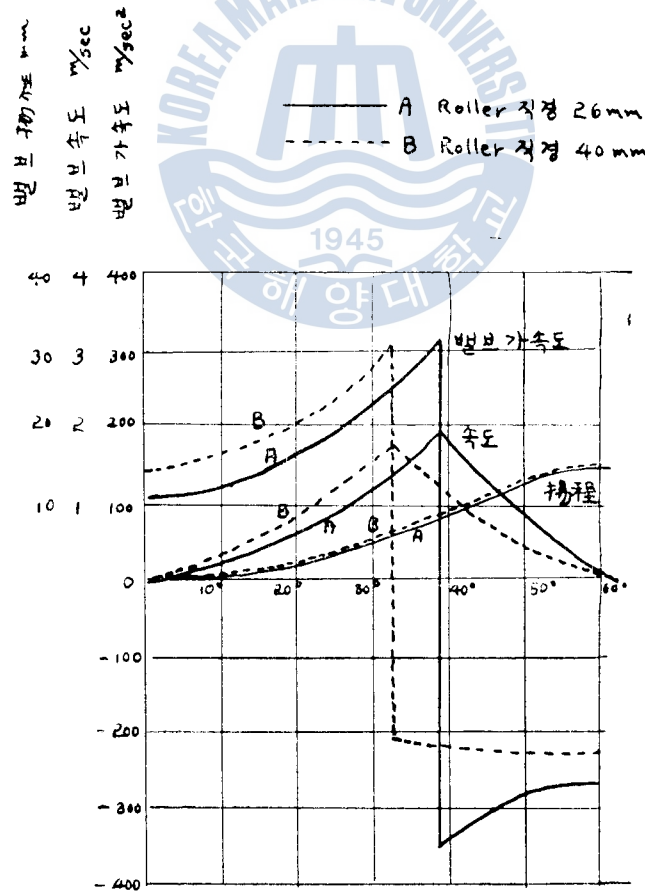


그림 2 밸브의 運動特性線圖

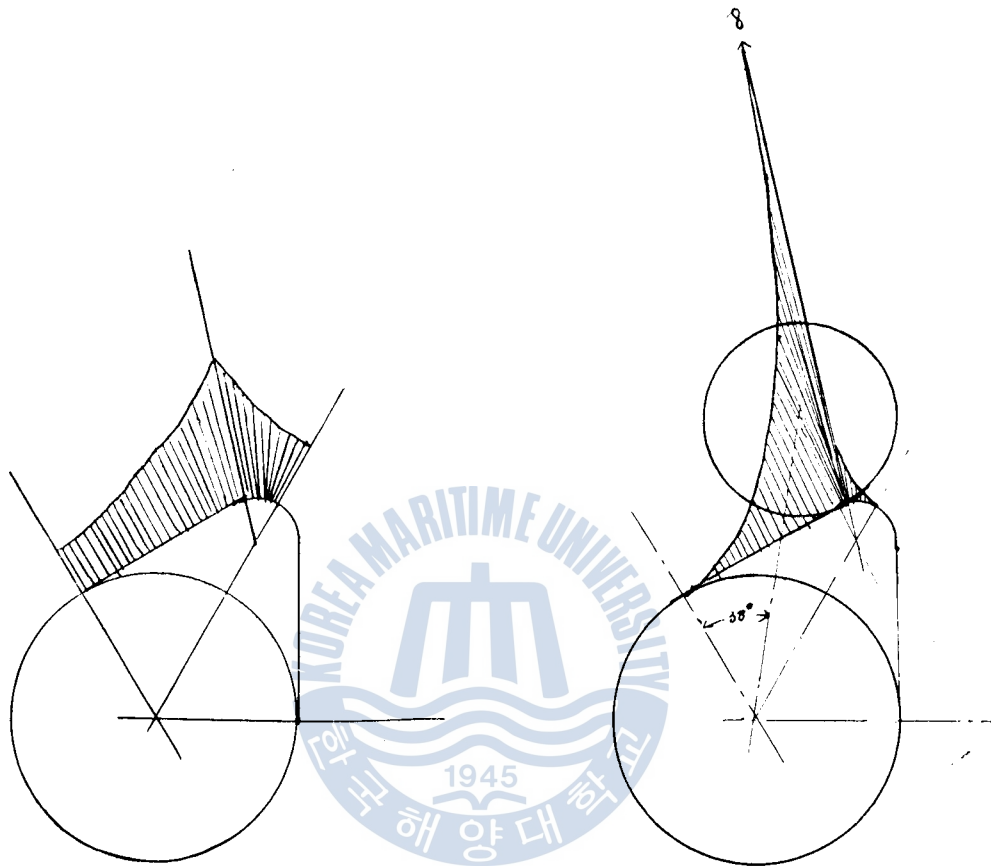


그림 3 輪廓曲面에 作用하는 힘

그림 4 跳躍度

#### 4. 輪廓曲線變形에 따른 影響

前記 ①, ②, ⑥式에 依해 內燃機關에서는 吸, 排氣瓣브의 開閉角度 및 時期, 揚程, 瓣브의 overlap 等の 變動을 招來한다.

吸氣瓣브의 開閉角度, 揚程, overlap 의 減少는 吸氣의 體積效率를 低下시키고 開弁時期의 變動은 吸氣의 壓縮開始時期 變動으로 慣性效果에 影響을 미친다.

排氣瓣브의 開閉角度 및 時期의 變動은 排氣의 掃氣效率과 排出損失에 影響을 미친다.

燃料펌프의 플런저 驅動用 CAM 에서는 噴射時期, 噴射壓力, 플런저의 揚程等에 變動을 招來하여 燃料의 噴霧狀態, 點火지연, 燃燒最高壓力, 平均有效壓力 等に 直接的으로 影響을 미친다

#### 5. 結 言

① CAM 의 輪廓曲線의 磨耗는 頂圓部分에서 크며 特히 變曲點에서는 跳躍도가 無限大로 되

여 가장 클하다는 것을 運動特性線圖에 依해 推測할 수 있다.

- ② CAM 面의 磨耗 뿐만 아니라 로우리의 磨耗에도 揚程의 變動을 가져와 機關性能에 影響을 미친다.
- ③ 磨耗에 依한 開弁角度가 變動은 基準值의 瓣브간격을 再調整함으로 어느 程度 機關性能을 改善시킬 수 있다.
- ④ 磨耗에 依해 CAM의 作用時期가 變動 되었을 境遇는 機關性能에 미치는 重要度を 考慮하여 吸氣瓣브에서는 닫히는 時期에, 排氣瓣브와 始動瓣브는 열리는 時期에, 燃料펌프의 플런저는 噴射開始時期에 基準을 두어 調整해야 한다.

### 參考文獻

- 兪玉重幸    데이젤機關의設計と調整
- 長夫        內燃機關講義
- 山海堂     데이젤機關(1)
- "        內燃機關 1966. 9
- 徐載珍     機構學
- Polson     Internal Combustion Engine



