

# 평면 캠 정밀 가공 기술에 관한 연구

## A Study on Machining Information Analysis of Plate Cam

\*#조인영<sup>1</sup>, 심무용<sup>2</sup>, 신중호<sup>3</sup>, 권순만<sup>4</sup>

\*# I. Y. Cho(theincy@gmail.com)<sup>1</sup>, M. Y. Sim<sup>2</sup>, J. H. Shin<sup>3</sup>, S.M.Kwon<sup>4</sup>  
<sup>1,2</sup> 창원대학교 기계설계공학과 대학원, <sup>3,4</sup> 창원대학교 기계설계공학과

Key words : Bi-arc method, Plate cam mechanism, Machining information analysis

### 1. 서론

공작기계, 내연기관 및 자동이송장치 등의 구동 시스템에 이용되는 평면 캠 기구는 구동축의 회전에 대해 출력축의 운동을 특정 함수로 구성하는데 매우 용이하며 작은 공간에서 다양한 운동을 발생시킬 수 있는 접촉운동기구로서 정확한 운동전달 장치이다. 일반 링크시스템에 비해 기구의 구조가 간단하고 구성부품의 수가 적은 장점을 가지고 있지만 정확한 형상설계와 가공이 어려운 단점을 가지고 있어 정확한 가공정보의 확보는 캠 기구의 응용에 있어서 매우 중요한 부분이다.

본 논문에서는 평면 캠 기구의 형상을 순간속도중심법이나 상대속도법을 이용하여 설계하고, 측면 공구 절삭을 위한 Bi-arc 곡선 보간법을 사용하여 평면 캠 가공의 정밀도를 확보하고, 평면 캠의 가공 데이터 수를 줄여 적은 양의 정보로도 평면 캠의 정밀 가공이 가능한 가공 정보의 처리 및 분석에 목표를 둔다.

### 2. Bi-arc 곡선 보간법의 정의

Bi-arc 곡선 보간법은 접선이 주어진 임의의 두 점 사이에 주어진 접선에 접하면서 공통 접선을 갖는 두 개의 원호를 생성하여 두 점을 곡선으로 연결하는 방법이다. Bi-arc에 의해 구성되는 두 개의 원호는 그 접점에서 같은 곡률 중심축선 상에 위치하며 같은 접선방향을 갖는 특징이 있다.

본 논문에서는 두 점을 잇는 선과 두 점을 지나는 각각의 원호의 법선으로 구성되는 법선각을 이용하여 Bi-arc curve를 묘사하고자 한다. Fig. 1은 일반적인 Bi-arc curve를 법선각의 특성에 따라 네 가지로 구분하여 제시하였다. (a) Case 1과 (b) Case 2는 중심이 같은 방향에 있는 형태이며, (c) Case 3과 (d) Case 4는 중심이 서로 다른 방향에 있는 형태로 두 점 사이에서 변곡점이 발생되는 형태이다. 두 점의 연결선과 각 점에서의 원호 중심방향선으로 형성되는 법선각은 항상 예각이며, 원호의 내부를 향한다.

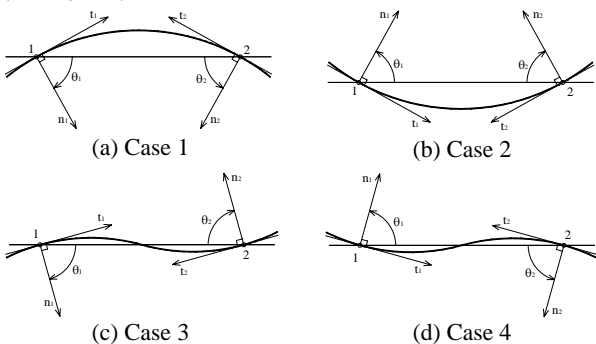


Fig.1 Types of Bi-arc Curves

Fig. 1의 각 형태에 대한 Bi-arc 곡률 반경을 결정하는 관계식을 정리하면 Case 1과 Case 2에 대해서는 식(1)로 제시할 수 있으며, Case 3과 Case 4에 대해서는 식(2)로 제시할 수 있다.

$$2R_1R_2(\cos\theta_1\cos\theta_2 + \sin\theta_1\sin\theta_2 + 1) - 2L(R_1\cos\theta_1 + R_2\cos\theta_2) + L^2 = 0 \quad (1)$$

$$2R_1R_2(\cos\theta_1\cos\theta_2 + \sin\theta_1\sin\theta_2 - 1) - 2L(R_1\cos\theta_1 + R_2\cos\theta_2) + L^2 = 0 \quad (2)$$

$$- 2L(R_1\cos\theta_1 + R_2\cos\theta_2) + L^2 = 0$$

### 3. 캠 형상 가공용 입력 정보의 생성

평면 캠 형상의 정밀 가공을 위한 정보를 결정하기 위해 필요한 기초 정보인 가공용 입력 정보를 생성하기 위해 캠 형상의 정보를 입력받아 이용해야 한다. 평면 캠 형상의 정보로는 캠 형상의 좌표와 설계 정보를 이용하는 경우와 일반적으로 생산 현장에서 주어지는 캠 형상의 좌표를 이용하는 두 경우가 있다. 캠 형상의 설계 정보를 이용하는 경우에는 캠의 형상 좌표와 기구 특성 정보, 중동절의 정보 등을 가지고 있으며, 중동절의 운동 형태와 모양에 따라서 Fig. 2의 네 가지 종류로 분류된다. 캠 형상의 좌표를 이용하는 경우에는 중동절의 종류와 운동에 상관없이 캠 형상의 좌표(x,y) 값만을 가지고 있다.

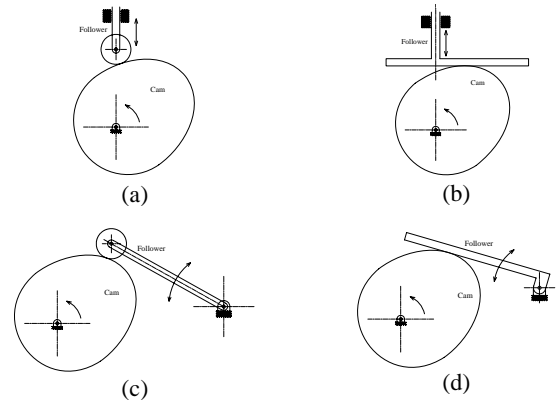


Fig.2 Types of Plate Cam Mechanisms

캠 형상 가공용 입력 정보는 캠의 형상좌표  $x, y$ 와 좌표의 회전각  $\theta_c$ , Bi-arc curve를 묘사하기 위한 법선각인 중심안내각  $\theta$ 을 구하는데 필요한 각인 내부경사각으로 구성되어져 있다.

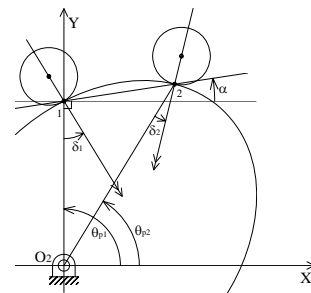


Fig.3 Internal Slope Angles

임의의 두 점 사이에 발생되는 내부 경사각  $\delta$ 는 Fig. 3과 같이 각각의 점에서 정의되며, 캠의 중심과 접촉점을 잇는 직선과 각각의 접촉점에서 원호의 중심을 향하는 중심방향선에 의한 각도를 의미한다. Bi-arc curve를 정의하기 위하여 Bi-arc를 적용할 좌표의 구간을 요구되는 위치로 정렬시켜 각 좌표의 x축에 대한 위치각  $\theta_p$ 와 구간의 두 점의 기울기각  $\alpha$ 를 정의한다.

### 4. Bi-arc 곡선 보간법의 적용

Bi-arc 구간을 구성하는 두 개의 점에서 캠의 중심부를 향하는 각도를 캠 형상 안내각  $\Omega$ 로 정의하고, 이는 각 점에서의 내부경사각  $\delta$ 와 위치각  $\theta_p$ , 기울기각  $\alpha$ 의 기하학적인 관계를 이용하여 식(3)으로 정의된다.

$$\Omega_1 = \delta_i + \theta_{p1} - \alpha \tag{3a}$$

$$\Omega_2 = \delta_j + \theta_{p2} - \alpha + 180^\circ \tag{3b}$$

Fig. 4에서 중심안내각  $\theta$ 는 캠 형상 안내각의 범위에 따라 캠 형상 안내각이 예각일 때는 식(4)로 정의되고, 둔각일 때는 식(5)로 각각 정의된다.

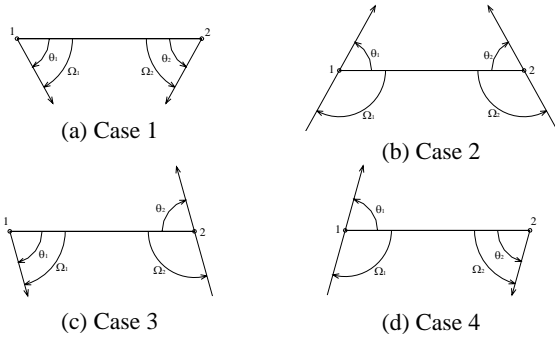


Fig.4 Center Guide Angles in Bi-arc Sections

$$\theta_1 = \Omega_1 \tag{4a}$$

$$\theta_2 = \Omega_2 \tag{4b}$$

$$\theta_1 = \Omega_1 + 180^\circ \tag{5a}$$

$$\theta_2 = \Omega_2 - 180^\circ \tag{5b}$$

Fig. 5에서 Bi-arc에 의한 원호의 반경은 원호의 중심이 서로 같은 방향에 존재하는 경우와 서로 다른 방향에 존재하는 경우에 대하여 각각 식(6)과 식(7)으로 정의된다.

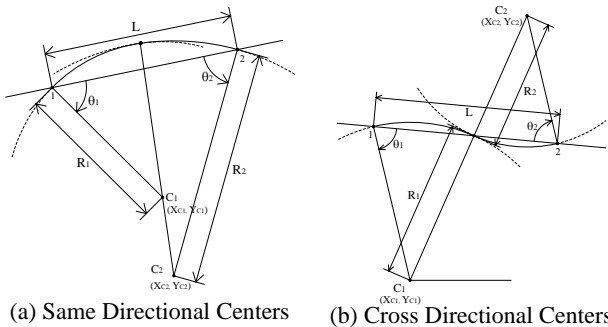


Fig.5 Radii of Bi-arc Curves

$$R_1 = \frac{L[\cos\theta_2 \pm \sqrt{1/2[1 - \cos(\theta_1 + \theta_2)]}]}{Z_1} \tag{6a}$$

$$R_2 = \frac{2LR_1\cos\theta_1 - L^2}{2(Z_1R_1 - L\cos\theta_2)} \tag{6b}$$

$$R_1 = \frac{L[\cos\theta_1 + \theta_2/\theta_1\cos\theta_2 \pm \sqrt{(\cos\theta_1 + \theta_2/\theta_1\cos\theta_2)^2 - 2\theta_2/\theta_1Z_2}]}{2\theta_2/\theta_1Z_2} \tag{7a}$$

$$R_2 = R_1 \frac{\theta_2}{\theta_1} \tag{7b}$$

Bi-arc에 의한 두 원호의 중심을 결정하면 두 원호의 공통 접점인 중간점 S의 좌표는 정의된다. 중심을 연결하는 직선의 경사각  $\theta_s$ 를 정의하면 Fig. 6과 같이 도시되며 Bi-arc 구간의 중간점 S는 식(8)로 정의된다.

$$S_X = X_{c1} + R_1\cos\theta_s \tag{8a}$$

$$S_Y = Y_{c1} + R_1\sin\theta_s \tag{8b}$$

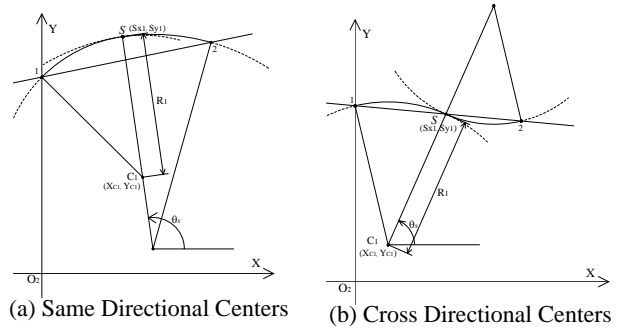


Fig.6 Common Points on Bi-arc Curve

캠의 형상 가공을 위한 정보를 효율성을 향상시키기 위하여 가공정보의 양을 최소화하기 위하여 허용공차 이내의 원호반경을 가지는 Bi-arc 구간 내의 점들을 제거하면서 평면 캠의 정밀 가공용 데이터를 감소시킬 수 있다.

### 5. 적용 예

제시된 Bi-arc 곡선 보간법을 실제 캠의 형상 좌표에 적용한 결과를 Fig. 7에 도시하였다. Fig. 7 (a)의 초기 360개의 캠 형상의 좌표가 (b)의 110개의 데이터로 감소하였으며, 기존의 캠의 형상과 비교하여 그 정확성과 정밀도를 검증하였다.

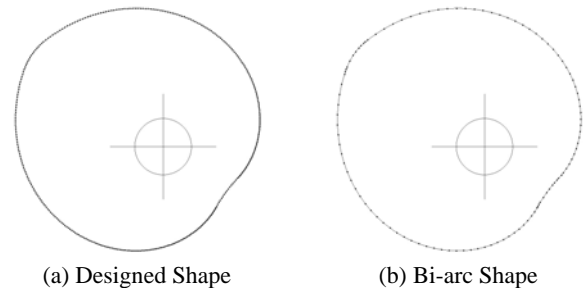


Fig.7 Shape of Cams for Machining Process

### 4. 결론

본 논문에서는 평면 캠의 정밀가공을 위해 Bi-arc 곡선보간법을 이용한 캠 가공정보를 정의하고, 적용 예로 실제 생산현장에서 주어지는 캠 형상의 좌표를 이용하였다. 적용된 예시와 같이 실제 캠의 형상과 추출한 가공정보는 그 오차가 매우 미세하여 정확함을 알 수가 있다. 또한 가공정보의 길이 또한 기존 정보의 길이의 30.6% 수준으로 감소하여 그 효율 또한 뛰어난 것으로 판단되어 적은 양의 정보로도 평면 캠의 정밀 가공이 가능할 것으로 예상된다.

### 후기

이 논문은 산업자원부의 지역특화기술개발사업과 한국산업기술재단의 지역혁신 인력양성사업의 지원 사업을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 신중호, 권순만, 조인영, 김종찬, 강한성, "Bi-arc법을 이용한 평면캠의 정밀 가공 기술에 관한 연구," 한국정밀공학회 학술논문집, pp.223-224, 2006.
2. 조인영, 신중호, "평면캠 가공 정보분석에 관한 연구," 한국공작기계학회 학술논문집, pp.151-156, 2006.