

3축 CNC 선반에서 대형스크류 가공을 위한 CL데이터의 계산*

이 원 규
기계공학부

<요 약>

플라스틱 압출기의 소재압축 및 운반 또는 단순소재운반 기계 등에 사용되는 대형 스크류의 가공은 주로 2축선반 또는 3축선반상에서 가공된다. 이와 같은 대형스크류의 형상정의가 스크류 축의 수직단면 형상에 의해 이루어지는 경우 일반적으로 앤드밀 종류의 회전공구를 사용하여 3축 이상의 선반에서 가공하여야 하며 그 형상에 따른 수 많은 공구위치(CL)데이터의 계산이 필요하다. 본 논문은 3축선반(C축포함)에서 볼엔드밀을 사용하여 대형스크류를 가공할 경우 그 가공과정과 관련하여 CC점의 선정 및 그 점으로부터 가공공구의 CL데이터의 산출을 소개하고 있다.

Calculation of CL data for large screw machining on 3-axis CNC lathe

Won-Kyu Lee
Dept. of Mechanical and Automotive Engineering

<Abstract>

NC machining of a large screw which is usually used as a part in an extruder for injection molding is done on 3-axis turning machine. When the shape definition of such a large screw is carried on about the axial cross section view of the screw, it must be machined with rotational tool of endmill type on the machine of more than

* 본 논문은 1998년도 교내연구비의 지원으로 이루어짐.

3-axis, and large amount of cutter location data are required. This paper describes the calculation of the cutter location data for screw machining with a ball endmill on a CNC lathe together with CC point selection.

1. 서론

대부분의 기계부품들은 재래식의 2축 선반을 포함하여 CNC선반에서 가공이 이루어지고 있다. 이 부품들의 형상은 고정공구를 사용한 회전체가 주를 이루고 있으며, 회전공구를 사용할 때 더욱 다양한 가공형상을 가공할 수 있다. 고정공구를 사용한 회전체 형상의 가공에서는, 주로 소재의 회전축을 포함하는 단면에 나타나는 부품의 형상으로 가공형상정의를 하고 있으며, 이런 형상의 가공은 단일절삭날을 갖는 고정공구만의 사용으로 충분하다. 그러나 동일단면의 회전으로 구성되지않는 스크류와 같은 형상의 부품은 선반에 일반적으로 제공되는 스크류가공기능만으로는 가공이 곤란한 경우가 많다. 특히 스크류의 형상이 소재의 회전축에 수직한 단면상에서 정의될 때 그 가공은 2축 선반에서는 불가능하고 C축을 갖는 3축 이상의 선반에서도 회전공구의 사용으로만 가능하다.

비록 3축 선반에서 단면형상 정의에 의한 스크류의 가공이 가능하다 하더라도 이에 따르는 한가지 문제점은 정의된 형상의 스크류를 가공하는데 수 많은 공구위치 데이터가 요구된다는 점이다. 이와 같은 문제점을 갖는 경우의 가공은 당연히 CNC 선반의 사용을 요구하게 되며 따라서 정의된 스크류의 단면형상에 적합한 공구위치 데이터의 자동산출을 위한 시스템을 요하게 된다. 일반적으로 CNC 공작기계에서의 가공을 위한 공구의 위치데이터 산출에는 CAD/CAM시스템이 많이 사용되고 있으므로 당연히 이들의 활용을 생각해 볼 수 있다. 그러나 이들 대부분은 범용 시스템들로서^(5,6,7) 스크류의 가공에는 적합하지 않다. 물론 범용의 CAD시스템에서도 스크류의 형상을 모델링할 수는 있다. 그러나 이렇게 구성된 모델로부터 가공을 위한 공구위치 데이터의 산출에는 사용되는 가공기계 및 가공방식의 다양성 때문에 범용시스템화 하기에 곤란하다. 따라서 스크류의 가공을 위한 전문 소프트웨어가 요구되며 이런 소프트웨어에는 필히 가공프로그램에 요구되는 공구위치 데이터의 자동산출 기능이 요구된다.

본 논문은 이와 같은 축 수직단면정의에 의한 스크류의 가공에 필요한 전문 소프트웨어의 개발에 필수적인 공구위치 데이터의 자동산출을 위해 스크류의 단면형상들의 분류 및 계산방법에 대해 소개한다.

2. 축수직단면의 형상정의에 의한 스크류의 형태분류

먼저 축수직단면의 형상정의에 의한 스크류의 여러 가지 형태를 살펴보면 그림 1과 같이 그 특징에 의해 분류할 수 있다.

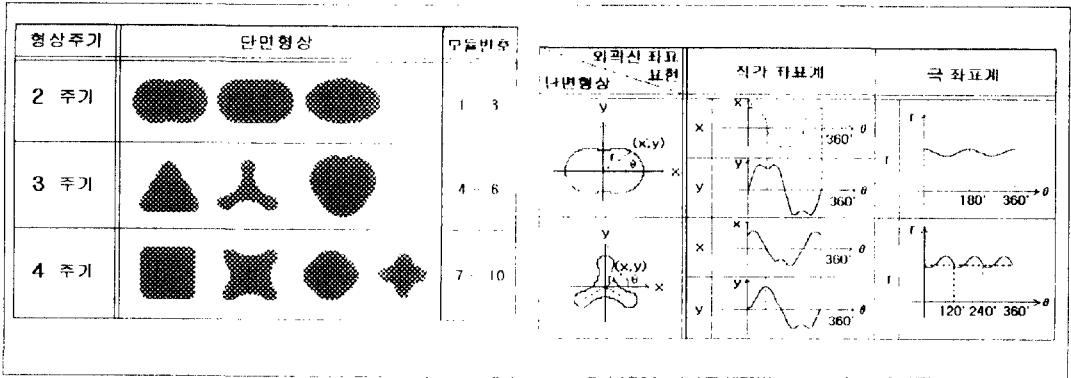


그림1 대표적인 가공단면 형상

그림2 단면형상의 주기

이들을 분류한 기준은 다음과 같다. 선반의 좌표계에서 x-y좌표계 내의 x 또는 y좌표값의 양(+)-음(-)을 모두 고려한다면 각도변화에 따른 각 좌표의 증감주기는 어느 형상에서나 360도로서 동일하다. 따라서 각 좌표의 증감 주기만을 바탕으로 단면형상의 특징을 나타낼 수 없다. 한편 3축선반에서의 가공을 위한 데이터로서는, 스피들의 회전 중심으로부터의 거리(이는 항상 양(+))의 값만 갖는다)와 공구의 축방향 위치 및 스피들의 회전각만이 사용되는 특징이 있다. 이런 점을 고려하여 스피들의 회전 중심으로부터의 거리를 기준으로 이 거리의 1회 증감을 1주기로 정했다. 따라서, 그림 2에서와 같이 2주기 형상(2 cycle pattern)의 경우 그 거리의 증감은 2회 반복되며 3주기 형상(3 cycle pattern)의 경우는 3회, 4주기 형상(4 cycle pattern)의 경우는 4회 반복된다. 이와 같은 기준에 따라 단면형상을 분류한 이유는 시스템 사용자의 선택을 용이하게 해 줄 수 있을 뿐만 아니라 가공 데이터의 생성을 위한 공통된 함수를 정의해 줄 수 있는 장점이 있기 때문이다.

3. 기존의 헬릭스형상 가공

지금까지 헬릭스형상의 가공은 가장 활용이 많은 트위스트 드릴공구의 홈가공과 관련하여 몇몇의 논문들이 발표되었다. 이들은 주어진 단면형상의 드릴의 헬릭스형상홈을 가공하기 위해 원판형의 가공공구의 단면형상설계를 위한 것이거나 또는 그 역으로 주어진 원판형의 가공공구에 의해 가공되는 드릴홈의 단면형상을 예측하는 것에 대한 논문들이다.^(9,10) 또는 원판형 가공공구의 휠요소에 의한 홈가공 결과에 대한 기하학적 해석으로 휠요소의 반경의 크기, 세팅조건 등에 의한 나선형 홈형상에의 영향 등에 대한 것이다.⁽¹¹⁾

이들은 헬릭스로 이루어지는 곡면의 가공이라는 점과 그 형상정의가 공작물의 회전축에 수직인 단면상에서 이루어지고 있다는 점에서는 본 논문의 내용과는 공통점을 가지나 사용공구가 범용의 볼앤드밀이 아닌 원판형(disk type)의 공구를 사용한다는 점에서 다르고 또 범용의 NC선반에서 나선형 가공을 한다는 점에서 본 논문의 내용과는 거리가 있다. 또한 헬릭스로 구성된 곡면은 그 곡면상의 모든 헬릭스 요소들에 공통수직인 면이 있을 수 없기 때문에⁽¹²⁾ 헬릭스로 구성된 곡면을 정확히 가공하는데 원판형의 가공공구를 사용한다는 점에는 근본적으로 무리가 있음은 쉽게 알 수 있다.

따라서 원관형 가공공구를 사용하는 트위스트 드릴의 나선형상 가공방법은 볼랜드밀을 사용하는 스크류의 가공에 활용할 수 없었으며 볼랜드밀의 사용을 위한 가공공구의 위치 데이터 산출을 시도하게 되었다.

4. 스크류의 가공에 있어서의 공구위치 데이터 계산

스크류의 가공을 위한 공구위치 데이터의 산출을 위해 먼저 그림 1에서 2짜이클의 첫 번째 모듈의 단면형상을 예로 설명할 것이다. 그 이유는 이 모듈의 단면형상은 동일 짜이클의 다른 모듈들이나 또는 다른 짜이클의 여러 모듈들의 단면형상들이 갖는 특성을 갖고 있으면서 가장 간단한 형상을 취하고 있기 때문이다. 이 모듈의 단면형상을 좀더 크게 확대하여 좌표계와 함께 그림으로 나타내면 그림 3에서 보인 바와 같다.

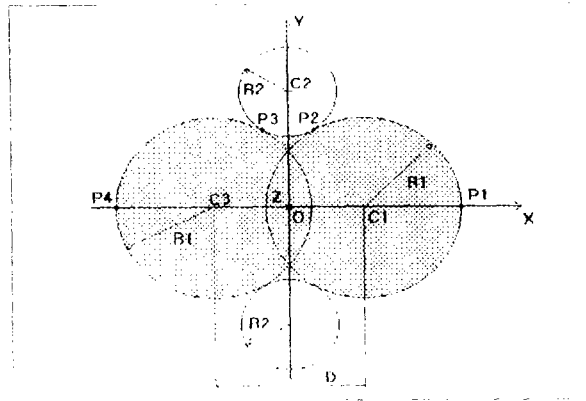


그림 1 모듈 1의 스크류 단면형상

이 그림에서는 스크류의 단면이 X-Y 평면에 있으며, 이 단면이 Z축의 (+)방향을 따라가며 Z축을 중심으로 회전하여 스크류를 형성한다. 이와 같은 스크류의 곡면을 형성하는 X-Y단면상에서의 면소는 P1점으로부터 P2, P3, P4 점들을 통과하는 부분원호들의 조합으로 구성된다. 그러나 이와 같은 부분원호들의 집합을 스크류곡면의 면소로 취급하는 것은 현실적이지 않다. 그 이유는 스크류의 가공측면에서 고려시 공구는 이들 부분원호들의 조합된 곡선을 따라가며 가공하지 않고 오히려 그 곡선상의 각점을 시점으로 하는 헬릭스를 따라가며 스크류 형상을 가공하기 때문이다. 따라서 헬릭스들을 스크류곡면의 면소로 취급하고 부분원호들의 집합인 그 곡선은 각 헬릭스들의 시작점들의 궤적으로 간주하는 편이 더욱 유리하다. 이와 같은 방법으로 스크류의 곡면식과 그 곡면을 형성하는 헬릭스의 일반식을 구하고 그로부터 CC 점들을 결정하고 그에 해당하는 공구위치를 결정한다.

4.1 스크류의 곡면식과 헬릭스식의 유도

먼저 이와 같은 스크류의 일반적인 곡면식을 구하기 위해 그림 4에서와 같이 하나의 부

분원호를 나타내는 원 Cs를 생각한다. 그러면 스크류의 단면형상의 외곽선은 원 Cs의 원호의 일부가 되며, 스크류는 이 원호가 Z축을 중심으로 각 θ 만큼 회전하며 Z방향으로 ($Z=0$)만큼 진행해 갈 때 형성되는 입체가 된다. 그러면 스크류 부분곡면은 다음과 같은 두 개의 식으로 표시할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 [X - C \cos(\alpha + \theta)]^2 + [Y - C \sin(\alpha + \theta)]^2 &= R^2 \\
 Z &= \frac{L}{2\pi} \theta
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서 L은 스크류의 리이드(lead)를 나타낸다. 이 식은 스크류의 전체 곡면을 나타내는 식은 아니나 스크류의 축수직 단면에 포함되는 여러 원호들 중 한 부분원호의 Z축 방향 이동 및 그 축을 중심으로 한 회전에 의해 이루어지는 스크류 곡면의 일부를 나타내는 곡면식이 된다.

따라서 원 Cs는 Ce로 위치가 변화되고, 원 Cs의 원주상의 한 점 Ps를 시작점으로 하며 스크류의 표면에 포함되는 헬릭스의 XY 평면상의 투상은 Ps점으로부터 Pe점까지 화살표로 표시된 곡선(원호)이 된다.

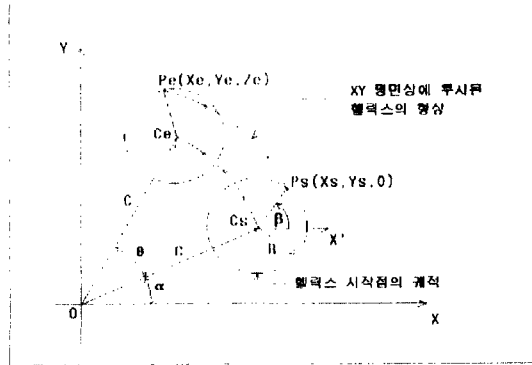


그림 2 XY평면상에 투사한 스크류곡면상의 한 헬릭스 및 그의 시작점과 시작점이 포함되는 원

이 헬릭스를 벡터식으로 나타내면

$$\mathbf{R} = X_e \mathbf{i} + Y_e \mathbf{j} + Z_e \mathbf{k}
 \tag{2}$$

이고, 이를 헬릭스의 시작점인 Ps점의 좌표와 α, β 를 사용하여 나타내면 다음과 같다.
먼저

$$\begin{aligned}
 X_s &= C \cos \alpha + R \cos \beta \\
 Y_s &= C \sin \alpha + R \sin \beta \\
 Z_s &= 0
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

인 관계가 있고, X_e, Y_e 는 X_s, Y_s 를 Z 축을 중심으로 각 θ 만큼 회전한 좌표이므로

$$\begin{aligned} X_e &= X_s \cos \theta - Y_s \sin \theta \\ Y_e &= X_s \sin \theta + Y_s \cos \theta \end{aligned} \quad (4)$$

이다. 이 식에 식 (3)을 대입하고 또 식(1)로부터 Z_e 식을 표시하면

$$\begin{aligned} X_e &= (C \cos \alpha + R \cos \beta) \cos \theta - (C \sin \alpha + R \sin \beta) \sin \theta \\ Y_e &= (C \cos \alpha + R \cos \beta) \sin \theta + (C \sin \alpha + R \sin \beta) \cos \theta \\ Z_e &= \frac{L}{2\pi} \theta \end{aligned} \quad (5)$$

이 된다. 이들은 식 (2)로 나타내는 헬릭스의 벡터식에서 각 계수가 된다. 따라서 스크류 곡면상에 포함되는 헬릭스는 식 (2)와 식 (5)로 나타낼 수 있다.

이와 같이 유도한 스크류의 곡면식과 헬릭스의 식을 그림 3에 대하여 적용하여 확인해 보기 위해, 그림 3에 표시된 각 입력 변수의 값으로부터 두가지의 경우를 생각해 볼 수 있다. 그림 5를 참조하여, 첫번째는 C1점에 중심을 둔 원의 부분원호 P1 P2 P3에 대한 경우이고 두 번째는 C2점에 중심을 둔 원의 부분원호 P3 P4에 대한 경우이다.

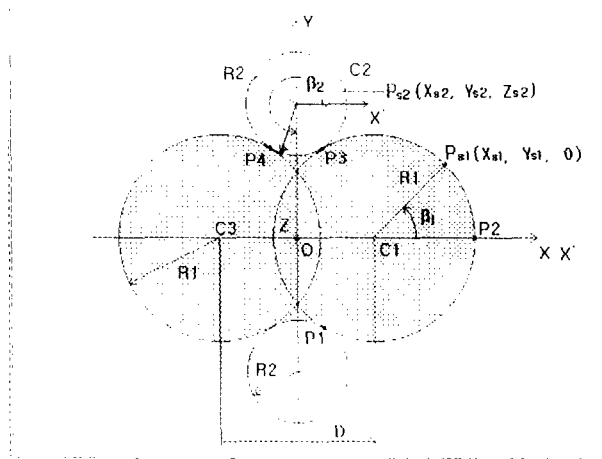


그림 3 모듈 1의 스크류 단면에서의 적용

- [1] 부분원호 P1 P2 P3가 형성하는 스크류 곡면의 식과 헬릭스의 식
 식 (1), (2) 및 (5)에 α, C, R, β 대신 각각 $0, C1, R1, \beta_1$ 을 대입한다.
 1) 스크류 곡면의 식

$$\begin{aligned} [X - C1 \cos \theta]^2 + [Y - C1 \sin \theta]^2 &= R1^2 \\ Z &= \frac{L}{2\pi} \theta \end{aligned} \quad (6)$$

2) P_{s1} 로부터 시작하는 헬릭스의 식

$$R = X_e i + Y_e j + Z_e k$$

이며, 이 식의 각 계수는

$$\begin{aligned} X_e &= (C1 + R1 \cos \beta_1) \cos \theta - (R1 \sin \beta_1) \sin \theta \\ Y_e &= (C1 + R1 \cos \beta_1) \sin \theta + (R1 \sin \beta_1) \cos \theta \\ Z_e &= \frac{L}{2\pi} \theta \end{aligned} \quad (7)$$

이다.

[2] 부분원호 P3 P4가 형성하는 스크류의 곡면식과 헬릭스의 식

식 (1), (2) 및 (5)에 α , C, R, β 대신 각각 $\frac{\pi}{2}$, C2, R2, β_2 를 대입한다.

1) 스크류 곡면의 식

$$\begin{aligned} [X + C2 \sin \theta]^2 + [Y - C2 \cos \theta]^2 &= R_2^2 \\ Z &= \frac{L}{2\pi} \theta \end{aligned} \quad (8)$$

2) P_{s2} 로부터 시작하는 헬릭스의 식

$$R = X_e i + Y_e j + Z_e k$$

이며, 이 식의 각 계수는

$$\begin{aligned} X_e &= R2 \cos \beta_2 \cos \theta - (C2 + R2 \sin \beta_2) \sin \theta \\ Y_e &= R2 \cos \beta_2 \sin \theta + (C2 + R2 \sin \beta_2) \cos \theta \\ Z_e &= \frac{L}{2\pi} \theta \end{aligned} \quad (9)$$

이다.

따라서, [1] 및 [2] 결과의 식들과 Fig. 5를 비교하여 보면, 식 (1), (2) 및 (5)가 각각의 부분원호에 대하여 일반식으로 사용될 수 있음을 알 수 있다. 또한 Fig. 1 및 2를 참조하

면 모듈 1 이외의 전 모듈들도 유사한 형태의 입력 변수들을 갖고 있기 때문에 이와 동일한 방법이 적용가능하며 따라서 전 모듈들에 대해 일반적으로 적용될 수 있는 식이 됨을 알 수 있다. 단지 주의할 점은 각각의 부분원호들이 접하는 위치를 구하여 부분원호의 정의영역 내에서 이 식들이 사용되어야 한다는 것이다.

4.2 스크류 곡면에 수직한 벡터식의 유도

스크류 곡면에 수직한 벡터식을 유도하기 위해, 스크류의 단면의 외곽선 상의 한 점 P_s 에서 그 외곽선의 접선식과 앞에서 구한 헬릭스의 접선벡터식을 먼저 구해야 한다.

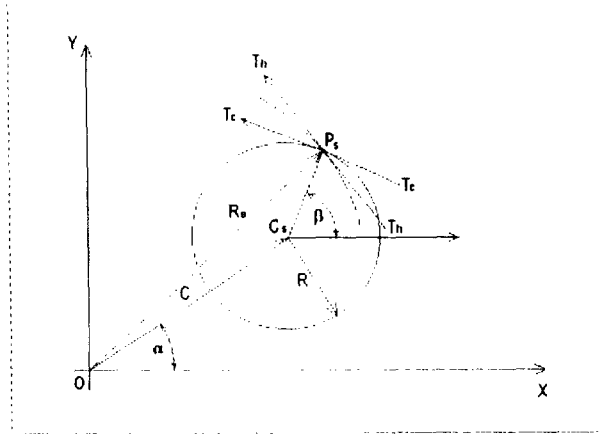


그림 4 스크류 단면외곽선의 접선과 헬릭스의 접선

그림 6 에서와 같이 P_s 점에서 헬릭스에 접선을 T_h-T_h , 스크류 단면의 외곽선에 접선을 T_c-T_c 라 하면, 각 접선벡터식은 다음과 같이 구한다. 그림에서

$$\mathbf{R}_s = (C \cos \alpha + R \cos \beta) \mathbf{i} + (C \sin \alpha + R \sin \beta) \mathbf{j} \quad (10)$$

이므로,

$$\frac{d}{d\beta} \mathbf{R}_s = -R \sin \beta \mathbf{i} + R \cos \beta \mathbf{j} \quad (11)$$

이고, 이는 스크류 단면의 외곽선의 접선벡터가 된다.

다음 점 P_s 에서 헬릭스에의 접선벡터를 구하기 위해 식 (2)를 θ 로 미분하면,

$$\frac{d}{d\theta} \mathbf{R} = \frac{d}{d\theta} X_e \mathbf{i} + \frac{d}{d\theta} Y_e \mathbf{j} + \frac{d}{d\theta} Z_e \mathbf{k} \quad (12)$$

이 되고 이 식에서,

$$\begin{aligned}\frac{d}{d\theta} X_e &= -(C \cos \alpha + R \cos \beta) \sin \theta - (C \sin \alpha + R \sin \beta) \cos \theta \\ \frac{d}{d\theta} Y_e &= (C \cos \alpha + R \cos \beta) \cos \theta - (C \sin \alpha + R \sin \beta) \sin \theta \quad (13) \\ \frac{d}{d\theta} Z_e &= \frac{L}{2\pi}\end{aligned}$$

이다. 이 식에 다시 θ 대신 0을 대입하면,

$$\frac{d}{d\theta} R = -(C \sin \alpha + R \sin \beta) \mathbf{i} + (C \cos \alpha + R \cos \beta) \mathbf{j} + \frac{L}{2\pi} \mathbf{k} \quad (14)$$

이 되어, 이는 점 P_s 에서 헬릭스에의 접선벡터식이 된다.

식 (11)과 식 (14)으로부터 점 P_s 에서 곡면에 수직인 벡터를 구하면,

$$\mathbf{V} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ -R \sin \beta & R \cos \beta & 0 \\ -(C \sin \alpha + R \sin \beta) & (C \cos \alpha + R \cos \beta) & \frac{L}{2\pi} \end{vmatrix} \quad (15)$$

이다. 이 식은 앞에서 정의된 스크류 곡면상의 한 점에서 곡면에 수직인 벡터 \mathbf{V} 를 계산하기 위한 일반식으로 블랜드밀의 중심위치를 결정하는데 사용된다.

4.3 CC Point의 결정 및 공구반경 R을 고려한 공구위치의 결정

대형 스크류의 가공은, 소재의 단면이 원형인 봉재로부터 가공하므로, 일반적으로 스크류의 단면형상을 한번의 절삭공정으로 가공해 낼 수 없으며, 따라서 소재의 가장 큰 외경 부부터 단계적으로 절삭하여야 한다. 따라서 스크류의 단면형상정도가 이루어지면 그 크기에 적절한 소재로부터 다단계의 황삭공정 및 최종 정삭공정단계를 거쳐 가공이 이루어져야 한다. 이 때 황삭공정 단계의 수와 단계별 절삭깊이 및 정삭여유는 사용자에게 의해 또는 자동적으로 가공조건에 적절히 정해질 수 있도록 하고 있다. 어떤 단계에서든 공구와 소재의 접촉점(CC Point)이 먼저 결정되고 그로부터 공구의 위치가 결정되어야 한다. 황삭 단계에서는 CC Point의 간격과 절삭깊이의 크기 결정은 단지 공구에 과부하가 걸리지 않게 해 주면 된다. 그러나 정삭 단계에서는 주어진 가공물의 표면거칠기에 적합하게 가공이 이루어져야 하므로 정삭여유의 절삭깊이와 CC Point의 간격이 고려되어야 한다. 앞에서 스크류의 단면형상은 공구이동방향에 수직하게 정의되지 않고 축에 수직인 평면상에 정의되므로 그 평면상에서의 CC Point 사이의 간격이 가공면의 공구궤적 사이의 간격과 같지 않다. 이는 논문(12)의 부록 내용을 참조하면 관련된 설명으로부터 알 수 있을 것이다. 그러나 본 논문에서는 계산의 간단화를 위해 정의 단면 상에서 사용자의 정의에 의해 일정

한 거리를 두고 CC Point들이 놓이도록 하였다. 이렇게 정해진 CC Point로부터 공구의 위치를 결정하도록 하였다.

공구의 위치결정을 위해 CC Point는 스크류 곡면에 포함되는 헬릭스의 시작점 및 끝점으로 해야 한다. 왜냐하면 NC가공프로그램에는 이들에 해당하는 공구위치 데이터를 필요로 하기 때문이다. 그러나 공구위치 계산방법은 시작점과 끝점들에 대해 모두 동일한 방법이므로 시작점만을 대상으로 한다. 이 점은 그림 6에서 P_s 점에 해당한다. 공구(볼앤드밀)의 반경을 R_t 라고 하고, 식 (15)에서의 V 를 다음과 같이 다시 쓰면,

$$V = V_x i + V_y j + V_z k \quad (16)$$

이고, 여기서

$$\begin{aligned} V_x &= \frac{L}{2\pi} R \cos \beta \\ V_y &= \frac{L}{2\pi} R \sin \beta \\ V_z &= -R \sin \beta (C \cos \alpha + R \cos \beta) + R \cos \beta (C \sin \alpha + R \sin \beta) \end{aligned} \quad (17)$$

이다.

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} \quad (18)$$

라고 하고, 공구위치벡터를 T_c 라고 하면, 식 (10)의 R_s 와 함께,

$$\begin{aligned} T_c &= R_s + \frac{R_t}{V} V \\ &= T_{cx} i + T_{cy} j + T_{cz} k \end{aligned} \quad (19)$$

이고, 여기서

$$\begin{aligned} T_{cx} &= [(C \cos \alpha + R \cos \beta) + \frac{R_t}{V} V_x] \\ T_{cy} &= [(C \sin \alpha + R \sin \beta) + \frac{R_t}{V} V_y] \\ T_{cz} &= \frac{R_t}{V} V_z \end{aligned} \quad (20)$$

이다.

식 (20)과 더불어 식 (19)는 공구의 위치를 나타내는 벡터가 되나, 이를 그대로 NC가공 프로그램에 사용할 수 없다. 왜냐하면 C축이 포함된 3축 선반에서는 스크류의 가공을 위

해 X , Z 및 C 좌표를 사용하기 때문이다. 여기서 X 좌표라 함은 선반의 스피들 축으로부터 공구중심까지의 거리를 뜻하고, Z 좌표는 스피들 축 상에서의 거리이고 또한 C 좌표는 스피들의 회전각이다. 따라서 식 (19) 및 (20)으로 나타내는 공구중심의 위치를 C 축선반에 맞는 좌표로 변환시켜야 한다. 이를 위해 3축 선반에서의 X 좌표를 X_L 이라 하고 Z 좌표를 Z_L 이라 하면,

$$\begin{aligned} X_L &= \sqrt{T_{cx}^2 + T_{cy}^2} \\ Z_L &= T_{cz} \\ C &= \tan^{-1} \frac{T_{cy}}{T_{cx}} \end{aligned} \quad (21)$$

가 되고 이 값이 공구의 위치 데이터가 된다.

5. 적용 및 가공

앞에서 유도한 식 (21)을 사용하여, Fig. 3에서와 같은 모듈 1의 단면형상정의를 갖는 스크류에 대하여 요구되는 공구위치를 계산하고, 그 결과의 확인을 위해 실제로 가공해 보았다. 스크류의 단면형상정의에 사용된 입력변수들의 값은 $D=40\text{mm}$, $R1=30\text{mm}$, $R2=60\text{mm}$, 가공물의 길이 $Z=250\text{mm}$, 리이드 $L=125\text{mm}$, 사용공구(볼앤드밀)의 반경 $R_f=6\text{mm}$ 이었으며 정삭여유는 공구크기의 20%로 하였다. 가공물의 소재로는 Al을 사용하였으며 가공기계는 화천공작기계(주) 제품인 HIECO21HS 3축 CNC선반이었다. 절삭조건은 표면거칠기에 관계 없이 가공시간을 절약하기 위해 최고의 절삭속도를 갖도록 하였다. 그 결과는 그림 7에 보인 바와 같다. 가공결과, 몇가지 가공공정 및 절삭조건과 관련된 것으로 본 논문에서 기술하는 내용과는 별도의 문제점은 발견하였으나, 스크류단면형상에 관한 한 정의된 크기로 정확히 가공되었다.

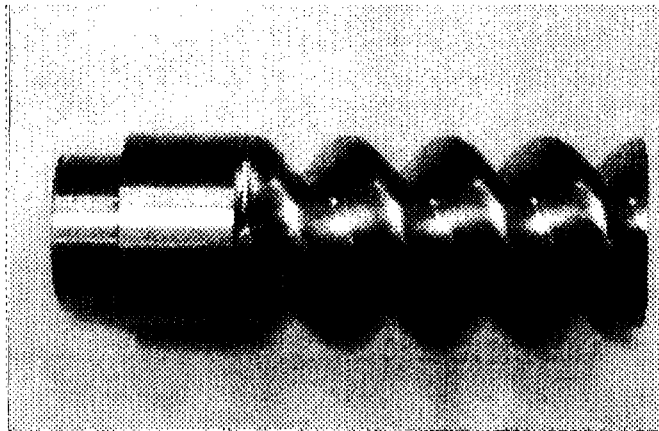


그림 5 스크류의 가공결과

6. 결과

단면형상정의에 의한 대형 스크류의 가공을 위해, 필요한 공구위치 데이터를 계산하기 위한 식을 유도하고 이를 사용하여 실제로 가공하여 보았다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 본 계산방법을 사용한 가공결과, 올바른 스크류의 단면형상을 생성하므로써 공구 위치 계산식의 정확성이 입증되었다.
- (2) 드릴공구의 홈가공에 사용되는 기존의 헬리컬 그루브의 가공방법과는 다른 방법으로 가공공구의 위치를 결정할 수 있었다.
- (3) 본 계산방법은 더욱 일반적인 경우로의 확장, 즉 스크류의 단면형상을 범용 CAD 시스템에서 임의로 정의하여 주고 이로부터 사용자에게 의해 요구되는 스크류를 더욱 다양하게 가공하는 경우로의 확장시에도 사용될 수 있다.

7. 참고문헌

1. 전차수, 박세형, 전용태, "자유곡면 5축 NC 가공을 위한 CAM 시스템 개발", 한국정밀공학회지 제10권 제1호, 1993.3. pp51-61.
2. C. G. Jensen and D. C. Anderson, "A review of numerically controlled methods for finish-sculptured-surface machining", IIE Transactions, 1996, pp30-39
3. 전용태, 박세형, "Development of a CAM system for Impeller Machining", 대한기계학회 춘계학술대회논문집(I), 1994 pp217-220
4. KOSEF 88-0218-04, "선반 가공용 CAM시스템의 개발", 한국과학재단, 1992
5. Publication 03703-010000-5010 "Autosurf" Release 2.1, 1993-1994
6. MicroCADD Reference and User Guide etc. IBM. 1987
7. MicroStation Reference Guide and User's Guide, Version 5, Intergraph, 1993
8. 최병규, "Calculation of Economic CL-data for Sculptured Surface Machining", 대한산업공학회지, Vol.9, NO. 2, 1983
9. S.Kaldor, Ads Mod Rafael and D.Messinger, "On the CAD of Profiles for Cutters and Helical Flutes-Geometrical Aspect", Annals of the CIRP, Vol37/1, pp53-56
10. Sheth,D.S. and Mallkin,S., "CAD/CAM for Geometry and Process Analysis of Helical Groove Machining", Annals of the CIRP, Vol.39/1,pp129-132
11. 고성림, "트위스트 드릴제작을 위한 나선홈 가공의 기하학적 해석", 대한기계학회논문집 제18권, 제7호, pp1643-1653, 1994. 7
12. 이원규, "3축 선반용 대형스크류가공 CAM 시스템에서의 스크류의 형상과 공구간섭의 특성 및 그 응용", journal of Engineering Research Vol. 28. pp225-236, 1997, U.O.U.