

롤러기어캠 설계 및 CNC 가공 Software 개발에 관한 연구

권병두*(창원대 대학원 기계설계공학과), 이춘만, 정원지(창원대 기계설계공학과)

A Study on development of design and CNC manufacturing software of roller gear cam

B. D. Kweon*(Graduate School, Changwon National Univ.),
C. M. Lee, W. J. Chung(Changwon National Univ.)

ABSTRACT

In this paper, we developed an automated program for the modeling and manufacturing of three-dimensional roller gear cams. A computer program employing the theory of gearing and coordinate transformation is developed for synthesizing and animating cam mechanisms. Then a module for generation NC program for a five-axis CNC machine to manufacture roller gear cam is established.

Key Words : Roller gear cam (롤러기어캠), Roller (롤러), Turret (터렛)

1.서론

롤러기어캠(Roller gear cam)은 중동질의 속도와 변위를 제어하는 캠의 하나로서 그 형상이 아주 복잡하고 정밀하여 5축 이상의 머시닝센터에서만 가공이 가능한 캠이다. 이 캠은 머시닝센터의 자동공구교환장치(Automatic Tool Change, ATC)에 주로 사용되며, 연속 작업시 공구교환에 걸리는 시간을 결정한다. 최근 고속 머시닝센터의 발전 경향은 공구교환에 걸리는 시간을 줄여 생산성을 높이는데 많은 연구를 하고 있다. 이러한 롤러기어캠을 설계하기 위해서는 기본적으로 중동질의 운동을 묘사하는 변위선도가 필요하다. 다음에는 그러한 운동을 얻을 수 있는 롤러기어캠 형상을 모델링 해야 한다.

롤러기어캠에 대한 형상을 정의하기 위한 다양한 접근방법들이 제안되어왔다. 기구학적 해석으로는 Chakraborty와 Dhande⁽¹⁾이 Planar cam과 Spatial cam의 형상인 경우 캠과 중동질의 접촉조건을 결정하기 위하여 Screw theory를 이용하였다. Planar cam, Spherical cam, Spatial indexing cam의 표면 생성을 위해 Gonzalez-Palacios와 Angeles⁽²⁾는 Instantaneous screw motion theory를 적용하였다. 그리고 Wu-Jung Tsai와 Jyh-Jone Lee⁽³⁾는 접촉 조건을 이용한 좌표변

환에 의해 롤러기어캠을 모델링하고 가공 및 검사까지의 과정을 제안한 바 있다.

본 연구에서는 접촉 조건을 이용한 좌표변환에 의해 롤러기어캠을 모델링하고, 5축 머시닝센터를 이용하여 롤러기어캠을 가공할 수 있는 NC-code를 생성하는 롤러기어캠 설계 및 CNC 가공 System을 개발하였다.

2.이론

롤러기어캠의 설계는 롤러기어캠의 회전운동에 대하여 터렛(Turret)의 롤러(Roller)가 회전하면서 생기는 경로를 수식적으로 나타내면 된다. Fig.1은 터렛의 중심에서 롤러 끝까지의 거리를 L , 터렛과 롤러기어 두 축간의 거리를 L_1 , 롤러의 반경을 r , 롤러위의 임의의 점을 F 라 할 때 좌표계를 나타내었다. 롤러기어캠의 회전에 대한 롤러의 경로를 알기 위해서는 롤러기어캠의 좌표계, 터렛의 좌표계, 롤러의 좌표계를 롤러기어캠의 좌표계로 변환시켜 주는 것이 필요하다. 그러므로 각 좌표계에 대한 변환행렬(Transfer matrix)을 만들어서 서로 곱하여 주면 롤러기어캠에 대한 롤러의 좌표가 계산된다. 롤러기어

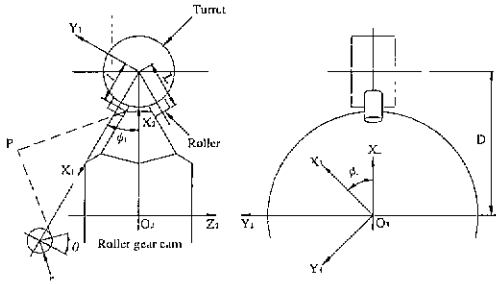


Fig.1 Coordinate system for a roller gear cam

캠의 회전에 대한 롤러위의 임의의 점 P의 이동좌표는 다음 식(1)로 표현되며, l은 롤러 길이의 변수이다.

$${}^3_P R = [(-1C_1 - rC_\theta S_1 + D)C_2 + rS_\theta S_2 \\ (1C_1 + rC_\theta S_1 - D)S_2 + rS_\theta C_2 \\ -1S_1 + rC_\theta C_1]^T \quad (1)$$

여기서 롤러 중심에 대한 좌표는 식(1)에 $r=0$, $l=L$ 을 넣어 다음 식(2)와 같이 계산하면 된다.

$${}^3_C R = [(-LC_1 + D)C_2 \\ + (LC_1 - D)S_2 - LS_1]^T \quad (2)$$

2.1 롤러기어캠 모델링(Roller gear cam modeling)

본 연구의 모델링에 사용된 언어는 Microsoft사의 Visual C++이며 3D 모델링을 위하여 Siltcon Graphic사의 OpenGL Library를 이용하였다. Fig.2는 롤러기어캠을 모델링 하는 전체흐름도(Flow chart)를 나타낸 것이다. 롤러기어캠은 Fig 3과 같이 원통 모양의 표면에 롤러가 지나간 경로를 제거하면 롤러기어캠의 형상이 된다. 롤러가 지나간 경로를 구하기 위해서는 먼저 임의의 롤러 중 하나를 기준 롤러(Base roller)로 정한다. 그리고 이 기준 롤러가 지나가면서 만드는 경로는 롤러의 진행방향과 기준 롤러 끝단면의 원주상의 '점들' 중에서 접선방향이 같은 점만을 계산한다 이는 원주상의 점 전체에 대하여 계산을 하지 않으므로 계산시간을 절약하고, 데이터 수를 줄일 수 있다 기준 롤러가 지나가면서 계산하여 얻은 점들을 선(Line)으로 연결하면 하나의 롤러에 대한 경로가 완성이 된다. 나머지 롤러에 대한 경로는

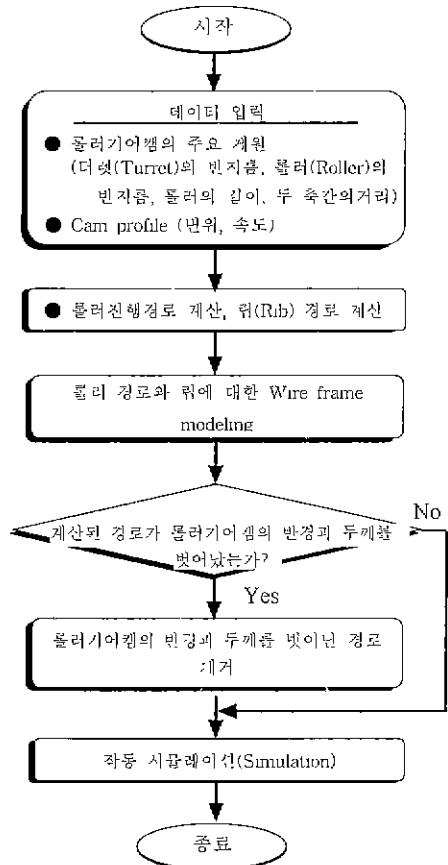


Fig.2 Flow chart for modeling

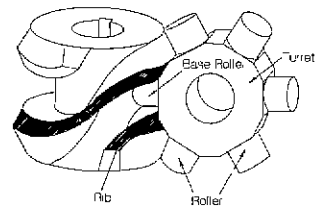


Fig.3 Roller and rib path of roller gear cam

좌표계를 이용하여 데이터를 구한다 여기서 회전각도는 기준 롤러에서부터 구하고자 하는 롤러사이의 각도이다 름을 모델링하기 위한 데이터는 롤러와 롤러사이를 가상의 롤러로 가정하고, 롤러의 높이를 영(Zero)으로 하여 앞의 롤러경로를 만드는 방

법으로 립의 경로를 만들었다.

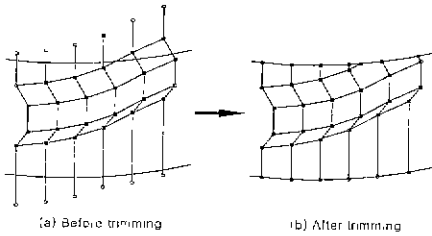


Fig 4 Trimming

롤러와 립의 테이더들 중에서는 실제 롤러기어캠의 제원을 벗어나는 경로도 포함하고 있다. 본 연구에서는 롤러기어캠의 제원을 벗어나는 경로들의 노드(Node)를 찾아내어 Fig.4와 같이 노드들을 수정하여 연결하였다

3. 가공

롤러기어캠은 복잡한 3차원 형상을 가지므로 일반적인 가공방법으로는 가공하기 힘들다. 이러한 롤러기어캠을 가공하기 위해서는 5축 머시닝센터 또는 롤러기어캠 가공 전용 머시닝센터를 이용하여야 한다 Fig.5는 본 연구에서 사용한 두 개의 회전축을 가진 범용 3축 머시닝센터의 모식도와 좌표계를 나타낸 것이다. 그림에서 롤러기어캠이 고정되어 있는 장치 1 이 두 개의 회전축을 가진 부가축을 나타낸 것이다

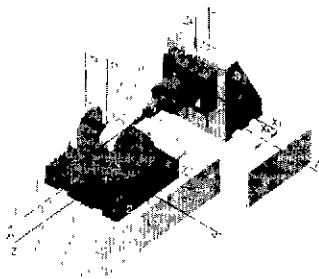


Fig.5 Five-axis CNC machine center

3.1 공구경로와 NC 코드 생성

롤러기어캠을 가공할 때 공구는 터렛에 있는 롤러를 가정하고, 각 롤러가 지나가는 경로대로 공구가 따라서 움직이면 롤러기어캠의 표면에 홈을 만들 수 있다. Fig.6는 6개의 롤러가 회전하면서 만든 경로들의 전개도로서 X축을 B축 회전값인 0°에서

360°로 두고, Y축은 B축 회전값에 대한 C축의 회

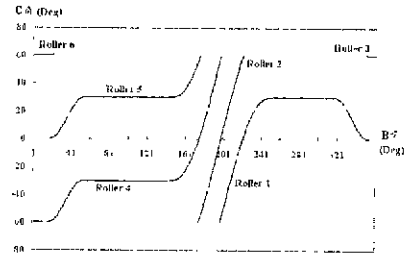


Fig.6 Rotation angle of A-axis and B-axis

전값에 대하여 나타내었다. 이 그래프를 통하여 3차원 형태의 공구의 경로를 쉽게 검증할 수 있다.

공구경로에 대한 검증이 끝나면 각 롤러 개수만큼 부분 NC 코드를 만든다 이렇게 만든 부분 NC 코드는 Fig 6의 전개도를 이용하여 서로 연결하여 하나의 NC 코드를 완성하게 된다 부분 NC 코드를 서로 연결하는 방법은 공구의 경로가 끝나는 부분에서 다음 가공을 위한 공구경로를 찾게 되는데, 이 때 가장 가까운 곳에 있으면서 B축의 회전방향이 같은 경로를 선택하여 연결하게 된다. 이렇게 서로 연결하면 하나의 전체적인 NC 코드를 완성한다.

4. 결과 및 토론

본 연구에서 개발한 롤러기어캠 설계 및 CNC 가공 System을 이용하여 롤러기어캠을 모델링하고 가공해 보았다. 모델링과 가공하고자 하는 롤러기어캠의 제원은 Table 1과 같고, 변위선도는 Fig.7과 같다.

Table 1 Specification of roller gear cam

(단위 mm)

롤러기어캠		롤러		터렛
직경	높이	직경	길이	직경
230	76	24	14	41

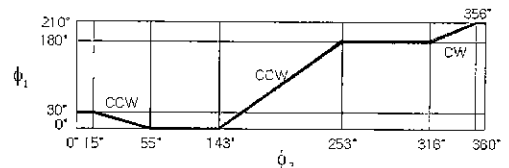


Fig 7 Cam curve diagram

Fig 8은 Fig.7의 변위선도를 입력하여 속도와 가속도를 계산하고 각 구간에서의 속도, 가속도의 최

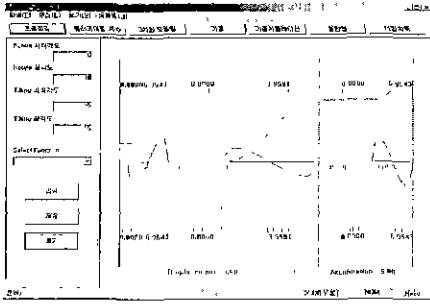


Fig.8 Time chart of roller gear cam

대, 최소값을 나타낸 화면이다. Fig 9는 롤러기어캠의 제원을 입력하는 화면이다. Fig.10은 입력된 롤러기어캠의 제원과 변위선도를 이용하여 립과 롤러의 경로를 모델링하고 작동 시뮬레이션을 보여주는 화면이다. 이와 같이 모델링한 롤러기어캠은 복잡한 3차원 형상의 롤러기어캠을 가공하기에 앞서 작동 시뮬레이션을 통하여 롤러기어캠 형상을 알 수 있고, 터렛과의 상대운동을 예측할 수가 있다

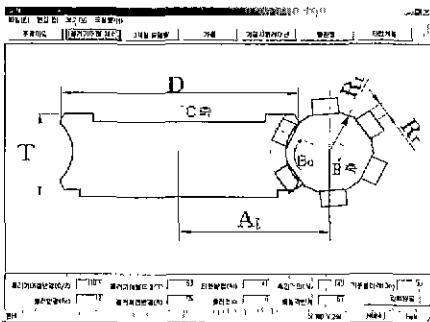


Fig.9 Specification of roller gear cam

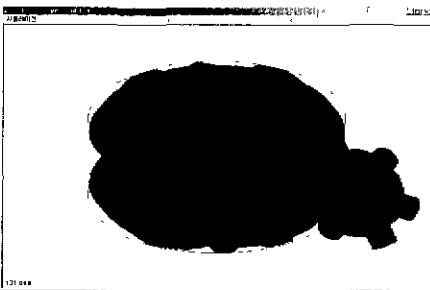


Fig.10 Simulation of roller gear cam

Fig 11은 롤러기어캠의 가공을 위한 데이터를 입력하는 화면이다. Fig.12는 생성된 NC 코드를 이용하여

여 공구경로를 시뮬레이션 하는 화면이다.

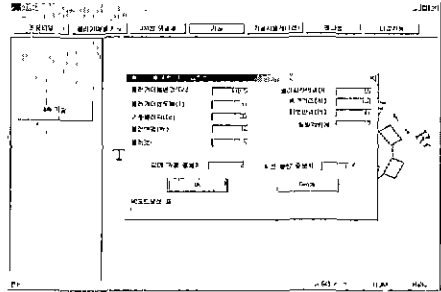


Fig.11 Manufacturing of roller gear cam

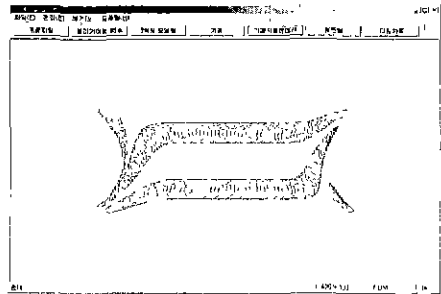


Fig.12 Simulation of NC-code

Table 2는 모델링된 롤러기어캠을 가공하기 위하여 B축과 C축 그리고 두 개의 이송축으로 이루어진 NC 코드의 일부를 나타내었다

Table 2 NC code

O2200(RRC ROLLER CAM 2000 3 6)
G40G49
G30G91X0Y0Z0M5
M01(D24CARBIDE E/M)
T31M6
G55G90G0A172 25B-66 X0 Y0S500M03
G43Z200 0H31
G01 B 56 989 C 37 750 X-130 816 F2000
G01 B 56 989 C 37 750 X-130 816 Z 34 989 F240
B 56 489 C 38 000 X-130 070 Z 36 126
B 55 991 C 38 250 X-129 316 Z 37 255
B 55 494 C 38 500 X-128 554 Z 38 374
B 54 998 C 38 750 X-127 784 Z 39 483

Fig.13는 평판캠의 제원과 변위선도를 입력하는 화면이고, Fig.14는 평판캠의 NC 코드를 이용하여 공구경로를 나타낸 화면이다

Fig.15는 롤러기어캠을 부가축에 고정하여 가공하고 있는 것을 나타낸 사진이며, Fig 16는 본 연구에 의한 방법으로 가공하여 완성된 롤러기어캠을 사진으로 나타낸 것이다

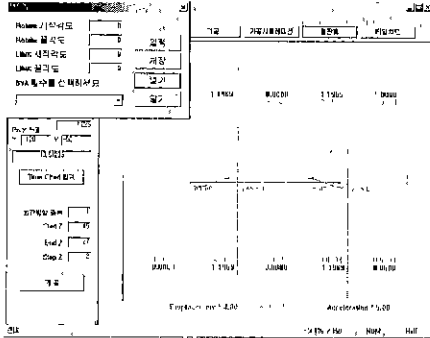


Fig. 13 Time chart of flat cam

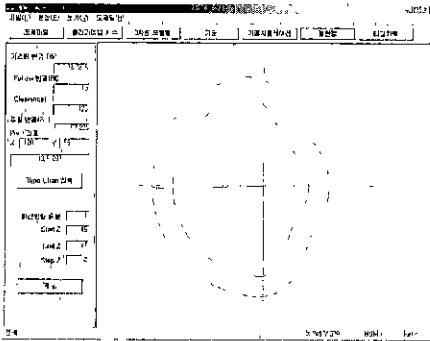


Fig. 14 Tool path of flat cam

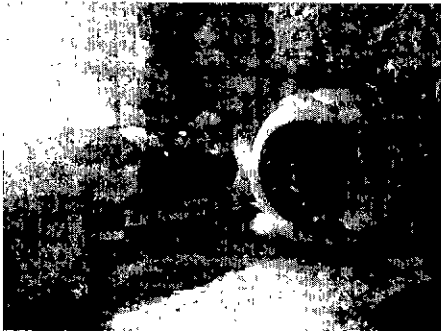


Fig. 15 Machining of roller gear cam using CNC machine center

5. 결론

본 연구에서 개발한 롤러기어캠의 설계 및 CNC 가공 System의 내용은 다음과 같다.

1. 롤러가 지나가면서 만드는 경로는 롤러의 진행방향과 기준 롤러 끝단면의 원주상의 점들 중에서 접선방향이 같은 점만을 계산한다. 이는 원주상의 점 전체에 대하여 계산을 하지 않으므로 계산시간을



Fig. 16 The manufactured roller gear cam

절약하고, 데이터 수를 줄일 수 있었다.

2. 롤러기어캠의 가공효율을 높이기 위해서 각 롤러경로에 대한 전개도를 그리고, 이를 이용하여 효율적인 NC 코드를 생성하였다.

3. 범용 3축 머시닝센터에 두 개의 회전축을 장착하여 가공하므로, CNC 가공시 공작물의 설치가 용이하고 별도의 전용기가 필요 없다.

6. 참고문헌

- 1 Chakraborty, J., Dhande, S. G., Kinematics and Geometry of Planar and Spatial Cam Mechanisms, John Wiley & Son, New York, 1977
- 2 Gonzalez-Palacios, M. A., Angles, J. Cai, C., ASME, Vol. 46, pp.329-335, 1992
- 3 Wu-Jung Tsai, Jyh-jonc Lee, ASME, Vol. 71, pp. 121-128, 1994
- 4 Hong-Sen Yan, Hsin-Hung Chen, ASME, Vol. 118, pp.243-249, 1996
5. W. H. Wang, C. H. Tseng, C. B. Tsay, ASME, Vol. 119, pp 169-177, 1997