

코일 스프링 성형용 CAM의 성형설계자동화 프로그램개발

박 철 우†

(원고접수일 : 2008년 3월 17일, 심사완료일 : 2008년 7월 9일)

A Study on Programming Development Forming Design Automated of CAM for Coil Spring Forming Tool

Chul-Woo Park†

Abstract : A CAM program for forming design Automated of CAM for Spring using car was developed in this study. This program was written in AUTO LISP on the AUTO CAD system with a personal. An approach to the system is based on the kinemateic of the object function. We make a determination of an cam programming. A CAM spline is continuous in displacement, velocity and acceleration. This program which can design Coil Spring shapes will successfully support CAM designing and manufacturing for Small & Medium companies.

Key words : Coil spring(코일스프링), AUTO LISP, CAM(캠), Pitch tool(피치툴)

1. 서 론

캠은 직접 접촉된 종동절이 예정된 운동경로를 따라 움직일 수 있도록 운동을 전달하는 기계요소이다. 캠기구(Cam mechanism)는 캠(CAM), 종동절(Follower), 프레임(Frame)등으로 간단히 구성되며 복잡한 형태의 운동도 쉽게 반복적으로 재현해 낼 수 있다^[1]. 최근 들어 자동차산업분야를 위시하여 가전제품 등에 코일스프링의 사용량이 급증하고 그에 따른 스프링 제조 산업 역시 다양화, 전문화 되어 대량생산, 고-정밀성의 요구 또한 증가하고 있다. 동시에 스프링의 형상에 직접적인 영향을 미치는 캠의 설계와 제작 역시 그 중요성을 더해가고 있다^[2]. 스프링의 형상과 특성치를 결정

하는 인자는 자유장의 길이, 코일링 속도, 총권수, 스프링의 지름과 피치, 재료의 물성치 등 여러 가지가 있고 이러한 요구조건을 만족하는 스프링을 생산하기 위한 캠의 제작 역시 하중 조건과 기계구 동속도, 기초원의 지름, 최대 lift와 소재 물성치등 여러 가지 인자에 의해 지배되고 있다^{[3],[4]}. 이러한 여러 가지 인자를 고려하여 스프링의 형상을 결정 짓는 캠을 설계하고 가공하는 종래의 방식은 마모로 인한 캠의 변형과 수 가공으로 인한 최적 캠 프로파일의 재현 불가능이 가장 큰 문제점으로 제기되고 있다^{[5]-[9]}.

본 연구에서는 종래의 수 가공방식에서 벗어나 스프링의 특성을 결정짓는 캠의 형상을 CAD화함으로써 표준화를 완성한다. CAD화 된 도면을 바

† 교신저자(부산대학교 기계공학부, E-mail: p016535@pusan.ac.kr, Tel: 051)510-1013)

탕으로 NC공작기계로 캠을 제작함으로써 캠의 형상을 균일하고 정밀하게 제작할 수 있도록 최적 캠 profile을 작도하는 CAM프로그램을 개발하는 것을 목적으로 한다. 이를 통해 스프링의 불량율을 줄이고 캠과 스프링의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

2. 스프링 성형기의 기구학적 해석

본 연구에서는 현재 사용되고 있는 대표적인 스프링성형기계 HTC-38을 대상으로 해석모델을 선정하여 기구학적 해석을 하였다. Fig. 1은 HTC-38성형기 링크장치의 사진이다.

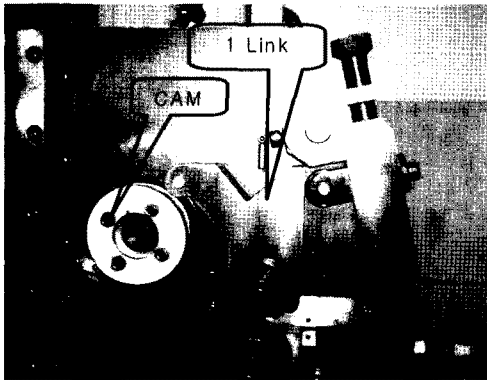


Fig. 1 Structure of HTC-38 forming equipment

3. 캠의 형상결정

압축코일스프링의 직경과 코일 수에 따라 모델이 결정된다. 각각의 성형기는 이송기어 배치에 따라 와이어 이송량이 변화되며 일반적으로 4종류의 기어 배치를 가진다. 스프링 생산량에 맞춰 적정 기어배치를 한다. 합수 요구 인자들의 합수결정을 위해선 종동철의 운동변화와 피치툴(Pitch Tool)의 최대 이동량의 속지가 선행되어야 한다. 피치툴의 이송량에 따라서 스프링의 자유장이 결정된다. 가속도와 저크를 갖는 일반다항식 곡선이 고속운전을 하는 스프링 성형기에 적합하며, 하강 구간에서는 최대장력을 발생시키는 사이클로이드 곡선을 적용하는 것이 바람직하다.

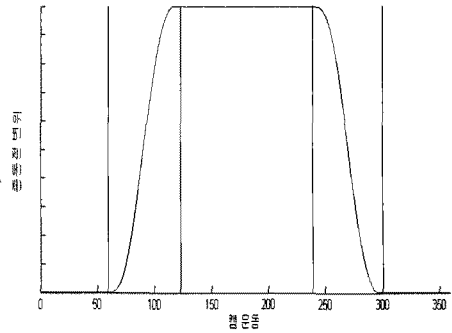


Fig. 2 CAM profile motion graphics

- 0° ~ 60° : Stop a CAM the section
- 60° ~ 120° : Up the section
- 120° ~ 240° : Stop a CAM the section
- 240° ~ 300° : Down the section
- 300° ~ 360° : Stop a CAM the section

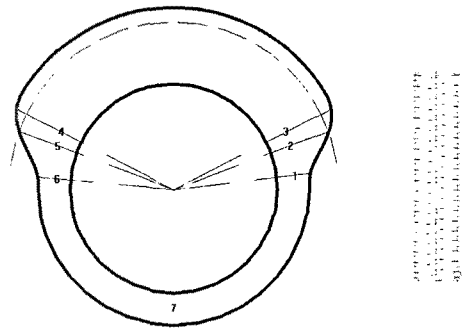


Fig. 3 CAM and Coil Spring shape

캠 크기를 결정짓는 것은 성형기 내부의 캠 구동축 직경과 압력각, 곡률반지름, 피치량에 의해 결정된다. 압력각은 30° 이내가 적당하며 곡률반지름은 종동철 구름베어링의 직경 크기에 따른다. 스프링의 피치와 캠의 크기는 비례적이나 너무 작거나 클 경우 기계 운전 시 무리를 가하게 되므로 종동장치들의 위치를 변화시켜 적당한 운동 변화를 주는 것이 좋다. Fig. 2은 스프링 형상에 영향을 미치는 캠의 구간별 역할을 나타내고 있다. Fig. 3은 캠의 구간별 운동을 나타내고 있다 1-3구간은 상승구간으로 스프링의 제작에 있어서 피치툴이 나오는 부분이다. 이 구간으로 최대피치가 결정되고 무효권수를 결정한다. 3-4구간은 등피치 구간으로 피치툴이 계속적으로 밀어내고 있는 부분으로 이 구

간은 최대피치가 유지되고 그로 인해 유효권수를 결정한다. 4-6구간은 하강구간으로 밀어내고 있던 피치틀이 빠져나오는 부분이다. 4-6구간에서 피치틀의 이동시간에 따라서 스프링백의 크기를 좌우한다. 스프링백은 스프링의 평행도와 직각도에 큰 영

향을 미친다. 7구간은 커팅구간으로 스프링제작에는 직접적인 영향을 미치지 않고 제작된 피치틀이 완전히 들어가 있고 스프링을 커팅날이 올라와서 완성된 스프링을 잘라 내어 공정을 마무리 짓는다. Table 1은 피티틀의 공정에 대한 운동관계를 설명하고 있다.

Table 1 Types of Pitch tool driving slide mechanism

Step	Primary role	Picture
7 ~ 1	1 point : - Supply with wire according to Pitch tool - Manufacture of Invalidity coiling spring	
1 ~ 2	2 point : - Starting of Pitch tool - Pitch tool is not material contact	
2 ~ 3	3 point : - Thrust a pitch tool forward - Making a coiling spring - Starting of validity coil spring	
3 ~ 4	4 point : - Pitch tool is stop - Coil spring make uniform	
4 ~ 5	5 point : - Perfect an Coil spring - Return safely to the pitch tool	
5 ~ 6	6 point : - Pitch tool is not material contact	
6 ~ 7	7 point : - Manufacture of Invalidity coiling spring - Wire is cutting - Pitch tool is stop	

4. 코일 스프링 성형용 캠 프로그램

본 연구에서는 우선, 생산에 이용하고 있는 최적화된 캠 프로파일의 특성치를 입력하면 자동으로 CAD도면을 생성시키는 캠 프로그램을 개발, 상용화 시키는 개발 순서도를 Fig. 4에 나타내었다.

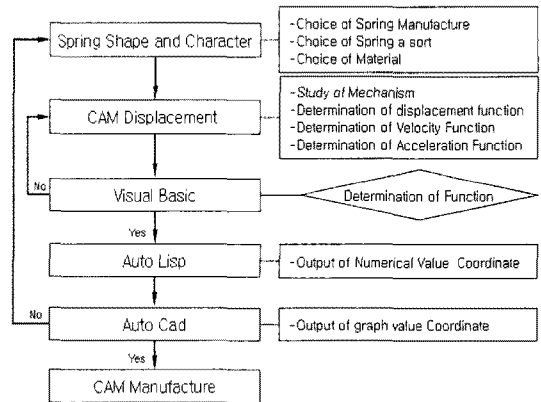


Fig. 4 Flowchart of program

4.1 비주얼 베이직을 이용한 프로그램

비주얼 베이직 프로그램은 프로그램의 결과로 나타나는 입력 또는 출력 내용을 미리 눈으로 확인해 가면서 만들어 가면, 그에 따라 프로그램 코드가 선택되어 손쉽게 프로그램을 만들고 수정할 수 있는 프로그램이다. 결과를 눈으로 바로 확인할 수 있어 손쉽고 빠르게 프로그램 개발을 할 수 있다. 캠 기구 형상설계 및 해석 프로그램의 전체구성은 Fig. 5과 같다. 각각의 입력을 받아서 해석 작업을 수행하여 정보를 그래프로 보여준다. 출력데이터를 이용해서 AUTO LISP 에서 캠 형상 데이터로 보내준다.

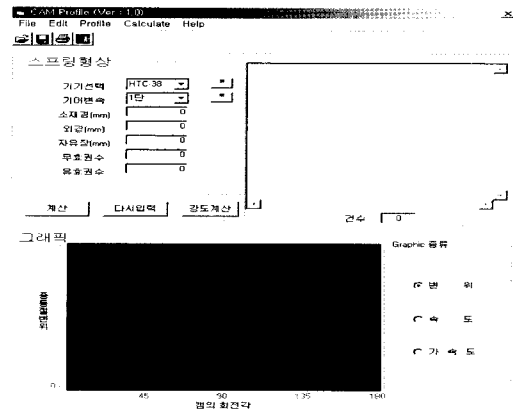


Fig. 5 Initial input windows of CAM program

4.1.1 입력부분

4.1.1.1 스프링형상 입력

캠을 제조하기 위해 직접적으로 영향을 미치는 부분이다. 기기선택은 기기마다 기어단수 속도에 따른 와이어 이송량이 다르기 때문에 반드시 선택되어야 할 부분이다. 기어변속은 앞에서 설명한 바와 같이 와이어 이송량을 결정짓는 부분이다. 소재경, 외경, 자유장, 무효권수, 유효권수는 캠의 형상을 직접적으로 결정짓는다. 계산버튼을 누르면 각 요소들의 작동으로 좌표 값이 출력 창에 나오도록 하였다. 강도계산버튼은 스프링 이론해석에 필요한 값들 즉 탄성계수, 펼친 길이, Solid length, 처짐, 스프링지수, what 응력수정계수, 전단응력 값을 계산할 수 있도록 구성된 형태이다.

4.1.1.2 스프링특성 입력

재료선택과 하중을 입력함으로써 스프링의 설계 값을 자동 계산된다. 도번과 작성자는 스프링 설계 시 꼭 필요한 부분으로 인쇄를 하였을 때 여러 파일들로부터 구분할 수 있다.

4.1.2 출력부분

4.1.2.1 캠 프로파일 좌표값 출력부분

계산버튼을 클릭했을 때 출력창에 Fig. 6와 같이 나타난다. 이는 X,Y,Z의 좌표를 의미하고 이 자료를 통해 AUTO-CAD에서 LISP을 통해 캠 형상을 그려낸다. 이 데이터를 AUTO-LISP으로 읽어 들여 캠의 형상을 그려낸다.

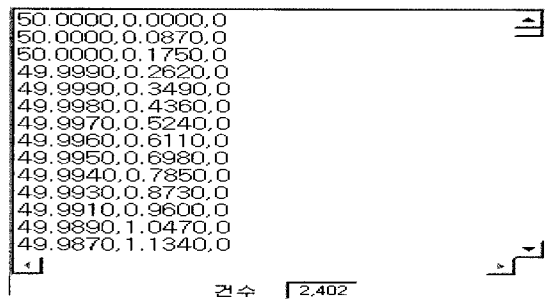


Fig. 6 Output windows of Coordinate value

4.1.2.2 캠 운동선도 그래프 출력부분

Fig. 7은 그래프 출력창은 스프링 형상 입력에 의해서 계산된 값을 그래프로 볼 수 있도록 나타내었다. 그래픽의 종류에 변위, 속도, 가속도를 클릭했을 때 그에 해당되는 그래프가 나타난다. 이 그래프는 캠의 회전한 각도를 가지고 그 부분의 변위, 속도, 가속도를 눈으로 볼 수 있고 쉽게 해석할 수 있다. 따라서 그래프의 형상만으로 에러가 있는지 없는지를 판단할 수 있다. 변위, 속도, 가속도의 그래프는 피치들의 이동구간, 최대 이송량 등이 중요한 정보를 담고 있다.

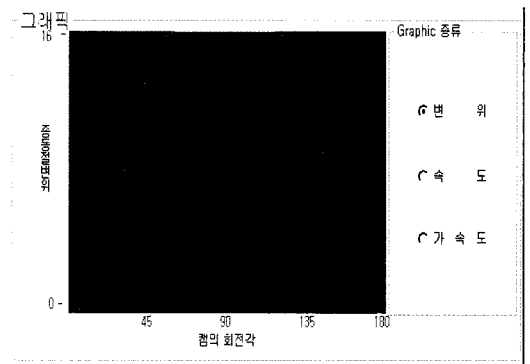


Fig. 7 Output windows of graphics

4.1.2.3 스프링 이론 설계값 출력부분

스프링 형상탭에서 계산버튼을 클릭했을 때 출력창에 Fig. 8와 같이 나타난다. 스프링특성에는 이론적으로 계산된 스프링의 특성인 탄성계수, 펼친 길이, Solid length, 처짐, 스프링지수, What응력수정계수, 전단응력을 출력하도록 하였다. 이 데이터는 캠을 제작하고 그 캠에 대한데이터로 현장

작업자나 도면작성자가 편하게 작업하고 캠에 대해 이해할 수 있도록 하기 위해 만들었다. 스프링이 실제 기계의 부품으로 쓰여 질 때 변형이나 파손을 막을 수 있기 때문에 이 데이터는 중요하다. 스프링을 제작 할 때 허용범위를 정하여 그 허용범위를 넘지 않는 한도에서 설계하여야 한다.

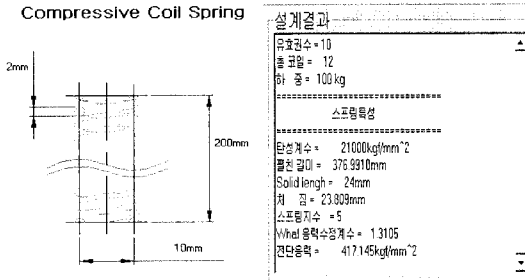


Fig. 8 Output windows of spring design value

4.2 AUTO LISP를 이용한 CAD 파일 출력

AUTO LISP정보는 캠 실행파일에서 출력된 데이터의 좌표값을 포인트로 찍어서 그 포인트를 연결하는 방식으로 LISP프로그램은 짜여졌다. Fig. 9은 AUTO CAD에서 AUTO LISP을 불러들일 때의 화면이다. AUTO LISP파일을 불러들이고 캠 실행파일에서 출력된 데이터의 좌표값을 불러들이면 그 데이터에 대응하는 포인트가 생겨난다. 포인트를 다 찍으면 그 포인트를 라인으로 다시 연결해서 캠을 생성시킨다.

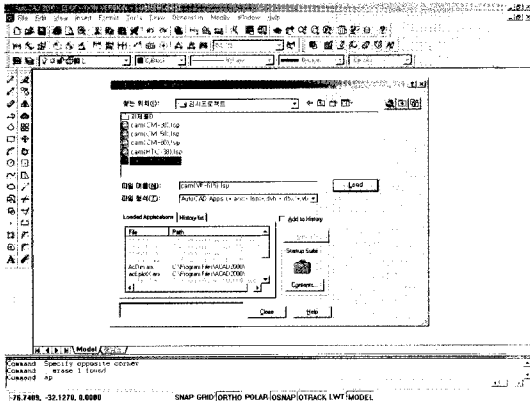


Fig. 9 Output windows of AUTO LISP file

Fig. 10은 포인트를 찍은 후 라인으로 연결해서 최종의 캠형상이 나타난 화면이다. 캠 형상만을 그리고 난 후에 캠 형상에 맞는 도면과 앞 뒤면을 구분 지어주는 "BACK"이라는 단어를 추가하여 불편함을 덜었다. 이 파일을 가지고 레이저 절단을 할 수 있는 캠 정보를 얻을 수 있다.

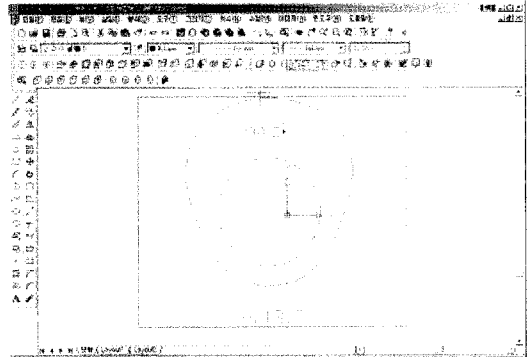
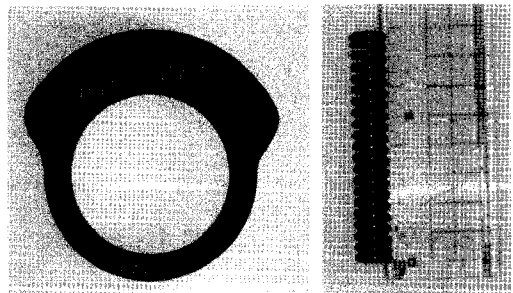
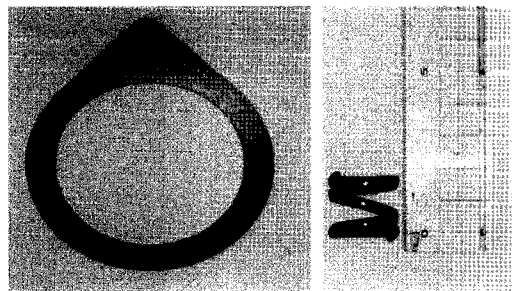


Fig. 10 Output windows of CAM program loading

5. 실험



(a)



(b)

Fig. 11 Manufacture of CAM and Coil Spring using AUTO LISP

AUTO LISP를 통해서 만들어진 도면을 스프링 제작기 HTC-38를 이용해서 스프링제작 실험을 수행하였다. Fig. 11의 (a)는 2단, 소재경 2.65mm, 자유장 76mm, 무효권수 1, 유효권수 18의 스프링을 제작하기위한 캠를 나타내고 있다. Fig. 12의 (b)는 1단, 소재경 3.5mm, 자유장 18mm, 무효권수 0.5, 유효권수 1인 스프링을 제작하기 위한 캠를 나타내고 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 비주얼 베이직과 AUTO-LISP를 이용해서 캠의 성형설계자동화 프로그램을 구축했다. 스프링성형기계 HTC-38을 대상으로 성형설계 코일 스프링 제작용 CAM 프로그램을 개발하였다. 개발프로그램의 특징은 다음과 같다.

(1) 캠의 형상을 표준화하여 빠른 시간 내에 스프링의 생산이 가능하게 하였다.

(2) 재료 및 하중을 입력함으로써 스프링의 설계 값을 자동으로 계산할 수 있는 캠 프로그램을 개발 하였다.

(3) 캠 설계 자동화 프로그램을 이용하면 쉽게 캠을 제작할 수 있고 이 캠을 이용하여 편하게 제품을 만들 수 있도록 하였다.

참고문헌

- [1] Kyung-Woo Lee, Jae-Sam Ban, Jong-Seok Kim, Kyu-Zong Cho, "A study on the development of the gear design program using auto lisp", Transactions of the Korean society machine Tool Engineers, Vol. 11, No. 2, pp. 36-42, 2002.
- [2] Tae-Young Shon, Min-Yang Yang, "Synthesis of optimum cam curve by Cubic spline", J. KSME, Vol. 19, No. 5, pp. 1168-1995, 1995.
- [3] Hyung-Hong Kwon, Sun-Jun Choi, "Design Automated of the compressive coil spring", J. KSMTE, Vol. 9, No. 6, 2000.
- [4] Jun Hyung Kim, Kil Young Ahn, Soo Hyun Kim, Yoon Keun Kwak, "Optimal Design of a Variable-Speed Cam for Power Circuit Breaker," J. KSPE, Vol. 18, No. 12, pp. 47-53, 2001.
- [5] K. yoon, S. S. Rao, "Cam Motion Synthesis using Cubic Splines", Journal of Mechanical Design, Vol. 115, pp. 441-446, 1993.
- [6] H. Y. Cho, G. J. Nam, B.K. Oh, Y.H. Kim, J.H. Lee and J. Suh, "A Development of CAD Program for Metal Bellows Diaphragm", ksmem Vol. 27, No. 3, pp. 401-408, 2003.
- [7] Chan Bong Kim, Min Yang Yang, "A Study on Design and Manufacture of Spatial Cams", J. KSME, Vol. 17, No. 6, pp. 1361-1993, 1993.
- [8] Hong-Bae Kim, Hyuck-Soo Jeon, Chong-Woo Lee and Youn-Sik Park, "Dynamic Stability Analysis of a Single Cam Drive mechanism", J. KSME, Vol. 14, No. 3, pp. 526-533, 1990.
- [9] Joong-Ho Shin, Jong-Soo Kim and Kyong-Koon Ha, "A Study on the Kinetodynamic Analysis for General Disk Cam Driving Slider Mechanism", J. KSME, Vol. 21, No. 6, pp. 871-883, 1997.

저 자 소 개



박철우(朴哲雨)

1974년 4월생, 2006년 부산대학교 정밀기계공학과(공학박사), 2007년 부산대학교 기계공학부 NURI BAEM 사업단 교수