

# CNC 와이어 벤딩기 구동장치 개발

조현덕<sup>#</sup>, 최성종<sup>\*</sup>

## Gear Train Development for CNC Wire Bending Machine

Hyun-Deog Cho<sup>#</sup>, Sung-Jong Choi<sup>\*</sup>

### ABSTRACT

CNC wire bending machines are used in industries to make a type variety of wire products such as long links. The machines have a long arm device to rotate in order to remove forming errors by flexibility of wire. Generally, the machines which constructed servo motors in the arm have the rotating range of the arm under 360 degree because the servo motors connect with fixed control devices on frame by many cables. The rotating angle under 360 degree limits working speed and forming geometry. Therefore this study developed a gear train to drive a parts in arm and to be independent on arm rotation movement. The developed gear train can transfer four movements to four components in arm and is consists parallel of four pairs of satellite gear trains. This study constructed the CNC wire bending machine with the developed gear train and verified that the gear train could drive internal components independently on arm rotation.

**Key Words** : Arm(암), Feeding Box(피딩박스), Feeding Roller(피딩 롤러), Gear Train(기어구동장치), Wire(와이어), Wire Bending Machine(와이어 벤딩기)

### 1. 서 론

일반적으로 기어는 기계 개발에서 가장 널리 사용되는 부품 중 하나이다. 기계 개발은 목적에 맞는 전체 사양을 결정하고 각 사양에 적합한 부분 구성을 설계하는 순서로 하는데, 기어가 사용되는 경우 가장 우선적으로 필요한 것이 기어구동장치(gear train)의 설계이다<sup>[1,2,3]</sup>. 기어구동장치의 기어 배열 방법은 감속을 위한 설계에서부터 특정한 기능을 위한 설계에 이르기까지 단순한 기술에서부터 매우 어려운 기술

에 이르기까지 그 범위가 매우 넓다고 하겠다<sup>[4,5]</sup>. 따라서 기어배열에 대한 설계는 기계구성에서 매우 큰 비중을 차지하는 중요한 기술이라 하겠다. 기어와 관련한 연구는 대부분 치형의 설계 및 가공, 감속비 최적분할 등 정밀 구동장치에 관한 연구는 많이 이루어지고 있으나 기어구동장치의 전체설계에 대한 연구는 많지 않은 실정이다<sup>[5,6,7]</sup>. 본 연구는 CNC 와이어 벤딩기(wire bending machine)의 특수기능을 위한 기어배열 개발에 관한 것이다.

와이어(wire) 제품은 문구류, 낚시 바늘, 자동차부품, 금형부품, 항공기부품, 전자제품 및 IT 기기 부품 등 일상 생활용품에서부터 산업용 부품에 이르기까지 광범위하게 사용되고 있다. 이러한 와이어 제품은 전용기를 이용하여 성형하였으나 최근 CNC 기술의

# 교신저자 : 경일대학교 기계자동차학부  
E-mail : hdcho@kiu.ac.kr

\* 지식경제부 지정 경일대학교 자동차부품시험지역혁신센터

발달, 다품종 소량생산, 제품의 라이프 사이클 단축 등의 추세에 따라 CNC기술이 접목된 일반성형기계인 CNC 와이어 성형기가 사용되고 있다<sup>[1]</sup>.

CNC 와이어 성형기는 크게 일반 CNC 와이어 성형기와 CNC 와이어 벤딩기로 구분된다. CNC 와이어 성형기의 경우 와이어의 회전으로 성형을 위한 위치각을 결정하기 때문에 짧은 제품 성형에 사용되고, CNC 와이어 벤딩기의 경우 기계 본체의 일부인 암(arm)의 회전으로 성형을 위한 위치각을 결정하기 때문에 긴 제품의 성형에 사용된다<sup>[4]</sup>. 그리고 와이어를 성형하는 방식에서도 크게 차이가 난다. CNC 와이어 성형기의 경우 슬라이더 상부에 고정된 공구의 왕복 운동에 의해 주로 성형이 이루어지고, 슬라이더 상부에 슬라이더 스피너(slides spinner)를 부착하여 와이어 벤딩기의 기능을 할 수 있도록 하지만 비교적 짧은 제품에 제한적으로 적용된다. CNC 와이어 벤딩기는 와이어를 굽힘 성형하는 기계로 공구홀더(tool holder)의 회전운동을 주 동작으로 하며, 와이어의 성형 길이는 이송장치에 설치되어 있는 이송롤러에 의해 결정되고 와이어 원주상의 위치각은 암의 회전에 의해 결정된다. CNC 와이어 벤딩기는 와이어 제품의 길이가 긴 경우에 적용되기 때문에 제품 성형능력을 높이기 위해 암이 길 필요가 있고, 와이어의 회전은 와이어의 유연성으로 위치각 결정에서 정밀도가 떨어질 수 있기 때문에 기계의 일부인 암을 회전하도록 한다.

CNC 와이어 벤딩기는 암의 회전에 대하여 내부 부품의 구동 방식에 따라 2가지 타입이 있는데, 암 내부에 케이블(cable)로 연결된 액츄에이터를 설치하는 경우와 외부에서 운동을 전달할 수 있도록 분리한 경우가 있다. 케이블이 연결된 경우 암을 360°이상 회전하기가 어렵고 운전속도도 낮은 단점이 있으나, 외부에서 운동을 전달할 경우 암을 360°이상 회전할 수 있고 작업속도도 증가시킬 수 있으나 기계의 구성이 복잡하다.

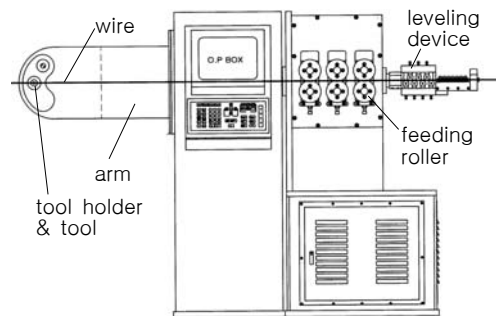
본 연구의 CNC 와이어 벤딩기는 분리된 경우로, 회전하는 암 내부에 4개의 구동장치를 포함하며 암의 회전에 무관하게 독립적으로 4개의 내부 구동을 할 수 있도록 기어구동장치를 개발하였다. 회전하는 암 내부 부품의 구동이 없을 경우 암을 회전할 때 내부 부품은 상대운동을 전혀 안하기 위해서는 암의 회전과 동일한 절대회전이 있어야 한다. 본 연구에서는

유성치차를 사용하여 암 내부 부품의 상대운동을 없앨 수 있었으며 동일한 원리로 4개의 기어배열을 병렬식으로 설치하여 기계의 구성을 짜임새 있게 설계할 수 있었다. 본 연구에서 개발한 암 내부 부품의 구동장치를 적용하여 제작한 CNC 와이어 벤딩기를 운전 시험한 결과 내부 부품의 독립적 구동이 확인되었으며 암을 360°이상 회전할 수 있어 작업 프로그램이 쉽고 작업성능이 우수함을 알 수 있었다.

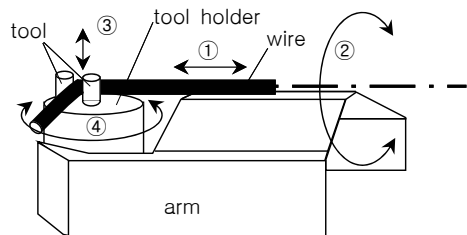
본 연구에서는 선삭가공에서 온라인으로 선삭공구에 걸리는 절삭력 신호를 검출하여 웨이브렛 변환을 통해 신호분석을 통하여 공구파손이 일어나는 이상상태를 진단하고, 선삭 뿐만 아니라 다른 기계가공신호에의 적용가능성에 대한 가능성을 제시하고자 한다.

## 2. CNC 와이어 벤딩기의 성형원리

CNC 와이어 벤딩기는 Fig. 1과 같이 와이어의 3차원 굽힘 성형을 위한 기계로서 암(arm), 암 내부 부품 구동장치(gear train), 이송장치(feeding device), 직진장



(a) CNC wire bending machine



(b) Wire bending principle

Fig. 1 CNC wire bending machine and bending principle

치(leveling device), 서보모터 및 제어장치(servo motor and control devices)로 구성된다. 암은 와이어의 둘레 방향 위치를 결정하기 위해 회전하는 장치로 내부에는 별도의 부품들을 포함하고 있다. 이송장치는 와이어의 길이방향의 위치를 결정하기 위해 와이어를 이송하는 장치이며, 직진장치는 기계 입구에 설치되어 와이어를 직선화하는 장치이며, 서보모터 및 제어장치는 모든 부품의 운동을 제어하는 장치이다.

와이어의 굽힘 성형은 Fig. 1(b)에 나타난 동작순서와 같이 와이어 이송(①), 암 회전(②), 공구 홀더 상승(③), 공구 홀더 회전(④)의 순서로 이루어진다. 따라서 와이어는 공구홀더 표면에 돌출되어 있는 2개의 핀 타입(pin type) 공구에 의하여 성형되며, 공구홀더는 상하로 움직일 수 있으며, 와이어 길이 결정을 하는 이송장치는 프레임(frame)에 고정되어 있다. 와이어의 둘레방향의 위치 결정을 위해 암이 회전하는 것은 긴 제품을 성형하는데 있어서 와이어를 회전할 경우 와이어의 유연성에 의한 출렁거림이 발생하여 정밀도가 떨어지고 작업속도가 늦어지며 이송롤러 이후 길이가 길기 때문에 와이어의 꼬임 현상이 발생할 수 있다. 본 연구에서 개발하고자 하는 CNC 와이어 벤딩기는 Fig. 1(b)의 4가지 운동 이외에 2개의 공구 홀더 사용을 위한 공구홀더 교체장치, 와이어 절단장치 등이 추가 된다. 따라서 암 내부에 필요한 운동은 모두 4개이며 전체 운동은 6자유도이다.

### 3. 구동장치

암 내부에 동력을 전달하기 위한 구동장치는 Fig. 2(a)와 같이 케이블이 연결되어 있어 360°이내에서 암을 회전할 수 있는 경우와 Fig. 2(b)와 같이 암의 회전부에 기어로 연결되어 암을 360°이상 회전할 수 있는 경우가 있다. 그런데 암을 회전할 경우 암 내부 기어가 고정된 기어 주변을 공전하기 때문에 암 내부 기어에 회전이 발생한다. 이러한 자체 회전발생을 없애기 위하여 내부 부품을 구동하는 서보모터가 정지하고 있지만 암과 동일한 회전이 발생할 수 있도록 Fig. 3과 같이 별도의 구동장치(drive gear)를 개발하였다.

암이 회전하여도 암 내부의 부품은 암과 상대운동

이 없이 독립적 구동이 가능하여야 한다. 따라서 구동장치는 암을 회전시키는 동시에 내부부품에 대해서는 보상의 역할을 해야 하는데, 본 연구는 Fig. 3 (b)과 같은 기어구성을 개발하여 내부 부품의 상대운동을 보상할 수 있도록 하였다. Fig. 3 (b)는 암 내부 부품 1개에 대해 기어 구성을 개념적으로 표현한 것이며, 시작점 ④는 암을 회전시키는 기어로서 암 회전 모터에 연결되어 있는 동시에 ①의 유성 캐리어 기어와도 연결되어 있다. 그래서 암을 회전시키는 운동의 흐름은 ④에서 ④와 일체형이며 암을 고정하는 디스크 하우징으로 바로 전달되고(④ → arm), 다른 하나는 ④ → ① → ③ (→ ② → ③) → ④ → ⑤ → ⑥ → ⑦ → ⑧ 순서로 전달된다. 여기서 ⑧의 회전은 암과 동일한 회전수를 갖게 되어 암이 회전할 때 암과 내부부품 ⑨의 상대운동이 없게 된다. 내부 부품 ⑨를 구동하는 동력흐름은 ⑥ → ② → ③ → ④ → ⑤ → ⑥ → ⑦ → ⑧ → ⑨로 전달되므로 내부부품을 구동하는 기어 ⑧의 회전은 암을 회전시키는 회전수 ④와 내부부품을 회전시키는 회전수 ⑥의 합이 되지만 실제 내부부품 ⑨의 작동회전은 ⑥가 됨을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 개발한 기어구성은 암을 회전시킬 때 내부부품의 상대운동이 없으므로 Fig. 1과 같은 CNC 와이어 벤딩기에 적용될 수 있음을 알 수 있다.

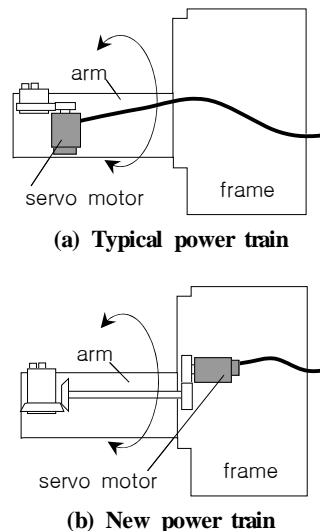
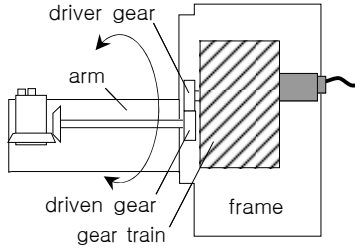
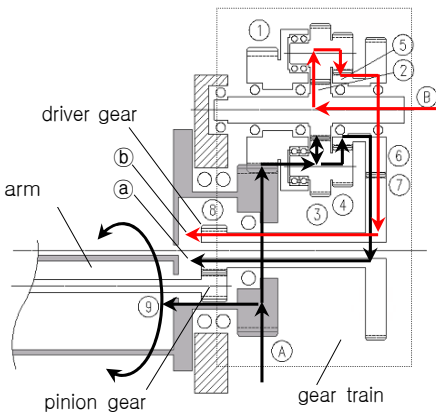


Fig. 2 Power trains for parts in arm of CNC wire bending machine



(a) Concept for developed power train



(b) Construction and power flow of developed gear train  
 Fig. 3 Developed gear train for an internal part of CNC wire bending machine

### 4. 결 과

본 연구에서 개발한 Fig. 3 (b)의 기어구성에 대하여, Table 1은 주어진 기어들의 모듈과 이수에 대하여 ②와 ⑧를 고정하고 ①을 1회전 시켰을 때의 각 기어들의 회전수를 계산하는 절차와 결과를 보여 준다. 여기서 계산 순서는 우선 유성기어 ③을 캐리어 기어 ①에 고정된 상태에서 -3회전시켰을 때 각 기어의 회전수를 계산하고, ①만 고정하고 ②와 ⑧를 3회전시켰을 때 각 기어의 회전수를 계산하여 서로 중첩하면 최종 기어들의 회전수가 된다<sup>(8)</sup>. Table 1의 결과는 ②와 ⑧를 고정하고 ①을 1회전 시켰을 때 ⑧도 1회전하여 암과 함께 공전하는 내부부품 ⑨는 ⑧ 및 암과의 상대운동이 없음을 알 수 있다. 따라서 본 기어구성은 암의 회전에 대하여 보상기능을 하여 내부부품

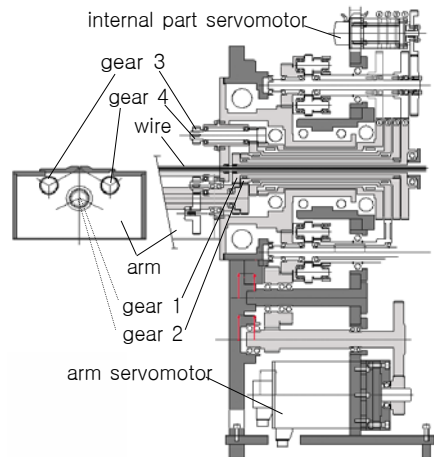
이 암의 회전에 대하여 독립적으로 구동될 수 있다. 따라서 Fig. 3의 기어구성에 대하여 내부부품을 구동시키는 기어 ⑧의 각속도( $\dot{\theta}_8$ )는 (1)식으로 표현할 수 있다. 여기서 암의 회전은 ①기어의 각속도( $\dot{\theta}_A$ )와 같고,  $\dot{\theta}_B$ 는 내부기어를 구동하기 위한 구동장치의 입력축 각속도이고  $Z_i$ 는 기어 이수이다. 그리고 (1)식의  $Z_2Z_4Z_6/Z_3Z_5Z_7$ 을 Table 1에 주어진 이수로 계산하면 1/3이 되어 본 구동장치는 내부부품 구동에 있어서는 감속기 역할을 한다.

$$\dot{\theta}_8 = \dot{\theta}_A + \frac{Z_2Z_4Z_6}{Z_3Z_5Z_7} \dot{\theta}_B \tag{1}$$

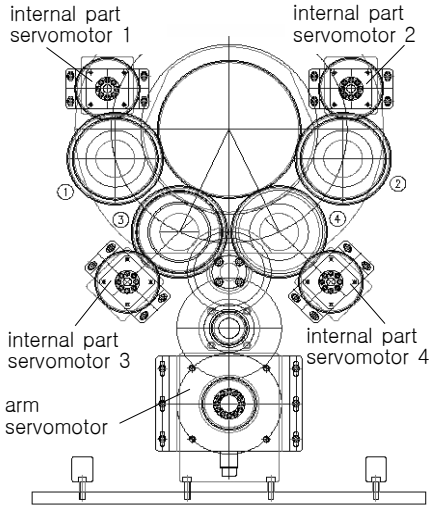
Table 1 Calculation of velocity ratios for developed gear train

condition \ gear	A	1	2, B	3	4	5	6	7	8
module	3.75	3.75	2	2	2	2	2	2	2.5
teeth number	90	30	27	27	18	36	90	135	32
fixed ③ to ①	1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	2	2
① fix alone	0	0	3	-3	-3	1.5	1.5	-1	-1
velocity ratio	1	-3	0	-6	-6	-1.5	-1.5	1	1

본 연구에서는 Fig. 4와 같이 개발된 구동장치를 암 회전축의 원주 상에 4개를 설치하여 4개의 내부부품을 구동할 수 있도록 하였다. Fig. 4 (a)는 다수 부품을 단순화한 구동장치 조립도로서 개념적인 구성



(a) Gear train of CNC wire bending machine

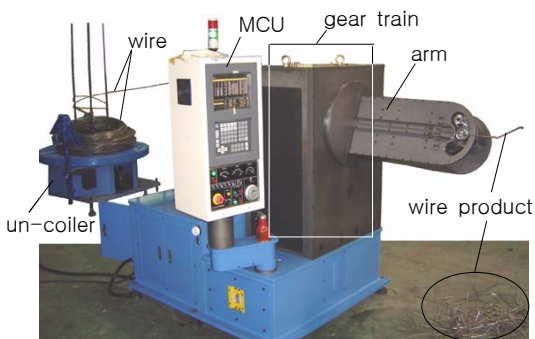


(b) Arrangement of servo-motors for gear train

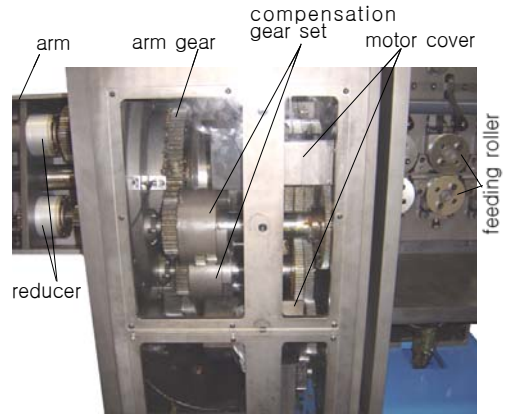
Fig. 4 Developed gear train for 4 internal components of CNC wire bending machine

을 보여주며, Fig. 4 (b)는 내부부품을 구동하는 모터 배치를 보여준다. 본 연구의 CNC 와이어 벤딩기의 내부부품 종류는 공구 회전, 공구대 회전, 공구대 상하운동, 절단운동 등이 있다.

본 연구에서 개발된 구동장치를 적용한 6축 CNC 와이어 벤딩기의 제작 결과는 Fig. 5와 같으며, 6축은 4개의 내부부품 구동, 압 회전, 와이어 이송운동 등으로 구성된다. 제작된 CNC 와이어 벤딩기의 작동으로 개발된 기어구성이 와이어의 굽힘 성형을 하는데 압의 회전이 내부부품 구동에 전혀 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.



(a) CNC wire bending machine



(b) Gear train

Fig. 5 Developed CNC wire bending machine and gear train

## 5. 결 론

본 연구의 와이어 이송운동과 압 회전운동이 상호 독립적 특성을 갖는 CNC 와이어 벤딩기 구동장치 개발을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 압의 회전이 내부부품의 운동에 전혀 영향을 미치지 않는 기어배열을 개발하였다.
2. 구동장치의 기어구성을 병렬식으로 배치가 가능하도록 개발함으로써 다수의 내부부품 운동에 적용될 수 있었다.
3. 회전수비 계산과 CNC 와이어 벤딩기의 제작 및 운전을 통해 개발된 구동장치의 타당성을 검증하였다.
4. 개발된 구동장치를 적용한 CNC 와이어 벤딩기는 압을 무한 각도로 회전할 수 있어 작업속도를 높일 수 있었고, 내부부품 운동을 서보모터에서 직접 제어할 수 있어 정밀한 동력전달이 가능함을 알 수 있었다.

## 후 기

본 연구는 지식경제부 지정 경일대학교 자동차부품시험지역혁신센터(ACT-RIC) 지원으로 연구된 논문입니다.

## 참고문헌

1. Cho, H. D., "CNC 와이어 성형기의 피딩박스 구동장치 개발", 한국공작기계학회논문집, 제16권, 제2호, pp. 50-56, 2007.
2. 조현덕, "4방식 조향장치를 적용한 관리 작업차 개발 I (동력전달 시스템 개발)", 한국공작기계학회논문집, 제14권, 제1호, pp. 66-72, 2005.
3. 조현덕, "피딩과 스피닝을 하는 동력전달장치를 장착한 CNC 와이어 성형기 개발", 보고서(디엠씨), pp. 12-24, 2004.
4. 조현덕, "6-축 와이어 벤딩기 개발", 보고서(디엠씨), pp. 10-44, 2006.
5. 배인호, 정태형, "원통 기어로 구성된 다단 기어열의 기어비 분할법 개발", 한국공작기계학회논문집, 제11권, 제6호, pp. 45-51, 2002.
6. 정태형, 이정상, 최정락, "기어 물림부의 스프링강성 변화와 구동기의 불균형을 고려한 2단 기어장치의 진동에 관한 연구", 한국공작기계학회논문집, 제10권, 제6호, pp. 8-14, 2001.
7. 정태형, 김장수, 박승현, "복합 다단 기어장치 메커니즘의 생성 및 초기설계", 한국공작기계학회논문집, 제14권, 제4호, pp. 41-48, 2005.
8. 조선희, 이장무, "기구학", 희중당, pp. 286-309, 1984.