

CNC 레이저 가공기를 이용한 활자체 가공에 관한 연구 A Study on the Contour Machining of Text using CNC Laser Machine

구영희, 강상호, 이동주
이리공업고등학교 기계과, 전라북도 공업계고등학교 이리공동실습소, 충남대학교 기계공학과

Abstract

The purpose of this study is the machining of texture shapes by the contour fitting data. The hardware of the system comprises PC and scanning system, CO₂ laser machine. There are four steps, (1) text image loading using scanning shapes or 2D image files, (2) generation of contour fitting data by the line and arc, cubic Bezier curve, (3) generation of NC code from the contouring fitting data, (4) machining by the DNC system. It is developed a software package, with which can conduct a micro CAM system of CNC laser machine in the PC without economical burden.

Key Words : CO₂ laser machine(레이저 가공기), 2D image files(2차원 그림 파일), contour fitting data(외형선 형상 데이터), CAM system(CAM 시스템)

1. 서론

오늘날에는 레이저 관련 기술이 발전함에 따라 레이저 열원을 이용한 가공 기술이 절단, 용접, 천공, 마킹, 열처리 및 미소 측정 등의 다양한 형태의 생산 기술 분야뿐만 아니라 의료용 장비 분야 등에서 폭넓게 응용되고 있다[1].

특히 레이저 절단은 용접이나 열처리 등과 같은 다른 레이저 가공에 비해서 경제성이 높고 기술의 난이도가 낮아서 산업 현장에서 비교적 빠른 속도로 널리 보급되었다. 본 연구에서는 이러한 레이저 절단의 장점을 최대한 이용하는 경

제성이 높은 CO₂ 레이저 절단 시스템을 구축하고자 한다. 이 과정에서 레이저 가공기의 절단 가공에서 효율적으로 이용할 수 있는 자동프로그래밍 시스템을 개발하는 것을 본 연구의 주된 목적으로 하고 있다. 일반적으로 레이저 가공기에서는 절단 가공을 위한 NC 가공 경로의 작성이 그 동안 수동 프로그래밍 방식으로 이루어져 오고 있었다. 그러나 형상이 복잡하거나 활자체에 서와 같이 자유 곡선을 포함하고 있는 경우에는 수동 프로그래밍 방식으로 NC 가공 경로를 작성하는 데에는 상당히 많은 시간이 요구되고 프로그램의 작성 과정에서도 어려움이 따른다. 이와 같은 경우에 대하여 본 연구에서 개발한 시스템을 이용함으로써 레이저 가공을 위한 자동 프로그래밍 방식이 요구되는 생산 현장에의 도입을 통하여 NC 프로그램 작성과 검증 과정의 효율화를 도모할 수 있다.

본 연구에서 레이저 가공에 이용한 가공물은 주로 2차원 그림 파일을 근거로 한 활자체 모양의 절단 가공 작업이다. 이를 위해서 벡터 데이터를 이용하여 2차원 그림 파일의 외각 형상으로부터 활자체의 외형선 형상 데이터를 산출하는 방식을 통하여 최종적으로는 NC 가공 경로를 산출하고 있다.

외형선 형상 데이터의 산출 과정에서는 가공물의 특성상 곡선의 평활도(smoothness)가 중요시된다. 즉, 가공물 형상 모델의 정밀도가 아니라 모델의 외형이 설계자가 판단하기에 만족스러운 가하는 것이다. 본 연구에서는 컴퓨터 내에서 2차원 활자체 형상의 그림 파일을 이용하기 때문에 수학적식으로 표현이 용이한 형상, 단적으로는 직선, 원호, 자유 곡선 등을 조합시켜서 외형선 형상 데이터의 생성이 이루어지고, 복잡한 자유 곡선에 대해서는 수식으로 간단히 표현할 수 있

는 3차 베지에르 곡선과 B-스플라인 곡선 등이 사용되고 있다[2,3]. 어떠한 형태로 자유 곡선을 표현하는가에 따라서 생성된 외형선 형상 데이터상의 차이점, 단적으로 말하면, 곡선식을 표현하고 있는 함수에 따라서 형상이 미소하게 차이를 보이게 된다.

2. 시스템의 구성

본 연구에서 레이저 가공 작업의 효율화를 도모하기 위하여 구축하는 시스템은 크게 나누어 스캐닝 시스템, 형상 처리 시스템, 가공 시스템의 3가지 시스템으로 구성되어 있다. Fig.1에는 레이저 가공 시스템의 구성을 사진으로 나타내고 있다.

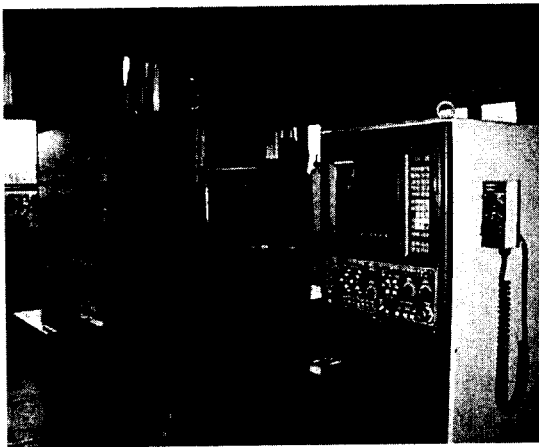


Fig.1 System architecture

스캐닝 시스템에서는 CO₂ 레이저 가공기를 이용하여 절단 가공하고자 하는 활자체의 형상을 스캐닝 장치들을 이용하여 직접 스캔하거나 상용의 활자체 처리 시스템 등으로부터 처리를 거쳐서 저장된 여러 가지 형식의 그림 파일을 생성하게 된다. 이러한 활자체 형상의 그림 파일에는 비트맵(*.bmp) 형태의 그림 파일뿐만 아니라 몇 가지의 다른 형태의 그림 파일들도 파일 변환 등을 통하여 형상 처리 시스템으로 전달된다.

형상 처리 시스템은 직접적인 활자체 형상의 스캐닝 데이터나 활자체 형상의 그림 파일을 입력하여 외형선 데이터를 생성하는 시스템이다.

예를 들면 Fig.2와 같은 2차원 그림 파일을 이용하여 이들의 외각 형상을 인식하고 가공 경로를 산출하기 위하여 외형선 데이터를 생성하고 처리하는 과정을 거치게 된다. 외각 형상의 처리 과정에서는 직선, 원호, 자유 곡선의 3가지 방식으로 구분하여 이루어진다. 또한 생성 과정에서 외형선 데이터의 오차에 의한 원하지 않는 굴곡을 제거하기 위하여 생성된 데이터를 허용 한도 내에서 이동시킴으로써, 외형선을 보다 평활(smooth and continuous)하게 하는 과정을 수행하고 있다[4].

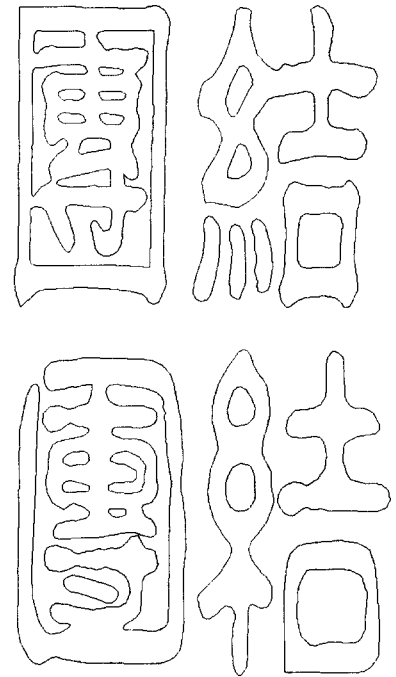


Fig.2 Examples of texture shapes

가공 시스템은 외형선 데이터로부터 레이저 가공을 위하여 NC 가공 경로, 즉 NC 코드를 생성하고, PC와 CNC 레이저 가공기 사이의 DNC 전송에 의하여 가공을 수행하는 시스템이다. 그리고 가공할 때의 간단한 조작을 위하여 절단 조건의 설정을 프로그래밍 시스템에서 데이터베이스를 내장하여 처리하고 있다. 본 연구에서 사용하는 CO₂ 레이저 가공기는 1000W급으로 대우중공업(주)에서 제작한 QUASAR-1000M을 이용하

여 활자체의 레이저 가공을 수행하였다.

3. 외형선 데이터의 처리

본 연구에서 활자체의 레이저 가공을 위한 NC 코드를 자동적으로 생성시키는 기초 데이터가 되는 활자체의 외형선 데이터는 Fig.3에서와 같이 2차원 그림 파일의 처리에 의하여 생성된 일종의 윤곽선 보간 데이터의 형태이다. 외형선 데이터의 특징으로서는 활자체 형상 부위의 특징에 따라서 각 구간을 직선, 원호, 자유 곡선 부분으로 구분할 수 있으며, 각 구간의 연결 부분에 대해서 연속성의 조건을 지정하여 처리할 수도 있다. 이들 외형선 데이터는 가공 시스템에서 이용되는 NC 가공 경로를 생성하는 기본 데이터로 이용되고 있다.

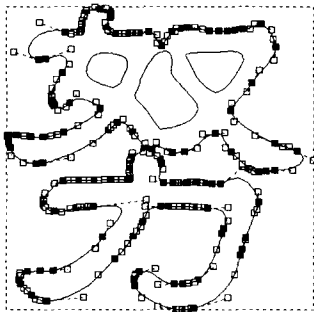


Fig.3 Examples of contour fitting data and control point

그리고 외형선 데이터의 생성 과정에서 나타날 수 있는 데이터의 굴곡을 평활화하고, 처리된 외형선 데이터를 기계 가공이나 그래픽 출력 등에서 요구하는 작업에 적합한 형상 데이터로 변환하기도 한다. 이와 같은 평활화 과정에서는 외형선 데이터의 구간의 연결점에서 1차 미분값이 연속이 되도록 데이터를 판별하고 조정하는데 매개변수(parameter)에 의한 3차 베지에르 곡선식을 적용하고 있다.

형상을 이루는 도형은 보통 점, 선, 원, 원호, 자유 곡선 등으로 구성되는데 이들을 기본 도형 요소로 볼 수 있다. 본 연구에서 외형선 데이터

를 생성하기 위해서 사용하는 이들 기본 도형 요소의 정의 방법을 살펴본다.

3.1 직선 형상의 표현

형상을 구성하는 가장 기본적인 도형 요소로서 두 점을 지정하거나 한 점을 지나고 임의의 선분에 평행 또는 수직, 두 곡선의 최단 거리를 잇는 선분 등으로 정의할 수 있다. 본 연구에서는 입력된 형상을 구성하고 있는 도형을 특징 형상에 따라서 몇 개의 구간으로 나누었을 때 직선 형상의 표현은 양끝 점을 지정하여 정의하고 있다.

3.2 원호 형상의 표현

곡선 형상의 구간을 구성하는 도형 요소로서 원호의 정의 방법은 중심점과 반경 또는 원주 상의 점의 지정, 접하는 두 선분과 반경의 지정, 세 개의 직선에 접하는 곡선으로 지정하는 방법 등이 있으나 본 연구에서는 세 점을 지정하는 방법에 의하여 정의하고 있다.

3.3 자유 곡선 형상의 표현

레이저 가공 형상에 있어서 자유 곡선 구간의 처리에는 3차 베지에르 곡선을 이용하고 있는데 베지에르 곡선은 피거슨이나 쿤스의 방법과는 달리 단순하게 곡선인 경우에는 다각형 의하여 표현된다. 베지에르 곡선의 표현 방법은 조정점에 의하여 생성된 다각형의 불룩한 형상 내부에 곡선이 위치하는 방법을 사용하는데 곡선 상의 한 점을 표현하는 방법은 주변의 다각형의 위치에 의하여 결정된다. 다각형의 한 점이 곡선과 가까우면 상대적으로 곡선의 형상에 더 많은 영향력을 가진다. 이러한 특성은 다각형이 어떤 모양인가에 따라서 그것에 의하여 결정되는 곡선의 형상을 설계자가 예상할 수 있으며 설계자가 곡선의 형상을 쉽게 변경할 수 있다[5].

자유 곡선을 표현하는 베지에르 곡선은 조정점 즉, 곡선을 근사화하는 순서적인 점들의 집합을 이용한다. 이는 다항식 함수에 기반을 두고 있으며 자유 곡선의 표현에 전형적으로 사용된다. $n+1$ 개의 조정점에 의하여 정의되는 n 차의 베지에르 곡선은 다음과 같은 매개변수 함수 형태로 나타낸다.

$$P(u) = \sum_{i=0}^n B_{i,n}(u) Q_i \quad (0 \leq u \leq 1) \text{-----(1)}$$

여기에서 Q_i 는 $n+1$ 개의 조정점이며, $B_{i,n}(u)$ 는 베지에르 표현을 위한 기저함수(blending function)로서 번스타인 다항식(Bernstein polynomial)에 의해서 다음과 같이 표현된다.

$$B_{i,n}(u) = \binom{n}{i} u^i (1-u)^{n-i} \quad (0 \leq u \leq 1) \text{-(2)}$$

여기에서 2항계수(familiar binomial coefficient)는

$$\binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!} \quad (i=0, \dots, n) \text{-----(3)}$$

이며, 이러한 기저함수는 모든 i 에 대하여 다음과 같은 조건을 만족한다.

$$B_{i,n}(u) \geq 0 \quad (0 \leq u \leq 1) \text{-----(4)}$$

$$\sum_{i=0}^n B_{i,n}(u) = 1$$

베지에르 기저함수는 $n+1$ 개의 조정점에 대하여 n 차 다항식을 생성하고 일반적으로 베지에르 곡선의 양 끝점이 되는 첫 조정점과 마지막 조정점을 지나고 있다.

P_0 에서 P_3 까지의 4개의 점으로 정의되는 3차 베지에르 곡선의 단위 구간(segment)을 Fig.4에서 표시하고 있다.

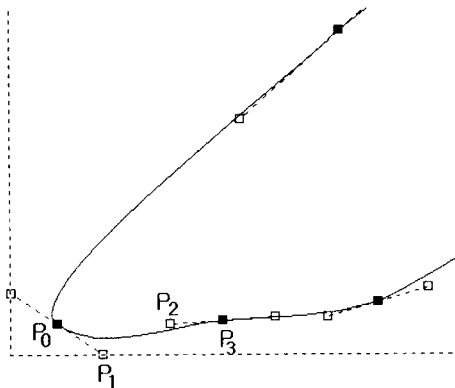


Fig.4 A Bezier curve and its defining polygon

양 끝점에서의 1차 미분 연속의 조건(slope continuity)에서 3차 베지에르 곡선인 경우에 인접한 두 개의 구간간의 공통점에서 C^1 급의 연속성이 요구된다. 이것을 만족하도록 그림에서와

같이 공통점에서 만나는 조정 다각형의 양변이 일직선을 이루도록 하는 방법으로 해결하고 있다 [6].

3.4 외형선 데이터 점의 조정

본 연구에서 제시된 방법을 이용하여 생성된 외형선 형상 데이터의 오차에 의한 굴곡과 불연속 점에 대한 평활화 및 데이터 점의 조정 작업을 수행한다. 평활화의 방법은 곡선 구간과 만나는 경우에 Fig.5에서와 같이 3차 베지에르 곡선의 조정점을 이용한다. 각 구간간의 연결점에서 허용 오차의 한도 내에서 이들을 이동시킴으로써 곡선의 평활화 및 오류의 확인과 수정작업을 하게 된다. 그림의 (a)는 평활화를 하기전의 상태를 나타내며, 그림의 (b)는 평활화가 이루어진 상태를 표시하고 있다. 최종적으로는 레이저 가공에 의한 기계 가공을 통하여 이러한 오차에 의한 영향과 평활화의 효과를 비교하거나 확인할 수 있다.

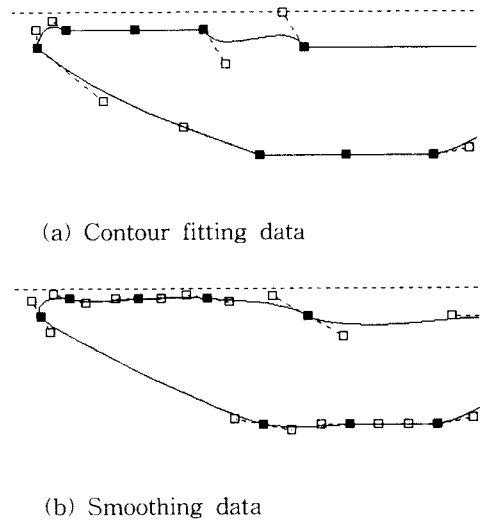
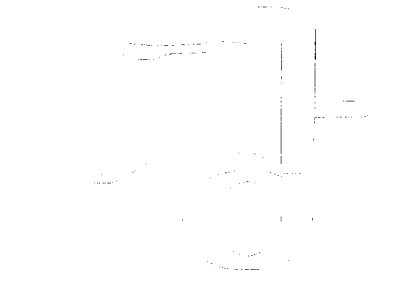


Fig.5 Effects of smooth and continuous

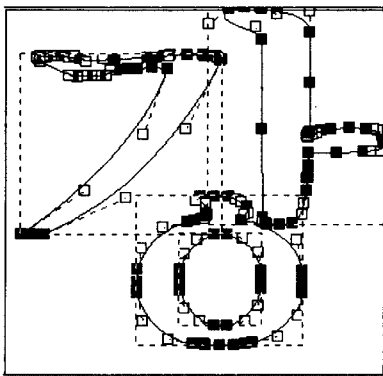
활자체의 외각 형상에 대하여 생각할 때 평활화에 의해서 굴곡은 작게되었지만, 미세한 표현감은 잃게되었다고 할 수도 있다. 이러한 외각 형상에 대해서 요철이 남아있는가, 미묘한 형상의 차이를 특징으로 남겨두는가는 설계자의 판단에 따르는 부분이라고 할 수 있다.

4. 가공 경로의 생성과 DNC 가공

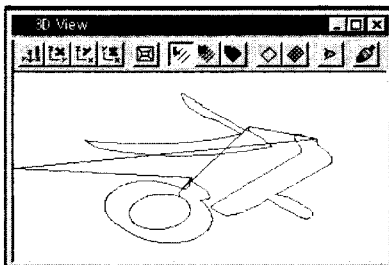
가공 경로의 생성은 Fig.6과 Fig.7에서와 같이 외형선 데이터를 기초로 하여 구간별 양 끝점의 수치정보와 가공 공차를 고려하여 구간을 적절하게 분할하여 이루어진다.



(a) 2D image of texture



(b) Contour fitting data and control point



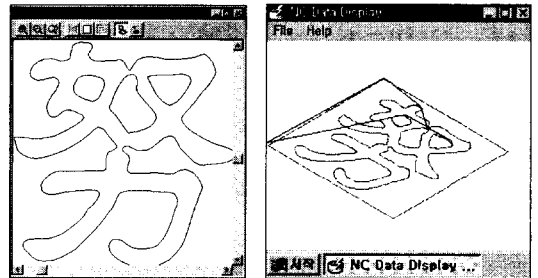
(c) Tool path

Fig.6 Generation of contour fitting data and tool path for CNC laser machining

이들 분할된 데이터 점의 수치 정보를 지령

하여 그것에 의하여 결정된 직선을 따라서 공구의 절삭 운동을 제어하는 직선 보간 방식(linear interpolation)으로 NC 코드를 생성하고 있다[7].

또한 레이저 가공을 하기 위한 가공 경로를 정할 때에는 절단 가공의 특성상 가공 순서를 정하는 방법이 중요하다. 여기에 대해서 고려되어야 할 사항으로 가공 부위의 특성에 따라서 가공 순서의 변경이 가능하며 절단 조건 등을 손쉽게 수정할 수 있어야 한다.



(a) Shape data (b) Tool path

Fig.7 Example of contour shape modeling and tool path simulation

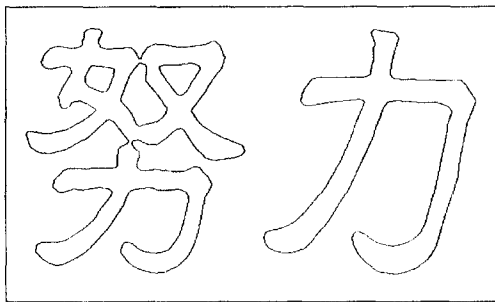
본 연구에서 레이저 절단에 사용된 레이저 가공기는 고주파 방전 여기 방식의 고속 축류형 CO₂ 레이저 발진기를 이용하는데 주요 사양은 Table 1과 같다.

Table 1 Technical specification of the CO₂ laser machine

Laser resonator	
Max. power	1000 W
Wave length	10.6 μm
Polarization	linear
Operating position	horizontal
Pulse repetition	1 kHz
Model	FANUC C1000
Work station	
Speed	12 m/min
Max. workpiece size	10t×1000×1500 mm
Stroke	1500×1000×100 mm
NC model	FANUC O-L
Chiller	
Capacity	5 RT

또한 활자체 형상의 레이저 가공에 따른 절단 조건은 출력 800W, 절단 가스는 CO₂ 5% + He 40% + N₂ 55% 혼합 가스를 이용하였고, 절단 보조 가스는 금속 절단이므로 산소(O₂)를 이용하였다. 초기 구멍 뚫기(piercing time)는 0.5초, 보조 가스는 고압 송출시켰고, 레이저 빔의 초점을 가공면 상에 일정하게 유지시키기 위하여 Z축 모방 제어로 가공하였다. 가공은 RS-232C를 외부 입력 장치로 이용하여 PC와 레이저 가공기를 연결시켜 DNC 전송 가공을 수행하였다.

다음의 Fig.8은 본 연구에서 구축한 CO₂ 레이저 절단 시스템을 이용하여 생산된 최종적인 가공 제품의 형상을 보여주고 있다. 스테인레스 철판을 레이저 가공기를 이용하여 활자체 형상을 절단한 경우의 제품 예이다. 이때 사용된 스테인레스 철판은 두께 5mm의 것을 사용하였다.



(a) 2D image shapes by the scanning system



(b) Products by the laser machining

Fig.8 Examples of the contour machining using CO₂ laser machine

5. 결론

본 연구에서 개발된 자동프로그래밍 시스템을 이용하여 활자체의 외형선 형상 데이터로부터 산출된 NC 가공 경로를 이용하여 간편하게 CNC 레이저 가공기에 의한 절단 작업을 수행할 수 있었다.

또한 활자체의 절단뿐만 아니라 마킹, 용접 등 산업 현장에서 저렴한 비용으로 자동프로그래밍 시스템을 구성하고 NC 프로그램의 작성과 검증 과정에 효율적으로 이용할 수 있는 레이저 가공 시스템으로서의 적용 가능성을 입증하였다.

외형선 형상 데이터의 평활화를 본 연구에서 제시한 방법으로 수행함으로써 형상 처리 과정의 오차를 제거할 수 있었고 설계자가 원하는 2차원 그림 파일의 외각 형상의 재현이 가능하다는 것을 확인하였다.

6. 참고 문헌

- [1] 한국산업정보센터, "레이저 가공기의 세계시장 동향과 한국의 레이저 시장", 월간레이저기술, Vol.44, No.9, pp.44-53, 1997
- [2] H.G. Timmer, "Alternative Representation for Parametric Cubic Curves and Surfaces", Computer-Aided Design, Vol.12, No.1, pp.25-28, 1980
- [3] W. Boehm, "Generating the Bezier Points of B-Spline Curves and Surface", Computer-Aided Design, Vol.13, No.6, pp.365-366, 1981
- [4] J.A.P Kjellander, "Smoothing of Bicubic Parametric Surfaces", Computer-aided Design, Vol.15, No.5, pp.288-293, 1983
- [5] V.B. Anand, "Computer Graphics and Geometric Modeling for Engineers" John Wiley & Sons, Inc., 1993
- [6] A.P. Armit, "Curve and Surface Design using Multipatch and Multiobject Design Systems", Computer-Aided Design, Vol.25, No.4, pp.251-261, 1993
- [7] R.S. Pressman, J.E. Williams, "Numerical Control and Computer-Aided Manufacturing", John Wiley & Sons, 1977