

Nd-Yag 레이저를 이용한 원통 형상 표면 마킹 시스템 개발

이세한*, 강재관#

Development of Nd-Yag Laser Marking System for Cylindrical Parts

Se-Han Lee, Jae-Gwan Kang*

(Received 6 September 2010; received in revised form 7 October 2010; accepted 14 October 2010)

ABSTRACT

In this paper, laser marking systems dedicated to cylindrical parts was developed. We first develop the marking device which consists of Nd-Yag laser, galvano scanner and additional rotational axis, then develop algorithm for supporting the digital image with bmp data format. Additional rotational axis is so attached as to rotate the cylindrical parts for marking its whole surface. The image is separated into line by line and the separated line image is sent to galvano scanner while rotating the additional axis simultaneously. CxImage library, famous open source code, is employed for the image processing. The developed method was tested with various images and shows that it reduces marking time significantly without reducing marking quality.

Key Words : Nd-Yag Laser(Nd-Yag 레이저), Laser Marking(레이저 마킹), Galvano Scanner(갈바노 스캐너), Bitmap file format(비트맵 파일 형식), Cylindrical Parts(원통 형상 부품)

1. 서 론

레이저 마킹 기술은 기존의 잉크 등을 사용하는 화학적 방법을 대신하여 섬세하고 정교한 마킹이 가능하고 고품질의 마킹으로 각광을 받고 있다. 레이저 마킹 기술은 마킹 대상물, 즉 피가공물의 표면을 순간적으로 가열함으로써 육안으로 인식이 가능한 문자나 부호등을 표기하는 것으로서 제품의 일련번호 등을 제품에 기록할 때 유용하게 이용된다^[1,2].

사용하는 레이저 광원의 종류에 따라서 기계 부품, 반도체 웨이퍼 및 의료 기기등과 같은 금속인 경우는 Nd-Yag 레이저를 사용하며 플라스틱, 기타 합성 수지의 소재 표면에 제품의 관리 번호나 문자, 상표 등을 기록할 때에는 CO₂ 레이저를 사용한다^[3].



Fig. 1 Laser marking examples

* 경남대학교 기계자동화공학부

교신저자: 경남대학교 기계자동화공학과

E-mail : jkkang@kyungnam.ac.kr

레이저 마킹의 원리는 레이저 발생장치에서 발생된 레이저 광을 광학계로 전송시켜 집광렌즈나 플랫 필드 렌즈 등을 사용하여 마킹 대상물의 표면에 레이저 광을 조사하는 것이 핵심 원리이다.

그러나 기존에 연구되고 또 상용화된 레이저 마킹 시스템은 2D 평면 대상물에 대해서 마킹하는 것이 대부분이다. 그러나 마킹 대상물이 원통 형상인 경우에는 레이저 빔과 수직하는 부분을 제외하고는 레이저 빔이 마킹 표면에 수직으로 조사되지 않기 때문에 마킹 품질이 떨어지게 되고 Fig. 2와 같이 마킹 대상물의 곡률 때문에 왜곡된 상이 마킹된다. 즉 수직한 영역에서 멀어질수록 마킹 이미지가 확대되어 원 이미지와의 차이가 심각해진다. 특히 원통 형상의 전 영역에 걸쳐 이미지를 마킹하는 것은 불가능하다.

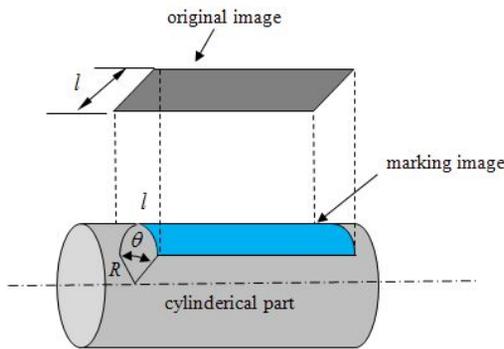


Fig. 2 Distortion of marking image on cylindrical part

이러한 문제를 해결하기 위해서는 원통형상을 일정한 속도로 회전시키면서 이미지를 마킹하는 방법이 필요하다. 즉 이 방법을 사용하면 원 이미지의 크기(l)와 전사 이미지의 크기가 같아지게 된다. 이 메카니즘은 일반적인 3축 NC 가공 장치에 부가축을 부여한 4축 가공^[4] 형태와 유사하나 Z축 방향으로의 운동이 필요 없으며 XY축의 운동은 스캐너가 담당하고 부가 회전축과의 동시 제어는 필요가 없는 점 등이 차이점이다.

따라서 본 연구에서는 평면이 아닌 원통 형상의 마킹 대상물 표면에 정확하고 균일하게 원하는 상을 마킹할 수 있도록 기존 2차원 레이저 마킹기에 마킹 대상물을 회전시킬 수 있는 부가축을 부착한 회전형 레이저 마킹 장치 및 이를 지원하는 마킹 소프트웨어를 개발하는 것을 목표로 한다.

2. 레이저 마킹의 원리

2.1 레이저의 원리 및 종류

레이저는 일반적인 빛과 달리 단일 파장의 빛이 증폭기와 공진기를 이용하여 높은 에너지 준위로 올려졌을 때 다수의 원자가 진동에 공조하여 나타나는 빛이다. 마킹 시에는 이러한 레이저 빛을 증폭시켜 사용하기 때문에 레이저를 이용하게 되면 정교하고 섬세한 마킹 상태를 유지할 수 있는 것이다.

레이저의 종류에는 고체레이저, 기체 레이저, 색소 레이저 및 반도체 레이저 등 여러 가지가 있다. 그러나 마킹에서 사용할 수 있는 레이저는 고체 레이저와 기체 레이저 두 종류이다. 고체 레이저는 YAG레이저로 380V의 3상 전원과 냉각용 물이 필요하며, 기체레이저에 비해 마킹 영역이 넓고 좀 더 세밀한 빔(beam)을 사용할 수 있다. 반면에 CO₂레이저인 기체 레이저는 출력이 고체 레이저보다 떨어지는 단점이 있으나 220V 전원만 있으면 별도의 장치 없이 쉽게 사용할 수 있다. 본 연구에서는 Nd-YAG레이저를 사용하였으며 그 사양은 Table 1과 같다.

DSPP Nd-Yag Laser는 방전관을 사용하던 기존의 FPSS(Flash Lamp Pumped Solid State) 레이저와 달리 고효율 반도체 레이저를 펌핑 광원으로 사용한다. 레이저 재료로 가장 많이 사용되는 YAG 결정은 808nm 파장 근처에서 강한 흡수 스펙트럼을 가지고 있기 때문에 펌핑 광원의 파장을 이러한 파장과 일치시킬 경우 가장 효율적으로 레이저를 발생시킬 수 있다.

Table 1 Specifications of Nd-YAG laser

Item	Spec.
Type	DPSS Nd-YAG Laser
Wave length	1064um
Power	CW 35W
Q-switching	~ 100kHz
Cooling	water
Supply voltage	85-240V

2.2 스캐너 타입 마킹 시스템의 구성

스캐너 타입 마킹 방식은 Fig. 3과 같이 레이저 빔을

발생시키는 레이저 발생장치와 레이저 빔을 굴절 또는 반사시켜 마킹 대상물에 조사시키는 역할을 하는 갈바노 스캐너(Galvano scanner), 그리고 PC에서 마킹할 그래픽 이미지를 편집하고 스캐너 제어보드의 임시기억장치에 전송하는 S/W 모듈 등으로 구성된다.

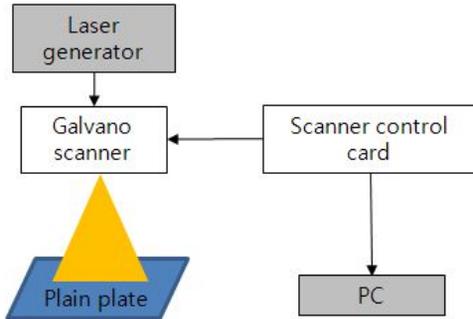
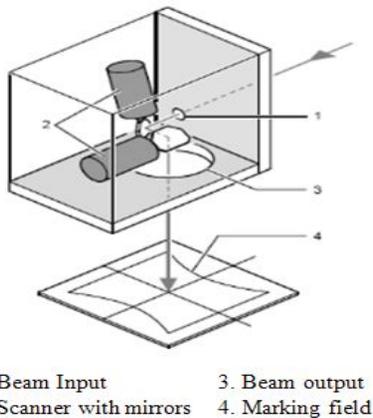


Fig. 3 Scanner type laser marking system

2.3 갈바노 스캐너

레이저빔에 의한 재료가공에서 레이저에서 방출되는 빔을 집속시키지 않으면 재료가공에 충분한 에너지 밀도를 주지 못하기 때문에 렌즈 등 광학 부품을 이용하여 레이저 빔을 필요한 크기로 집속시켜야하는데 이러한 기능을 하는 장치가 갈바노 스캐너이다. 즉 스캐너는 레이저 발진기에 입사되는 레이저빔을 미러(mirror)를 사용하여 방향을 전환시킨 다음 F-Theta 렌즈를 사용하여 마킹 면에 집속하는 장치이다(Fig. 4).



1. Beam Input 3. Beam output
2. Scanner with mirrors 4. Marking field

Fig. 4 Principle of galvano scanner

본 연구에서 사용된 갈바노 스캐너는 110mm×110mm 영역의 스캔 영역을 갖는 Raylase사의 TS-157로서 세부 사양은 Table 2와 같다.

Table 2 Specifications of galvano scanner

Items	Spec.
Displacement	110mm×110mm
Acceleration Time	0.5ms
Writing Speed	>400cpi
Position Speed	>6m/s
Focal length	160mm

2.4 비트맵 파일 포맷

이미지를 레이저 마킹하기 위해서는 그래픽 이미지를 처리할 수 있는 기술이 필요하다. 그래픽 이미지 파일 중 가장 기본적인 형태는 Bitmap 파일 포맷이다(이하 bmp파일). 현재 많이 통용되고 있는 jpg, gif 등도 bmp파일의 변형된 형태라 말할 수 있다. bmp파일은 보통 압축하지 않으며 어떤 윈도우 응용 프로그램에서도 기본 그래픽 파일 포맷으로 지원한다.

bmp파일의 구조는 Table 3와 같은 구조를 가진다^[5]. bmp 파일의 헤더는 파일에 대한 정보와 영상데이터 특성에 대한 정보로 구성된다. 이 두 가지, 즉 파일정보와 영상정보 뒤에는 픽셀 값으로 표현되는 영상 데이터가 들어 있다.

2.5 CxImage

bmp 파일 포맷의 이미지 화일을 레이저 마킹하기 위해서는 이미지 파일의 크기와 각 픽셀 정보를 알아야 한다. 앞서 설명한 bmp 파일 포맷을 참조하여 이 정보들을 직접 추출해 낼 수 있다.

그러나 본 연구에서는 비트맵 파일을 처리하기 위하여 David Pizzolato가 개발한 영상 처리 라이브러리인 CxImage를 사용하였다. CxImage는 2001년 Code Project(MS사의 Cvisual C++, Basic, .Net환경 등에서 구현한 소스 공유 및 커뮤니티 사이트)에서 시작하여 오픈 소스로 성장하였으며 영상 읽기, 저장, 보기, 영상 변환 등을 구현한 C++ 영상처리 클래스와 API가 매우 간결하면서 빠른 특성을 가지고 있어 응용 프로그램을 개발하기에 매우 편리하다^[6]. 또한 bmp파일 외에도 다양한

이미지 파일 포맷(.jpg, .gif 등)을 지원하기 때문에 개발 시간 및 노력을 절대적으로 줄일 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서 사용된 CxImage 라이브러리 함수가 Table 4에 요약되어 있다.

Table 3 Bitmap image data format

Bitmap File Header
- Bitmap identifier(2 bytes)
- File size(4 bytes)
- Reserved
- Bitmap data offset
Bitmap Info Header
- Bitmap header size
- Horizontal width of bitmap in pixels
- Vertical height of bitmap in pixels
- Number of planes in bitmap
- Bits per pixel
- Compression specifications
- Size of bitmap data in bytes
- Horizontal resolution
- Vertical resolution
- Number of colors
- Number of important colors
Palette
Image Data

Table 4 CxImage library functions

Items	Function name
Image file loading	Load()
Width of image file	GetWidth()
Height of image file	GetHeight()
Color of pixel	GetPixelColor()

2.6 그래픽 이미지 전송 및 스캐너 제어

마킹할 그래픽 이미지 정보를 갈바노 스캐너의 제어 라이브러리 함수를 이용하여 제어보드의 임시기억장치에 전송하면 전송된 이미지의 각 위치 점에 대하여

갈바노메터의 미러가 마킹면에 레이저빔을 자동으로 조사하여 가공된다.

본 연구에서 사용된 스캐너 제어보드는 Raylase사의 SP-ICE카드이며 연구에 사용된 제어함수 목록이 Table 5에 정리되어 있다^[7].

Table 5 SP-ICE controller library functions

Item	Function
Initialize scanner control board	Init_Scan_Card()
Set laser type	Set_Mode()
Start image list	Set_Start_List()
Set marking speed	Set_Speed()
Set delay time	Set_Delay()
Input image into buffer memory	Put_Bitmapline_List_Ex()
End image list	Set_End_Of_List()
Execute marking	Execute_List()
Stop execution	Stop_Execution()

3. 회전형 레이저 마킹 시스템

회전형 레이저 마킹장치는 기존의 2차원 마킹장치에 마킹물을 회전시킬 수 있는 회전축을 추가한 것이다. 개발된 마킹 시스템의 동작 원리가 Fig. 5에 나타나 있다.

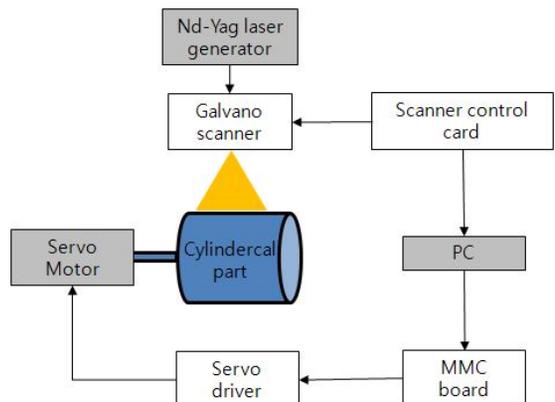


Fig. 5 Schematic diagram of laser marking system for rotational parts

3.1 부가 회전축과 모터 회전각

부가회전축을 위한 서보모터와 드라이버는 Rockwell Automation사의 CSD3-Plus-01BX2, CSMT-01BQ1-ANT3를 사용하였다.

이미지를 마킹하기 위해서 필요한 부가축의 모터 회전각은 다음과 같이 계산된다.(Fig. 2)

$$\theta = \frac{l}{R}$$

여기서 θ 는 모터의 회전각을 나타내고 l 은 이미지 한 변의 길이, 그리고 R 은 원통의 반경을 나타낸다. 따라서 θ 값을 작게 하면 축소, 반대로 크게 하면 원 이미지가 확대되어 마킹되게 된다.

3.2 마킹 절차

부가회전축에 장착된 원통 형상에 레이저 마킹을 하는 절차는 다음과 같다. 먼저 스캐너 카드 및 회전축 모션 제어 카드를 초기화 시키고, 마킹 속도 등을 설정한 후 부가축 모터를 회전시킨다.

다음으로 이미지 마킹을 위하여 비트맵 파일 포맷을 갖는 그래픽 이미지를 CxImage함수를 이용하여 선(line) 단위로 분해하고 스캐너가 제공하는 라이브러리 함수를 이용하여 리스트 버퍼에 저장한 뒤 마킹 실행 함수를 실행시킨다.

주어진 마킹이 완료되면 부가축의 서보모터를 구동하여 일정각도 회전시킨 후, 다음 추출된 선 이미지 정보를 동일한 방법으로 마킹 신호로 변환시키며 이 과정을 전체 이미지가 다 처리할 때까지 반복 수행한다.

3.3 마킹 시간

그러나 이러한 방법을 사용할 경우 선 단위의 이미지를 마킹하기 위하여 각 단계마다 모터를 정지시키고도 기동시킴으로서 마킹에 소요되는 시간이 매우 길어지는 문제점이 발생하였다. 예를 들어 300×300 픽셀을 갖는 비트맵 이미지를 마킹하는데 최소 300회수의 만큼 기동과 정지를 반복하므로 5분 이상의 시간이 소요되었다.

이 문제를 해결하기 위하여 선을 마킹하는 스캐너의 위치제어 속도가 원통 형상의 회전 속도에 비하여 상대

적으로 매우 빠르다는 사실에 착안하여 각 선을 마킹할 때 회전축을 정지시키지 않고 계속 구동하도록 하였다.

일반적으로 이미지 선 한 줄의 스캐닝 속도는 0.06-0.07초 사이이고 부가축의 회전 속도(RPM)를 분당 1회전 정도로 하면 부가축의 회전 영향을 거의 받지 않고 일직선으로 마킹하게 된다. 이 과정을 요약하면 Fig.6과 같다.

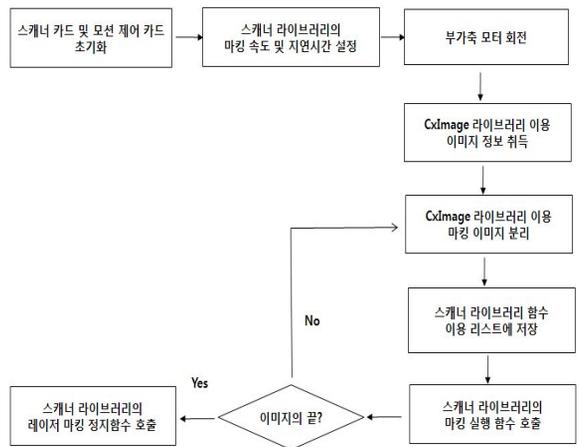


Fig. 6 Marking procedure

3.4 마킹 실험

Fig. 7은 개발된 회전형상 레이저 마킹 시스템의 모습이다. 사용된 이미지는 미키 마우스 그림이며 이미지의 크기는 295×344 픽셀이다. 마킹 품질을 선명하게 하기 위하여 포토샵을 이용하여 이진(Binary) 이미지로 변경한 후 알미늄 금속 원통형상(Φ20mm)에 마킹된 최종 결과가 Fig.8에 나타나 있다.

앞서 언급한 바와 같이 회전 구동축을 정지하지 않고 계속 동작시키면서 마킹을 수행하였으며 마킹결과에 이미지의 찌그러짐과 같은 문제가 발생하지 않음을 확인하였다. 마킹에 소요된 시간은 총 23초 정도였다. 동일 이미지를 원통 형상이 아닌 평면에 마킹할 경우에는 19초 정도가 소요되기 때문에 본 연구의 결과는 2차원 평면 마킹과 거의 동일한 수준으로 볼 수 있음을 확인하였다. Fig. 9에는 문자 등 다양한 이미지에 적용한 마킹 예가 나타나 있다.

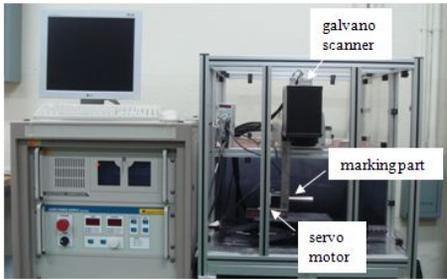


Fig. 7 Developed laser marking system



Fig. 8 Sample graphic image and marking result



Fig. 9 Various marking results on cylindrical parts

4. 결론

본 연구에서는 기존의 2차원 레이저 마킹을 확장하여 부가 회전축을 부착하여 원통 형상에도 적용할 수 있는 회전형 레이저 마킹 시스템을 개발하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 그래픽 이미지를 선 단위로 분할한 후 선택된 선에 대하여 2차원 레이저 마킹 원리를 적용하는 방법으로 원통형상의 곡률에 따른 이미지 왜곡 문제점을 해결하였다.

2. 그래픽 이미지를 처리하는 소프트웨어를 개발하는데 있어 영상 처리 라이브러리인 CxImage를 이용함으로써 영상 읽기, 처리 등을 매우 안정적이며 효율적으로

처리할 수 있었다.

3. 갈바노 스캐너의 빠른 조사시간을 고려하여 선 단위의 마킹 시 부가축을 이용한 마킹물의 회전 운동을 멈추지 않고 동시에 진행함으로써 마킹 소요 시간을 5분에서 23초로 크게 단축시켰다.

후기

이 논문은 2010년도 경남대학교 학술진흥연구비의 지원에 의하여 이루어졌음.

참고문헌

1. 김원석, 이용산 역, "레이저응용", 청문각, 2005.
2. 김도훈, "레이저가공학", 경문사, 2005
3. 김동환, "레이저 마킹시스템 설계 및 구현", 석사학위논문, 부산대대학원, 1999
4. Suh S. and Lee K., "Four-Axis CAM Module for NC Machining of Rotational-Free Surfaces", Proc. of 1991 IEEE Int. conf. Robotics and Automation, Sacramento, pp. 1302-1308, 1991
5. Wim Wouters, "BMP format Version 1.1", Clean Coding Company, pp. 4-5, 1997
6. 정성환, 이문호, "오픈소스 CxImage를 이용한 Visual C++ 디지털 영상처리", 2007
7. RAYLASE, "SP-ICE PC Control Board for Scan Head and Laser Control Reference Manual", Rev.2.0, 2003