

레이저 가공 시스템을 이용한 프레스 금형용 패턴 제작

최명수*, 강경호(인하대 대학원 기계공학과), 김재도(인하대 기계공학과)

Manufacture of Press Die Pattern Using Laser System

M. S. Choi*, K. H. Kang(Graduate School, Inha Univ.), J. D. Kim(Inha Univ.)

ABSTRACT

Recently the styrofoam has been used for material of press die pattern. The object of this research is to develop an automated laser system for manufacture of press die pattern which depends chiefly on handwork during its process. After converting 3-D CAD model into cross-sectional shape information, the unnecessary part of the section is vaped away by laser. The depth and width of cut are mainly under the control of laser power and beam feed rate. The optimum manufacturing conditions are obtained by preliminary experiments. It is necessary for precise styrofoam pattern manufacturing to develop laser system which has sufficient motion accuracy and program for beam path generation and automatic control of this system.

Key Words : press die pattern(프레스 금형용 패턴), styrofoam(스티로폼), laser manufacturing system(레이저 가공 시스템)

1. 서론

소실모형주조법은 스티로폼으로 원하는 형상의 모형(pattern)을 제작한 다음 이 모형을 점결제를 첨가하지 않은 건조한 모래 중에 묻고 모형에 용탕을 직접 주탕하여 주물을 제작하는 방법이다. 이 방법은 폐주사물의 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 중자의 제작이 필요 없고 후처리가 지극히 간단해지는 특징이 있다. 자동차용 프레스 금형과 같은 중·대형의 프레스 금형에서도 이러한 소실주조법을 이용하여 프레스 금형을 제작하고 있다.

이 과정의 모형 제작 작업은 거의 대부분의 작업이 숙련자의 수작업에 이루어지고 있는 실정이다. 이러한 수작업에 의한 방법은 긴 제작 시간과 높은 인건비로 인한 전체 금형 제작 비용의 상승을 초래할 수밖에 없다.

기존의 수작업을 대체하기 위한 방법으로서 일반적인 수치제어 공작기계를 이용하여 스티로폼을 가공하는 방법이 있다. 그러나 스티로폼의 재료 특성상 가공면이 매우 거칠어지는 문제점을 가지고 있다.⁽¹⁾

본 연구에서는 레이저 가공 시스템을 이용하여

레이저빔으로 스티로폼을 가공하는 새로운 방식을 도입하였다. 스티로폼 표면에 조사된 레이저빔은 순간적으로 스티로폼을 용융, 기화시켜 매우 짧은 시간에 제거시키는 역할을 한다.

원하는 형상의 3차원 CAD 데이터로부터 각 단면 형상 데이터를 얻어내어 각 단면의 형상에서 불필요한 부분을 레이저빔을 이용하여 제거시켜 나가는 방식을 이용하였다. 프레스 금형의 경우엔 대부분 z축에서 볼 때 가려져 있는 부분이 매우 적은 특징을 가지고 있기 때문에 대부분의 형상을 레이저빔으로 가공할 수 있다는 장점이 있다.⁽²⁾

2. 가공 변수 설정 및 기초 실험

2.1 가공변수

레이저 가공시 우선 고려되는 변수는 레이저빔의 출력과 이송속도, 레이저빔 직경, 초점거리 등이 있다. 이 중 피가공재로 사용된 스티로폼에 큰 영향을 주는 인자는 레이저빔의 출력과 이송 속도이다. 사용되는 레이저의 빔의 직경은 레이저빔의 특성상 항상 일정하게 유지되고 있으며, 본 장비에서는 빔 집속(beam focusing)을 하지 않고 사용하기 때문에 빔

의 직경이나 초점 문제는 고려하지 않았다. 기타 가공 변수로는 피가공재인 스티로폼의 밀도, 가공시의 주변 온도 등이 있는데 스티로폼은 밀도가 30 kg/m³ 인 고밀도 제품을 사용하였고, 실내에서 작업한다는 가정 하에 주변 온도에 의한 영향은 고려하지 않았다.⁽³⁾

2.2 기초실험

가공 시 가장 적당한 절삭 깊이와 절삭 폭, 표면 조도를 가지는 변수들을 찾기 위하여 평면의 스티로폼 시편을 가지고 기초 실험을 실시하였다.

레이저빔으로 피가공재인 스티로폼을 가공할 때 가장 중요한 변수는 레이저빔의 이송 속도와 레이저의 출력이므로 레이저빔을 직선 정속 이송시켜 시편의 표면에 조사하였다. 이 때 레이저빔의 출력과 이송 속도를 각기 다르게 설정하고 반복 실험을 실시하여 이들 변수들의 영향을 측정하였다.

물리적으로 가이드의 운동특성은 초기 속도와 가속 구간, 감속 구간을 갖게 되는데 레이저의 빔 이송 속도에 가공 상태가 좌우되므로 정확한 실험 값을 얻기 위하여 등속 운동을 하는 구간에서 가공을 하여 데이터 값을 얻었고, 레이저빔의 특성상 충분한 발진 시간이 흐른 후에야 정확한 출력이 나오므로 각 조건마다 레이저를 가동한 상태에서 일정 시간이 경과한 후 실험을 수행하였다.

2.3 절삭 깊이와 폭

Fig. 1과 Fig. 2에 레이저 출력과 이송속도의 따른 절삭깊이와 폭을 나타내었다. 절삭 깊이와 절삭 폭은 일정 출력 이상에서는 레이저의 출력에 의해서 보다는 가이드의 이송 속도에 주로 지배되는 경향이 있다. 레이저 출력의 경우 피가공재인 스티로폼을 용융 시킬 수 있는 출력 이후로는 절삭 깊이와 폭에 거의 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다.

2.4 표면 거칠기

레이저 가공후의 가공표면은 5W에서 레이저 출력에서 가장 우수한 표면 거칠기를 나타내었다. 15W 이상의 출력에서는 가공 부위가 급속한 온도 상승과 하강으로 인해 경화현상이 발생하여 표면 거칠기가 좋지 않게 되는 현상이 발생하였다. 레이저의 열을 받은 부위는 국부적으로 용융 현상을 일으키는데 레이저의 출력이 일정 이상이 되면 용융량이 커져서 미처 모두 기화되지 못하고 다시 냉각되어 경화된 부위가 생기게 된다.

2.5 가공 단면 형상

Fig. 3은 레이저 출력 5W로 빔을 직선 이송시켜 얻어진 각 이송 속도별 스티로폼의 가공 단면의 모

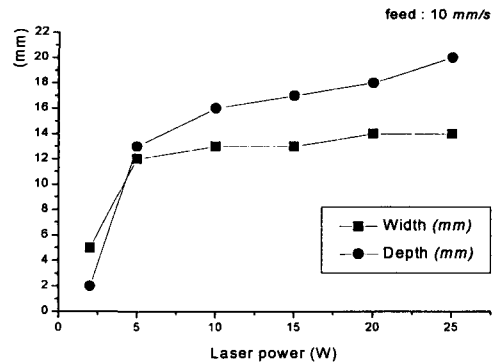


Fig. 1 Relationship between laser power and depth, width of cut

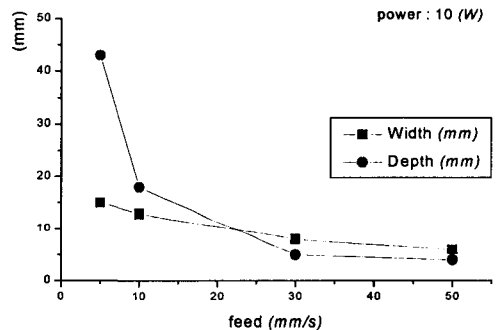


Fig. 2 Relationship between feed rate and depth, width of cut

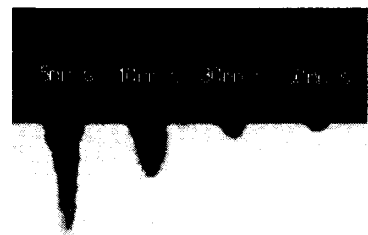


Fig. 3 Cross sectional shape of plane specimen on each feed

습이다. 다른 여러 출력에서도 가공 단면의 형상은 Fig. 3과 비슷한 경향을 나타내고 있으며, 출력의 영향보다는 이송 속도의 영향을 크게 받는 것으로 판단된다. 이송속도가 클수록 단위 면적 당 흡수되는

에너지가 작아지게 되므로 가공 깊이도 깊어지는 현상을 보인다.

또한 가공 단면의 형상은 가공 속도가 크면 'U' 형을 보이며 계속 속도가 느려질수록 점점 단면형상이 'V' 형을 가지게 됨을 알 수 있다. 실험 결과 적절한 표면 거칠기와 가공의 우수성을 위한 단면의 형상은 'U' 형이 우수한 특성을 나타내었다.

경화 문제와 빔의 단면 형상을 종합하여 보면 빔의 출력은 5W에서 경화 현상이 비교적 적게 나타나며 표면의 거칠기도 우수한 상태를 보이고 있는 것을 알 수 있었다

2.6 가공 변수 설정

한 층의 슬라이스는 일정한 두께를 가지고 있으며 두께가 커지면 전체 모형의 정밀도와 표면 거칠기에 좋지 않은 영향을 주며, 반대로 작아지면 가공 속도와 효율이 떨어지는 영향이 있다. 따라서 3차원 형상을 z축 방향 3mm 간격으로 슬라이싱을 한 후 레이저 출력 5W, 이송 속도 50mm/s로 가공하여 형상 조형을 하는 것으로 초기 설정을 하였다.

3. 장치 구성

3.1 전체 장비 시스템

본 실험에서는 레이저빔과 스티로폼사이의 가공 특성을 파악하기 위하여 Fig. 4와 같은 장치를 구성하였다. 레이저는 CO₂ 레이저를 사용하였으며 Table 1에 그 사양을 나타내었다. 또 레이저빔 이송 장치로는 X-Y 테이블 방식을 사용하였다. X-Y 테이블에 빔 반사미러를 부착하여 반사된 레이저빔이 항상 가공 재료인 스티로폼 면에 수직한 방향으로 조사될 수 있도록 설계하였다. PC에 의해 X-Y 가이드의 모터를 제어하여 위치, 속도, 가속도 등을 조절하며 레이저의 단속도 PC 상에서 제어된다.⁽⁴⁾

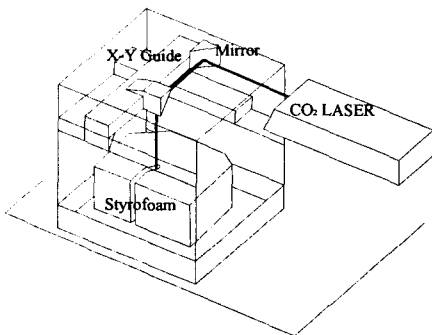


Fig. 4 Diagram of laser system

Table 1 Specification of CO₂ laser

Max. Power (W)	25
Mode	TEM ₀₀
Wavelength (μ m)	10.6
Beam size (mm)	3.5

3.2 형상 조형

스티로폼 패턴의 적절한 형상 조형을 위하여 Fig. 5와 같이 크게 2가지 방식을 적용하였다. 설계되어진 CAD 데이터로부터 외곽을 먼저 가공한 다음 RP(Rapid Prototyping)에서 사용하고 있는 단면 정보(STL file format)를 이용하여 각각의 단면을 층별로 가공한다.⁽⁵⁻⁶⁾

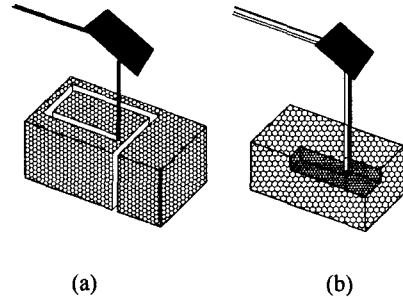


Fig. 5 (a) Trimming outer contour
(b) Cross-sectional process

각 z축 방향의 단면 정보를 활용하는 가공 방식은 기존의 RP 시스템과 같은 개념으로 진행된다. SLA 같은 방식은 원하는 형상에 레이저빔을 조사하여 각 단면 형상을 조형해 나가는 방식인데 반해 이것은 원하지 않은 불필요한 부분에 레이저빔을 조사하여 제거해 나가는 상반된 개념을 가지고 있다.

Fig. 6에 간단한 단면 형상과 레이저빔의 조사 경로와 레이저빔의 단속에 대하여 나타내었다. 이 때 레이저빔의 출력과 이송속도에 따른 가공 폭과 깊이를 고려하여 빔 간격을 적절히 선택하여 가공면의 커슥(Cusp)을 최소화한다.

또한 가이드를 구동시키는 모터의 가감속 구간에서는 속도의 변화가 존재하므로 레이저빔의 에너지 밀도가 변화하기 때문에 이 구간을 벗어난 정속 구간에서만 가공이 진행되어야 한다.⁽⁷⁾

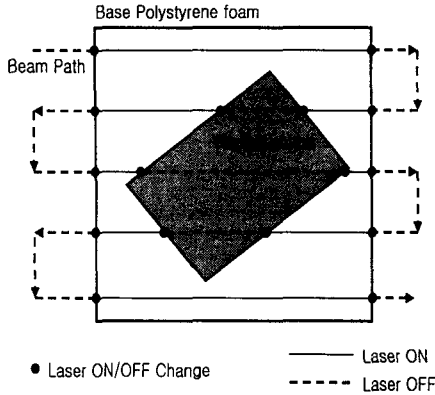


Fig. 6 Path of Laser beam and laser beam on/off change

4. 결과 및 고찰

제작하고자 하는 스티로폼 모형의 CAD 데이터를 입력받아 개발한 레이저 가공 시스템을 구동시키는 소프트웨어를 통해 3차원 스티로폼 모형을 제작하였다. 3차원 CAD 데이터로부터 그 형상 정보와 2차원 평면 데이터를 얻어내며, 이를 활용한 레이저빔 가공 패스의 생성까지 일련의 작업은 개발된 소프트웨어에서 처리된다.

Fig. 7에 개발한 시스템에 의해 제작된 간단한 형상의 모형을 나타내었다.

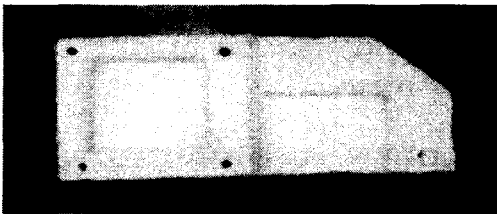


Fig. 7 Sample styrofoam pattern

5. 결론

본 연구에서 프레스 금형용 패턴 제작을 위해 레이저 가공 시스템을 설계, 제작하였고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 본 연구를 통하여 기존의 수작업으로 제작하였던 스티로폼 패턴의 제작공정을 대체하여 가공 시간을 단축하고 설계의 변경 및 수정이 용이한 레이저 가공 방식의 새로운 제작 공정을 처음 도입하였다.
2. 레이저빔 가공 방식을 이용하여 스티로폼 패턴 제작을 하고자 할 때의 최적 가공 변수를 획득하였고, 이를 근거로한 데이터 베이스를 구축하였다.
3. 3차원 CAD 모델을 입력받아 스티로폼 패턴을 제작하기 위한 전용 소프트웨어를 개발하였다.
4. 개발된 가공기의 가공 범위는 최대 500×500×1000(mm)이나 패턴을 나누어 조형한 뒤 조립하거나 X-Y 테이블의 최대 이송 범위를 확장함으로써 대형의 스티로폼 패턴을 제작할 수 있다.
5. 기존의 수작업으로 하던 공정에 비해 용적율과 수축율 계산이 정확하여 제작 정밀도가 높고 레이저빔의 특성상 별도로 라운딩을 만드는 공정이 필요 없다.

참고문헌

1. 박정환, "자동차 프레스 금형의 스티로폼 패턴 가공을 위한 전용 CAM시스템 개발 및 활용", 98학술발표회 논문집, 한국CAD/CAM학회, pp. 249-253, 1998
2. 박근, 윤정환, 양동열, 조종래, "쾌속 3차원 조형법과 유한요소해석을 연계한 소성가공 금형설계의 동시공학적 접근방법", 한국정밀공학회지, 제13권, 제8호, pp. 146-153, 1996
3. Fumie ABE, Kozo Osakada, "Fundamental Study of Laser Rapid Prototyping of Metallic Parts.", int. J. Japan Soc. Prec. Eng., Vol. 30, No. 3, pp. 278-279, 1996
4. David miller, Carl Deckard, John Williams, "Variable Beam Size SLS Workstation and Enhanced SLS Model", Rapid Prototyping Journal, Vol. 3, No. 1, pp. 4-11, 1997
5. 최홍태, 김준안, 이석희, 백인환, "Stereolithography를 위한 STL 파일로부터 단면 정보 변환 시스템의 개발", 한국정밀공학회지, 제12권, 제11호, pp. 140-147, 1995
6. 이우중, 이용한, 홍유석, "Rapid prototyping system을 위한 형상 정보 변환 절차", 대한산업공학회지, 제 18권, 제1호, pp. 63-80
7. 안대건, 김준안, "Stereolithography로 3차원 형상가공을 위한 레이저 조사 경로 생성에 관한 연구", 한국정밀공학회지 추계학술대회논문집, pp. 687-692, 1994