韓國精密工學會 2001年度 春季學術大會論文集 pp.1085~1088 KSPE 01S240

주물용 스티로폼 목형 제작을 위한 레이저 가공 공정 개발

강경호*(인하대 대학원 기계공학과), 김재도(인하대 기계공학과)

Laser Processing for Manufacturing Styrofoam Pattern

K.. H. Kang(Mech. Eng. Dept., Graduated, Inha Univ.), J. D. Kim(Mech. Eng. Dept., Inha Univ.)

ABSTRACT

The process of styrofoam pattern that has been used for material of press die pattern depends chiefly on handwork. Laser manufacturing system developed to increase precision and efficiency of process that is also able to convert the design easily. Applying the RP(rapid prototyping) concept reversely, the unnecessary part of section is vapored away by heat source of laser beam after converting 3-D CAD model into cross-sectional shape information. Laser beam is line-scanned in plane specimens to measure the depth and width of cut, surface roughness, cross-sectional shape as converting laser power, scanning speed, cutting gas pressure. With these basic data, plane surface, inclined surface, hole, outer contour trimming process is experimented and optimum conditions are obtained. In plane and inclined surface experiments, 15W laser power and 50mm/s scanning speed make superior processing property and 30W, 10mm/s make processing efficiency increase in trimming process. With these results, simple patterns were manufactured and the possibility of applying laser manufacturing system to styrofoam pattern was convinced.

Key Words : Styrofoam (스티로폼), Rapid prototyping (쾌속조형), Laser power (레이저출력), Scanning speed (주사속도), spot size (빔 직경)

1. 서론

일반적으로 쾌속 조형법은 CAD/CAM, 레이저, 재료, 제어기술 등이 복합된 첨단 가공 기술로서 기존의 절삭기술 방법과는 달리 CAD 데이터를 얇은 두께로 절단해 단면형상을 얻은 후 각 단면들을 적층, 원하는 형상을 제작하는 방법이다. 따라서 복잡한 외관 또는 제품의 내부 형상까지도 손쉽게 자동으로 제작할 수 있어 전자제품의 금형은 물론 자동차부품, 금형제작 등의 분야에도 폭넓게 이용할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구에서 이러한 쾌속 조형 기술(Rapid prototyping)을 응용하여 자동차용 프레스 금형과 같은 중대형의 주조품 제작시에 사용되고 있는 스티로폼 목형(pattern)을 제작하는 공정을 연구하였다. 현재 스티로폼 패턴의 제작은 숙련자의 수작업에 의해 제작되고 있으며, 이로 인한 작업시간과 비용의 문제가 발생한다. 따라서 레이저 가공 방식에 의한 자동화를 통해 이러한 문제점을 보완할 수 있다는 장점이 있다. 스티로폼은 고온에 매우 약하므로 레이저빔에 의해 쉽게 용융, 기화 과정을 거치며 일정량의 스티로폼은 제거된다. 따라서 설계된 CAD 데이터를 일정한 얇은 두께의 슬라이싱 데이터로 변환하여 각 단면의 원하는 형상을 제외한 나머지의 제거되어야 부분을 레이저빔으로 주사하여 원하는 형상만 남기는 과정을 거치며 제작하게 된다.[1-5]

최적의 가공 데이터를 도출하기 위하여 스티로폼 패턴을 제작할 수 있는 레이저 가공 시스템을 설계하였으며, 가공자동화를 위해 PC를 통해 빔의 경로를 제어할 수 있도록 하였다. 또한 레이저 가공 조건과 데이터를 도출하기 위한 실험과 스티로폼과 관련한 여러 변수 조건들에 대한 실험을 진행하였다.[6-8]

2. PC 제어 레이저 가공 시스템

2.1 가공 시스템의 구성

본 연구에 사용된 시스템은 크게 레이저(CO_2 Laser), 광학계, X-Y 가이드(빔 위치 설정), 제어컴퓨터 등으로 구성된다 Fig. 1에 기본적인 가공 시스템의 구성도를 나타내었다. 사용된 레이저는 30W CO_2 Laser 이며, TEM_{00} CW 발진 형태이다 광학계는 두 개의 반사미러와 빔 직경을 조절하기 위한 렌즈로 구성된다 광학계를 X-Y 가이드에 부착하여 컴퓨터에 의해 제어되는 방식으로 구성되어있다.

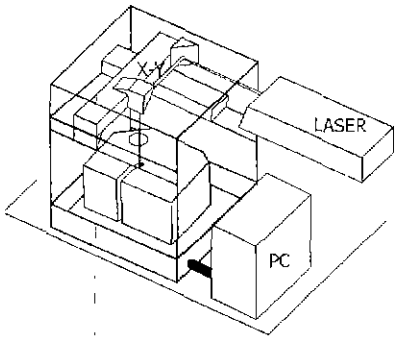


Fig 1 Schematic diagram of laser manufacturing system

2.2 가공 공정

전체적인 레이저 가공 공정은 Fig 2처럼 5가지 공정으로 나누어 볼 수 있다.

본 시스템으로 패턴을 만들기 위해서는 우선 Pro/E, CATIA 등의 CAD 소프트웨어로 3차원 패턴을 솔리드 모델링 한 후 STL 파일로 변환한다 이 데이터를 본 시스템을 구동하는 소프트웨어에 입력하여

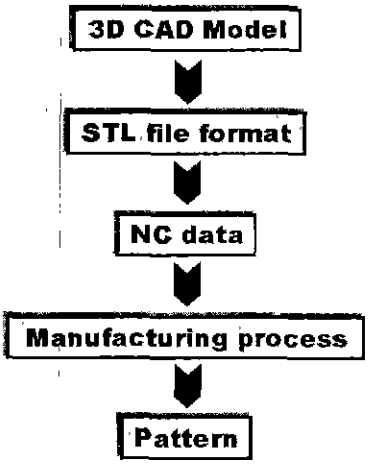


Fig.2 Flowchart of manufacturing process

가공을 진행하게 된다 STL 파일로부터 3차원 CAD 모델의 x-y 평면의 형상 정보를 추출할 수 있다. z방향의 슬리이스 평면의 정보를 통해 레이저 빔의 가공 경로 및 레이저 단속을 결정한다(NC data). 실제 가공은 대체로 기존의 쾌속조형의 방식과 같은 원리로 진행한다. 가공 시간을 줄이기 위해서 먼저 최외곽면에 대해 절단 공정을 진행한 후 위에서부터 한 층 한층씩 제거하여 나가는 과정을 거친다

2.3 모형제작을 위한 가공 변수의 설정

2.3.1 레이저

본 가공에 있어서 중요한 가공 변수로서 레이저의 출력과 빔 직경 및 스캔 속도가 있다. 사용된 레이저는 비교적 저출력인 30W급이나, 10W 이하에서도 스캔 속도에 따라 충분한 가공이 가능하다 10W에서 30W까지 다양한 출력변화 주어 실험을 하였다

사용된 레이저의 빔 직경은 3.5mm이나 실제 스티로폼에서 가공되어지는 직경은 레이저 빔의 출력에 따라 크게 변한다 따라서 가공시에는 레이저 빔의 출력과 빔 직경, 스캔속도를 종합적으로 고려하여야 한다.

2.3.2 스티로폼

사용되는 스티로폼은 현재 수작업에 의해 제조되고 있는 스티로폼 패턴의 재료와 같은 밀도 20 Kg/m^3 의 스티로폼을 사용하였다. 레이저 빔을 조사하여 스티로폼을 제거시키면 열 영향부에 고열에 의한 표면 경화 현상이 발생하게 된다. 이러한 현상이 현저해지면 이후의 가공에서 가공면의 품질이나 가공 정밀도면에서 좋지 않은 영향을 미치게 된다. 비교적 밀도가 높은 스티로폼은 면이 매우 균일한 특성을 가지므로 이러한 영향을 적게 받는다 그러나 이보다 고밀도의 스티로폼을 가지고 제작된 패턴은 표면 품질은 좋게 되나 주조시 가스가 많이 발생하는 등의 좋지 않은 영향을 주므로 20Kg/m^3 스티로폼을 사용하였다

Table 1 Manufacturing variables of laser process

	Plane process	Contour process
Laser power	15 W	30 W
Scan speed	50 mm/s	10 mm/s
Spot size	3.5 - 5.0 mm	
Shielding gas	Ar (1.0 kgf/cm2)	

3. 기초 가공 실험

3.1 평면가공실험

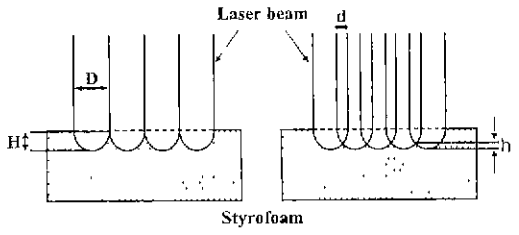
일정한 레이저 출력과 스캔속도로 주사하여 일정 깊이와 폭으로 원하는 형상을 만들어 나가는 쾌속조형의 기본 가공 방식으로서 정확한 가공면의 품질 형성을 위한 적절한 가공 설정이 중요하다.

본 실험에서는 레이저빔을 일정간격으로 주사하면서 가공 평면의 상태를 관찰하였다 일정한 속도와 출력으로 가공하면 Fig 3과 같이 일정한 깊이와 폭으로 반원 모양의 형상으로 가공된다. 가공 후 가공면에는 레이저빔이 지나간 흔적이 남게 되는데 이러한 흔적은 레이저빔의 이동 간격을 적절히 조절하여 표면 조도를 줄일 수 있다. Fig. 3(a)에서는 정확히 빔의 직경(D) 만큼의 간격으로 가공하였을 때이고 이 때 H 만큼의 흔적이 남게된다 이를 줄이기 위해 Fig. 3(b)에서처럼 일정한 중첩 길이 d를 주어 가공하게되면 중첩부에서는 재료가 흡수하는 에너지가 증가하므로 h 이하로 그 커브이 감소하게된다 중첩 길이는 d=0.2D~0.3D에서 가장 우수한 평면 거칠기를 보였다.[9-10]

3.2 외곽면 가공 실험

Fig 4와 같이 외곽면을 따라 레이저빔을 이동시키면서 가공 실험을 하였다. 이 실험에서 고려할 수 있는 중요한 가공 변수에는 가공 치수의 보정과 빔 스캔 속도의 보정이다 외곽면을 가공하기 위해서는 실제의 설계된 설계값과 레이저빔의 가공되어지는 직경을 고려하여 실제의 크기보다 빔 반경만큼 크게 가공 경로를 주어야 한다. 이는 패턴 제작에 있어서 가공 정밀도를 결정하는 중요한 인자이다 옵셋(offset)량은 레이저 빔의 출력이나 빔 직경 등에 따라 결정되어야 한다

외곽면을 따라 가공 시 가공 방향이 항상 변하므로 빔 스캔 속도가 그 때 마다 변화하므로 속도보정이 필요하다. 변화하는 속도는 스티로폼에 가해지는 에너지가 달라지는 것을 뜻하므로 가공 깊이나 폭이 달라져 가공 정밀도를 저하시킨다.



(a) (b)

Fig 3 Plane process (a) without overlap . (b) with overlap laser beam scanning

4. 패턴의 제작

CAD 소프웨어에서 설계한 3차원 솔리드 모델을 STL file로 변환한 후 가공 프로그램에 입력하여 패턴을 제작하였다. Fig. 5에 설계 형상과 가공물의 형상을 나타내었다. 최외각의 직경이 250mm로 설계한 설계 모델과 가공물 사이의 가공오차는 각 부분의 측정 결과 설계형상의 ± 5mm 이하의 오차가 발생하였다 이는 빔의 가공 경로의 오차보다는 스티로폼의 불균일한 재질에 의해 발생되는 거친 표면 때문인 것으로 보인다.[11-12]

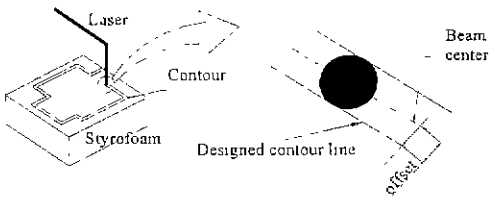


Fig. 4 Contour trimming process and compensation of laser beam path

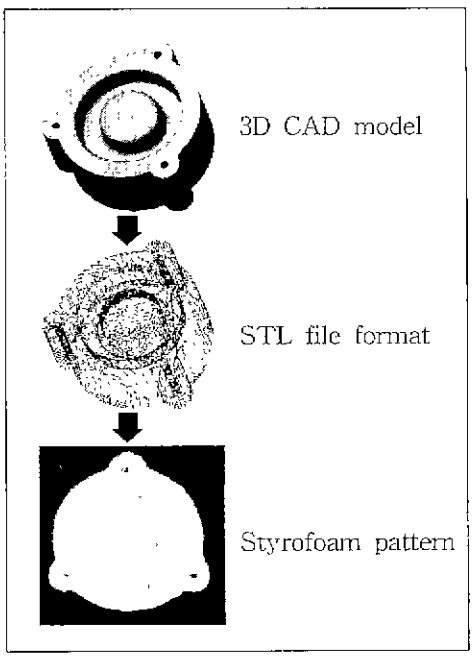


Fig. 5 Manufacturing of styrofoam pattern model

Fig. 6의 패턴은 400 × 200 × 160 mm의 크기로 설계하였다. 레이저의 반복 가공으로 인한 다소 거친 표면 상태가 나타나고 있으나 정밀도에서는 위와 비슷한 오차 범위를 보여주고 있다

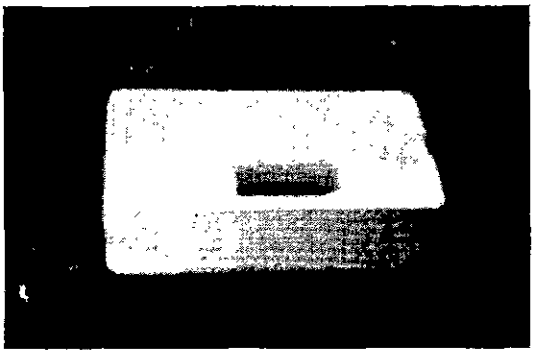


Fig. 6 Sample styrofoam pattern

5. 결론

레이저를 이용한 스티로폼 패턴 제작에 관한 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 일반적인 쾌속조형의 적층 개념과 반대의 개념을 적용한 새로운 가공 공정을 개발하였고, 최적 가공 조건을 적용한 PC 제어 방식의 레이저 가공 시스템을 구성하였다

2) 가공을 위한 최적의 가공 조건으로서 레이저 출력 15W, 주사속도 50mm/s와 보호가스 및 20kg/m3 이상의 고밀도 스티로폼을 선정하였으며, 일정한 깊이 및 폭으로 가공을 위해 빔 속도의 정확한 제어 및 출력 단속이 중요함을 알 수 있었다

3) 레이저 빔 직경의 약 30% 중첩을 통해 정확한 가공 정밀도 및 표면 조도의 현저한 개선을 할 수 있었다

참고문헌

1. M.Murphy, C Lee, W.M Steen, "Studies In Rapid Prototyping By Laser Surface Cladding," ICALEO. pp. 882-892, 1993.
2. Luqman Ahmad, Lesley Eckstrand, Jason Pantarotto, "Rapid Prototyping & Solid Freeform Manufacturing," Canadian Cermics Quarterly. pp 104-107, May 1997.
3. Rapid Prototyping Report, CAD/CAM Publishing, Inc., pp 4-6, May 1997.
4. B.K. Paul, S Baskaran, "Issues in fabricating manufacturing tooling using power-based additive freeform fabrication," Journal of Materials Processing Technology 61. pp 63-68. July 1995
5. Steven Ashley, "Rapid prototyping is coming of age," Mechanical Engineering pp. 63-68, July 1995.
6. 박정환, "자동차 프레스 금형의 스타트폼 패턴 가공을 위한 전용 CAM시스템 개발 및 활용," 98학술발표회 논문집, 한국CAD/CAM학회. pp 249-253, 1998
7. 박근. 윤정환. 양동열, 조종래. "쾌속 3차원 조형법과 유한요소해석을 연계한 소성가공 금형설계의 동시공학적 접근방법." 한국정밀공학회지, 제13권, 제8호, pp 146-153. 1996
8. Fumie ABE, Kozo Osakada, "Fundamental Study of Laser Rapid Protyping of Metallic Parts," int. J Japan Soc Prec. Eng., Vol 30, No. 3. pp 278-279. 1996
9. 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
10. 최홍태, 김준안, 이석희, "Stereolithography를 위한 STL 파일로부터 단면 정보 변환 시스템의 개발," 한국정밀공학회지, 제12권, 제11호, pp 140-147, 1995
11. 이우중, 이용한, 홍유석, "Rapid prototyping system을 위한 형상 정보 변환 절차," 대한산업공학회지. 제 18권, 제1호, pp 63-80
12. 안대건, 김준안, "Stereolithography로 3차원 형상 가공을 위한 레이저 조사 경로 생성에 관한 연구," 한국정밀공학회지 추계학술대회논문집 pp 687-692, 1994