

기하학적 정보를 이용한 이중곡률 형상의 레이저 성형

Laser Forming of Sheet Metal by Geometrical Information

김지태*, 나석주*

* 한국과학기술원 기계공학과

ABSTRACT Forming sheet metal by laser-induced thermal stresses (laser forming) has been extensively studied, and the research has focused on two-dimensional geometries using a multi-pass straight line scan. Recently there came out some useful studies for three-dimensional laser forming which is applied to doubly curved shapes. The task of 3D laser forming of sheet metal is to determine a set of process parameters such as laser scanning paths, laser power and scanning speed that will make a given shape. New method for laser forming of a doubly curved surface by using geometrical information was proposed and verified by experiments. This method shows good performance in the sense of calculation time and accuracy compared to the inherent strain method.

1. 서 론

레이저 성형에서 이중곡률 부재에 대한 연구는 아직도 완벽하게 해결되지 못한 문제로써, 많은 연구자들이 다양한 접근 방법을 통해 연구를 시도하고 있다. 영국의 리버풀 대학에서는 레이저 조사 패턴을 다양하게 함으로써, saddle 형태의 부재를 레이저 성형을 한 예가 있고[1]. 최근에는 레이저 스캐닝 장비를 이용하여 타원형의 빔 경로를 통해 3차원적인 부재를 성형하고 있다 [2]. 또한 펄스 레이저를 이용하여 자동차 부품의 비원형 덴트를 없애는 시도도 보고된 바 있다 [3]. 하지만 언급한 대부분의 연구가 직관적인 방법론을 사용하면서, 실험적으로 증명하고 있는데 그쳐서, 실제 임의 형상의 3차원 부재의 레이저 성형에 그대로 적용하기에는 무리가 따를 것으로 보인다.

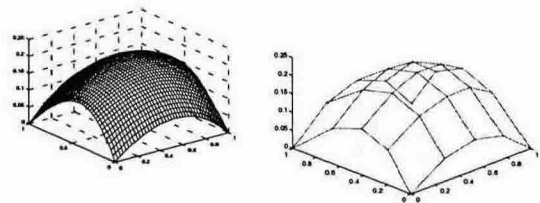
본 연구에서는 2차원 성형에서 적용되어 좋은 결과를 보여준 바 있는 기하학적 접근법[4]을 사용하여 이중곡률의 3차원 형상을 레이저 성형하는 방법론을 제시하려고 한다. 이중곡률 형상의 성형은 2차원 성형과는 다르게 면내 수축이 동반되어야 하는 어려움이 있고, 성형 공정을 최적화 하기 위한 노력이 동반되어야 한다. 또한 사용자의 주관적인 개입이 들어가지 않도록, 최종 형상이 주어지면 초기 시편 모양과 모든 공

정 변수가 자동으로 찾아지는 알고리즘이 도입되어야 한다.

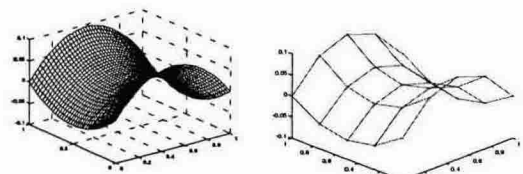
2. 본 론

2.1 기하학적 정보를 이용한 역문제 해결

레이저 성형으로 가능한 성형 형상은 굽힘(bending)과 면내 방향 수축(inplane shrinkage)이다. 따라서, 레이저 성형으로 곡면을 성형하기 위해서는 최적의 성형 선을 찾아내야 한다. Fig.1은 최대 곡율을 갖는 곳들을 연결하여 만든 평면 조각들을 나타내고 있다. 이렇게 평면 조각으로 곡면을 분해하게 되면 각 평면 조각들이 만나는 선들은 자연스럽게 성형선이 된다.



(a) Pillow shape



(b) Saddle shape

Fig. 1 Target surfaces and plane patches

목표 곡면에 근접하는 평면 조각들을 얻게 되면 각 평면 조각들 사이의 각들이 굽힘 성형 각이 된다. 하지만, 면내 수축량은 평면 조각들의 관계에서 바로 구해지지 않는다. 면내 수축량을 얻기 위해서는 평면 전개(planar development)를 하여야 하는데, 평면 전개의 양상에 따라서 다른 면내 수축 패턴이 구해진다. 따라서 최적의 성형성을 나타낼 수 있는 평면 전개 알고리즘을 고안해 내었다.

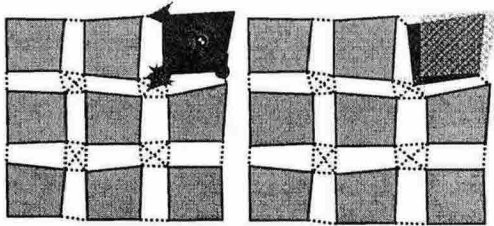


Fig. 2 Imaginary spring model

Fig.2 와 같이 각 평면 조각들을 한 개의 평면에 위치시키고, 각 꼭지점들을 가상의 스프링으로 연결시킨 뒤 강제 운동을 시키면, 스프링 에너지의 총 합이 최소가 되는 위치에서 각 평면 조각들의 위치가 결정되며, 이 때의 면내 수축 패턴이 최적 조건이 된다. Fig.3은 이 알고리즘을 이용해 평면 전개를 한 결과이다.

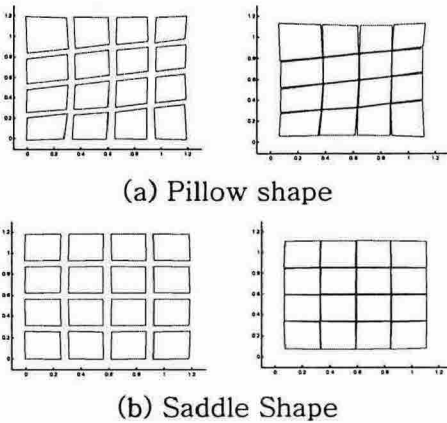
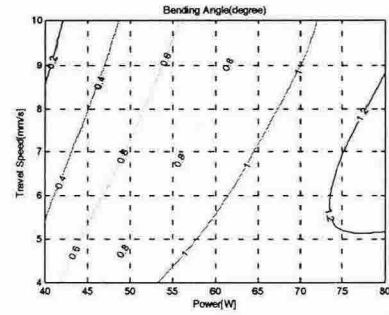
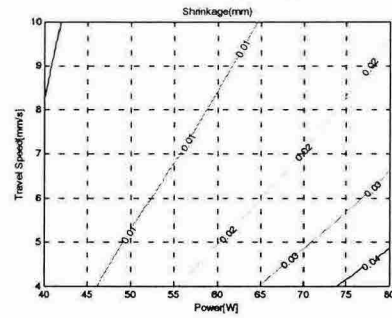


Fig. 3 Results of planar development

각 성형 선에서의 성형 각도와 면내 수축량을 구했으면 이에 대응하는 공정 변수를 찾아내야 한다. 본 연구에서는 FEM을 이용하여 각 조건별 성형 각도와 수축량을 데이터 베이스화하여 실험에 사용하였다. Fig.4 는 레이저 출력과 이송 속도에 따른 각 변형량과 수축량 데이터이다.



(a) Bending angle



(b) Shrinkage

Fig. 4 Result of FEM

2.2 실험 방법 및 결과

실험은 CW 타입의 100W Ytterbium fiber 레이저를 사용하였다. National Instrument사의 모션 보드인 PCI-7344보드를 이용하였으며, 2축 제어를 위해 2D contouring 기능을 사용하여 프로그래밍 하였다. 시편은 30mm×30mm 의 0.8t 저탄소강을 카본 코팅하여 사용하였다.

Focusing lens로는 초점거리 100mm 의 렌즈를 사용하였고, 레이저의 collimated beam diameter는 7.1mm이다. 1mm의 높이 변화당 레이저빔의 직경 변화량은 0.07mm로 무시할만하여, z축 제어는 사용하지 않았다. Fig.5는 사용된 레이저와 3축 CNC 테이블이다.

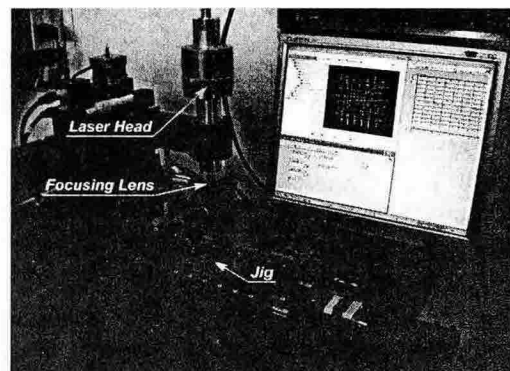
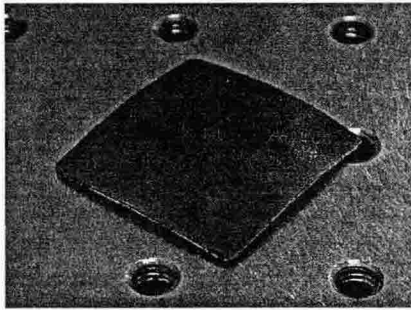
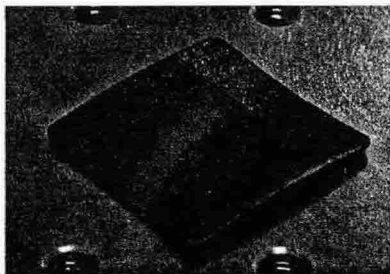


Fig. 5 Experimental setup

Fig.6 에 pillow와 saddle 형상에 대한 실험 결과 사진을 보여주고 있다.



(a) Pillow shape



(b) Saddle shape

Fig. 6 Results of experiment

3. 결 론

기하학적 데이터만을 이용하여 레이저 조사 위치를 결정하고, 평면 전개를 통해 레이저 성형 정도를 찾아내었다. 이 방법은 사용자의 개입이 필요 없으면서 계산시간이 빠른 장점을 가지고 있다. 본 연구에 적용된 알고리즘은 레이저 성형 뿐만 아니라 선박의 곡가공 등, 비접촉식 박판 및 후판 성형에 그대로 적용할 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

1. Edwardson SP, Watkins KG, Dearden G, Magee J. 3D laser forming of saddle shapes; Proceedings of Laser Assisted Net Shaping; 559-568; 2001
2. Bartkowiak K, Dearden G, Edwardson SP, Watins KG. Development of 2D and 3D laser forming strategies for thin section materials using scanning optics. Proceedings of the 23rd ICALEO; 2004; 68-77
3. Hutterer A, Hagenah H. Correcting non circular

dents by means of laser beam forming; Proceedings of Laser Assisted Net Shaping; 2004

4. 김지태, 나석주, 박판의 자유 형상 가공을 위한 2차원 레이저 성형에 관한 연구, 대한용접학회 추계학술대회 2002년, 183-185