

다점 무금형 성형의 조선 적용 연구

박종우^{1, #}, 하석문¹, 신진욱¹, 한용섭², 한명수², 최우현³, 이해우³

Study on Application of Multi-point Dieless Forming for Shipbuilding

J. W. Park, S. M. Ha, J. W. Shin, Y. S. Han, M. S. Han, W. H. Choe, H. W. Lee

(Received Month Day, Year)

Abstract

A method of three-dimensional curved surface generation was studied for multi-point dieless forming (MPDF) in the shipbuilding industry. Three-dimensional coordinates of punch elements were obtained from objective surfaces using a proprietary CAD program. MPDF surfaces were generated by adjusting the height of punch elements in accordance with the coordinates. Some problems, such as collision of punch elements and contact between plates and punch bodies, were anticipated from the analysis of the results. A twisted surface was formed successfully by MPDF in a laboratory scale, which suggests possibility of application of the technology to the shipbuilding industry.

Key Words : Shipbuilding, 3-D Curved Surface, Plate Forming, Dieless Forming, Multi-point Forming

1. 서론

대형 금형은 금형비가 매우 고가이므로 조선용 곡면성형에는 이용하기 어렵다. 따라서 조선용 3차원 곡면은 대부분 선상가열법(line heating)을 이용해 수작업으로 제작되고 있다. 그러나 선상가열법은 생산성이 매우 낮고, 소재에 직접 열을 가하기 때문에 재질열화 등의 문제가 발생할 수 있다. 또한 이 방법은 정확한 곡면 성형이 어렵고, 선박 건조에 필요한 인건비가 증가하는 단점도 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 우리나라와 미국, 일본, 중국 등에서 다점 무금형 성형(multi-point dieless forming : MPDF)법을 이용한 판재 성형 기술이 연구되고 있다[1-4].

다점 무금형 성형법은 상하 금형이 여러 개의

펀치 요소로 구성되어 있으며, 펀치 요소의 위치를 조절하여 곡면 형상을 만들고, 이것을 금형 대신 사용하여 성형하는 방법이다. 이 방식은 새로운 금형을 제작하지 않고도 펀치 요소의 위치만 조절하여 하나의 장치로 여러 가지 다양한 형상의 곡면을 신속하게 성형할 수 있는 장점이 있다. 이 방법은 근래 일본, 미국, 중국 등이 실용화를 시작하였으며, 특히, 조선용 곡면은 선수의 일부분을 제외하면 곡률 반경이 크고, 3차원 곡면의 형상이 단순하기 때문에 다점 무금형 성형법의 응용이 기대된다.

본 논문은 조선용 3차원 곡면 성형에 있어서 다점 무금형 성형법의 적용 가능성을 조사하기 위한 기초연구이다. 이를 위해 우선 본 연구팀이 보유하고 있는 3차원 곡면의 생성 기법을 조선용

1. 한국과학기술연구원, 재료연구부

2. 대우조선해양(주), 산업기술연구소

3. ㈜한진중공업, 기술연구소

교신저자 : E-mail : jwpark@kist.re.kr

3 차원 곡면에 적용하여 곡면 생성과정에서 발생할 수 있는 문제점을 조사하고, 해결 방안을 검토하였다. 또한 축소된 3 차원 생성곡면을 10×10 다점 무금형 장치로 성형하여 실제 적용 가능성이 있는지 검증하였다.

2. 조선용 3 차원 목적곡면의 생성

다점 무금형 성형법을 조선에 적용하기 위해서는 먼저 성형하려는 곡면이 3 차원 CAD 에서 읽을 수 있는 형태로 만들어져야 한다. 선박설계는 3 차원 CAD 로 이루어지므로 곡면의 형상정보는 이미 구축된 조선용 CAD 시스템으로 추출할 수 있다. 선박 설계는 먼저 Fig. 1 처럼 기본선도를 작성하는 것으로 시작된다. 이 기본선도를 확장해 3 차원 곡면을 얻고, 선박 건조를 위한 생산도가 작성된다. 생산도를 작성하는 과정에서 곡면은 Fig. 2 와 같이 성형에 적합한 크기의 단위곡면(surface patch)으로 분할된다.

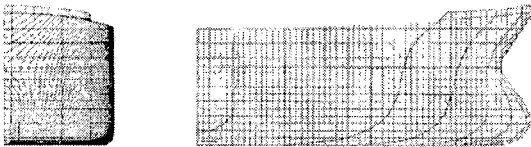


Fig. 1 Design lines for shipbuilding

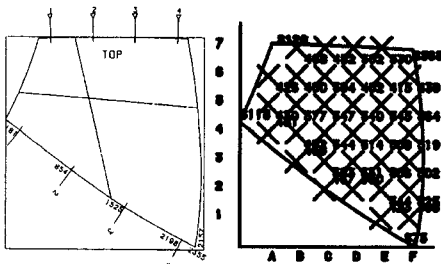


Fig. 2 Surface Patch(left) and Seed(right)

곡면의 위치에 대한 정량적인 좌표는 단위곡면으로부터 직접 얻을 수는 없으므로 측정점 부여 작업(이를 seed 작업이라 함)을 통해 정량화된 위치좌표값을 구해야 한다. 본 연구에서는 단위곡면이 대형이고, 곡면이 단순한 점을 고려하여 측정

점 간격은 300 mm 로 하였다.

측정점 부여작업으로 얻은 값은 점 정보이므로 이를 3 차원 곡면으로 나타내기 위해서는 곡면화 작업을 거쳐야 한다. 곡면화 작업은 측정점을 직선으로 연결하는 방법과 곡선으로 연결하는 방법이 있다. Fig. 3 은 전자의 곡면화 작업을 거쳐 얻은 목적곡면(objective surface)이다.

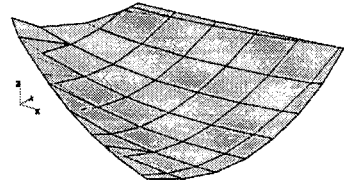


Fig. 3 Objective surface obtained from seed data

3. 결과 및 검토

3.1 다점곡면의 생성

다점 무금형 성형을 위해서는 펀치가 목적곡면과 일치하는 3 차원 곡면으로 배열되어야 한다. 이를 위해서는 3 차원 공간상에서 펀치가 목적곡면과 접촉하는 위치좌표를 구해야 한다. 펀치 머리와 목적곡면은 모두 3 차원 곡면이므로 두 면이 접촉하는 위치를 구하기 위해서는 고도의 수학적인 기법이나 기하학적인 처리가 필요하다.

목적곡면은 임의의 형상을 가지므로 수학적으로 표현하기 어렵고, 펀치의 형상 또한 설계 변수에 따라 다양해 수학적 표현이 어려우므로 본 논문에서는 당 연구팀이 보유하고 있는 3 차원 CAD 위치좌표 자동산출 프로그램을 이용하였다. Fig. 4 는 조선에 사용되는 여러 가지 3 차원 곡면 중 비틀림 곡면을 대상으로 위치좌표를 구하고, CAD 에서 곡면에 맞게 펀치를 배열한 모습이다.

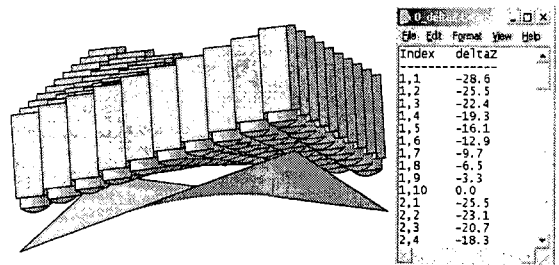


Fig. 4 CAD model (left) and punch coordinates (right)

상기의 펀치위치좌표 산출과정에서 발생 가능한 문제점을 검토한 결과 Fig. 5 와 같이 일부 상하 펀치가 충돌할 수 있음이 발견되었다. 즉, 펀치의 배열면적보다 판재의 크기가 작으면 판재의 모서리에서는 Fig. 5 의 1 번 펀치가 아래 펀치와 충돌을 일으킬 수 있다. 또 판재의 모서리부의 2 번 펀치는 성형에 기여하지 못하는 유티펀치이다. 따라서 향후 위치좌표 산출 시 충돌을 예측하고, 유티펀치를 성형에서 제외시킬 수 있는 알고리즘이 포함될 필요가 있다.

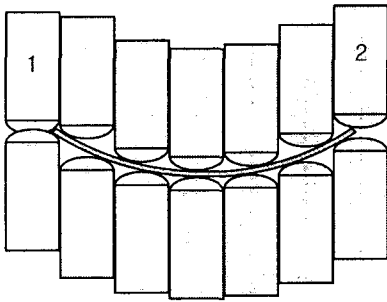


Fig. 5 A collision problem anticipated from the calculation of punch coordinates

Fig. 6 은 아래로 오목한 조선용 3 차원 곡면의 위치좌표를 산출하여 CAD 에서 곡면과 함께 펀치를 배열한 예이다. 여기서 오른쪽 펀치 중 일부는 다른 펀치보다 지나치게 위로 들어가거나 아래로 튀어나와 위치좌표 산출에 이상이 있는 것처럼 보인다.

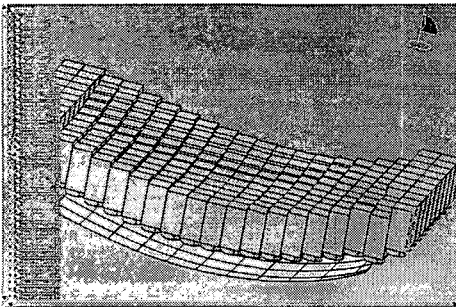


Fig. 6 Concave surface formation and punch extrusion phenomena

그러나 Fig. 7 에서 보는 바와 같이 펀치와 곡면과의 접촉상태를 면밀히 조사한 결과 들출 펀치는 곡면과 펀치의 가장자리끼리 서로 접촉하여

발생하는 착시현상임이 밝혀졌다.

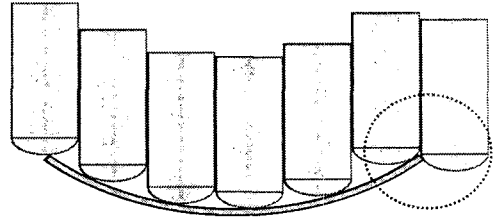


Fig. 7 Extruded punch on the edge

위의 경우는 실제 성형에 문제가 없지만 더욱 세밀한 분석결과, 경우에 따라서는 Fig. 8 과 같이 곡면의 모서리가 펀치의 몸체와 접촉하는 문제가 발생할 수 있음을 발견하였다. 펀치의 위치좌표 산출값만 보고서는 이러한 접촉상태를 알기는 어려우므로 비 정상적인 접촉을 예측할 수 있는 프로그램을 개발하거나 이러한 접촉을 피할 수 있는 펀치설계가 필요하다.

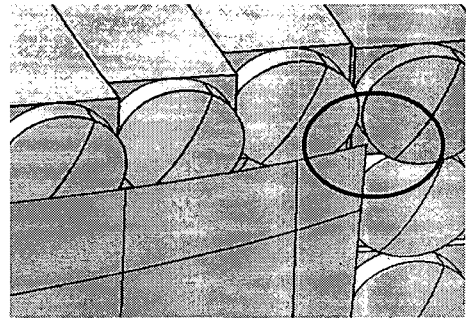


Fig. 8 Contact problem between plate and punch body

3.2 곡면 성형 실험 예

상기와 같은 방법으로 산출된 펀치의 위치좌표와 이를 이용하여 생성된 3 차원 곡면이 실제 조선용 곡면 성형에 이용될 수 있는지 검증하기 위하여 다점 무금형 성형장치로 성형실험을 실시하였다. 실험에 사용된 다점 무금형 성형장치는 가로와 세로가 20 mm 인 펀치가 10x10 matrix 로 배열되어 있다. 또한 이 장치는 외국의 다점 성형장치와는 달리 한쪽 면만 펀치를 사용하고 반대면은 유체나 고분자탄성체로 압력을 가한다. 따라서 이 장치에서는 앞에서 예측된 상하 펀치간의 충

들 문제는 발생하지 않는다.

실험 대상 곡면은 비틀림 곡면을 선택하여 산출된 펀치 위치좌표를 펀치제어용 프로그램에 입력하고, Fig. 9 와 같은 곡면을 생성하였다.

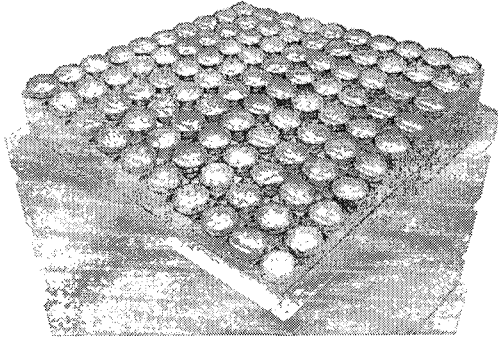


Fig. 9 Matrix of punch elements arrayed for twist surface

Fig. 10 은 두께 1 mm 인 Al 판재를 사용하여 앞서 생성한 비틀림 곡면을 다점 성형장치로 성형한 결과이다. 성형품은 펀치자국이나 주름과 같은 결함 없이 비틀림 곡면으로 성형되었다. 이러한 결과는 위치좌표의 산출과 이를 이용하여 생성된 펀치 곡면이 실제 조선용 3 차원 곡면에 이용될 수 있음을 보여준다.

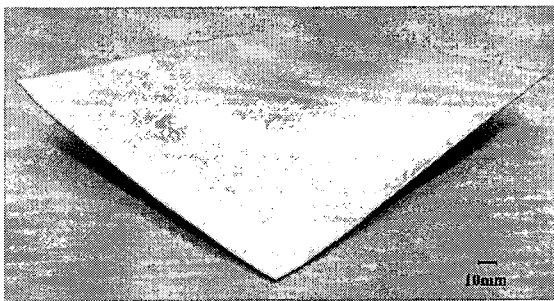


Fig. 10 Twist surface formed by multi-point elasto-forming method

4. 결론

(1) 조선용 기본선도로부터 단위곡면을 만든 다음 측정점 부여작업을 통해 펀치 위치좌표 산출용 목적곡면의 생성이 가능하였다.

(2) 3 차원 공간상에서 펀치가 목적곡면과 만나는 접촉점의 좌표를 구하고, 이를 이용하여 펀치 위치를 제어함으로써 성형용 3 차원 곡면이 생성되었다.

(3) 펀치 위치좌표 산출에서 발생 가능한 문제점은 상하 펀치 충돌과 펀치 몸체와 판재와의 접촉 등이다.

(4) 상기의 과정으로 생성된 비틀림 곡면은 실험실 규모의 다점 무금형 성형장치로 성형결함 없이 성형되었다. 이는 목적곡면의 위치좌표 산출과 이를 이용한 다점 무금형 성형이 조선용 3 차원 곡면성형에 응용 가능성이 있음을 보여준다.

후기

본 연구는 대우조선해양(주)와 (주)한진중공업이 지원하였음을 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] 박종우, 2003, 탄소중합체를 이용한 다점 박판 성형, 한국소성가공학회지, Vol. 13, No. 2, pp. 129~136.
- [2] J-W Park, D-H Kang, T-W Kim, 2004, FEM simulation of multi-point elasto-forming, Proc. of the 55th Jap. Joint Conf. for the Tech. of Plasticity, pp. 185~186.
- [3] M. Z. Li, Z. Y. Cai, G. Sui, Q. G. Yan, 2002, Multi-point forming technology for sheet metal, J. Mat. Proc. Tech., Vol. 129, pp. 333~338.
- [4] M. Y. Demeri, 2001, Key technologies for manufacturing and processing sheet materials: a global perspective, JOM, Vol. 53, Feb., pp. 33~36.