

## Deep Drawing 공정을 위한 곡면 매핑 방법 A Method of Surface Mapping for Deep Drawing Process

임용현, 박준영  
동국대학교 산업공학과

### Abstract

Deep Drawing공정은 2차원 박판(Sheet Metal)에 그림이나 글자를 인쇄한 다음, 박판을 다이에 고정하고 펀치로 눌러서 3차원의 제품을 생산하는 소성가공의 한 방법이다. 그러므로, 2차원 평면인 박판에 어떻게 적절히 인쇄하여, 가공 후의 3차원 제품에 원하는 그림과 글자가 나타나게 할 수 있는지가 문제가 되고 있다.

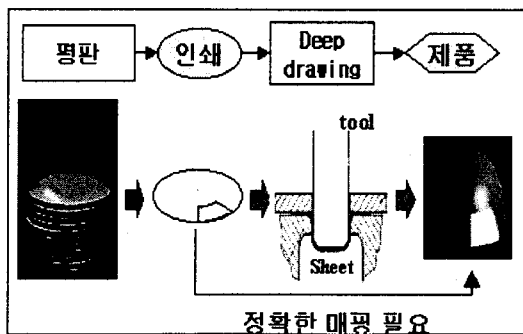
본 논문에서는 Deep Drawing공정을 거쳐 완성된 제품을 측정 한 후, 형상 역공학(Reverse Engineering) 기술을 이용하여 측정 데이터(Measured Points Data)를 입력으로 하는 매개변수 곡면(Parametric Surface)을 만들고, Deep Drawing공정 전의 박판에 대한 매개변수 곡면을 만든 다음 두 곡면간의 매핑을 통해 위의 문제점을 해결하고자 한다.

### 1. 서론

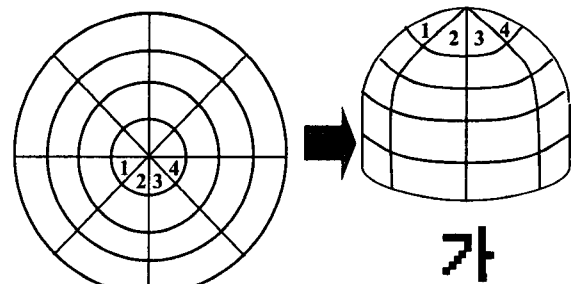
본 논문에서는 박판(Sheet Metal)을 펀치로 눌러서 제품을 생산하는 방식으로 주로 컵 모양의 물체를 만드는 Deep Drawing공정을 다룬다. 이 공정은 2차원 박판에 그림이나 글자를 인쇄한 다음 공정을 거쳐 3차원의 제품을 생산하기 때문에, 박판 형상의 2차원 평면에 어떻게 적절히 인쇄하여, Deep Drawing공정을 거친 제품에 원하는 그림이나 글자가 나타나게 할 수 있는지가 문제가 되고 있다[7].

[그림1]은 Deep Drawing공정의 절차와 전술한 문제점을 보여주고 있다.

기존에는 Deep Drawing공정 전의 박판과 공정 후의 제품간의 매핑 방법으로써, 첫 번째로 격자를 이용한 방법과 두 번째로 중심에서 떨어진 거리와 각도를 이용한 방법이 있다. 격자를 이용하면, 단순하기 하지만 정확한 매핑을 하려하면 할수록 더 많은 격자로 나누어야 하기 때문에 계산량이나 작업량이 기하급수적으로 증가할 수밖에 없다. [그림2]는 격자를 이용한 매핑방법의 한계를 보여주고 있다. 중심에서 떨어진 거리와 각도를 이용한 방법은 대칭 회전 형상에만 적용이 가능하므로 적용범위가 좁다.



[그림1] Deep Drawing 공정

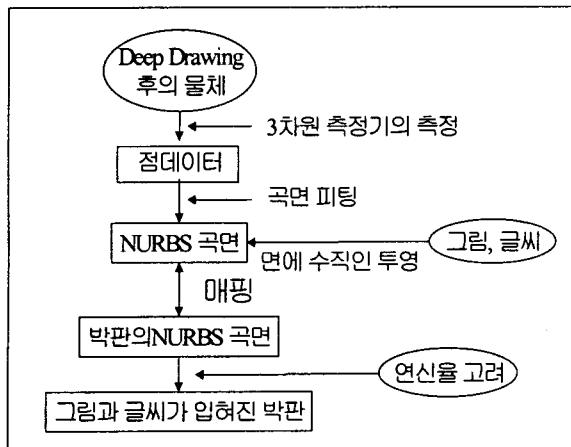


[그림2] 격자를 이용한 매핑 방법

본 연구에서는 Deep Drawing공정을 거쳐 완성된 제품을 측정된 후, 형상 역공학 기술을 이용하여 측정 데이터를 입력으로 하여 매개변수 곡면(Parametric Surface)을 만든다[1][2][8]. 다음으로, Deep Drawing공정 전의 박판에 대한 매개변수 곡면을 만든 후 두 곡면간의 매핑을 통해 위의 문제점을 해결하고자 한다. 이 방법을 이용하면, 가공시의 기계적인 오차와 측정오차를 제외하면, Deep Drawing공정 전의 박판에 대한 매개변수 곡면과 Deep Drawing공정 후의 측정 데이터를 이용한 매개변수 곡면의 기하학적인 변화를 정확하게 예측할 수 있을 것이다.

## 2. 3차원 곡면의 2차원 평면으로의 매핑

본 논문에서는 Deep Drawing공정 후 측정된 3차원 곡면을 2차원 평면 박판으로 매핑시키기 위한 전체적인 절차로써 [그림3]과 같은 방법을 제안한다.



[그림3] 3차원 곡면의 2차원 평면으로의 매핑 절차

우선 Deep Drawing공정을 거친 제품을 3차원 레이저 측정기를 이용하여 제품에 대한 3차원 형상 데이터를 얻는다. 다음단계에서 얻은 점 데이터를 입력으로 NURBS곡면을 만들고, 마찬가지로 박판에 대한 NURBS곡면도 생성한다. 점 데이터를 입력으로 만든 NURBS곡면의 매개변수 공간과 박판 평면에 대한 매개변수 공간을 맞추어 주면 평면에 대한 매핑이 된다. 마지막으로, 실험을 통하여 석판에서 3차원 제품으로 바뀔 때의 늘어난 비율인 연신율(Elongation)을 고려한다. 점 데이터를 입력으로 만든 NURBS곡면에 그림과 글자를 수직으로 투영하면, 그림과 글자가 인쇄된 평면 박판이 형성된다.

### 2.1 Deep Drawing공정 후의 물체의 측정

컴퓨터에서 제품설계를 하여 가공데이터를 산출한 후 가공하여 제품을 만들어내는 것이 일반적인 제품 생산과정이지만, 형상 역공학 기술은 이미 존재하는 제품을 측정하여 컴퓨터 모델로 만드는 과정이다. 즉, 물체를 측정하여 측정 점 데이터 얻고, 이 점 데이터를 이용해 곡면이나 솔리드를 모델링한다.

CMM(Coordinate Measure Machine)이나 3차원 레이저 측정기를 사용하여 점 데이터를 얻어낸다.

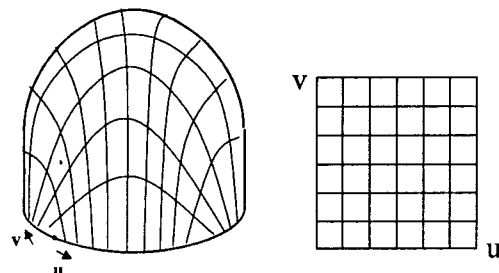
### 2.2 측정 점 데이터를 이용한 NURBS 곡면의 생성

조정점의 개수와 곡선식의 차수가 직결되어 있으면 많은 조정점을 사용할 경우 차수가 올라가게 되어, 계산량이 증가하고 곡면 형상에 진동을 초래하게 된다. 그리고, 모든 조정점이 곡선의 형상에 영향을 주게 되면 국소적 변경이 불가능하게 된다 [1][4][5]. 이러한 문제점이 없는 곡면이 NURBS(Non-Uniform B-Spline)곡면이기 때문에 본 논문에서는 점 데이터를 NURBS곡면에 피팅할 것이다.

점 데이터를 이용하여 곡면에 피팅(fitting)시키는 두 가지 방법이 있는데, 보간법은 점 데이터를 지나는 곡면을 찾는 것이고, 근사법은 점 데이터들에 근사하는 곡면을 찾는 것이다[3].

처음 입력된 데이터는 점 데이터뿐이므로, 곡면을 생성시키기 위해서 먼저 점 데이터로부터 접선벡터를 추정해야 한다. 다음으로, 매듭값을 결정해야 하는데, Chord Length에 비례하게 매듭값을 결정해야 한다. 마지막으로 매듭값과 접선벡터를 이용하여 NURBS 조정점을 결정한다[1][5].

[그림4]는 측정 점 데이터로부터 생성시킨 NURBS곡면의 매개변수공간을 보여준다.

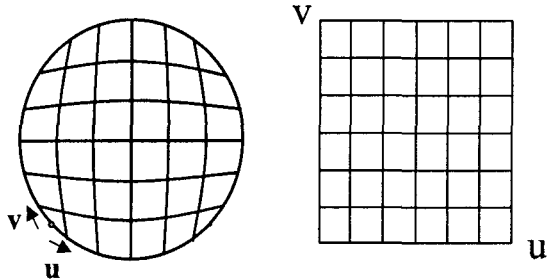


[그림4] 측정 점으로부터 생성시킨 NURBS곡면의 매개변수공간

### 2.3 평면에 대한 NURBS 곡면화

평면에 대한 NURBS곡면을 만들기 위해 4개의 경계곡선을 입력으로 하는 Coons Patch를 만든다. Coons Patch는 2개의 경계선을 u방향으로, 나머지 2개의 경계를 v방향으로 4개의 곡선을 블렌딩하는 곡면을 만드는 것이다. [그림5]는 사분 원호 네 개를

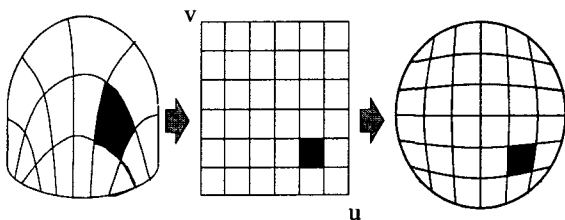
이용하여 만든 Coons Patch의 매개변수공간을 보여준다.



[그림5] 평면에 대한 NURBS곡면의 매개변수 공간

#### 2.4 측정 점데이터를 입력으로 한 NURBS곡면과 평면의 NURBS곡면과의 매핑

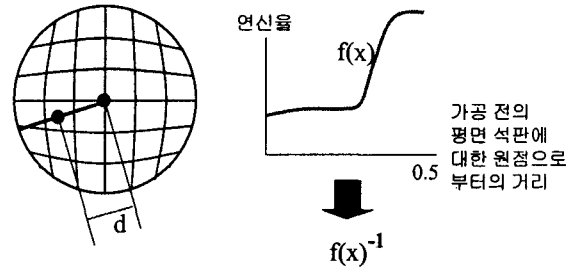
Deep Drawing가공의 특성 상 평면 박판의 형상과 만들어진 제품의 밑면 형상이 같다. 즉 원 평면을 가공하면 밑바닥이 원인 모양의 제품이 만들어지고 사각형 평면을 가공하면 밑면이 사각형인 제품이 만들어진다. 평면과 곡면을 만들 때 매개변수의 방향과 크기를 같게 맞추어 주면 [그림6]과 같은 결과가 나오게 된다.



[그림6] 곡면과 평면의 매핑

#### 2.5 연신률의 고려

실험에 의해 얻은 데이터를 통해 연신율 함수를 찾는다. 박판의 형상이 원일 경우, 원 평면에서  $(u_0=0, v_0=0)$ 이고,  $(u_1=1, v_1=1)$ 이라고 가정하자. 그러면, [그림7]과 같이 그림이나 글자가 있는 위치와 매개변수공간에서  $(0.5, 0.5)$ 인 점을 지나가는 직선에서 두 점 사이의 거리를 이용하여 실험에 의해 얻은 연신율의 역함수를 곱해 준다.



[그림7] 연신율의 고려

### 4. 결론 및 향후연구

본 연구에서 Deep Drawing공정을 거쳐 완성된 제품을 측정 후, 형상 역공학 기술을 이용하여 그 측정 데이터를 이용해 매개변수 곡면을 만들고, Deep Drawing공정 전의 박판에 대한 매개변수 곡면을 만든 다음 두 곡면간의 매개변수 공간을 매핑 함으로써 2차원 평면인 박판에 어떻게 적절히 인쇄하여, 가공 후의 3차원 제품에 원하는 그림과 글자가 나타나게 할 수 있는지의 문제를 해결하는 방법론을 제시하였다. 이는 Deep Drawing 가공뿐만 아니라 다른 소성가공에도 적용이 가능할 것으로 생각된다.

원 같은 간단한 형상 뿐만 아니라 다른 복잡한 형상에서도 곡면과 평면 또는 곡면과 곡면과의 매핑에 대한 연구가 더 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] Byoung k. Choi, "Surface Modeling for CAD/CAM", 1990
- [2] C.Menq and F. L. Chen, "Curve and surface approximation from CMM measurement data", Computers ind. Engng, vol.30, no2, 1996
- [3] Gerald Farin, "Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design", 1990
- [4] Kunwoo Lee, "Principles of CAD/CAM/CAE Systems", 1997
- [5] Les Piegl, "The NURBS Book", 1996
- [6] Michael E. Mortenson, "Geometric Modeling", 1995
- [7] Sherif D. El Wakil, "Process and Design", 1998
- [8] Weiyin Ma and J. P. Kruth, "Parameterization of randomly measured points for least square fitting of B-spline curves and surfaces", Computer-Aided Design, vol.27, no.9, 1995