

## 역추적기법을 이용한 용접판재의 블랭크 설계 및 용접선 이동에 대한 유한요소해석

### FE Analysis of Tailored Blank Design and Welding Line Movement by using Backward Tracing Scheme

박철성\*, 최우현\*, 구태완\*\*, 강범수\*\*\*

\* 한진중공업 기술연구소

\*\* 부산대학교 ERC/NSDM

\*\*\* 부산대학교 항공우주공학과

#### 1. 서 론

금속성형에 있어서 용접판재를 이용한 박판성형이 널리 이용되고 있다. 금속성형 중 스탬핑 공정 동안 얇은 판재의 용접선 주위에서의 다양한 변형 감소 거동이 유발하는 성형 시 발생하는 문제점들에 대한 일반적인 효과들과 용접판재의 형상과 크기, 다이의 위치, 용접선의 위치 등과 같은 요소들을 어떻게 제어할 것인가에 대한 실험 결과에 따른 몇몇 해석적인 방법론과 실험치를 비교하는 연구가 수행되었고, 레이저 용접판재의 성형 특성에 관한 연구도 이루어졌다.[1]

최종 목적 형상으로부터 적절한 예비 성형체나 초기 소재를 역방향으로 추적하는 역추적기법은 벌크(Bulk) 성형에 있어서 예비 성형체 설계와 그 외의 여러 가지 성형 과정에 대한 연구는 성공적으로 수행되었다.[2][3]

본 연구에서는 유한요소법(FEM)의 응용 분야인 역추적기법을 3차원 변형에서의 두께가 다른 두 개의 용접 박판 블랭크 설계에 적용하고자 한다. 박판 성형에서 초기 블랭크 설계를 위해 본 연구에서 개발한 프로그램은 유한요소법에 의한 전방하중 시뮬레이션과 역추적 시뮬레이션이 가능하며, 용접판재에 대한 스탬핑 공정의 블랭크 설계에서 성형 후 기계적 처리과정을 거치지 않고도 직선 외형을 가지는 정형의 최종 제품 형상을 만들어 낼 수 있는 초기 블랭크 형상을 설계할 수 있었다. 실제 제품 생산 시 사용되는 여러 가지 형상의 부품에 대한 스탬핑 공정을 위한 초기 블랭크 형상 설계의 연구도 병행하였다.

#### 2. 초기블랭크 형상 결정을 위한 역추적기법의 적용

초기 블랭크 설계에 이용되는 역추적기법은 이미 알고 있는 현재의 형상을 기초로 하여 역방향으로 단위 시간 증분에 의한 형상을 결정하는 접근 방법이고, 전체 시간 증분에 대한 과정의 반복을 통해 블랭크 형상이나 초기 조건을 결정할 수 있는 방법이다. 그러므로 만약 경계조건이 역추적 과정에서의 각 시간 증분에 대해 정해지고 유한요소 프로그램 내에서 그 과정이 실행되고 나면, 블랭크 설계 문제에 대한 적용은 곧바로 이루어지게 된다.

본 연구에서 개발한 3차원 역추적기법을 스탬핑 공정에서의 초기 블랭크 설계에 적용하고자 한다. Figure 1은 역추적기법의 흐름도를 보여주고 있다.[4]

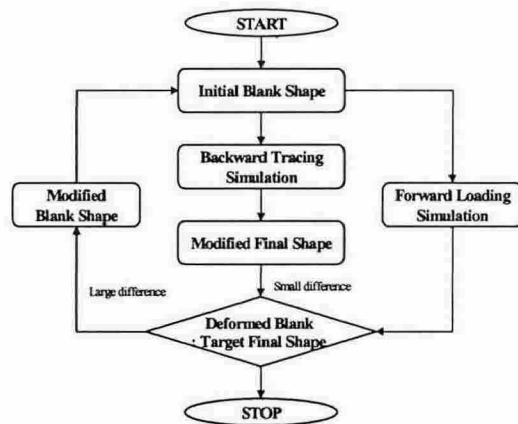


Fig. 1 The current process sequence of stamping

### 3. 직선 플랜지를 가지는 사각 스탬핑

스탬핑 공정을 거친 제품은 불규칙한 플랜지 형상으로 인해 트리밍 등의 후처리공정을 거치게 되는데 이는 기계적인 뒤틀림 현상 등의 원인이 된다. 본 논문에서는 Fig. 2와 같은 치수를 가진 직사각형 용접판재를 용접선이 폭 방향의 중앙에 오도록 용접하여 전방하중 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과 Fig. 3과 같이 가로/세로의 직선부는 코너부보다 많은 양의 소재가 안쪽으로 유입되었다. 따라서 플랜지 외곽을 직선으로 만들기 위해서는 트리밍 공정이 필요하다.

앞의 전방하중 시뮬레이션의 최종형상이 과다 변형을 보이고 있기 때문에 초기 블랭크를 수정할 필요가 있었다. Figure 4에서와 같이 두께는 그대로 유지하고 초기형상을 수정하여 전방하중 시뮬레이션을 적용하였다. 그 결과 Fig. 5와 같이 트리밍 과정이 필요한 일반적인 변형 양상으로 나타났다. 이런 결과를 토대로, 트리밍 공정이 필요 없는 최종 제품을 만들기 위해 직선플랜지 형상을 갖도록 역추적기법을 이용하여 설계하였다.

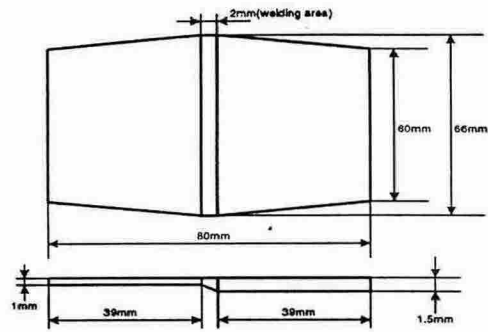


Fig. 4 Dimension of modified blank shape

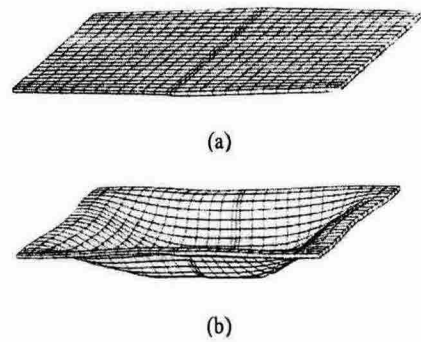


Fig. 5 The first stamping 3D simulation of modified blank  
(a) initial workpiece (b) stroke=100%

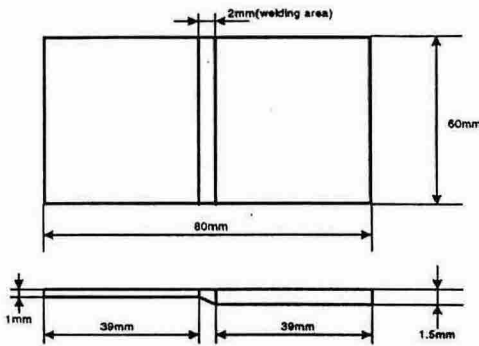


Fig. 2 Dimension of initial blank shape

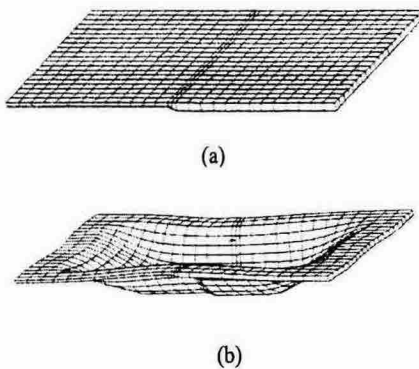


Fig. 3 The first stamping 3D simulation of initial blank  
(a) initial workpiece (b) stroke=100%

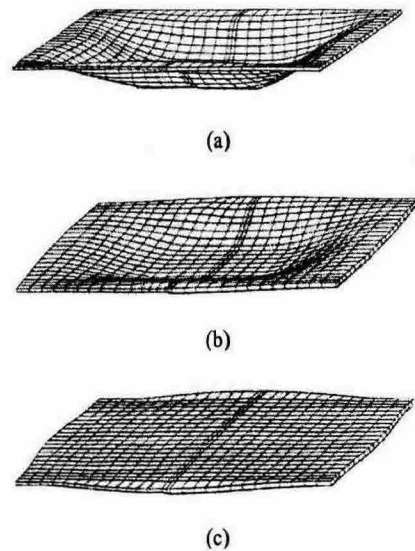


Fig. 6 The backward tracing simulation of modified blank  
(a) initial blank (b) stroke = -50% (c) stroke = -100%

Figure 6(a)의 최종형상을 이용하여 역추적기법을 적용하였다. 이 역추적기법에서의 경계조건과 변형을 분포를 전 단계인 전방하중 시뮬레이션의 최종결과와 동일하게 적용하였다. 그 결과 Fig. 6(c)와 같은 블랭크의 형상을 예측할 수 있었다.

Figure 7을 초기형상으로 가정하여 제2차 정방하중 시뮬레이션을 수행하였다. Figure 8에서 그 과정을 보여주고 있으며, Fig. 8(b)에서 나타난 바와 같이 플랜지의 외형이 직선에 가까운 형상으로 나타남을 알 수 있었다.

Figure 9에서는 제2차 전방하중 시뮬레이션에 의한 유효 변형률 분포를 나타내었으며, 용접선이 위치한 플랜지 부위의 변형이 다른 곳보다 큰 것으로 나타났다. 또한 용접선 이동은 상대적으로 얇은 소재 쪽으로 이동하였으며, 이는 최적 블랭크 설계 시 용접선 위치는 플랜지부에서의 용접선이 두꺼운 판재 쪽으로 위치시켜야 한다. 즉, 역추적기법을 적용하게 되면 박판 성형에서의 정밀도를 향상시킬 수 있다는 것을 의미한다.

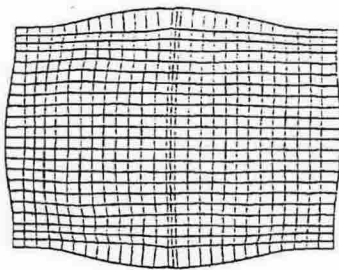


Fig. 7 The fine blank shape for secondforward loading simulation

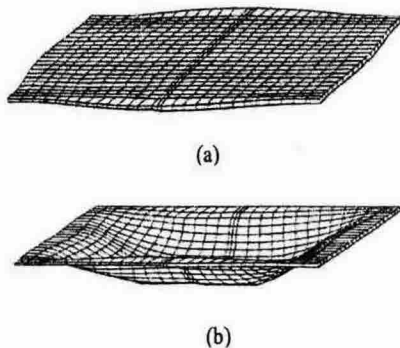


Fig. 8 The 2nd stamping 3D simulation of modified blank  
(a) initial workpiece (b) stroke = 100%

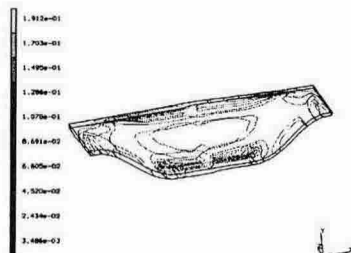


Fig. 9 Effective strain distribution of the final stamping

#### 4. 결 론

강소성 유한요소법을 이용한 역추적기법은 박판성형에 있어서 두께가 다른 용접판재의 형상설계에 적용되었다. 본 연구에서 개발한 프로그램은 역추적 시뮬레이션과 전방하중 시뮬레이션에 탁월한 능력을 가지고 있으며, 이 기술의 적용은 단순한 직사각형 형상의 스탬핑 공정에서의 형상 설계 면에서 성공적인 결과를 나타내었다.

1) 용접판재를 사용한 직사각형 스탬핑 제품은 역추적기법에 의해 정형의 블랭크 설계가 가능하다. 성형 후 기계가공을 거치지 않고 정형의 제품을 제조할 수 있는 역추적기법의 적용으로 인해 최종 제품의 직선 외형을 얻을 수 있었다.

2) 최종 제품이 직사각형의 외형을 가지기 위한 초기 블랭크의 스탬핑 공정은 정형의 블랭크 설계를 위해 수행되었고, 이에 전방하중 시뮬레이션과 역추적 시뮬레이션은 만족할 수 있는 결과를 도출하였다. 이는 전방하중 시뮬레이션을 동반한 역추적 시뮬레이션은 용접판재의 성형에 있어서 초기 블랭크 설계에 적용될 수 있다.

3) 역추적기법을 적용하여 용접판재의 스탬핑용 초기 블랭크를 설계함으로써 용접선 이동에 관한 자세한 정보를 얻을 수 있다.

#### 참고문헌

1. J. M. Yi, Y. C. Choi, C. S. Choi and D. J. You : Applications to the Numerical Stamping Analysis of Tailored-Welded Blank, KSTP, 2nd Sheet Metal Forming Symposium (1999) 110-120
2. H. H. Choi, M. S. Park and B. S. Kang : Design of a piercing hole in coining process by the 3-dimensional backward tracing scheme of the FEM, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 80 (1998)
3. B. S. Kang, J. H. Lee and H. H. Choi : Extension of Backward Tracing Scheme of the Rigid Plastic FEM in Three-Dimensional Deformation, ASME, Vol. 119 (1998) 556-562
4. H. H. Choi, T. W. Ku, S. M. Hwang and B. S. Kang : Application of the Backward Tracing Scheme of the Finite Element Method to Design of Blanks in Sheet Metal Forming, NUMISHEET, 4th International Conference, Abs. No. 2 (1999)