

내부구조재의 설계변수에 따른 성형영향 분석

박재현*, 최두선, 제태진, 김형중(한국기계연구원)

A Study on the Forming-analysis of Inner structured Design parameter

J. H. Park, D. S. Choi, T. J. Jea, H. J. Kim(KIMM)

ABSTRACT

ISB panel, inner structured of metal in two skin and bonded, has inner structures which have low relative density, stiffness and strength with low weight of make improvement for that purpose. A kind of Inner structures have various structure types. In this paper, we have studied the Forming Limit Diagram(FLD), thickness variation and stress strain to dimple structure of sheet by analysis of Dynaform and LS-Dyna.

Key Words : ISB panel(내부구조 접합판재), Inner structure(내부구조재), Forming limit Diagram(성형한계도표), Thickness variation(두께변화)

1. 서론

최근 국내외 복합재료 및 신소재분야는 산업의 발전 변화에 따라 자동차, 항공기 등 운송매체뿐만 아니라 산업전반에 걸쳐 사용 되어지는 재료 또는 구조물에 중량감소, 강성 및 강도/내충격성 등의 성질을 지니는 초경량 구조재료에 대한 요구로 이와 관련한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이중 두 개의 금속박판으로 이루어진 표피재료 사이에 3차원형상의 금속 내부구조를 삽입, 접합하여 만들어지는 ISB(Inner Structured and Bonded panel)판재는 내부의 구조물로 인하여 강도 및 강성을 증가시키고 내부가 대부분 비어있어 낮은 밀도, 높은 비강성의 특징을 크게 개선한다. 현재 이러한 ISB 판재의 내부구조로는 허니콤(Honeycomb)과 철망의 한 형태인 익스펜디드 금속(Expanded metal)이나 우븐 금속(Woven metal)을 클림핑(Crimping)하여 3차원 구조물로 만든 피라미드 구조(Pyramidal Structure), 표피와 동일한 재료의 얇은 금속판을 형상을 갖는 금형으로 프레스 성형하여 딴플(Dimple)형상으로 만든 3차원 구조물 등이 있다. 그러나 구조물이 가지고 있는 많은 장점에도 불구하고 제작 및 가공상의 어려움이 큰 단점으로 지적되고 있다.

본 연구에서는 ISB판재의 생산적인 측면을 고려하여 프레스 성형을 이용한 내부 구조물을 제작하는 금속박판의 내부구조물 제작법을 선택 그중 반구형상의 딴플과 구조물의 제작 후 표피금속과의 접합을 고려하여 딴플형상의 윗부분이 평평한 평탄형상을 기본 모델로 정의 하여 해석모델을 설계하였고 각각의 패턴형상의 금형이 성형 시 성형한계와 성형두께 등 성형성에 미치는 변화에 관하여 비교 관찰하였다.

2. 내부구조재의 설계

2.1 해석모델 설계

반구 및 평탄형상 딴플금형의 성형해석을 위하여 우선 각 딴플형상의 패턴배열 방향을 동일하게 정의 하였고 성형한계를 판단하기 위한 최소한의 딴플형상을 갖도록 설계하였다.

Fig. 1(a)은 Punch와 Dia간의 각 패턴형상의 배열을 간단하게 나타내었으며 (b)에서는 반구형 및 평탄형의 금형 간 패턴의 형상과 설계 값을 보여주고 있다.

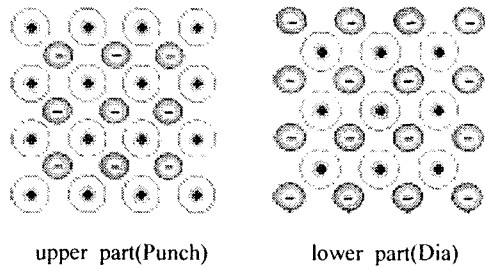


Fig. 1(a) Pattern shape array

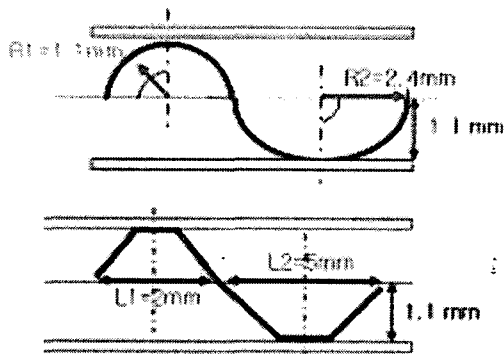


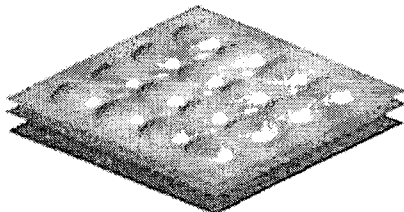
Fig. 1(b) Pattern shape

해석모델의 설계 및 해석조건의 부여는 프레스의 유한요소 해석에 널리 사용되어지고 있는 Dynaform 프로그램에서 행하였으며 Punch 및 Dia는 성형 중 변형을 주지 않는 강체로, 성형되어지는 재료는 다양한 분야에서 사용되고 있는 Stainless steel 중 STS304의 소재를 사용하였고 다음과 같은 기계적 성질을 지닌다.

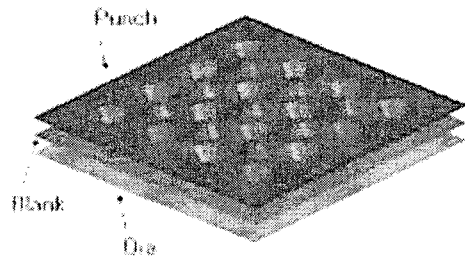
Table. 1 Mechanical properties of STS304

Mass Density(g/cc)	7.9
Tensile Strength(MPa)	520
Young's Modulus(GPa)	210
Poisson ratio	0.3

2.2 해석방법



hemisphere model



Flat model

Fig. 2 Analysis model

Fig. 2에서는 실제 성형해석에 사용된 해석모델을 3차원 형상으로 보여주고 있으며 상부에 Punch가 위치하여 Z축 방향으로 하부에 위치한 Dia까지 이동하며 중앙에 있는 Blank를 성형하게 된다.

해석모델을 통한 성형해석은 LS-Dyna를 이용하였으며 해석에 사용된 조건은 Table. 2에 나타내었다.

Table. 2 Analysis conditions

Stroke Dist(mm)	2.8
Punch Velocity(mm/sec)	10
Degrees of Freedom	Z axis
Curve Shape	Trapezoidal

3. 성형해석 및 분석

3.1 성형한계분석(FLD)

FLD(forming Limit Diagram)에 의한 성형성 평가는 성형 시 제품 또는 금형에서 파단 발생이 있을 수 있는 가장 심한 변형부위의 변형률을 예측 또는 측정하여 파단영역 또는 안전영역인지를 검토하는 것으로 Fig. 2(a)는 평탄 금형의 성형 중 발생하는 변형률을 예측하여 FLD 선도에 나타내었다.

평탄금형의 성형성은 성형되어지는 블랭크의 내부에 크랙 및 주름의 경향이 적어 안전영역이 넓게 존재하나 외곽부분의 주름진 곳과 덩플형상의 주위에 주름경향이 강하여 불완전한 성형의 가능성이 크다고 볼 수 있다. 이는 덩플형상과 성형하지 않는 여유부분의 경계점에 생기는 모서리에 큰 각이 존재하여 생기는 문제점으로 예측된다.

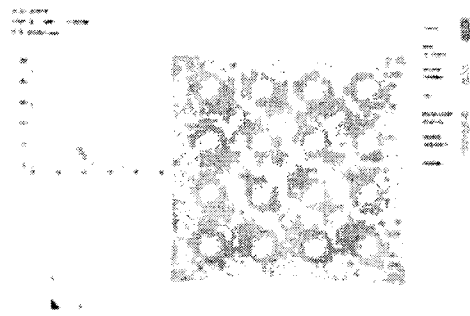


Fig. 3(a) Forming Limited diagram of Flat mold

Fig. 3(b)의 반경비 0.45를 가진 금형의 성형은 외곽부분에 주름발생으로 인한 약간의 주름 분포를 보이거나 균열위험이나 균열발생은 없는 것으로 나타나 성형 시 안전영역에 존재한다고 볼 수 있다.

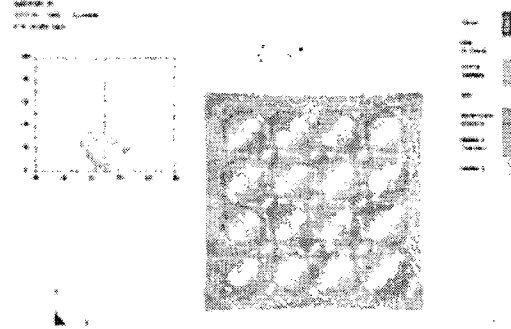


Fig. 3(b) Forming Limited diagram of hemisphere mold

3.2 성형두께변화 분석

성형두께 변화의 추이 분석은 FLD와 함께 성형품의 크랙을 예측할 수 있으며 Fig. 4의 (a)는 평탄금형 성형의 두께변화를 simulation으로 나타내었으며 블랭크의 외곽부분은 주름으로 인하여 두께가 더 증가되었고 대각선 안쪽부분에는 형상에 의한 블랭크의 유동이 어려워 약간의 두께감소와 형상이 성형되는 곳에서의 큰 두께변화가 있음을 볼 수 있다.

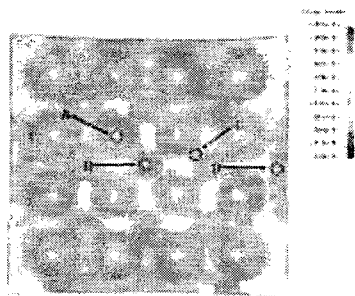


Fig. 4(a) Thickness variation of Flat mold simulation

Fig.4(b)에서는 simulation된 블랭크의 특정부분의 element의 두께변화를 그래프로 나타내었다. A는 R2의 반경이 큰 부분으로 두께감소는 적은 편이며 일정구간동안 고정된 두께를 갖고 반경이 적은 R1의 B는 0.136478mm로 약31.8%의 큰 폭의 두께감소를 보였으며 C와 D의 구간의 변화는 무시할 수 있다.

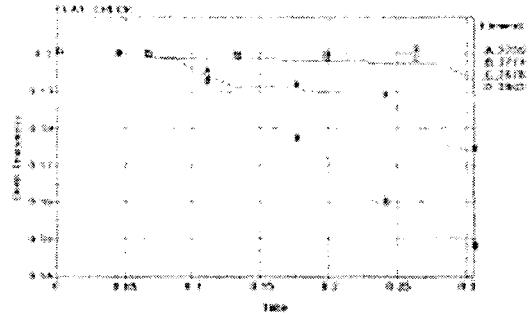


Fig. 4(b) Thickness variation graph of Flat mold

Fig. 5(a)는 반구형금형의 두께변화 simulation이며 평탄금형에 비하여 큰 두께감소는 보이지 않고 있고 다만 작은 반경 값을 가진 형상부분의 두께감소만 보여 진다.

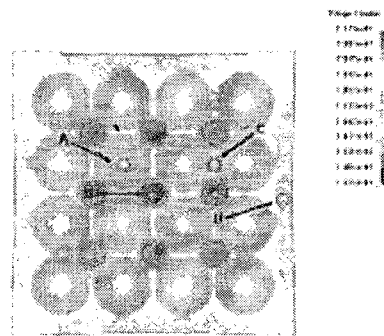


Fig. 5(a) Thickness variation of hemisphere mold simulation

Fig.5(b)그래프의 A는 큰 반경 값을 갖는 형상으로 약간의 두께감소 이후 일정한 값을 유지하다 성형완료직전에 0.01mm정도의 2차감소를 보였다. 작은 반경 값을 갖는 B영역에서는 28.6%의 큰 폭의 감소를 보이나 STS304의 연신율에 비추어볼 때 성형 안전성은 양호하다고 판단된다. C와 D의 구간의 변화는 무시할 수 있다.

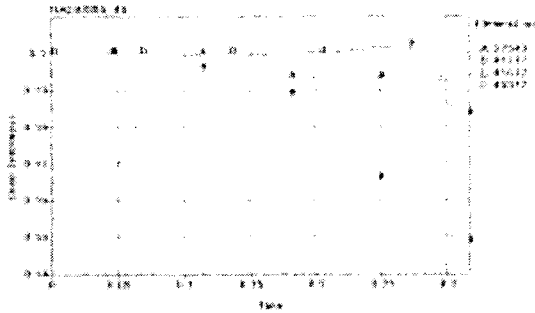


Fig. 5(b) Thickness variation graph of hemisphere mold

3.3 Stress strain 분석

성형해석에서의 Stress strain은 성형해석모델의 형상에 따라 차이를 나타내고 있으며 Fig.6(a)의 응력 변화를 관찰하면 형상이 끝나는 모서리부분에서 약간의 변화를 보였지만 급격한 변화 값은 갖지 않는다.

Fig. 6(b)의 경우는 대체적으로 낮은 응력 값을 갖지만 반경비가 작은 형상부분에서 많은 큰 변화를 나타내었다.

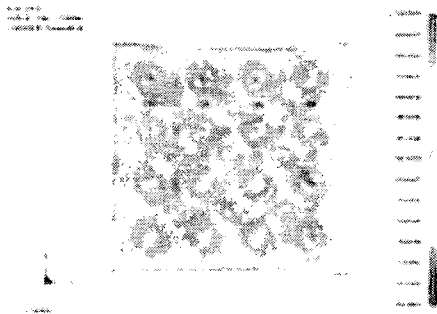


Fig. 6(a) Stress strain of Flat mold simulation

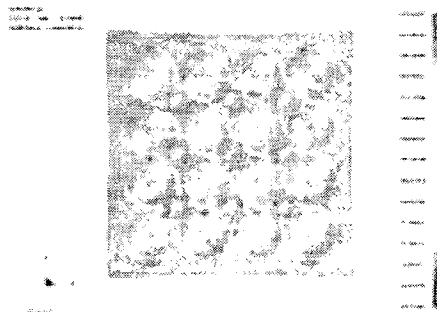


Fig. 6(b) Stress strain of hemisphere mold simulation

4. 결론

본 연구에서는 ISB판넬 제작 시 중요구성요소인 내부구조재의 형상변화를 통한 제작의 용이성을 높이기 위한 설계변수에 따른 성형영향을 분석한 결과 다음과 같이 결론지었다.

성형한계 면에서는 반구형금형이 평탄금형에 비하여 성형 시 더 넓은 안전영역이 존재하며 두께변화에 있어서는 비슷한 감소율을 나타냄을 확인하였다. 그러나 Stress strain에서도 볼 수 있듯 평탄금형에서의 두께변화와는 달리 반구형 금형에서는 작은 R2값에 의하여 급격한 감소를 나타냄을 알 수 있었고 이는 STS304의 연신율에 의한 크랙 발생은 없지만 차후 실 제작 중 오차발생에 따른 크랙을 예상할 수 있어 보다 넓은 안전영역을 확보하기 위하여 R1에 비려한 R2값의 변경과 형상의 모서리에 대한 Rounding 처리가 요구 되었다.

후기

본 논문은 과학기술부 국책연구개발사업인 마이크로 첨단복제 생산시스템 개발사업 수행 결과의 일부임을 밝혀둡니다.

참고문헌

1. A.A. Afonja, D.H. Sansome, A theoretical analysis of the sandwich rolling process, *Int. J. Mech. Sci.*15 (1973) 1-14
2. M. Denchiyuu, Sandwich rolling analysis and wxperiments, in : *Proceeding of the S-54 Spring Conference*, Jpn. Soc. Technol. Plast. (1984)557-560
3. 강기주, 전계포, 나성준, 주보성, 홍남호, “초경량 금속구조재의 제작을 위한 새로운 방안” 대한기계학회논문집 A권, 제 28권, 제 3호, pp. 296-303, 2003.
4. 정창균, 윤석준, 성대용, “초경량 내부구조 접합판재 제작을 위한 금속내부구조의 설계변수 분석” 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp. 928-931, 2004.