

딴플형 내부구조재를 갖는 접합판재의 굽힘 특성연구

김홍근¹, 오솔길¹, 유정수², 성대용³, 정완진¹, 김종호^{1#}

A Study on The Bending Characteristic of Sandwich Sheet Metal with Dimple Type-Inner-Structure

H.G. Kim, S.K. Oh, J.S. Yoo, D.Y. Seong, W.J. Chung, J.H. Kim

Abstract

The L-bending of inner-structure bonded sandwich sheet metal is examined to reduce springback and defects of bent parts. The specimen is composed of top and bottom layers and a middle layer with dimple type-inner-structure and each layer is bonded by resistance welding. This specimen with hollow type-inner-structure shows different bending characteristics from the conventional sandwich sheet metals with solid type-inner-structure. The experiments were conducted for two kinds of working conditions, that is, clearance and movement of first bent specimen for second bending. The deformed profile, bend angle and springback were investigated and compared and then the proper working conditions for L-bending of sandwich sheet metal were prosed.

Key Words : Sandwich sheet, Dimple type-inner-structure, Resistance welding

1. 서 론

접합판재(Sandwich sheet)는 2개 이상의 다른 특성을 갖는 판재를 접합시켜 원하는 기능을 얻을 수 있는 강판으로 자동차, 항공, 선박, 건축 등 많은 분야에 활용되고 있으며, 그에 따른 성형성에 대한 연구도 활발히 진행 되고 있다. 현재 상용화 되어있는 접합판재는 소음, 진동 감소를 위해 내부에 수지를 접합시킨 제진강판(Anti-vibration sheet metal)과 열전도성, 부식, 경량화 등을 목적으로 하는 클래드강판(Clad metal)이 있다[1].

이렇듯 특정한 기능을 갖는 접합판재는 요구되는 특성이 다양해짐에 따라 강판의 제작에 사용되는 판재의 종류나 수, 접합방법 등도 다양해지고 있는

추세이다. 그 중에서도 특정형상의 메쉬패턴 구조재를 내부재로 가지는 판재의 개발과 이들 중공형 접합판재의 기계적 특성과 전단특성, 성형특성에 관한 연구가 최근 진행 중에 있다[2-3]. 그러나 이러한 접합판재의 경우 전단, 굽힘, 드로잉 등의 프레스 가공특성이 일반 단일소재와는 판이하며, 내부구조재의 형상에 따라 각각의 성형조건 및 가공기술 확보가 요구되고 있는 실정이다.

지난 연구[4]에서는 내부구조재를 피라미드 형상으로 제조된 접합판재의 굽힘 특성을 조사하였으며, 트러스 구조물의 좌굴과 굽힘 표면에서의 함몰 불량이 발생하였다.

본 연구에서는 이러한 불량을 해결하기 위해 딴플형 내부구조재를 갖는 접합판재의 굽힘 특성에 관해 연구를 수행하였으며, 성형 시 결함을 억제할 수 있는 가공방법 및 조건을 제시하고자 한다.

1. 서울산업대학교 금형설계학과

2. ㈜성우하이텍 기술연구소

3. KAIST 기계공학과

교신저자 : 서울산업대학교 jhkim365@snu.ac.kr

2. 연구내용

2.1. 실험소재

본 연구에 사용한 접합판재의 재원은 Table 1과 같다. DP590(자동차용 고장력강)의 외판재와 Fig. 1의 메쉬 패턴을 가지는 딴플형 내부재를 저항용접하여 접합판재 시편을 준비하였다.

Table 1 Preparation of sandwich sheet metal

Type of bonding	Skin sheet	Inner-Structure (Dimple-Type)	Thickness
Resistance welding	DP590 (0.5mm)	Mild Steel (2.0mm)	3mm

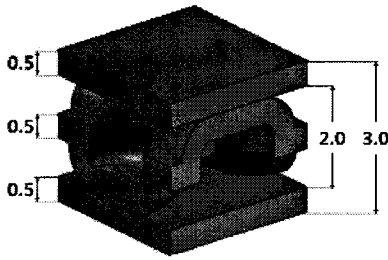
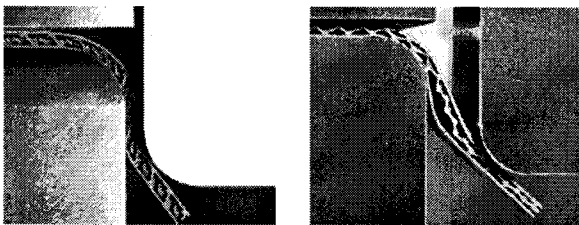


Fig. 1. Sectional view of sandwich sheet metal

2.2. 딴플형 접합판재의 특성

내부재가 중공형의 구조재로 구성된 접합판재는 단일소재나 연속된 접합판재와는 판이한 성형 패턴을 나타낸다. 특히 Fig. 2(a)와 같은 플랜지부 변형이나 Fig. 2(b)의 용접부 분리로 인하여 일반적인 굽힘 작업으로는 온전한 제품 성형이 불가능하여 이를 위한 적합한 작업조건을 조사할 필요가 있다.



(a) Shear deformation of flange (b) Separation of welded spot
Fig. 2 Typical deformed profile and defect in L-bending of sandwich sheet metal

2.3. 실험방법

본 연구에서는 딴플형 내부구조재를 갖는 접합판재의 굽힘가공을 위한 방안으로 2단 굽힘을 제시하

며, 2단 굽힘시 작업조건에 따른 접합판재의 성형성과 굽힘부에서의 변형패턴을 조사하기 위해 소재이송량(a), 틈새(C) 등을 Table 2에서와 같이 구분하여 실험하였다. 실험에는 만능재료시험기에 Fig. 3의 L-굽힘 금형을 장착하여 사용하였으며, 틈새 10mm, 굽힘 깊이 30mm의 조건에서 1차 성형된 딴플형 접합판재에 대해서 2차 굽힘실험을 하였다.

Table 2 Experimental condition for second L-bending

Movement of first bent specimen	(unit:mm)							
	8		13		18			
Clearance	10	6	4	10	6	4	10	6

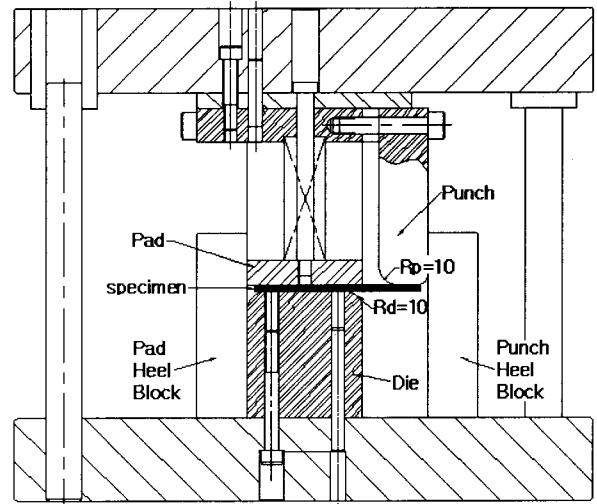


Fig. 3. Experimental set-up for L-bending

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 소재이송량에 따른 변형거동

딴플형 내부구조재를 갖는 접합판재의 90° 굽힘에서는 플랜지 전단변형이나 용접부 분리로 인해 1회에 90°에 가까운 성형이 불가능하다. 본 연구에서는 1차 예비 굽힘된 시편을 2차 굽힘할 때 소재이송량을 적용함으로써 플랜지의 전단변형을 최소화하면서 더 큰 굽힘각도로 성형이 가능한 조건을 조사하였다.

Table 2의 작업조건에 따라 틈새 6, 10mm에서는 소재 이송량 8, 13, 18mm를 적용하였으며, 틈새 4mm에서는 소재이송량 8, 13mm를 적용하였다. Table 3은 틈새 10mm일 때 소재이송량 변화에 따른 굽힘제품의 품질 비교를 나타낸다. 소재이송량이 증

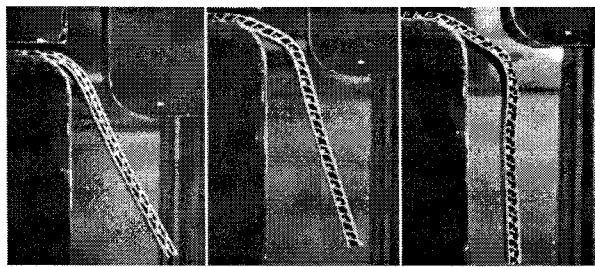
가할수록 굽힘제품을 90°로 성형 가능함을 알 수 있고, 이런 경우에는 굽힘부 형상이 원호가 아닌 테이퍼 형상으로 변형되는 것을 나타내고 있다.

Fig. 4는 틈새 10mm에서 각각의 소재이송량에 따른 굽힘후의 변형 형상을 보여주고 있다. 소재이송량 8mm를 적용한 Fig. 4(a)는 2차 굽힘시 굽힘부가 원호형상으로 성형이 되나, 소재이송량 13, 18mm를 적용한 Fig. 4(b), Fig. 4(c)는 굽힘점이 추가적으로 발생함에 따라 굽힘부가 테이퍼 형상으로 성형된다.

이를 통해 소재이송량이 2차 굽힘시 굽힘부의 형상에 큰 영향을 끼치는 것을 알 수 있다. Fig. 5는 2차 굽힘시 소재이송량(a), 굽힘 직선부 길이(x), 다이 수평면과의 경사각도(θ)와의 관계를 도식화한 것이다.

Table 3. Experimental results after second L-bending

Movement of specimen (mm)	Number of bend axis	Inclination angle (°)	Final bend angle (°)
8	1	none	67
13	2	29	76
18	2	39	93
Remark	Clearance=10mm		



(a) a=8 (b) a=13 (c) a=18

Fig. 4 Comparison of deformation patterns with respect to movement of first bent specimen (C : 10mm)

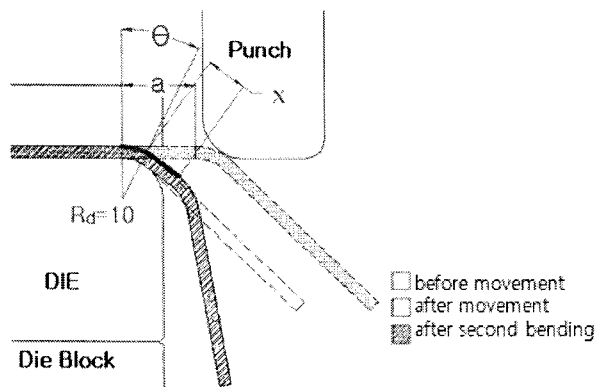


Fig. 5 Schematic view of secondary L-bending

굽힘부 직선 길이는 다음과 같이 계산된다.

$$x=a-L \quad \therefore L = \frac{\theta}{360^\circ} \times 2\pi(R+t) \text{-----(1)}$$

여기서, t=소재 두께

L=2차 굽힘시 발생한 원호길이

Fig. 6은 2차 굽힘시 소재이송량(a)과 θ에 따른 직선거리와의 관계를 나타내고 있다. 또한 Table 4는 소재이송량 13, 18mm를 적용한 제품의 직선거리를 식(1)을 이용한 예측값과 2차 굽힘 후의 측정값을 비교한 것이다. 예측값과 실측값은 최대 23%의 오차가 있으나, 굽힘시 시편 변형량을 고려하지 않은 점을 감안한다면 비슷한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

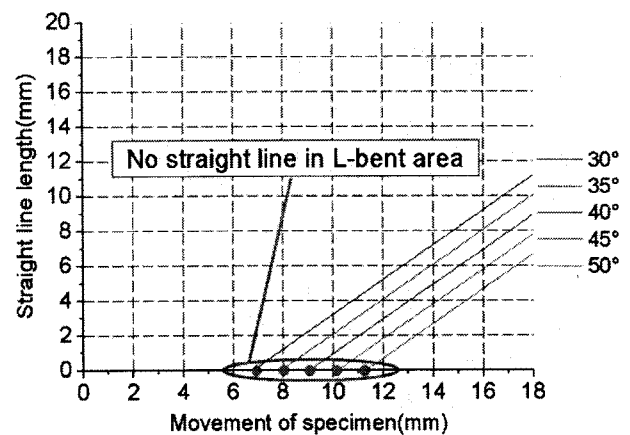


Fig. 6 Relation between movement of specimen and length of straight line in L-bent area


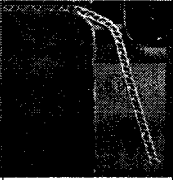
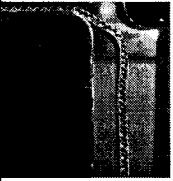
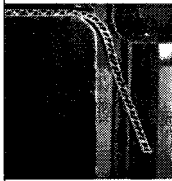
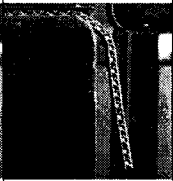
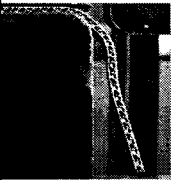
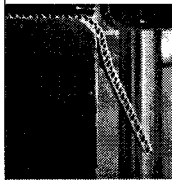
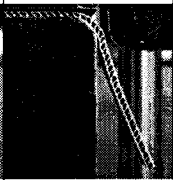
Table 4. Comparison of straight line length (unit:mm)

Movement of specimen(mm)	13	18	Remark
Calculation	6.4	9.1	Clearance=10mm
Experiment	7.9	11.2	

3.2. 틈새에 따른 변형거동

Table 5는 각각의 틈새별 조건에서 소재이송량에 따른 최종 성형제품의 굽힘각도와 변형 형상이다. 틈새가 6, 10mm 조건에서는 성형 결과가 양호하였으나, 틈새가 4mm인 경우 Fig. 2와 같이 플랜지의 전단변형이나, 내부재 파단이 발생하였다.

Table 5. Experimental results in L-bending

Clearance (mm)	Final bend angle(°)		
	a=8	a=13	a=18
10	67	76	93
			
6	76	82	87
			
4	70	72	none
			

또한 일반적으로 L-굽힘가공에서 틈새량이 적을수록 굽힘각도가 증가하지만, Table 5에서와 같이 소재이송량 18mm에서 성형된 최종 굽힘각도는 틈새량 6mm보다 10mm조건에서 큰 결과를 나타냈다.

이는 2차 굽힘시 편치와 시편이 최초로 접촉하는 위치에 따라 달라지는 것으로 접촉점이 1차 굽힘부 위에 있게 되면 플랜지의 전단변형이 발생하지 않고 강제 회전운동을 유발시켜 스프링백을 감소시키고 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 경량화, 비강성, 비강도, 내충격성 향상을 목적으로 개발 중인 딥플형 내부구조체를 갖는 접합판재의 굽힘특성을 연구하였다. 특히 중공형 접합판재의 L-굽힘가공시 발생하는 굽힘 곡률반경부위에서 함몰 불량을 개선하기 위해 2단 굽힘을 적용하였다. 2차 굽힘시 소재이송량과 틈새량의 조건을 변화시키면서 굽힘부의 변형거동을 조사하였으며 이의 실험결과를 정하면 다음과 같다.

- 1) 틈새량이 4mm와 같이 적은 경우에는 편치에 의해 플랜지의 전단변형이 유발되면서 스프링백이 증가된다.
- 2) 틈새량이 크고 소재이송량이 큰 경우에는 굽힘부 형상이 테이퍼 형상으로 되면서 플랜지부의 전단변형이 감소하고 스프링백이 적은 제품 성형이 가능하다.
- 3) 테이퍼 형상의 굽힘성형을 위한 소재이송량 적용시 굽힘 경계면을 고려한 적절한 틈새량과 소재이송량을 적용해야 한다.

참고문헌

- [1] 양동열, 나석주, 유중돈, 김종호, 정완진 외 36명, 2004, 마이크로 첨단복제 생산시스템개발 한국과학기술원, 보고서.
- [2] 김지용, 길해영, 조기철, 김종호, 정완진, “피라미드형 내부구조체를 가지는 중공형 접합판재의 성형특성에 관한 연구”, 한국소성가공학회 춘계 학술대회 논문집, pp.295~299, 2006.
- [3] 김지용, 김종호, 정완진, 양동열, “접합판재의 전단변형거동에 관한 연구”, 한국소성가공학회지, 제 14 권 제 3 호, pp.257~262, 2005.
- [4] 김종호, 정완진, 조용준, 김홍근, 홍명재, 유정수, 성대용, 양동열, “피라미드코어재를 갖는 접합판재의 L-굽힘가공 특성”, 한국소성가공학회 춘계 학술대회 논문집, pp.316~319, 2008.