

피라미드코어재를 갖는 접합판재의 L-굽힘가공 특성

김종호^{1#}, 정완진¹, 조용준¹, 김흥근¹, 홍명재¹, 유정수², 성대용³, 양동열³

Deformation Pattern of the Pyramid-Core Welded Sandwich Sheet Metal in L-Bending

J.H. Kim, W.J. Chung, Y.J. Cho, H.G. Kim, M.J. Hong, J.S. Yooe, D.Y. Seong, D.Y. Yang

Abstract

The L-bending of inner-structure bonded sandwich sheet metal is examined by using a bending die attached to the material testing machine. The specimen is composed of top and bottom layers and a middle layer of pyramid-core structure and each layer is bonded by brazing. The variables chosen for experiments were clearance between punch and die, location of bend line on the specimen surface and clamping type of specimen during L-bending. Effects of these variables on deformation of specimen around die-corner radius were investigated. It was shown that the irregular shapes of recess are formed in the inner layer of bended parts and they greatly depend on working conditions.

Key Words : Inner Structure Bonded Sandwich Sheet Metal, Pyramid-Core, Brazing

1. 서론

자동차, 항공, 선박, 가전, 건축 및 방위산업 등 현대사회의 핵심 기간산업은 제품의 대부분을 금속 판재를 이용하여 제품을 생산한다. 최근 금속 판재에 의한 제품은 높은 에너지 효율과 구조의 안정성 및 신뢰성을 동시에 만족시킬 수 있는 초경량, 고강도 재료 개발을 요구하고 있다. 특히 고속운행과 강한 내충격성을 요구하는 자동차, 항공 및 조선 산업 분야에서는 초경량, 고강도의 박판재 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 초경량, 고강도의 재료는 여러 가지 방법으로 개발되고 있는데 그 중에서 이종 재료의 판재를 적층하거나 접합한 샌드위치 구조의 박판재 개발이 세계적으로 각광받고 있다.

특히 금속 샌드위치 구조 박판재의 경우 전 세계적으로 아직 초보 수준의 단계이며 국내에서는 이와 관련된 연구를 몇 년 전부터 국책사업으로 시작한 단계이다. 현재 국내에서는 특정형상의 메

쉬패턴 구조재를 내부재로 가지는 접합판재의 개발[1,2]과 내부 구조재를 가지는 중공형 접합판재의 기계적 특성과 전단특성[3] 그리고 성형특성에 관한 연구[4]가 최근 진행 중에 있다.

본 연구에서는 금속 샌드위치 접합판재의 굽힘 가공을 위한 작업조건을 제시하기 위해 우선 L-굽힘 작업에서의 굽힘부 변형 특성을 탐색, 소재의 굽힘선 위치, 소재의 고정 유·무 등에 따라 조사, 분석하고자 한다.

2. 실험소재 및 실험방법

2.1 실험소재

본 연구에 사용한 접합 판재의 재원은 Table 1과 같다. 상하 외부재는 스테인리스강판, 내부구조재는 연강판을 크림핑(crimping)하여 피라미드 형상의 구조재로 각각의 소재를 브레이징하여 Fig 1과 같은 접합판재를 제작하였다.

1. 서울산업대학교 금형설계학과

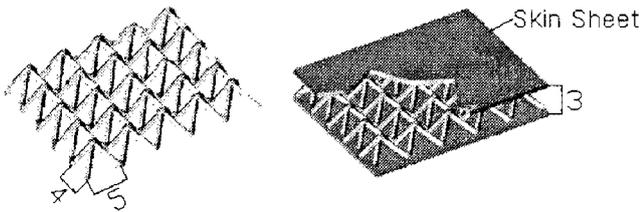
2. ㈜성우하이텍 기술연구소

3. KAIST 기계공학과

교신저자: 서울산업대학교, jhkim365@snut.ac.kr

Table 1. Preparation of sandwich sheet metal

Type of bonding	Skin Sheet	Inner sheet (pyramid-core)	Thickness
Brazing	STS304 (0.3mm)	Mild steel (2.4mm)	3mm



(a) pyramid-core (b) sandwich sheet metal
Fig. 1 Schematic view of sandwich sheet metal

2.1 실험소재

접합판재는 내부재가 증공형의 구조재로 구성되어 있어 소재의 변형거동이 일반 연속판재와는 다르다. 본 연구에서는 접합판재의 L-굽힘 성형성과 굽힘부에서의 변형패턴을 작업조건에 따라 조사하기 위해 이에 영향을 주는 틈새량, 굽힘선 위치, 소재의 위치결정 고정 유무 등의 작업조건을 Table 2 에서와 같이 구분하여 실험하였으며 이를 위한 실험장치가 Fig 2 에 나타나있다. 펀치의 성형 깊이에 따른 변형 패턴을 조사하기 위해 실험장치 앞에 디지털카메라를 설치하여 5, 8.5, 15, 20mm 깊이별로 소재의 변형상태를 관찰하였다.

Table 2. Experimental condition for L-bending

Clearance (mm)	Clamping of specimen	Location of bend line	Remark
10	Fixed	Bonded spot	- Forming speed = 10 mm/min - Rp = 5mm - Rd = 5mm
		Non-bonded spot	
	Non-fixed	Bonded spot	
		Non-bonded spot	
4	Fixed	Bonded spot	
		Non-bonded spot	
	Non-fixed	Bonded spot	
		Non-bonded spot	

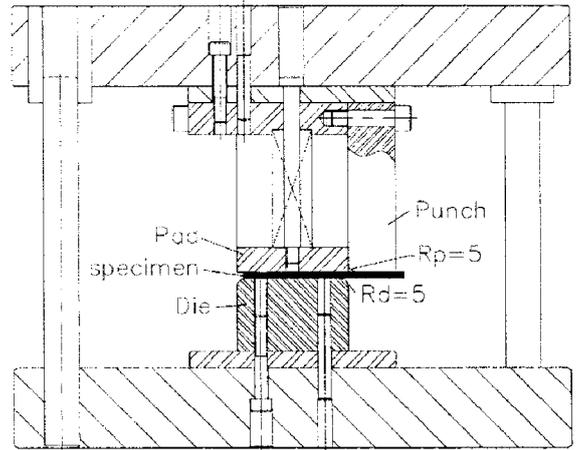
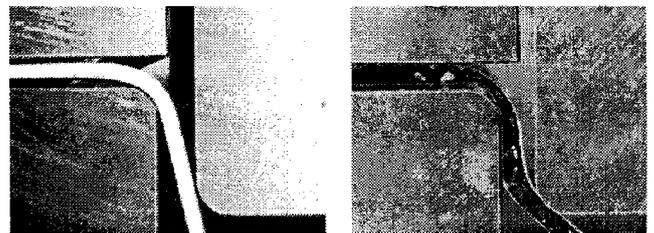


Fig. 2 Experimental set-up for L-bending

3. 실험결과 및 고찰

3.1 성형깊이에 따른 변형거동

소재를 다이에 장착하고 펀치가 하강하면서 다 이 코너반경 부위에서 굽힘작업이 이루어지고 있다. 일반적인 굽힘에서는 펀치가 다이코너반경부위를 거쳐 소재두께의 5배 전후만 직선운동하면 굽힘작업이 완료된다. Fig. 3(a)는 3점으로 되어있는 2.3mm 두께의 클래드강판(clad metal)을 틈새 4mm에서 굽힘할때의 변형 모습을 보여주고 있다. 이와 같이 내부가 연속체인 접합판재에서는 변형거동이 일반 단일 강판재와 거의 동일함을 알 수 있다. 그러나 Fig. 3(b)는 틈새 4mm일 때 피라미드 코어를 비용접점위치를 굽힘선으로 하여 굽힘가공된 접합판재의 변형을 나타내고 있다. 펀치스트로크에 따라 소재 변형이 접촉 표면에만 발생되어 최종 제품깊이까지 성형되지 않으면 온전한 제품 성형이 불가능함을 알 수 있다. 즉 증공형의 판재에서는 굽힘시 펀치와 접촉하는 표면에서의 변형으로 인해 플랜지 전체가 소성변형 되고있다.



(a) Clad metal (b) Sandwich metal
Fig. 3 Deformation profile of flange in L-bending

3.2 굽힘부에서의 변형패턴

Table 2의 작업조건에 따라 금형의 틈새는 10, 4mm에 대해서, 그리고 소재의 굽힘선 위치는 피라미드 코어의 용접된 위치와 용접점간의 중간위치로 나누어 실험하였다. 또한 L-굽힘은 비대칭 굽힘이기 때문에 패드력으로 소재를 미리 클램핑 하더라도 실제 작업 중에는 소재가 펀치측으로 일부 이동할 수 있기 때문에 이를 허용하는 경우와 이동하지 못하도록 위치결정핀을 사용하여 고정시킨 두 경우에 대해서도 굽힘 특성을 서로 비교 분석하였다.

Punch Stroke (mm)	(a) Bending at bonded spot	(b) Bending at non-bonded spot
5		
8.5		
15		
20		

Fig.4 Deformation pattern of sandwich metal according to location of bend line (clearance=10mm, specimen ; fixed)

Fig. 4는 틈새 10mm에서 소재를 완전 고정시킨 상태의 굽힘선의 위치를 용접점과 비용접점으로 구분하여 실험한 펀치 스트로크별 변형 상태를

나타내고 있다. 이와 같이 틈새가 큰 경우엔 제품의 플랜지 부위가 Fig. 4(b)에서처럼 심한 전단변형이 발생하지 않는 것을 알 수 있다. 그러나 다이코너반경 부위의 굽힘부 변형을 살펴보면 접합관재의 내측에는 굽힘이 시작되면서 리코일(recoil)과 같은 함몰현상이 심하게 나타나고 있으며 이러한 현상은 용접점위치에 따라 크게 두 가지 변형패턴을 보이고 있다. 비용접점을 굽힘선으로 할 때 처음의 리코일 함몰이 공정 진행에 따라 점점 더 심해지면서 굽힘부의 두께가 급격히 감소하는 패턴과 또 하나는 용접점을 굽힘선으로 한 경우에 용접점 주위에 1차 함몰이 더욱 확대되지 않고 굽힘반경 곡선부에서 2차 함몰이 다시 발생하면서 두께가 적게 감소되는 현상이다. 이와 같이 굽힘작업 조건에 따라 굽힘부 내측의 리코일 함몰이 1~2개가 발생하고 있다.

Fig 5는 소재의 굽힘선 위치를 비용접점 위치로 고정시킨 상태에서 틈새를 10mm에서 4mm로 변화시키면서 굽힘부의 변형상태를 비교한 것이다.

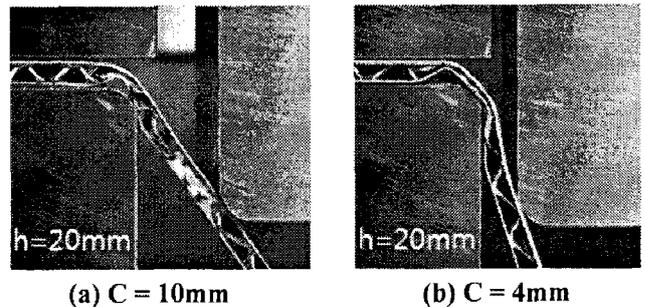


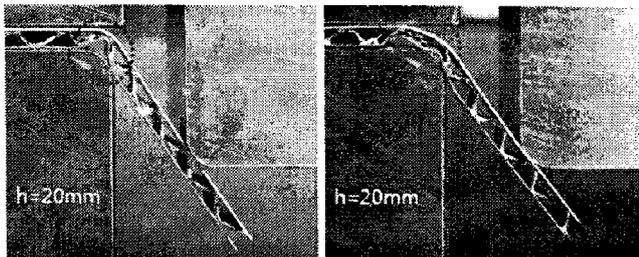
Fig. 5 Deformation pattern of L-bending metal according to location of bend line(specimen ; fixed at bend line)

여기에서는 내측 함몰 개수가 틈새가 클 때는 1개, 틈새가 작을 때는 2개가 발생되었다. 일반적으로 비용접점 위치에서는 내측의 함몰이 1개 발생되지만 틈새가 작아지면서 펀치와 다이 사이의 좁은 틈새에서는 Fig 5(b)와 같이 다시 한 번 굽힘현상이 발생하면서 추가적인 함몰이 형성된다.

Fig 6은 틈새 10mm에서 용접점을 굽힘선 위치로 하고 굽힘 가공 중 소재의 고정유무에 따른 실험 결과이다. 일반적으로 L-굽힘과 같이 비대칭의 프레스 가공에서는 소재가 패드의 스프링 압력에 클램핑되어 있을지라도 펀치하중에 의해 다 이속으로 일부 유입되는 현상이 발생하고 있다.

이러한 현상으로 인해 소재가 비고정(non-fixed)되고, 틈새가 클 경우에는 굽힘부 내측의 함몰이 1개 발생하는 것이 보통이지만, 소재가 다이속으로 유입되지 않게 위치결정판에 의해 완전히 고정시킬 경우에는 1개의 함몰이 계속 성장 발전하지 못하고 Fig 6(b)와 같이 펀치측과 접촉하는 가까운 부위에 추가적으로 1개 더 발생하게 된다.

이와 같이 내부구조재가 중공형으로 되어 있는 접합판재의 경우에는 중실 판재의 변형패턴과는 아주 상이하게 변형이 발생되고 있는 것을 알 수 있으며 이러한 특성을 신중히 고려하여 프레스의 작업조건과 금형설계조건을 설정할 필요가 있다.



(a) non-fixed (b) fixed at bonded spot

Fig. 6 Deformation pattern of L-bended metal according to how to clamp specimens (C ; 10mm, Bend line ; bonded spot)

4. 결론

본 연구에서는 경량화, 비강성, 비강도, 내충격성 향상을 목적으로 개발중인 피라미드코어의 내부 구조재를 가지는 중공형 접합판재의 L-굽힘에서 작업조건에 따른 굽힘부의 변형패턴을 조사하였다. 일반 연속판재와는 달리 중공형 접합판재에서는 제품의 깊이만큼 펀치 스트로크를 확보해야 완제품 성형이 가능함을 알 수 있었으며 이러한

현상은 틈새가 작을수록 더 영향이 큰 것으로 나타났다. 제품 성형에 영향을 크게 미치는 틈새, 굽힘선의 위치, 소재의 고정유무 등에 따라 굽힘부의 내측에 리코일 현상의 함몰이 크게 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이 함몰의 갯수는 작업조건에 크게 영향 받는 것으로 나타나 실제 피라미드 코어재를 갖는 접합판재 제품 설계 시에는 이러한 현상을 고려할 필요가 있다.

후 기

본 연구는 산업자원부의 국책연구개발사업인 샌드위치 판재의 정형가공 기술개발의 일부이며, 실험을 위한 시편제작에 도움을 주신 한국과학기술원의 컴퓨터원용정형가공 연구실과 레이저 및 플라즈마 응용연구실 분들에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 양동열, 나석주, 유중돈, 김종호, 정완진 외 36명, 2004, 마이크로 첨단복제 생산시스템개발 한국과학기술원, 보고서.
- [2] 정창균, 윤석준, 양동열, 이상민, 나석주, 이상훈, 안동규, “수직방향 직조 금속망을 이용한 초경량 금속 내부구조 접합판재의 제작 및 특성에 관한 기초 연구” 한국정밀공학회지, 제 22 권, 제 5 호, pp.152~158, 2005.
- [3] 김지용, 김종호, 정완진, 양동열, “접합판재의 전단변형거동에 관한 연구”, 한국소성가공학회지, 제 14 권 제 3 호, pp.257~262, 2005.
- [4] 김지용, 길해영, 조기철, 김종호, 정완진, “피라미드형 내부구조재를 가지는 중공형 접합판재의 성형특성에 관한 연구”, 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, pp.295~299, 2006.