

# 샌드위치 강판의 전단가공에 있어서 전단면에 미치는 금형 설계 변수의 영향

김지용\* · 최종식\*\* · 김종호\*\* · 정완진\*\*

## Influence of die design variables on the sheared surface in cut-off process of sandwich sheet metal

J. Y. Kim, J. S. Choi, J. H. Kim and W. J. Chung

### Abstract

In order to improve the quality of the sheared surface in cutting of sandwich sheet metals the cut-off operation is mainly investigated which is the typical shearing process in sheet metal forming technology. For experiments the cut-off die is made which can be easily adjusted by die design variables such as blankholding force, pad force, and clearance. The sheet metals chose as specimen are clad304(STS304-A11050-ST304) and anti-vibration sheet metal. The shearing process is visualized by the computer vision system installed in front of the cut-off die and the sheared surface before and after cut-off operation is measured and quantitatively compared with the help of the optical microscope. From test results the good sheared surface was shown when the clearance gets small with large blankholding force

**Key Words** : Clad sheet metal, Anti-vibration sheet metal, Clearance, Blankholding force, Pad force, Sheared surface, Die design variables, Cut-off die,

### 1. 서 론

오늘날 제품은 다품종소량생산의 시대를 맞이하면서 점차 다양한 기능을 요구하고 있다. 특히 에너지 효율과 생활의 질 향상이라는 측면이 점차적으로 강조되고 있다. 이러한 제품의 기능을 단일 판재로는 만족하기 어렵기 때문에 2 개 이상의 판재를 접합시킨 샌드위치 강판이 주목을 받고 있다. 샌드위치 강판은 경량화를 추구하면서 내식성, 내열성 등을 높이기 위하여 비철금속계통을 모재로 하여 양면을 금속 판재로 압연 또는 압접을 시킨 금속 적층 강판(Clad plate)과 제진성을 높이기 위해서 금속과 금속사이에 수지층을 접합제로 하여 제작된 수지 적층 샌드위치 강판

(Resin sandwich laminated plate)이 있다. 이러한 샌드위치 강판은 자동차, 항공기, 선박, 건축자재, 가전제품, 로봇의 암(arm)등 많은 분야에 사용되고 있고, 그에 따른 성형성에 대한 연구가 활발히 이루어 지고 있다. 본 연구에서는 금속 적층 샌드위치 강판과 수지 적층 샌드위치 강판의 대표적인 소재인 Clad304 와 제진강판의 전단가공시 전단면에 미치는 금형설계변수에 대하여 연구하고자 한다.

臼田<sup>(1)</sup> 등은 금속 Clad 판과 수지복합강판의 성형상의 특징과 지배요인에 대한 연구를 수행하였고, 吉田<sup>(2)</sup> 은 2 매판 Clad 판재의 접촉부에 따른 성형시 두께변화 및 성형하중변화에 대한 실험적 연구를 하였다. 山岐<sup>(3)</sup> 등은 제진강판의 경사전단

\* 서울산업대학원 정밀기계공학과

\*\* 서울산업대학교 금형설계학과

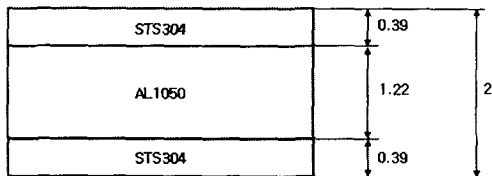
가공의 전단면에 대한 연구를 하였다. 류<sup>(4)</sup> 등은 Clad304 강판재의 온도에 따른 드로잉성 향상과 박리현상에 대한 연구를 수행하였고, 이<sup>(5)</sup> 등은 제진강판의 블랭킹 전단 작업에서의 가공특성과 최적의 작업 조건을 제시하였다. 신<sup>(6)</sup> 등은 단일 판재에서 정밀금형의 설계인자가 전단가공특성에 미치는 영향에 대하여 실험적인 연구를 하였고, Faura<sup>(7)</sup> 등은 재료 두께에 대한 최적틈새의 예측을 유한요소법을 사용하여 연구하였다.

본 연구에서는 Clad304 와 제진강판의 전단가공에 있어서의 전단면에 금형설계변수가 미치는 영향을 조사하기 위하여 틈새, 블랭크홀딩력, 패드력을 조절하여 소재의 절단 과정, 절단면의 형상, 각 소재의 압축비 및 전단면의 비율을 알아보고자 한다.

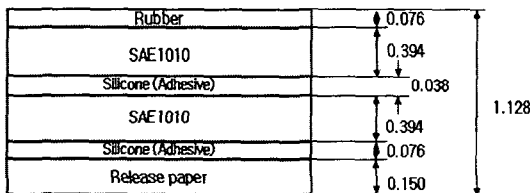
## 2. 실험방법

### 2.1 실험재료

본 실험에서 사용한 재료는 Fig. 1(a)와 같이 스테인리스-알루미늄-스테인리스 판재로 구성된 Clad304 강판과 Fig. 1(b)와 같이 고무, 접착제, 강판 2 매, 이형지로 이루어진 제진강판을 사용하였다.



(a) Clad304 sheet metal



(b) Anti-vibration sheet metal  
Fig. 1 Sandwich sheet metal

### 2.2 실험재료의 기계적 성질

Clad304 와 제진강판의 기계적 성질을 파악하기 위해서 KSB 0801 규격의 13 호 시편을 사용하여 인장실험을 실행하였다. 인장시험 결과는 Table 1 과 같다.

Table 1 Mechanical properties of sandwich sheet metal

	Thickness (mm)	Tensile Strength (kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)
Clad304 sheet metal	2.0	23.1	66.5
Anti-vibration sheet metal	1.128	78.6	4.2

### 2.3 실험장비

#### 2.3.1 컷오프다이

실험에서는 만능재료시험기에 금형을 장치하여 사용하였으며, 그에 따라서 Fig. 2 와 같은 컷오프다이(Cut-off die)를 설계, 제작하였다.

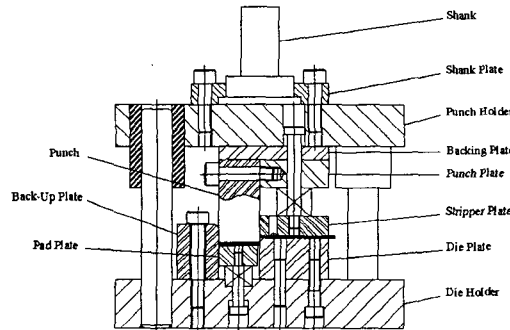


Fig. 2 Cross-section view of cut-off die

펀치와 펀치 플레이트 사이에 틈새게이지 (Filler gage)를 사용하여 틈새를 실험조건에 따라 조절할 수 있게 하였고, 블랭크홀딩력과 패드력은 스프링을 사용하여 조절하기 위해서 가동식 스트리퍼 방식을 선택하였다. 또한 측압력 발생을 억제하기 위하여 백업플레이트를 설치하였다. 금형에서 소재가 전단되는 과정을 관찰하기 위해서 1 초당 30 프레임 촬영이 가능한 CCD 카메라를 이용하여 전단과정을 관찰하였다. 조명은 LED 링조명을 사용하였고, 배울렌즈를 사용하여 50 배의 배율로 전단되는 과정을 촬영하였다.

### 2.4 실험조건 및 실험방법

Table 2 는 본 연구의 실험 조건을 나타낸 표이다. 실험은 Clad304 와 제진강판을 전단전후 전단면의 두께비, 각 소재의 전단면 등에 대하여 조사하였으며, 블랭크홀딩력, 패드력을 변화시키면서 최적의 조건을 확인한 후, 틈새에 따른 실험을 하

였다. 실험용 소재는 폭 30mm, 길이 80mm 를 사용하였고, 무윤활 상태에서 실험하였다. 블랭크홀딩력과 패드력은 이론전단하중(Clad304 : 1680kgf, 제진강판 : 2030kgf)의 백분율로, 틈새는 두께의 백분율로 표시하였다. 제진강판의 경우 선행연구결과에서<sup>(5)</sup> 나타난 바와 같이 제품의 평면도가 양호한 리버가 톱(Top)인 위치로 하여 전단을 실행하였다. 측정은 공구 현미경을 사용하여 Fig. 3 과 같이 측정하였으며, 전단된 소재의 편치쪽을 선택하였다. 제진강판은 측정의 정도를 높이기 위하여 종이를 제거한 후 측정하였다.

Table 2 Experimental condition for cut-off

		Condition		Remark
Holding force (percent of shear force)	Blankholding force	10%	20%	Clearance 5%
	Pad force	5%	10%	
Clearance (%)	2		Blankholding force : 20% Pad force : 5%	
	5			
	10			
	20			

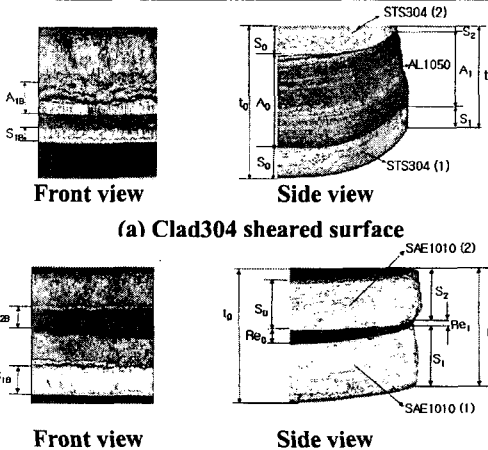


Fig. 3 Sheared surface of each specimen

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 홀딩력에 따른 전단면

##### 3.1.1 클래드 강판(Clad304)

Fig. 4 는 5% 틈새에서 블랭크홀딩력과 패드력을 조절하면서 실험한 클래드강판의 전단전과 후의 두께비를 나타내고 있다. 상판(STS304(2))의 두께는 원래 두께보다 30% 전후로 얇게 변화하였고 하

판(STS304(1))의 경우엔 블랭크홀딩력과 패드력이 각각 10%에서 20%, 5%에서 10%로 증가할수록 두께 감소가 심한 것으로 나타났다. 전체적으로 전단후 각 소재의 두께가 얇아지는 것으로 나타났고 있으나, 하판의 경우 블랭크홀딩력이 10%일 경우 소재의 유입으로 절단면의 길이가 초기 길이보다 길어지는 경향이 있었으나, 홀딩력이 증가되면서 이러한 현상이 억제되어 두께가 크게 감소하는 것으로 나타났다.

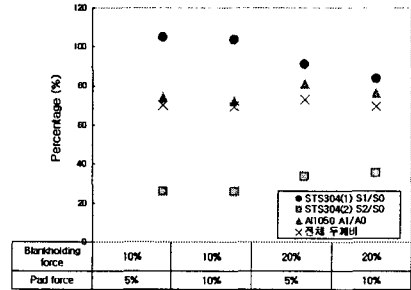


Fig. 4 Comparison of thickness ratio of each laminate before and after cut-off operation

Fig. 5 는 절단면 중의 전단면의 분포를 조사한 것으로 홀딩력이 클수록 전단면 비율이 높아지는 것으로 나왔으며, 상판의 경우는 홀딩력에 관계없이 전단면이 0인 것으로 나타났다.

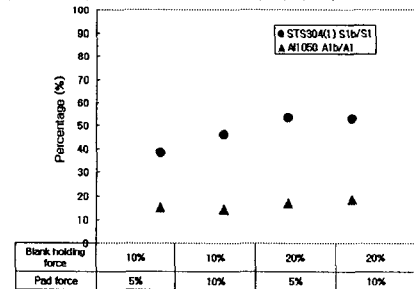


Fig. 5 Comparison of burnished area ratio after cut-off operation

본 실험에서 전단전후 두께비의 차이가 적을수록 후가공이 쉬운 점과 전단면의 양이 큰 것이 절단면이 양호하다고 판단하여, 전단전후 두께차가 가장 적고, 전단면이 큰 조건이 블랭크 홀딩력 20%, 패드력 5%일 경우 나타났다.

#### 3.1.2 제진강판

Fig. 6 은 클래드강판과 동일한 방법으로 실험한 제진강판의 전단전후의 두께비를 나타내고 있다. 제진강판의 구성 재료가 클래드강판 보다 강하기 때문에 전단 후 구성 판재의 두께 감소가 훨씬 작은 것으로 나타났다. 그러나, 두 금속의 접합에

사용한 수지층은 상대적으로 연한 소재이기 때문에 두께가 크게 감소하였고, 감소된 양만큼의 수지들이 소재 밖으로 유출되어 소재의 절단면에 코팅된 것을 확인 할 수 있었다. 블랭크홀딩력 10%, 패드력 10%일 때 다른 조건과는 다른 현상을 보이고 있는데 CCD 카메라를 이용하여 전단과정을 관찰한 결과, 전단시 상판(SAE1010(2))과 하판(SAE1010(1))의 슬라이딩 현상이 크게 발생하였다. 이에 따라 절단면의 형상 불량 발생하였으며, 두께비도 차이가 나는 것으로 보인다.

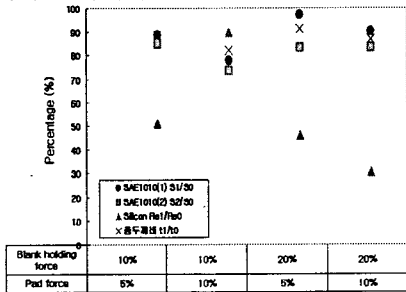


Fig. 6 Comparison of thickness ratio of each laminate before and after cut-off operation

Fig. 7 은 절단면 중의 전단면의 분포를 나타낸 것으로, 접착제에 의해 코팅된 부분도 전단면으로 고려하여 측정하였다. 하판의 전단면은 평균 50% 전후이며, 상판은 하판에 비해 20% 전후로 전단면 구성이 적어진 것을 알 수 있었다.

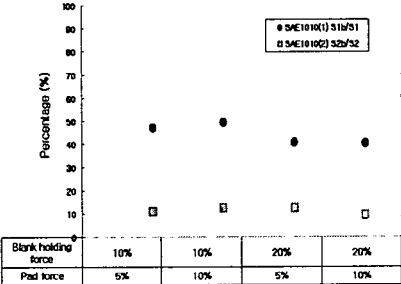


Fig. 7 Comparison of burnish area ratio after cut-off operation

제진강판에서 절단면이 양호한 조건은 클래드강판과 마찬가지로 블랭크홀딩력 20%, 패드력 5% 일때 인 것으로 나타났다.

### 3.2 틈새에 따른 전단면

#### 3.2.1 클래드강판

홀딩력에 따른 클래드강판과 제진강판의 전단 가공실험에서 블랭크홀딩력 20%, 패드력 5% 일때 절단면이 양호한 것으로 나타나 이 실험조건을 기준으로 틈새를 변화시키면서 전단실험을 하였

다. Fig. 8 은 틈새량을 조절하며 실험한 클래드강판의 절단면 중 전단면의 분포와 눌림면 비를 나타내고 있다. 제진강판과 비교하여 틈새의 증가에 비해 눌림면의 증가가 크지 않았다. 전단면은 2% 일 때 알루미늄이 깨끗한 전단면으로 구성된 반면 5%이상에서는 틈새의 증가에 따라 하중으로 인한 연결재료의 압축으로 전단면에 물결무늬가 형성되는 것을 알 수 있었다.

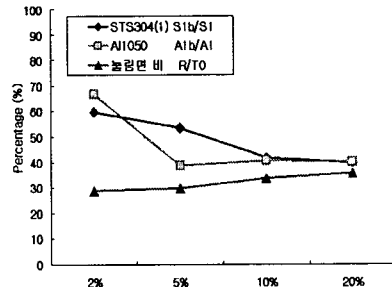


Fig. 8 Comparison of burnished area and roll-over of each laminate at various clearances

Fig. 9 는 절단면의 경사각을 나타낸 것으로 틈새의 증가에 따라 유입되는 재료의 양이 증가함으로써, 측면에서 본 절단면의 경사각이 증가하는 것을 나타내고 있다.

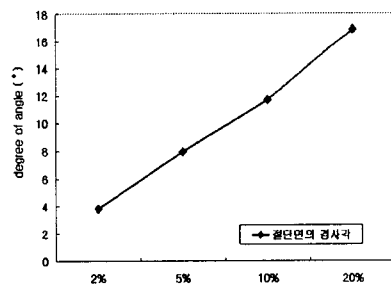


Fig. 9 Comparison of angle of sheared surface of each laminate at various clearances

클래드강판은 틈새 2%일 때 전체적으로 전단면의 양이 크고, 알루미늄의 전단면도 깨끗하였다. 또한 눌림양이 적고, 절단면의 경사각이 가장 작은 것으로 나타났다.

#### 3.2.2 제진강판

Fig. 10 은 틈새량을 조절하며 실험한 제진강판의 눌림면 비와 절단면 중 전단면의 분포를 나타내고 있다. 클래드강판과 달리 틈새에 따른 눌림면이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 전단면의 분포에서도 틈새가 증가할수록 하판의 전단면은 증가한 반면 상판은 틈새가 10% 이상일 경우 전단면이 0이 되는 것을 알 수 있었다.

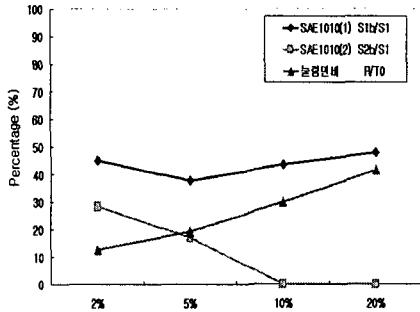


Fig. 10 Comparison of burnished area and roll-over of each laminate at various clearances

Photo. 1 은 틈새에 따른 재진강판의 절단면 측면 사진이다. 틈새 2%, 5%에서 전단과정을 관찰한 결과 전단시 상판이 슬라이딩 되면서 전단되었고, 전단이 완료된 후 슬라이딩 된 상판이 다시 다이 방향으로 재슬라이딩 되면서 상판이 돌출되는 것을 알 수 있었다. 틈새 10%, 20%에서는 판재 사이의 슬라이딩 발생은 오히려 감소하였지만, 틈새가 증가함에 따라 상판과 하판의 절단위치가 다르기 때문에 하판이 상판을 감싸는 현상이 발생하였다. Photo. 2 는 틈새 20%일 때 CCD 카메라를 이용하여 촬영한 재진강판의 전단과정으로 펀치의 압축에 의해 상판이 먼저 전단된 후 하판이 전단되는 것을 볼 수 있었다.

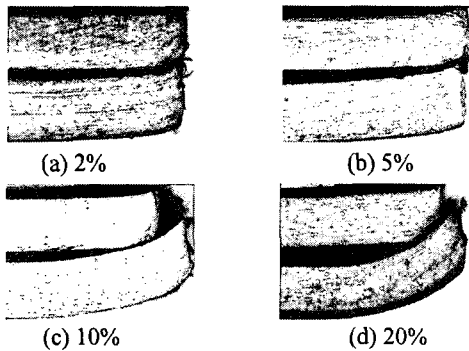


Photo. 1 Side view of sheared surface of anti-vibration sheet metal



Photo. 2 Shearing process of anti-vibration sheet metal in case of clearance 20%

#### 4. 결론

본 논문은 샌드위치 강판 중 클래드강판과 재진강판의 전단가공이 전단면에 미치는 금형설계 변수의 영향을 연구하고자 틈새와 홀딩력을 조절할 수 있는 컷오프다이를 제작, 실험하였으며 이의 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 샌드위치 강판의 전단 과정을 관찰할 수 있도록 금형 정면에 CCD 카메라를 설치하여 각 재료의 전단과정을 관찰하였다.

(2) 홀딩력을 조절한 클래드강판과 재진강판의 전단 실험에서 절단면이 양호한 것은 블랭크홀딩력 20%, 패드력 5%일 때 인 것으로 나타났다. 또한 절단면에서 전단면의 분포는 하판이 50%전후인 반면, 상판은 10%이하로 상판의 전단면 비율이 아주 적은 것으로 나타났다.

(3) 틈새에 따른 실험에서 클래드강판과 재진강판 모두 틈새가 작을수록 절단면이 양호한 것으로 나타났다.

#### 참고 문헌

- (1) 臼田松男, 橋本活 1977, "複層板材のプレス成形性", 塑性と加工, 第 38 卷. 第 432 號, pp. 40-44,
- (2) 吉田 總仁 1998 "積層板のプレス", 塑性と加工, 第 39 卷. 第 454 號, pp. 1102-1106,
- (3) 山岐 進, 尾岐龍夫 1992 "制振鋼板の斜めせん断加工", 塑性と加工, 第 33 卷. 第 378 號, pp. 844-849,
- (4) 류효연, 김영은, 김종호 2001, "온간성형법에 의한 클래드 강판재의 정사각컵 드로잉성 향상에 관한 연구", 한국소성가공학회지 제 10 권. 제 3 호, pp. 253-260,
- (5) 이광복, 이용길, 김종호 2003, "제진 강판의 블랭킹 가공 특성에 관한 연구", 한국소성가공학회지 제 12 권. 제 8 호, pp. 724-728,
- (6) 신용승, 김병희, 김현영 2001, "정밀금형의 설계인자가 박판 전단가공특성에 미치는 영향", 한국정밀공학회 2001 년도 춘계학술대회논문집, pp. 523-526,
- (7) F. Faura, A. Garcia, M. Estrems 1998, "Finite element analysis of optimum clearance in the blanking process", Journal of Materials Processing Technology 80-81, pp. 121-125,