



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2010년도 2 월
공학석사학위논문

이종 접합 제진판재의 최적 전단 가공
설정

조선대학교 대학원

기계공학과

이 용 덕

이종 접합 제진판재의 최적 전단 가공 설정

Establishment of Optimum Shearing Condition for
Vibration Damping Sheet metals Bonded with
Dissimilar Sheet Metals

2010 년 2 월 25 일

조선대학교 대학원

기계공학과

이 용 덕

이종 접합 제진판재의 최적 전단 가공 설정

지도교수 차 용 훈

이 논문을 공학석사학위 신청논문으로 제출함.




2009 년 11월

조선대학교 대학원

기계공학과

이 용 덕

이용덕의 공학석사학위논문을 인준함

위원장	조선대학교 교수	윤성운	
위원	조선대학교 교수	차용훈	
위원	조선대학교 교수	한길영	

2009 년 11 월

조선대학교 대학원

목 차

List of figures	I
List of tables	II
List of photographs	V
Abstract	VI

제 1 장 서 론

1.1 연구필요성	1
1.2 연구 배경 및 관련 연구	3
1.3 연구의 목적	6

제 2 장 이론적 배경

2.1 전단가공 이론	7
2.2 제진강판의 기본구조	15
2.3 제진합금의 용도	17

제 3 장 대상 소재 및 인장 특성 평가

3.1 대상 소재	19
-----------------	----

3.2 인장특성 평가	20
-------------------	----

제 4 장 전단 특성 평가

4.1 전단 금형 제작 및 시험 조건	24
----------------------------	----

4.2 실험 방법	30
-----------------	----

4.3 측정 장치 및 측정 방법	33
-------------------------	----

제 5 장 연구결과 및 고찰

5.1 틸새 간격에 따른 버의 높이 분석	35
------------------------------	----

5.2 틸새 간격에 따른 전단 단면의 형상 비교	37
----------------------------------	----

제 6 장 결론	52
----------------	----

REFERENCES	54
------------------	----

감사의 글	57
-------------	----

LIST OF TABLES

Table 1 Application of Vibration Damping Steel	2
Table 2 Clearance conditional for the as a general rule	9
Table 3 Thickness of conventional sheet metals and vibration damping sheet metals for the shearing test	19
Table 4 Mechanical properties of conventional sheet metals and vibration damping sheet metals	20
Table 5 Measurement of Punch tool	28
Table 6 Clearance conditions for the shearing test of conventional sheet metals and vibration damping sheet metals	30
Table 7 The true Clearance conditions for the shearing test of conventional sheet metals and vibration damping sheet metals	31

LIST OF FIGURES

Fig. 1 Shearing process	10
Fig. 2 Clearance conditions for the shearing test	12
Fig. 3 Magnitude of clearance between the punch and the die	13
Fig. 4 Shape of sheared faces	14
Fig. 5 Vibration Damping Steel	16
Fig. 6 Shape and dimension of a tensile specimen	21
Fig. 7 Engineering stress-strain relation curves of conventional sheet metals and vibration damping sheet metals (a)	23
Fig. 8 Design drawing for the Shearing tool	25
Fig. 9 Design drawing for the Shearing tool; (a) upper tool, (b) lower tool	29
Fig. 10 Design drawing for the punches	33
Fig. 11 Measured of burr height	35
Fig. 12 Comparison of burr hight according to clearance	36
Fig. 13 Comparison of burr hight according to clearance: (a) Brass+ GI; (b) Cu+ GI; (c) STS304+ GI	36
Fig. 14 Comparison of shearing faces of Brass: (a) clearance = 6.72%; (b) clearance = 10.08%; (c) clearance = 18.07%	38
Fig. 15 Comparison of shearing faces of Cu: (a) clearance = 6.96%; (b) clearance = 10.43%; (c) clearance = 18.70%	39
Fig. 16 Comparison of shearing faces of STS304: (a) clearance = 6.19%; (b) clearance = 11.08%; (c) clearance = 15.98%	40

Fig. 17 Comparison of shearing faces of Brass: (a) clearance = 6.18%; (b) clearance = 12.07%; (c) clearance = 17.82% .. 41

Fig. 18 Comparison of shearing faces of Brass+GI vibration damping sheet metal with Brass at the top position: (a) clearance = 6.49%; (b) clearance = 8.79%; (c) clearance = 12.97%; (d) clearance = 17.15% 43

Fig. 19 Comparison of shearing faces of Brass+GI vibration damping sheet metal with GI at the top position: (a) clearance = 6.249%; (b) clearance = 8.79%; (c) clearance = 12.97%; (d) clearance = 17.15% 44

Fig. 20 Comparison of shearing faces of Cu+GI vibration damping sheet metal with Cu at the top position: (a) clearance = 6.62%; (b) clearance = 8.97%; (c) clearance = 13.25%; (d) clearance = 17.52% 46

Fig. 21 Comparison of shearing faces of Cu+GI vibration damping sheet metal with GI at the top position: (a) clearance = 6.62%; (b) clearance = 8.97%; (c) clearance = 13.25%; (d) clearance = 17.52% 47

Fig. 22 Comparison of shearing faces of STS304+GI vibration damping sheet metal with STS304 at the top position: (a) clearance = 5.61%; (b) clearance = 10.21%; (c) clearance = 18.35% 49

Fig. 23 Comparison of shearing faces of STS304+GI vibration damping sheet metal with GI at the top position: (a) clearance = 5.61%; (b) clearance = 10.21%; (c) clearance

= 18.35% 50

Fig. 24 Comparison of shearing faces of STS304+ GI vibration
damping sheet metal with GI at the top position 51

LIST OF PHOTOS

Photo 1 Tensile specimen	21
Photo 2 Uni-axial tensile test machine (Instron 5583)	22
Photo 3 Shearing tool; (a) upper tool, (b) lower tool	26
Photo 4 Manufactured shearing tool	26
Photo 5 Uni-axial tensile test machine SHIMAZU AG-IS 50kN ..	27
Photo 6 Punches tool set	29
Photo 7 Specimen for steel metal	32
Photo 8 Shearing from specimen for steel metal	32
Photo 8 Form talysurf	34
Photo 8 Optical microscope: Nikon DXM1200F	34

ABSTRACT

Establishment of Optimum Shearing Condition for Vibration Damping Sheet metals Bonded with Dissimilar Sheet Metals

Lee, Yong-Duck

Advisor : Cha, Yong Hoon Ph. D.

Dept. of Mechanical Engineering

Graduate School of Chosun University

Recently in daily life and industry sector about decrement of noise and the vibration of the machine and the infrastructure the demand from not only viewpoint of environmental improvement is augmented from viewpoint of commercial value. Reducing a noise and the vibration, the research for traditional plan change, accomplished the efficiency improvement which is structural leads or in using infrastructure etc. the system which is additional, with the fact that will improve the river approval quality which is used to recently in structural absence. Consequently the automobile and the home appliance, in order to reduce a noise and the vibration from construction material etc. all industry sector the research is plentifully advanced the vibration damping material. vibration damping sheet metals which are bonded with dissimilar sheet metals. This study is performed to investigate shearing characteristics for vibration damping

sheet metals which are bonded with dissimilar sheet metals. A shearing tool set is designed and manufactured and shearing tests with the tool set are conducted at varying the magnitude of clearance in order to analyze the shearing characteristics. The shearing characteristics are analyzed for burr height and shape of sheared faces with respect to the magnitude of clearance between the punch and the die. The shearing test results demonstrate that optimum clearance is 8~12% of the sheet thickness at the shearing of the vibration damping sheet metals and the shearing direction has to be controlled deriving occurrence of the burr at the thick sheet of the vibration damping sheet metals.

제 1 장 서 론

1.1 연구필요성

현대 산업에서 철강 재료는 강하고 싸고 사용하기 쉬운 이점을 가지고 있어 모든 산업에 있어 필연적으로 사용되고 있다. 하지만 시대 변화와 생활수준이 향상됨으로써 더 쾌적한 환경을 위해 진동에 따른 소음을 줄이기 위하여 자동차, 가전제품, 건축자재 등 여러 분야에서 연구 개발에 많은 힘을 기울이고 있다. 이와 같은 연구에 대응하여 철강 강판에 전달되는 진동을 감소시켜 소음을 줄이는 “제진강판(Vibration Damping Steel)”이라고 불리는 철강 재료를 사용하고 있다. 제진강판이란 2장의 강판사이에 특수한 수지를 끼어 넣어 샌드위치 구조로 된 것이며, 소음과 진동 같은 외력이 강판에 가해지면 강판이 진동하게 되는데 이때 주어진 진동에너지가 수지의 변형에너지와 열에너지로 바뀌어 진동을 감쇄시켜 주고, 일반 강판의 경우 공질 성질이 있어 외부로 가해지는 진동을 그대로 전달하는데 반해, 제진강판은 점탄성을 갖는 고분자물질을 활용해 진동 감쇄효과를 갖는다.

제진강판에 대한 국내 연구 활동은 그다지 활발하지 않으며 제진강판의 생산하는 업체 또한 많지 않다. 국내 제진강판의 일상생활에서 흔히 사용하는 세탁기와 같이 진동 소음이 많이 발생하는 가전제품과 엔진 벨트 커버, 오일 팬 커버, 대쉬 패널(dash panel), 휠 하우스 이너 커브 패널(wheel house inner panel) 등의 자동차 부품 등이 있다. 열차에서도 소음을 감소시키기 위하여 제진강판을 사용하였으며, 건축 관련 업체에서는 소음 차단 효과 등을 얻기 위하여 체육관 내벽이나 대형 돔의 지붕, 아파트 각 층 간의 건축자재에 활용하였다.

그러나 현재 국내에서는 학술적인 연구도 제진강판의 제조나 제진강판을 적용한 부품의 진동 특성을 평가하거나 진동성능을 향상시키는 설계에 관하여 일부 수행 하였으나 아직 미국, 일본 등 여러 나라에서 제진강판에 대한 연구에 비해 초보적인 단계이며 제진강판을 외국으로부터 수입하여 생산하고

있다. 이러한 이유로 국내에서도 제진강판의 전단 가공 특성에 대하여 연구하여 블랭킹 금형 시 보다 최적의 전단 조건을 확립하여 경제적으로 더욱 효율적인 조건을 조사하고, 여러 소재의 제진강판의 성형품에서 발생하는 불량 현상 및 전단 가공 시 문제점을 규명하여 제진강판의 전단 및 성형 기술을 향상시킬 수 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 현대산업이 발전해 가면서 더 쾌적한 환경에서 생활하기 위해 소음 및 진동을 감소시키기 위해 가전제품, 자동차, 건축 등 여러 분야에서의 제품 및 부품으로 쓰이는 제진강판의 전단 가공 조건 설정에 연구하고자 한다. Table 1 은 여러 분야에서의 제진강판의 사용 예를 보여주고 있다.

Table 1 Application of Vibration Damping Steel

분류	적용되는 예
자동차 분야	Engine oil pan, Mission oil pan Engine cover, Wheelhouse, Dash panel, Floor panel, Room partition, Seat-back center, Door panel, Brake part
전기기계 분야	Washing machine body, Dryer drum, Fan-heater housing, Speaker frame, Cover and other components of acoustic equipment (Video cassette recorder), Printer components, Air-conditioner components of antenna, Motor cover, Motor fan cover, Motor frame, Switch box
건축재료 분야	Roofing, Floor, Staircase, Shutter, Curtain rail, Hopper and industrial machinery, Noise-prevention wall, steel furniture, ship wall

1.2 연구배경 및 관련 연구

모든 산업 분야에서 소음과 진동을 줄이기 위하여 전통적 방법으로 설계변경을 하여 성능을 개선하는 방법과 진동 절연 및 차음, 흡음기능이 있는 추가적인장치나 구조물의 첨가라는 방식을 사용해 왔다. 또한 제어기법을 활용한 능동적인 소음 및 진동 감소 방법들도 시도 되고 산업체들 중심으로 구조부재 자체의 특성을 이용하여 소음과 진동의 감소 효과를 얻으려고 여러 가지 제진재료의 적용이 활발히 이루어지고 있다 냉연강판이 주로 사용되는 자동차, 가전분야에서는 소음규제 및 경량화와 안락성을 개선할 소재의 개발 및 적용이 제기 되는데 이러한 필요성에 의해 개발된 재료가 복합 제진강판이다. 강판과 강판사이에 적층시킨 점탄성 수지의 전단변형에 의해 재료에 가해지는 진동에너지를 흡수하는 제진재료이며 같은 두께의 냉연강판과 기계적 강도 가공성이 거의 같으면서도 냉연강판의 단점인 공진성을 효과적으로 개선할 수 있는 제진재료는 많은 산업분야로 확대되고 있다. 모든 산업분야의 추세가 경량화 및 고출력화로 진행됨에 따라 소음 및 진동환경은 더 악화됨에 따라 이들의 저감대책과 필요성이 크게 요구되어 개발된 소재인 제진강판은 두 개의 탄성재료(외면층) 사이에 에너지 흡수율이 높은 점탄성 재료(중간층)를 삽입시킨 3층의 Sandwich 구조로 되어 있어 외부에서 전달되는 소음 및 진동이 중간층의 전단변형 등에 의하여 열에너지로 변환되어 일반강판에 비하여 진동이 짧은 시간내에 대폭 감소되며 소음차단효과가 뛰어나 특징을 갖는다. 본 논문에서 연구할 이중 접합 제진 판재의 경우 두 개의 다른 탄성재료를 사용함으로써 기존의 제진강판의 진동 및 소음 흡수뿐만 아니라 고가의 판재와 저가의 판재를 접합시킴으로써 부속 부품의 감소 효과와 제품 공정 단순화 및 원가 절감에도 큰 효과를 가지고 있다. 이와 같이 소음규제 및 진동감소를 위한 제진판재의 적용이 증가되고 고가의 판재와 저가의 판재를 접합을 통한 비용절감 요구가 있기 때문에 제진판재의 제품화를 위한 가공 특성 연구가 필수적이다. 특히, 접합된 두 판재의 특성을 고려한 이중 접합 제진 판재의 성형 가공 조건 설정이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 이중 접합 제진판재의 전단 가공 특성 분석을 하고자 합니다. 제진 판재의 가

공성은 수지의 두께와 판재의 두께에 따라 가공성이 다르고, 기계적, 화학적 물성에 관한 체계적 연구들이 아직 미흡한 실정이며 전단가공에서는 절단 가장자리에 생기는 틈새간격, 버의 높이 등의 정밀도 불량과 박리현상, 평탄도 불량 등의 현상이 발생하는데, 이러한 문제에 대한 실험적 연구 및 해결책에 관한 연구는 아직 많이 보고되지 않았다. 동일 강판, 동일 강종의 제진판재의 경우 전단가공 특성에 관한 연구가 수행된 바 있으나 이중 접합 제진 판재의 대한 전단 가공 특성에 관한 연구 사례는 보고된 바가 없는 걸로 알고 있다.

제진 판재 및 일반 판재의 의 전단가공에 대한 연구 동향을 살펴보면, 일반 판재는 Breitling⁽¹⁾ 등은 펀치와 다이 측에 직접 센서를 부착하여 펀치하중-행정 곡선을 측정하는 반식으로 금형의 틈새, 소재의 물성치, 전단속도 등의 공정변수에 대한 영향을 평가 하였다. Maiti⁽²⁾ 등은 0.1~1.0mm 의 얇은 연강판을 사용하여 $\varnothing 10-40\text{mm}$ 의 원형 블랭킹 실험을 수행하였고, 이를 통하여 펀치 틈새, 마찰, 소재의 두께, 펀치와 다이의 크기, 블랭크 레이아웃(layout)등의 공정변수에 대한 영향을 분석하였다. Samuel⁽³⁾ 은 전단과정에 영향을 미치는 파라메타(parameter)를 유한요소 해석과 실험적으로 해석함으로써 펀치 침입이 증가할수록 파단이 증가하고, 틈새가 증가하면 소성변형이 증가함을 발표하였다. Lu⁽⁴⁾ 와 Murakawa⁽⁵⁾ 등은 전단 속도가 빠를 때 전단면 및 직각도가 양호함을 제시 하였고 Faura⁽⁶⁾ 등은 전단과정에서 최적 틈새에 관하여 유한요소법을 이용하여 재료 두께에 대한 틈새를 예측하였으나 실험적 고찰이 없었다. Kim⁽⁷⁾ 등은 유압을 이용한 간이 파인블랭킹을 금형을 개발하여 원형 정밀 전단 가공 연구를 실험적으로 수행하였고, Jeong⁽⁸⁾ 등은 정밀전단가공에서 여러 전단공정 인자들 중에서 소재특서의 영향을 알기위하여 유한요소 해석을 통하여 평가하였다. Shin⁽⁹⁾ 등은 정밀금형의 설계인자가 박판가공특성에 두께가 얇은 황동판에 대하여 전단시 전단 틈새 간격 및 상하 홀더의 유무가 버 발생 및 전단면 형상에 미치는 영향을 실험을 통해 분석, 유한요소 해석을 이용하여 분석하였다. Kim⁽¹⁰⁾ 등은 클리어런스 와 V링을 변수로 선정하여, 강소성 유한요소해석을 통하여 이들 변수의 변화에 따른 펀치하중의 변화, 다이롤의 깊이, 전단영역의 크기, 전단면의 형상 등에 미치는 영향을 연구 하였다. Han⁽¹¹⁾ 등은 판재 성형 공정에서의 성형

제품의 형상동결성에 영향을 주는 성형 인자를 도출하고 각각의 인자에 대한 형상 동결성을 개선시킬 수 있는 방법을 제시하였다. Taupin⁽¹²⁾ 등은 파단면 및 버 생성인자 실험적으로 고찰하였고, Kim⁽¹³⁾ 등 미세 박판 전단시의 버 발생 특성, 전단하중, 전단면의 형상 변화등에 관하여 실험 및 해석하였다. Park⁽¹⁴⁾ 등은 Conoprobe 센서의 특징과 개발된 측정시스템의 개요를 밝히고, 실제 버의 측정을 통해 본 시스템의 유용성과 특징을 설명하였다.

제진 판재의 전단가공에 대한 연구동향을 보면 Kim⁽¹⁵⁾ 등은 Clad304 와 제진강판의 전단가공에 있어서의 전단면에 금형설계변수가 미치는 영향을 조사하기 위하여 틸새, 블랭크 홀딩력, 패드력을 조절하여 소재의 절단 과정, 절단면의 형상, 각 소재의 압축비 및 전단면의 비율을 알아보았다. Murakawa⁽¹⁶⁾ 등은 경량화 라미네이트 강판과 제진 강판의 수지 복합 강판의 전단 특성을 실험적으로 조사하여 라미네이트 강판의 전단을 편측지지 다이의 전단과 원형블랭킹 어느 경우에도 전단 작업 시 재료의 굽힘을 방지한 다이 형상으로 전단을 하면, 즉 역 압력(counter pressure)을 주는 녹아웃 패드를 설치하면 굽힘 등의 변형이 적은 직각도가 좋은 절단면이 얻어지고, 수지면에 있어서는 박리의 발생이 방지되며 고속전단을 실시하면 수지면의 절단면이 향상되는 결과를 발표하였다. Yamasaki⁽¹⁷⁾ 등은 경사전단 가공에서 절단면이 소재 판면에 경사되어 있는 결점이 있지만 전단면이 평탄하고 버의 처짐(roll over)이 적으면 수지의 돌출이 거의 없는 이점이 있고, 또한 수지의 돌출에 의한 외관, 도장성의 악화가 문제가 되는 경우와 절단면을 접착제 등으로 접합하는 경우 등에는 유익한 방법으로 적용 될 수 있다. 경사각의 증가에 따라서 처짐과 버의 높이가 작아지고 전체적으로 일반 전단과 비교할 때 평탄한 절단면이 얻어진다고 발표 하였다. Lee⁽¹⁸⁾ 등은 동일강종 동일강판을 이용한 제진판재를 통한 전단 가공특성을 조사하기 위하여 틸새, 스트리퍼 판 방식, 다이플레이트 설계방식, 소재 장착 방법 등을 변화시키면서 절단면의 상태, 치수 및 형상 정밀도등을 체크하고 이로부터 최적의 가공 조건을 제시하였다.

1.3 연구의 목적

최근 자동차, 가전, 건축자재 등 모든 산업분야 및 일상생활에서 소음과 진동을 줄이기 위해 상품개발 및 많은 연구가 진행되고 있다. 제진 강판은 강판이 갖는 높은 강도와 우수한 가공성을 이용하여 제진 성능을 갖는 것을 목적으로 개발되어진 새로운 기능재료이다. 제진강판은 3층 구조의 적층 재료이기 때문에 일반강판과는 다른 전단 특성을 나타내며 일반 강판과 비교해서 버가 크고, 가공조건에 따라서 한쪽의 강판만 전단되고, 다른 한 쪽은 가공이 끝날 때까지 밀려 붙어 있어 불완전한 전단이 되기 때문에 양호한 절단면이 얻어지기 어렵다. 또한 본 논문에 사용한 이중 접합 제진 판재의 경우 강종과 두께가 다르고 두 강판의 특성이 각각 달라 틸새 간격 등의 가공조건에 따라 양호한 전단면을 얻기 쉽지 않다. 따라서 이중 접합 제진 판재를 여러 산업분야에 적용하기 위해서는 불량현상을 최소화하기 위한 전단가공 조건의 설정이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 단일판재 및 이중 접합 제진 판재의 인장특성을 분석하고, 전단 금형을 제작하여 틸새 간격에 따른 판재의 버의 높이 비교와 이중 접합 판재의 전단 방향에 따른 전단 단면 분석하여 이중 접합 제진 판재의 최적의 전단 조건을 설정하고자 한다.

제 2 장 이론적 배경

2.1 전단가공 이론

박판 금속의 성형은 판재의 절단, 성형, 트리밍(trimming), 플랜징(flanging) 등의 과정을 거쳐서 이루어지고, 그 첫 번째 공정이 전단작업이다. 좁은 간격을 사이에 두고 판면 양측에서 압축력을 가함으로써 재료를 절단하는 작업을 전단이라 부른다. 서로 반대 방향으로 작용하는 전단강도를 초과하게 되면 파단이 일어난다. 절단한 부분을 이용하는 경우를 블랭킹(blanking)이라 부르고 반대로 절단한 부분을 버리고 나머지를 이용하는 경우를 피어싱(piercing)이라 부른다.

기본적인 블랭킹작업으로서 시어각(Shear angle) 제로(0)의 직선날로 보통의 틈새가 있는 펀치와 다이를 사용하여 보통의 연강판을 가공할 때의 파단면의 형성 과정을 간단히 설명하면, 펀치가 재료에 접하여 압력을 가할시 재료는 평면에 순응하게 된다. 이어서 날에 가까운 부분의 재료는 부분적으로 압축응력을 받아서 변형하여 항복하게 된다. 날 끝부분의 재료가 항복하면 펀치는 조금씩 재료 안에서 먹어 들어서 윗면은 오목하게 되고 아랫면에는 솟아 나온 부분이 발생되어 표면에는 처짐(눌림 자국)이 생기게 되어, 펀치가 더 하강하면 압력은 상승을 계속하여 일정한 깊이까지 재료를 누른다. 이때, 다이 윗면의 재료는 눌리지 않으면 돌면서 튀어 올라오고, 펀치 아래쪽의 재료는 굽혀지려고 하므로 날 끝부근이 측압력으로 되어 나타난다. 곧 펀치의 가압력과 측압력으로 되어 적용한다. 이것은 절단이 시작되는 입구부는 반짝거리는 전단면을 형성하고, 펀치가 재료 내부의 날 끝부근에서 균열이 발생한다. 균열의 발생과 동시에 저항은 급격히 저하하고 만약 틈새간격이 적절하다면 펀치측과 다이측에 서로 전후하여 생긴 균열이 성장 발달하여 최후에 둘이 서로 만나게 된다. 이렇게 하여 갈라진 부분이 완전히 분리되어서 전단작업이 끝이 난다.

간단히 전단가공을 설명하면 가위와 종이를 자를 때는 통상 의식하지 않고 적당히 윗날과 아랫날이 맞물린 부분을 조절하면서 종이의 두께에 대응하여 자른다. 즉, 윗날과 아랫날의 틈새를 조절하면서 자르는 것이다. 이것은 펀치와 다이로 이루어진 금형으로 금속등을 전단 할 때에도 중요하며 펀치와 다이의 틈새(clearance)라 말한다. 틈새는 제품정밀도·공구수명도등에 관여하며 일반적으로 식 (1) 처럼 피 가공재 판 두께에 대한 공구의 한쪽틈새의 백분율을 가지고 “틈새 몇%”라고 나타낸다. Table 2 는 일반적으로 사용되고 있는 틈새로 실제의 틈새는 피 가공재의 재질을 비롯하여 많은 관련 요소를 고려하여 결정하는 것이 바람직하다.

$$C(\%) = (D - d) \times \frac{100}{2} \dots \dots \dots (1)$$

위 식에서 C 는 틈새 간격, D는 다이 직경, d는 펀치 직경을 나타내고 있다.

Table 2 Clearance conditional for the as a general rule

재질	정밀 (%)	일반 (%)
연강	2~5	6~10
경강	4~8	9~13
스테인리스강	3~6	7~11
알루미늄 (연)	1~3	4~8
알루미늄 (경)	2~5	6~10
동	1~3	4~7
황동	1~4	5~10
청동	2~5	6~10

전단 가공은 Fig. 1 과 같이 기본적으로 3단계로 나타난다. 1단계는 소성 변형 단계로 편치가 내려와 재료를 자르기 시작하면 재료는 탄성한계를 넘어서 굽힘 시작되고 2단계 전단 단계는 편치가 재료를 자르기 위해 재료를 내리 눌러 잘라지기 시작하는 단계이다. 마지막 3단계는 파단단계로 아래로 내리 누르는 편치가 소재를 잘라내어 원래의 재료에서 떨어뜨리는 단계이다.

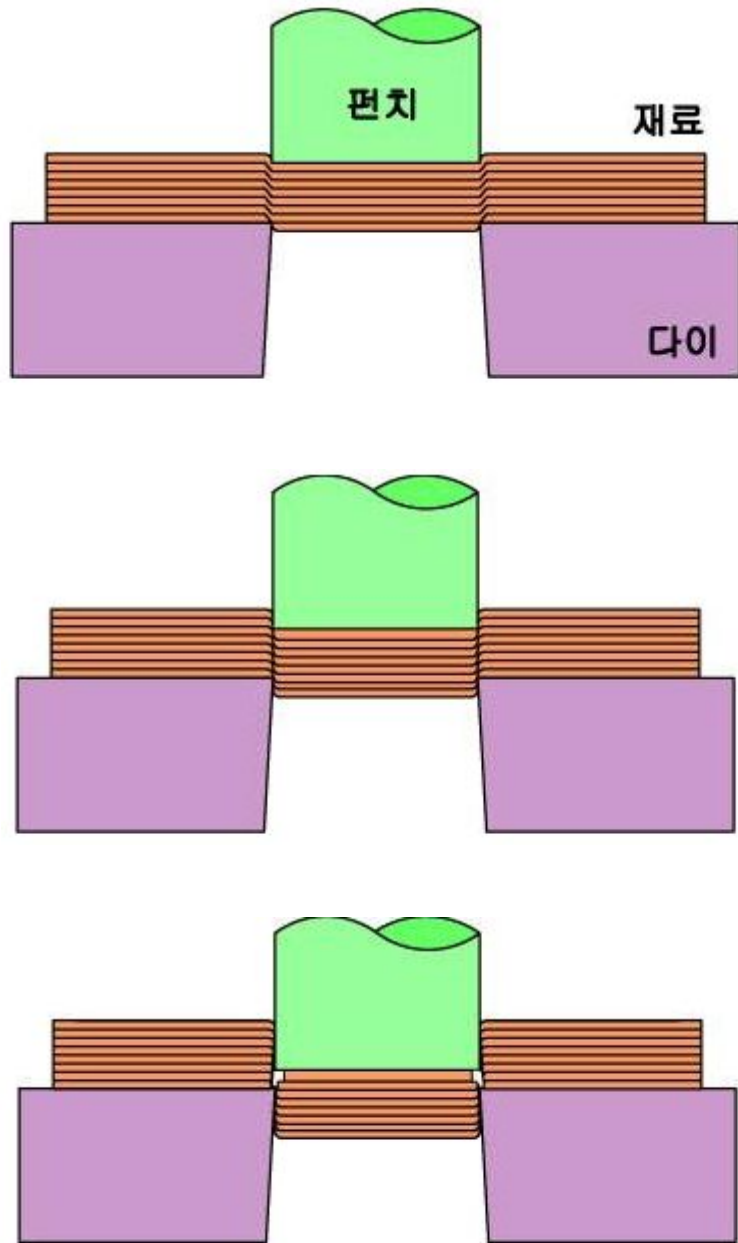


Fig. 1 Shearing process

전단가공에 있어서 클리어런스는 전단작업의 성공 및 실패를 결정짓는 가장 중요한 작업의 하나이다. 펀치 및 다이의 날 끝에서 발생한 크랙은 펀치 및 다이의 공구진행방향에 따라 약간 경사된 방향으로 이루어진다. 적절한 클리어런스를 선택함으로써 펀치 및 다이의 날 끝에서 발생한 크랙을 잘 합치시킬 수 있고 양호한 전단면을 가진 제품을 만들 수 있다. 전단 작업에서 펀치와 다이 사이의 간격은 일반적으로 판 두께의 10~15% 정도로 유지한다. 그 간격이 너무 크면 롤오버(roll over)가 크게 일어나고 펀치와 다이 형상 반경(profile radius) 주위에서 굽힘 변형이 심하게 일어나서 드로잉된 것처럼 수직의 벽이 생기고 그곳에 인장력이 걸려서 인장파단이 일어나게 된다. 따라서 전단면 주위는 심하게 휘고 버(burr)도 크게 발생하여 파단면도 불규칙하게 된다. 그 간격이 너무 좁으면 다이 측에서 2차 전단이 일어나게 된다. 펀치-다이 간격이 적당한 경우에는 펀치측에서 전단이 일어나고 펀치끝 부분에서 파단이 시작되어 다이측에서 발생한 파단선과 만나서 깨끗한 파단면을 만들게 된다. Fig. 2는 틈새 간격에 따른 크랙의 크기를 나타내었다. 틈새 간격이 적을 경우 전단면이 양쪽에 일어나다 겹치게 되어 2차전단이 형성되고 틈새 간격이 매우 클 경우 전단이 서로 맞닿지 못해 파단되는 것을 모습을 나타내었다.

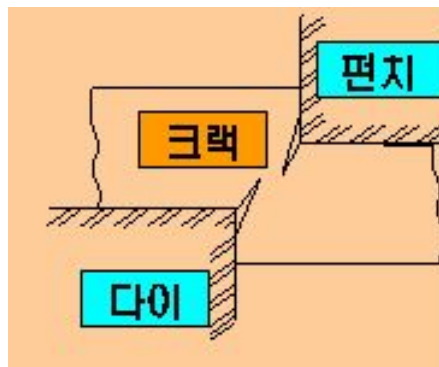
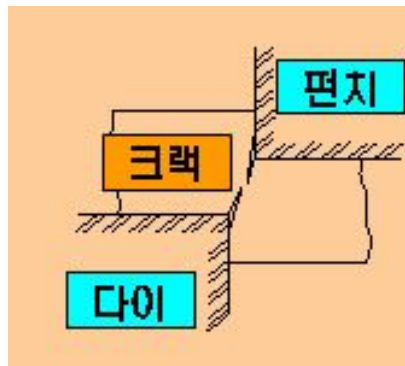
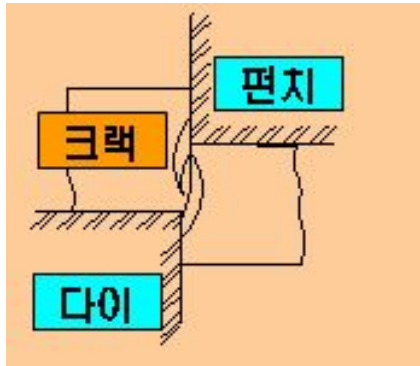


Fig. 2 Clearance conditions for the shearing test

Fig. 3 는 틈새 간격에 따른 전단 단면에서의 눌림면, 전단면, 파단면, 버의 차이를 나타내고 있다. (a) 경우 틈새간격이 매우적어 전단면에 양쪽에서 일어나 가운데 2차전단면이 나타났고 (b),(c) 경우 틈새간격이 적고 적절할 경우 전단면과 파단면이 타나난다. (d) 경우 틈새간격이 넓으면 눌림부와 파단면이 늘어나고 전단면이 줄어들며 버가 많이 생긴다.

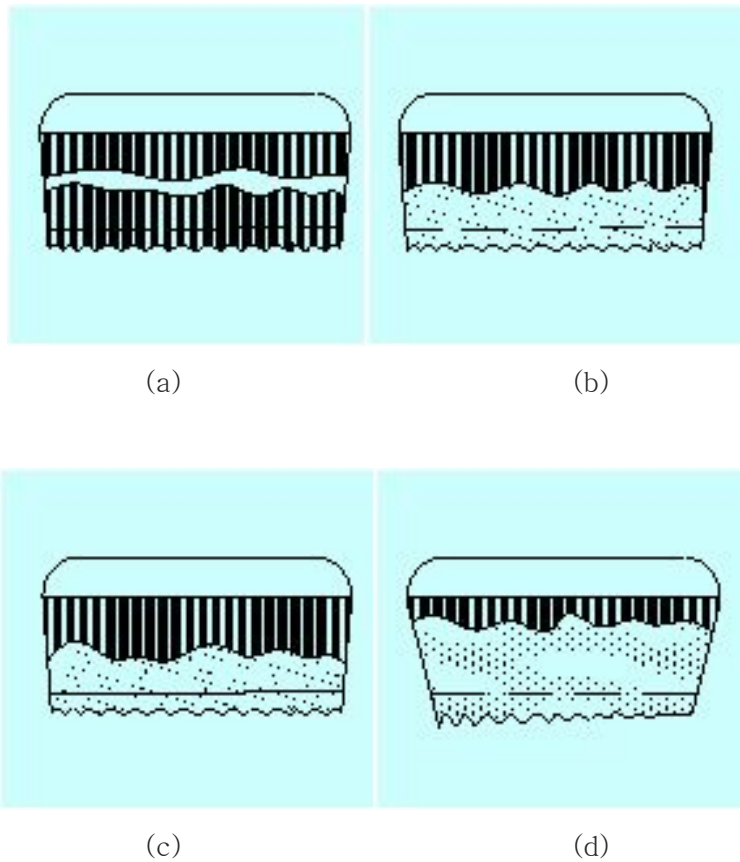


Fig. 3 Magnitude of clearance between the punch and the die

Fig. 4 는 절단 단면도로서 A부분은 재료가 가압된 부분으로 눌림면이 나타나고, B 부분에서는 절단면으로 절단된 매끄러운 부분이 나타난다. C 부분은 파단된 요철이 있는 부분으로 파단면 또는 깨진면이 나타나고 d 에서는 버가 발생하는 버 부분이 된다.

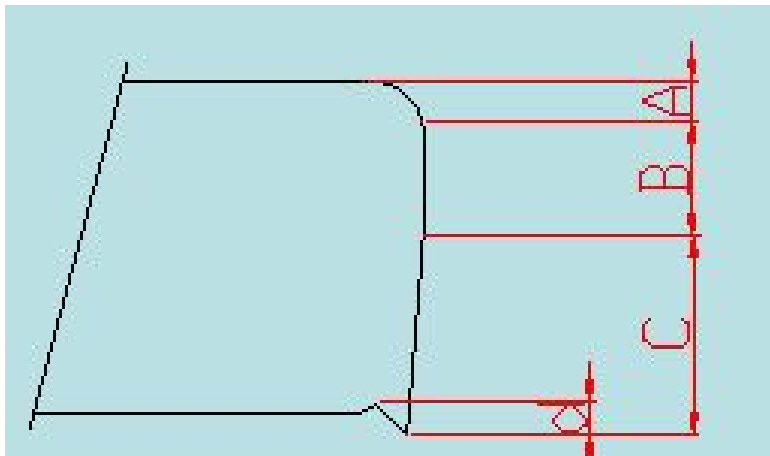
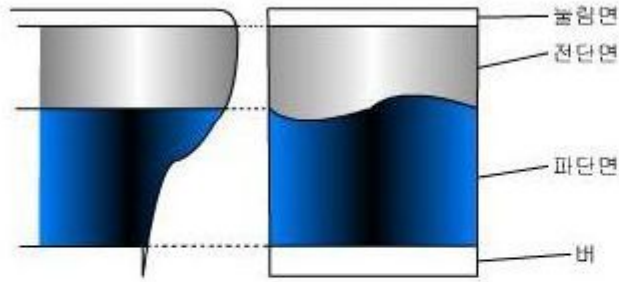


Fig 4. Shape of sheared faces

2.2 제진강판의 기본 구조

금속 고분자 수지 샌드위치 형태의 제진강판(Vibration damping steel sheet)을 이해하기 위해서는 점탄성(viscoelasticity)이라고 불리는 고분자의 특징적인 거동을 우선 알아야 한다. 점탄성의 여러 특징들 중의 하나가 에너지의 감쇠(damping)이다. 감쇠시키는 원리는 진동체가 가진 진동 에너지를 열에너지로 바꾸어 소비함으로써 진폭을 급속히 감소시켜 진동을 정지시키는 것이다. 진동을 감쇠시키는 방법은 시스템 감쇠(system damping)에 의한 방법, 구조적 감쇠(structural damping)에 의한 방법, 재료적 감쇠(material damping)에 의한 방법이 있다. 시스템 감쇠는 유체의 점성이나 고체의 마찰력을 이용하거나, 혹은 전자 유도 작용력을 이용하여 진동 에너지를 소비하여 진동을 억제하는 것으로서, 이와 같은 목적을 이루기 위해서는 자동차의 오일 댐퍼나 에어 댐퍼가 차체 진동의 방지에 사용되는 것과 같이 특별한 댐퍼 시스템(damper system)을 설치해야 한다. 구조적 감쇠는 금속 판재와 고분자 재료를 적층시킨 구조로서, 점탄성 고분자 재료의 변형에 의해 진동 에너지를 흡수하는 방법이다. 이 방법은 제진 특성도 우수하고, 가격도 저렴한 편이나, 고분자 재료의 특성상 고온에서의 사용이 불가능하고, 통전이 불가능하여 스팟(spot) 용접이 어려운 단점이 있다. 재료적 감쇠는 단일 금속으로 제진 효과를 발현시키는 적극적인 제진 대책으로, 금속 재료의 내부 조직을 제어하여 진동 에너지를 내부 마찰열로 변환시키는 능력이 큰 재료를 이용하는 방법이다. 제진합금들이 이에 속하며, 아직까지는 가격이 비싸고, 제진 특성도 제진 강판보다는 떨어지지만, 금속 재료가 갖는 강도와 넓은 범위의 온도 영역에서 사용할 수 있다는 장점 때문에 앞으로의 활용이 크게 기대되는 분야이다. 고분자의 동적 역학 특징은 반복 변형 하에서 결정되며 전단, 굴곡, 혹은 인장 등의 역학적 변형 형태들에 의해 동적율(dynamic modulus)이나 손실률(loss modulus)로 표현된다. 감쇠나 내부마찰(friction)은 재료가 동적상태 하에서 변형을 하는 동안에 열로 바뀌어서 잃게 되는 초기에너지의 척도를 나타내며 재료가 갖게 되는 감쇠의 정도는 진동을 감소시킬 수 있는 재료의 능력을 나타낸다. 제진강판은 일반적으로 50~200 μ m 두께의 열가소

성 탄성고분자를 두 개의 강판 사이에 끼우고 접착한 것으로 우수한 제진 성능을 얻을 수 있다. 근래에 진동 소음에 대한 환경적인 규제로 인하여 기능성 재료로서 이용이 확대되지만, 아직도 사용되는 수지의 온도에 대한 단점과 접착력이 강판보다 작기 때문에, 제한적인 부분에 사용된다. 적정두께의 점탄성수지를 적층시킨 제진재료는 강판에 가해지는 진동에너지를 강판 사이에 적층된 수지의 전단변형에 의한 열에너지로 흡수함으로써 높은 제진특성을 나타낸다. 이러한 제진강판의 요구특성으로 중요시되는 것은 사용온도 범위에서의 양호한 제진특성, 가공시의 경함발생방지를 위한 높은 강판 수지 접착강도, 가공 후 도장, 수부공정에서의 내열성 등을 들 수 있다. 사용부품에 따라서는 강판재의 결합을 위해 기존의 강판과 같은 수준의 점용접성도 요구된다. Fig. 5 는 제진 강판의 기본 구조인 두 탄성재료 사이에서의 점탄성수지를 나타내고 있다.

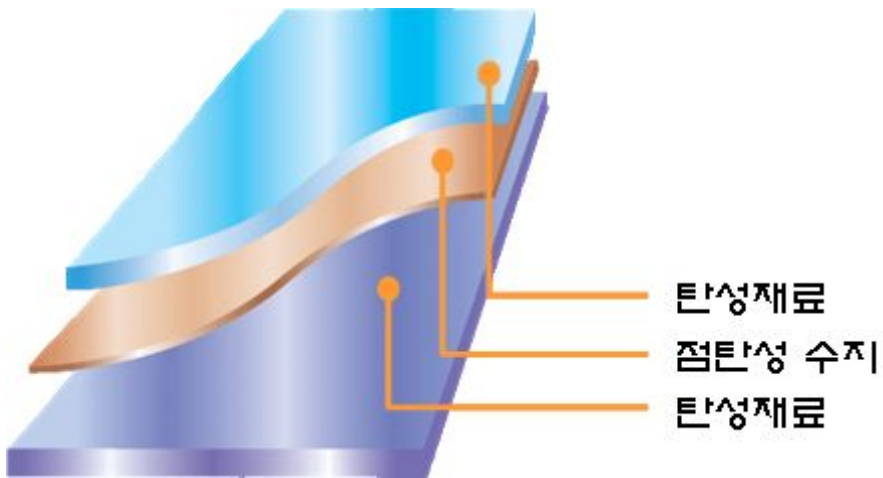


Fig. 5 Vibration Damping Steel

2.3 제진합금의 용도

주된 제진합금의 용도로서 피로파괴의 방지, 진동의 방지, 소음의 방지가 있다. 피로파괴의 방지를 위해 일정한 주기의 외력에 의한 공명 진동이 일어나는 물체의 진폭 크기는 감쇠능이 커지면 작아진다. 재료의 피로수명은 재료가 피로파괴를 일으킬 때까지 가해진 반복 응력의 회수로 나타내며, 그 회수는 가해진 응력의 크기가 작을수록 길어진다. 즉, 같은 강도를 갖는 재료라면 감쇠능이 큰 재료가 진폭이 작아지므로 외력을 떨어뜨리는 결과를 가져와, 감쇠능이 작은 재료보다 피로수명이 커짐으로 제진강판을 이용하면 피로수명이 길어진다. 진동 특성의 방지를 위해 최근 로켓트, 유도 미사일, 제트기 등에서처럼 소형화, 경량화 추세에 따라 시스템 댐핑보다는 제진합금을 이용하여 효과를 본 실례가 많다. 예를 들어 유도 미사일의 제어반이나, 자이로 콤파스 등과 같은 정밀기기를 미사일 발사시의 심한 충격으로부터 보호할 목적으로 Mg계 제진합금을 사용하고 있다. 그 외에 진동을 꼭 피해야 하는 각종 정밀 측정기기용 재료로서 제진합금이 널리 이용될 수 있으며, 또한 드릴이나 바이트 등 공구의 척 부분의 재료로 이용될 경우 불필요한 진동이 억제되어 표면 조도의 향상, 절삭 속도의 증가, 공구 수명의 연장시킬 수 있다. 소음의 방지 차원에서 기계 등의 소음을 경감시키기 위해, 실제 소음원이 되고 있는 부분을 제진합금으로 치환하는 방법. 소음원이 비교적 간단하게 확인되는 경우에는 쉽게 효과를 볼 수 있다. 지금까지 매우 많은 사용 예가 있지만, 그 중에서도 효과가 현저하여 실용 가치가 큰 것이 잠수함이나 어뢰의 스크류에의 응용이다. 이 경우 스크류가 고속으로 회전할 때 발생하는 소음을 줄여줌으로써 적함의 초음파 탐지기에 발견되는 위험을 피할 수 있다. 또한 잠수함에 있어서는 자체 초음파 탐지기의 노이즈를 적게 하여 분해능과 감도를 높일 수 있다는 면에서도 스크류의 회전에 의한 소음을 적게 하는 것이 중요. 그렇지만 제진합금을 소음 방지 대책으로서 이용하고자 할 때에 기본적으로 고려해야 할 것은 음원(音源)이 되고 있는 부분의 재료 자체를 제진합금으로 대체하여야 한다는 것이다. 기존의 부품이 일으키는 소음을 제진합금을 사용하여 소음을 흡수 또는 차폐하고자 하는 방법은 일반적으로 부적

당하다. 즉, 공기의 진동으로써 방사된 음파를 제진 합금으로 제거한다는 것은 불가능하다.

제 3 장 대상 소재 및 인장 특성 평가

3.1 대상 소재

본 논문에서는 황동(Brass, Br), 구리(Copper, Cu), 및 스테인리스강판(STS304)과 아연도금강판(GI)을 접합한 3가지의 판재를 연구 대상으로 하였고, 비교 분석을 위하여 황동, 구리, 스테인리스강판 및 아연도금 강판의 단일 판재도 동시에 시험·분석 하였다. 시험에 사용된 판재의 두께는 Table 3에 나타내었다. 처음 두께는 가공 시 설정한 두께이고, 마이크로미터를 이용하여 실 측정 두께를 나타내었다.

Table 3 Thickness of conventional sheet metals and vibration damping sheet metals for the shearing test

강종	두께(mm)	측정두께(mm)
Brass	0.12	0.119
Cu	0.12	0.115
STS304	0.2	0.194
GI	0.35	0.348
Brass+ GI	0.47	0.478
Cu+ GI	0.47	0.468
STS304+ GI	0.55	0.553

3.2 인장 특성 평가

제진 판재의 인장 특성을 파악하기 위하여 Fig. 6 와 같이 인장 시편을 KS B 0810 의 13호 규격 도면과 같고 Photo. 1 과 같은 시험편을 제작하였다. 재료시험기는 Photo. 2 의 INSTRON에서 제작한 모델명 5583 15kN 만능 인장시험기 (Universal tensile testing machine)를 사용하였다. 인장 시험은 각 소재에 관하여 3 회 반복 실험 하였고, 인장속도는 10 mm/min 으로 하여 파단이 일어날 때까지 인장 하였다. Table 4 는 4종의 단일판재와 2종의 제진 판재에 관한 항복강도 (Y.S.), 인장 강도 (T.S.), 연실률 (EI.), 균일 연실률 (U.-EI.) 및 가공경화지수 (n) 을 표와 같이 나타내었다.

Table 4 Mechanical properties of conventional sheet metals and vibration damping sheet metals

강종	측정두께 (mm)	Y.S. (MPa)	T.S. (MPa)	EI. (%)	U.-EI. (%)	n
Brass	0.119	137.2	351.7	47.14	44.49	0.4855
Cu	0.115	87.54	246.7	33.74	30.16	0.3825
STS304	0.194	253.1	631.7	66.47	60.15	0.3832
GI	0.348	323.5	389.1	31.29	19.14	0.1729
Brass+ GI	0.478	325.9	350.3	37.37	28.22	0.2589
Cu+ GI	0.468	320.4	334.5	34.63	22.45	0.2229
STS304+ GI	0.553	374.2	432.8	52.29	46.35	0.2615

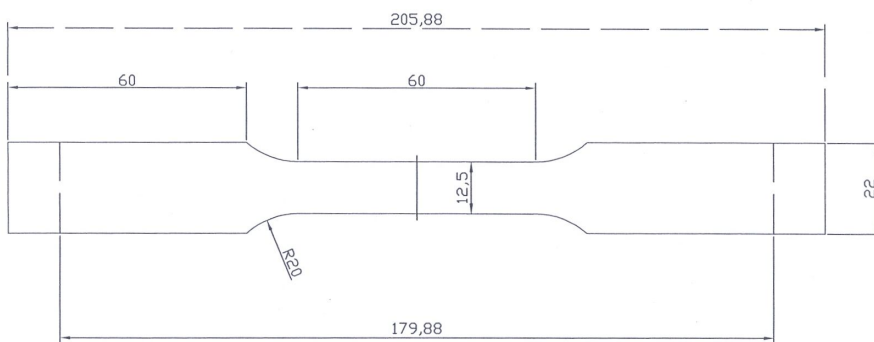


Fig. 6 Shape and dimension of a tensile specimen

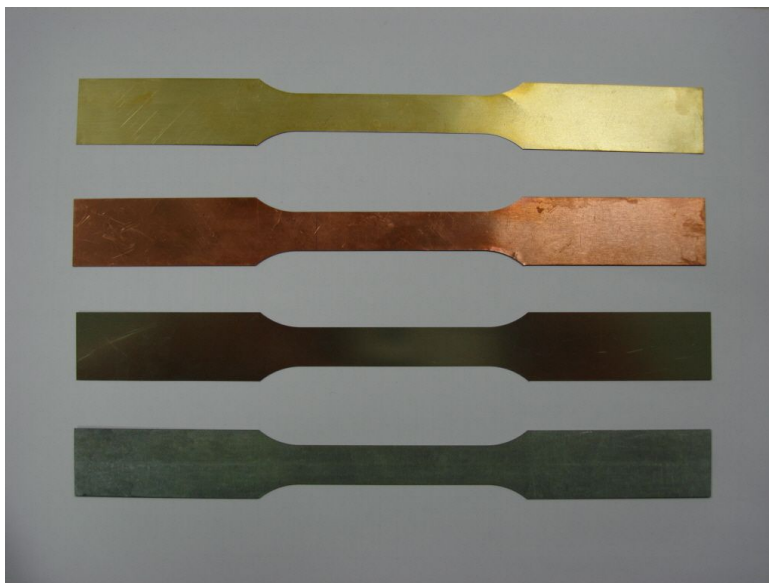


Photo. 1 tensile specimen

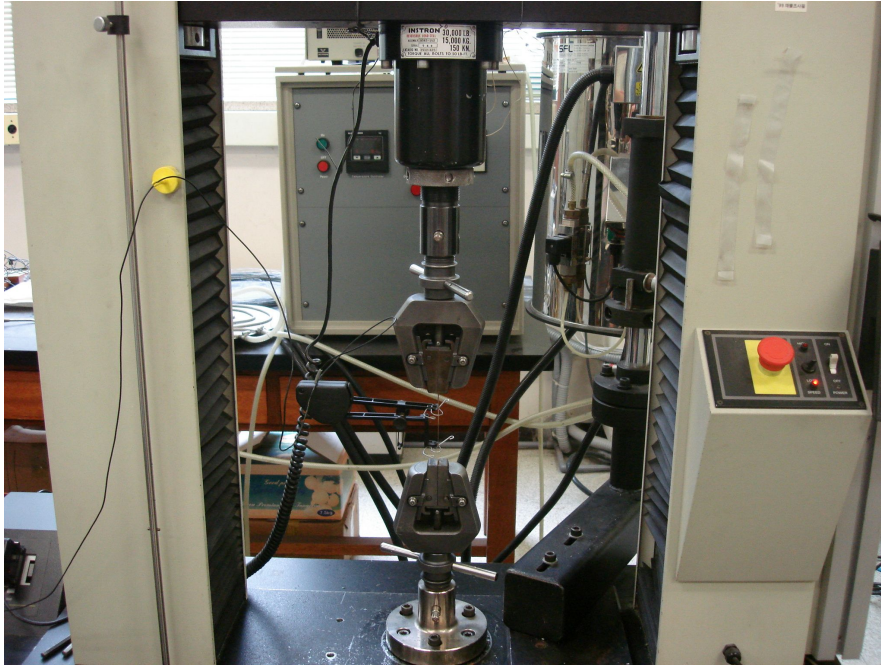
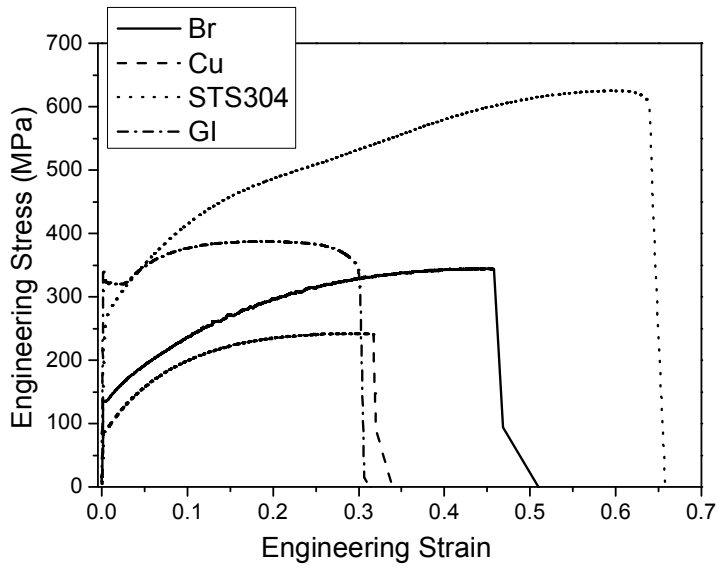
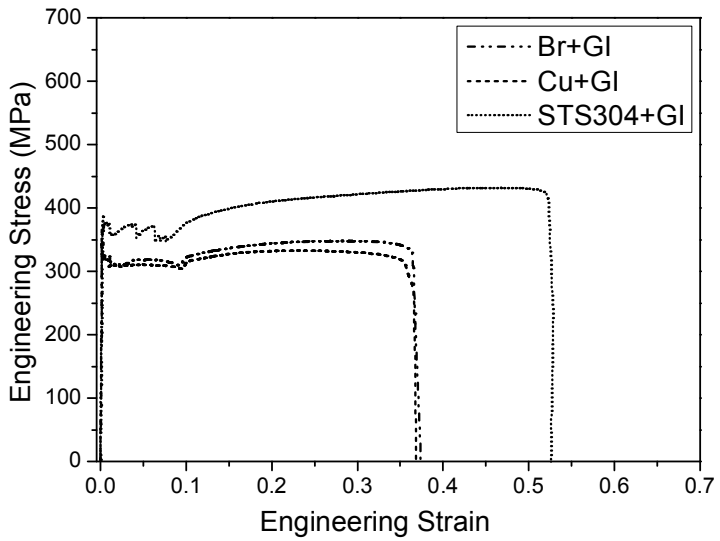


Photo. 2 Uni-axial tensile test machine (INSTRON 5583)

Fig. 7 은 각 판재의 인장 곡선을 도시한 것이다. 각 판재별로의 인장 곡선을 살펴보면 단일 소재의 경우 구리가 인장 강도 및 항복 강도가 가자 낮게 나타났고, 스테인리스 강판이 인장강도 및 항복강도가 높게 나타났다. 아연도금 강판에서는 항복 연신이 일어났다. 이중 접합 소재의 경우 인장곡선은 접합한 소재에 따라 인장 강도 및 항복 강도 값이 변화였고, 아연도금 강판에서 나타난 특성인 항복 연신이 나타났다.



(a)



(b)

Fig. 7 Engineering stress-strain relation curves of conventional sheet metals and vibration damping sheet metals (a)

제 4 장 전단 특성 평가

4.1 전단 금형 제작 및 시험 조건

전단 가공 시험을 위하여 전단 금형을 Fig. 8 의 도면과 같이 설계 제작 하였다. 제작된 금형은 Fig. 9 의 상부와 하부의 도면과 같이 Photo. 3 의 상부와 하부로 제작하였다. 완성금형인 Photo. 4 에서는 펀치, 홀더, 다이를 부분별로 나타내고 홀더와 다이 사이에 대상 판재를 넣어 전단 시험을 하였다. 전단 가공 시험을 하기 위해 사용한 Photo. 5 의 만능재료시험기 (Universal testing machine)는 SHIMAZU에서 제작한 AG-IS 50kN 모델이다.

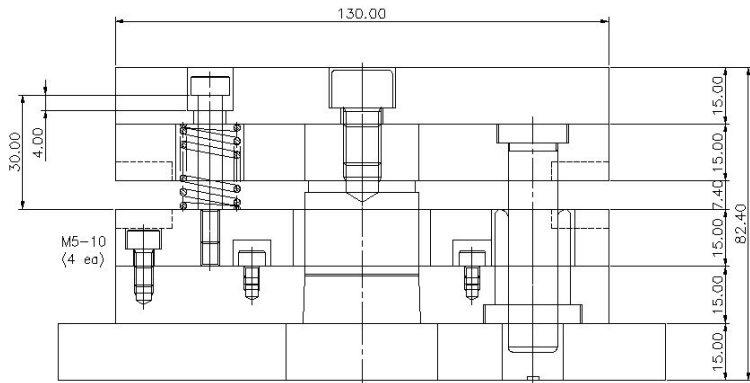


Fig. 8 Design drawing for the Shearing tool

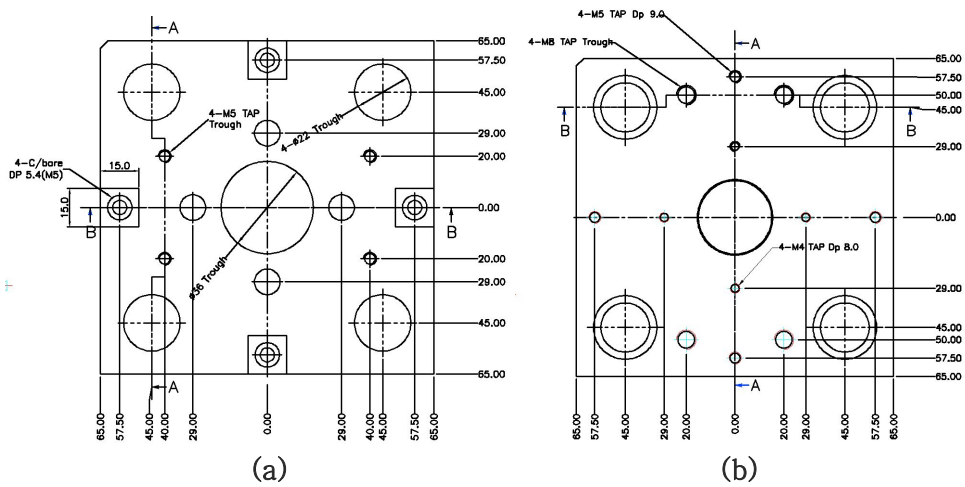
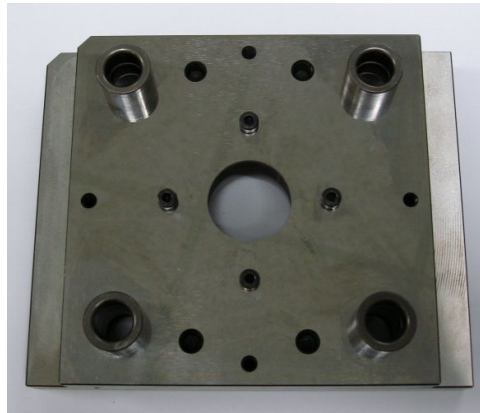


Fig. 9 Design drawing for the Shearing tool; (a) upper tool, (b) lower tool



(a)



(b)

Photo. 3 Shearing tool; (a) upper tool, (b) lower tool

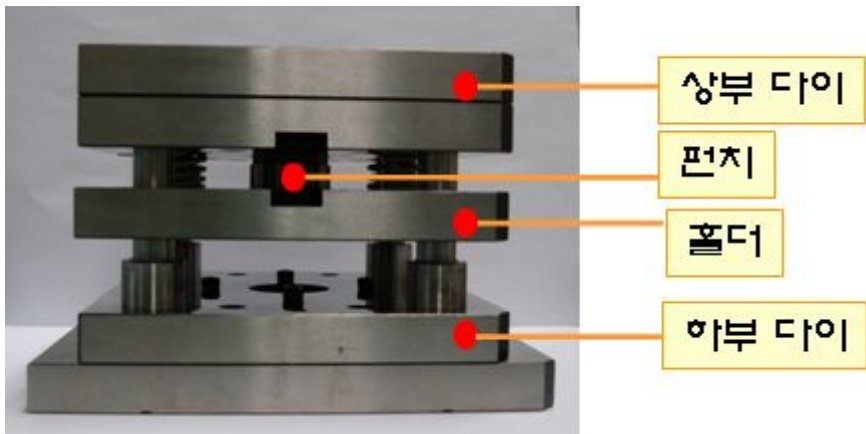


Photo. 4 Manufactured shearing tool



Photo. 5 Uni-axial tensile test machine SHIMAZU AG-IS 50kN

Fig. 10 의 도면을 설계 하여 펀치를 제작하였다. 다이는 내경 $\phi 30\text{mm}$ 로 제작하였고, 펀치는 $\phi 29.988\text{mm}$, $\phi 29.980\text{mm}$, $\phi 29.960$, $\phi 29.940\text{mm}$, $\phi 29.920\text{mm}$, $\phi 29.880\text{mm}$, $\phi 29.840\text{mm}$, $\phi 29.800\text{mm}$ 로 제작하였다. 강종 및 소재의 두께에 따라 직경이 다른 펀치를 적용하여 Table 5 과 같이 틈새간격의 크기를 변경하였다. Photo. 6 는 8가지 펀치 시편을 나타내고 있다. 체진 판재에서는 판재의 상부소재와 하부소재의 위치를 변경하며 전단방향의 영향을 평가하였다.

Table 5 Measurement of Punch tool

NO.	치 수 (ϕ)	측정 치수(ϕ)
1	29.988	29.984
2	29.980	29.976
3	29.960	29.957
4	29.940	29.938
5	29.920	29.916
6	29.880	29.876
7	29.840	29.836
8	29.800	29.797

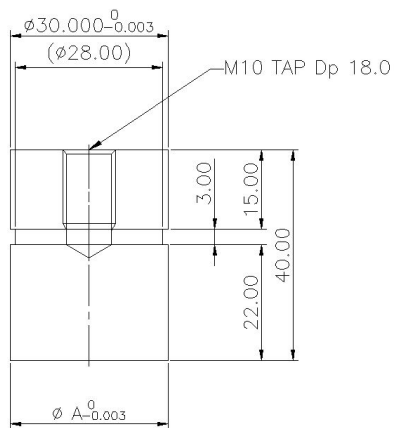


Fig. 10 Design drawing for the punches

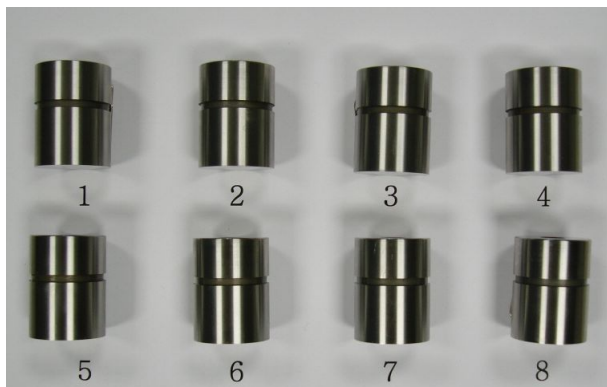
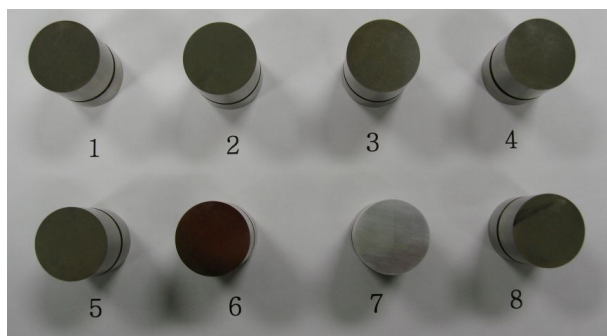


Photo. 6 punches tool set

4.2 실험 방법

외경이 다른 펀치를 적용하여, 각 판재별로 고려된 틈새 간격의 크기는 Table 6~7과 같이 나타내었다. Table 6은 펀치의 원 규격에 따른 틈새간격이고 Table 7은 펀치의 실 측정 규격에 따른 틈새간격을 나타내었다. 실험조건에 따라 실험을 수행하는데 제진 판재의 경우 황동, 구리, 스테인리스강판 판재가 상부에 위치할 경우와 하부에 위치할 경우를 각각 실험하였다.

Table 6 Clearance conditions for the shearing test of conventional sheet metals and vibration damping sheet metals

Material	Thickness(mm)	Clearance	
		(mm)	(%)
Brass	0.119	0.006	5.04
		0.01	8.40
		0.02	16.80
Cu	0.115	0.006	5.22
		0.01	8.70
		0.02	17.39
STS304	0.194	0.01	5.16
		0.02	10.31
		0.03	15.46
GI	0.348	0.02	5.75
		0.04	11.49
		0.06	17.24
Brass+ GI	0.478	0.03	6.28
		0.04	8.37
		0.06	12.55
		0.08	16.74
Cu+ GI	0.468	0.03	6.41
		0.04	8.55
		0.06	12.82
		0.08	17.09
STS304+ GI	0.553	0.03	5.43
		0.06	10.85
		0.1	18.08

Table 7 The true Clearance conditions for the shearing test of conventional sheet metals and vibration damping sheet metals

Material	Thickness(mm)	Clearance	
		(mm)	(%)
Brass	0.119	0.008	6.72
		0.012	10.08
		0.0215	18.07
Cu	0.115	0.008	6.96
		0.012	10.43
		0.0215	18.70
STS304	0.194	0.012	6.19
		0.0215	11.08
		0.031	15.98
GI	0.348	0.0215	6.18
		0.042	12.07
		0.062	17.82
Brass+ GI	0.478	0.031	6.49
		0.042	8.79
		0.062	12.97
		0.082	17.15
Cu+ GI	0.468	0.031	6.62
		0.042	8.97
		0.062	13.25
		0.082	17.52
STS304+ GI	0.553	0.031	5.61
		0.062	10.21
		0.1015	18.35

실험용 소재로 Photo. 7 와 같이 50mm x 50mm 의 판재를 사용하여 전단 금형에서 조건별로 실험 하였다. 모든 실험은 각 조건별로 3회 반복 수행 하였다. Photo. 8 는 단일판재와 제진 판재의 전단 시험 후 모습을 나타내었다.

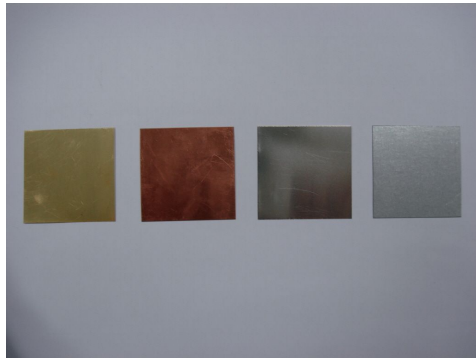


Photo. 7 Specimen for steel metal

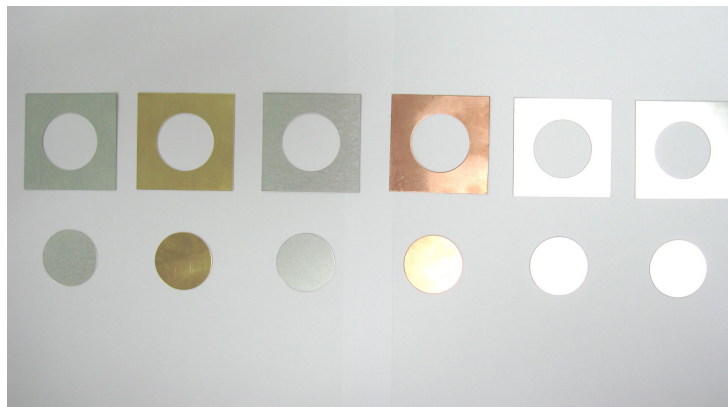
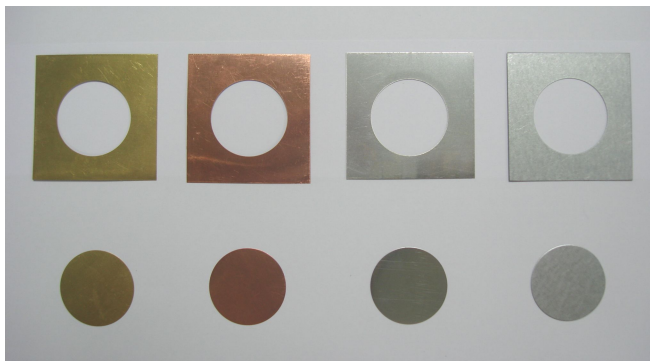


Photo. 8 Shearing from specimen for steel metal

4.3 측정 장치 및 측정 방법

각 조건별로 실험된 판재들에 대하여 버의 높이와 틈새에 따른 전단 단면을 측정하였다. 버의 높이를 분석하기 위하여 Photo. 9의 비접촉식 표면 조도측정기를 이용하여 각 판재의 대하여 버의 높이를 측정하였다. 버의 높이의 경우 Fig. 11과 같이 면의 평균값으로부터 버의 끝점을 버의 높이로 하였다. 각 판재의 버의 높이 측정은 3회 반복 실험한 결과의 평균값을 나타내었다. 전단 가공에서의 틈새 크기의 영향에 따른 전단 단면을 분석하기 위하여 Photo. 10의 광학현미경을 이용하여 판재의 단면을 100배까지 확대하여 눌림부, 절단면, 파단면, 버 등을 측정하여 관찰하였다.

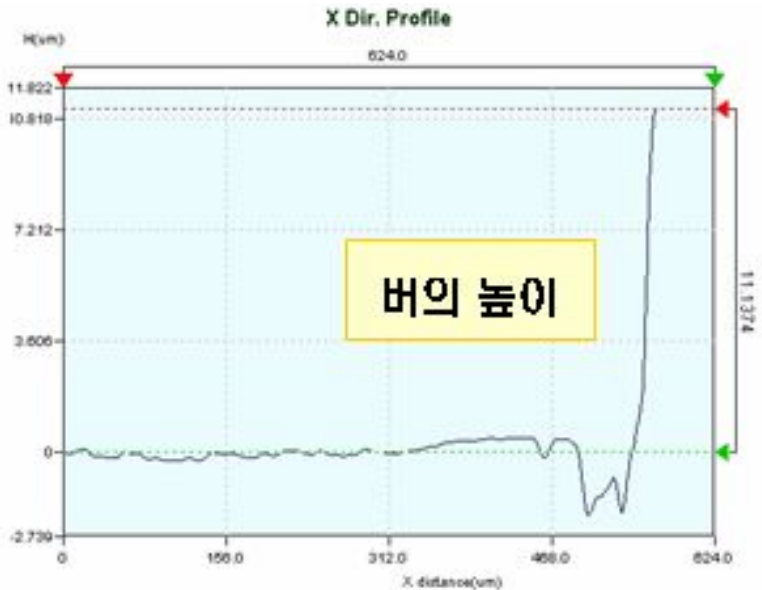


Fig. 11 Measured of burr height

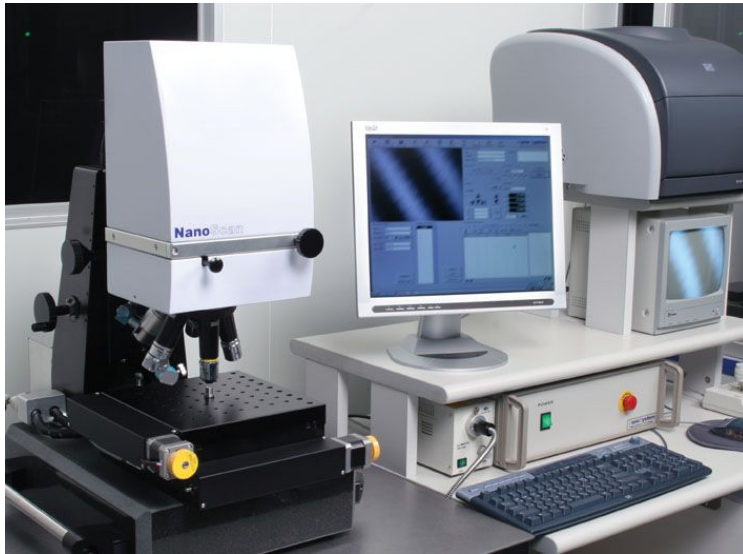


Photo. 9 Form talysurf



Photo. 10 optical microscope: Nikon DXM1200F

제 5 장 연구 결과 및 고찰

5.1 틈새 간격에 따른 버의 높이 분석

Fig. 12 는 틈새 간격에 따른 단일 소재들의 버의 높이를 측정하여 나타낸 것이다. 황동, 구리 와 같은 연질 소재의 판재들은 5~8%의 범위에서, 스테인리스강판과 아연도금강판에서는 6~10%의 틈새 범위에서 버의 높이가 낮게 나타났다. Fig. 13 는 제진 판재의 버의 높이를 나타낸 것으로 전단의 방향에 따라 버의 높이가 다르게 나타났다. 황동, 구리, 스테인리스강판이 상부에 위치하여 펀치와 접촉하는 경우가 황동, 구리, 스테인리스강판이 하부에서 다이와 접촉하는 경우보다 버의 높이가 낮게 나타났다. 접합 소재에 따라 약간의 차이가 있지만 접촉면이 상부와 하부에 따라 버의 높이의 차이는 유사하게 나타났다. 또한 틈새 간격에 너무 적거나 큰 경우에는 버의 높이가 높아졌고 틈새 간격이 8~12%인 경우에 버의 높이가 낮게 나타났다.

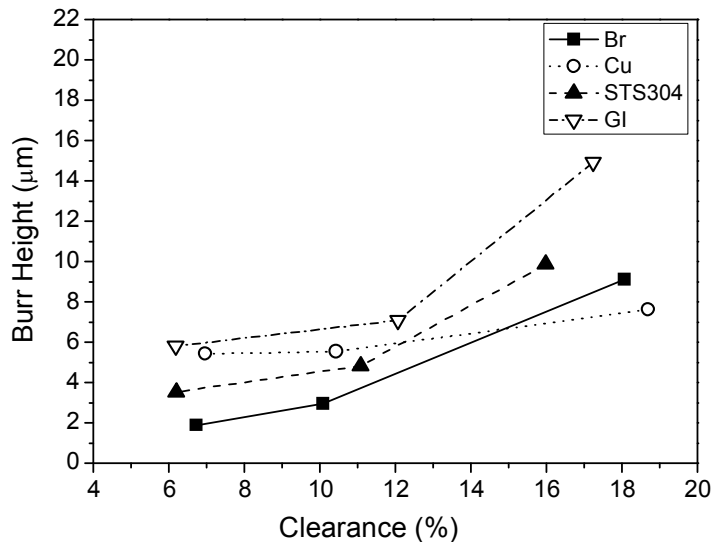
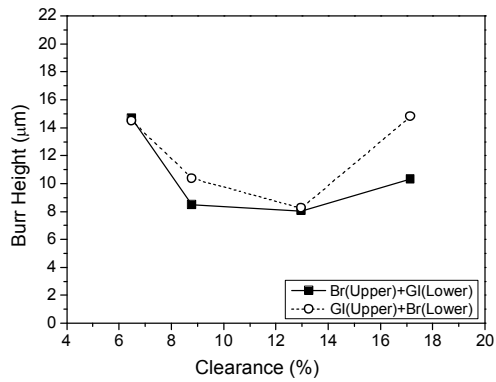
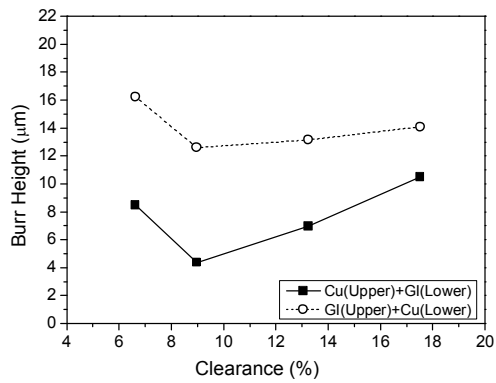


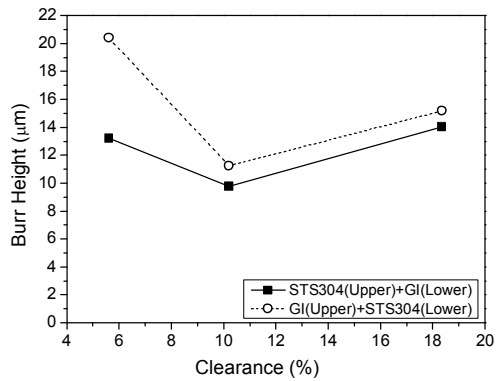
Fig. 12 Comparison of burr hight according to clearance



(a)



(b)

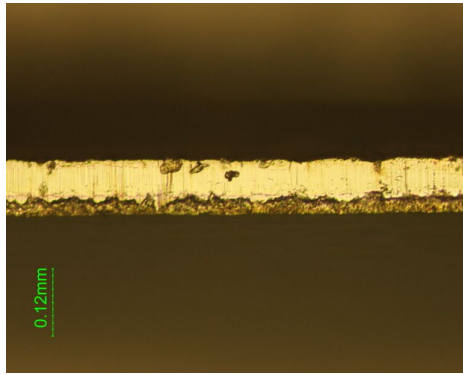


(c)

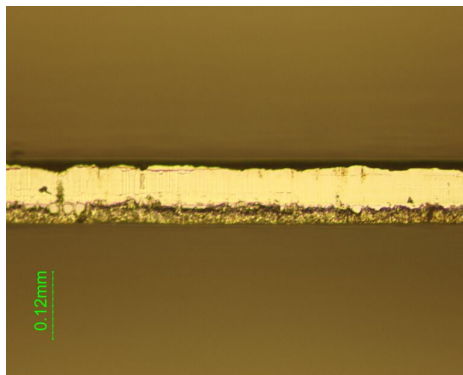
Fig. 13 Comparison of burr hight according to clearance: (a) Brass+ GI; (b) Cu+ GI; (c) STS304+ GI

5.2 틈새 간격에 따른 전단 단면의 형상 비교

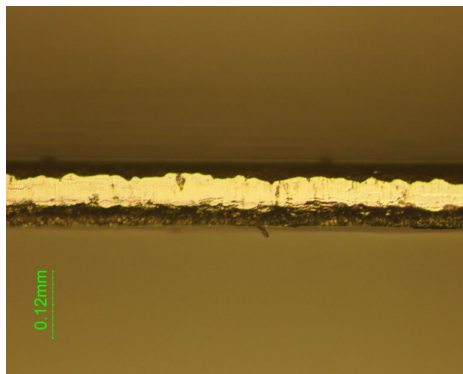
Fig. 14~17 는 틈새 간격에 따른 단일 소재들의 전단 단면 형상을 측정하여 나타낸 것이다. Fig. 14 는 황동에서의 전단 단면을 틈새간격에 따라 나타낸 것이다. 틈새 간격이 적은 (a) 6.72% 인 경우 전단면이 나타나고 파단면이 나타나고 전단면과 파단면사이가 고르지 않다. (b) 10.08%인 전단면과 파단면의 경계가 더 잘 나타났다. (c) 18.07%에서 처럼 틈새 간격이 커지면 눌림부 부분이 늘어나고 파단면과 전단 형상이 불규칙하게 발생한다. Fig. 15 는 구리에서의 전단 단면을 틈새간격에 따라 나타낸 것이다. 틈새 간격이 적은 (a) 6.96% 인 경우 전단면과 파단면이 생기면서 2차전단이 가운데 넓게 나타났다. (b) 10.43%인 전단면만 깔끔하게 나타났다. (c) 18.70%에서 처럼 틈새 간격이 커졌지만 얇은 판재여서 약간의 파단면만 나타나고 전단면이 넓게 나타났다. Fig. 16 는 스테인리스강판에서의 전단 단면을 틈새간격에 따라 나타낸 것이다. 틈새 간격이 적은 (a) 6.19% 인 경우 전단면과 파단면이 생기면서 2차전단면과 전단면이 고르지 않게 나타났다. (b) 11.08%인 전단면과 파단면이 나타났지만 2차전단면 또한 가운데 형성되었다. (c) 15.98%에서 처럼 틈새 간격이 큰 경우 눌림부와 파단면이 넓게 나타났고 전단면이 줄어들었다. Fig. 17 는 구리에서의 전단 단면을 틈새간격에 따라 나타낸 것이다. 틈새 간격이 적은 (a) 6.18% 인 경우 전단면과 파단면이 생기면서 2차전단이 가운데 넓게 나타났다. (b) 12.07%인 전단면과 파단면이 나타났다. (c) 17.82%에서 처럼 틈새 간격이 크면 눌림부와 파단면이 넓게 나타나고 전단면은 줄어들었다.



(a)

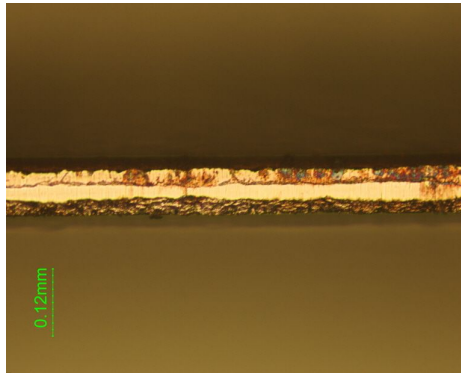


(b)

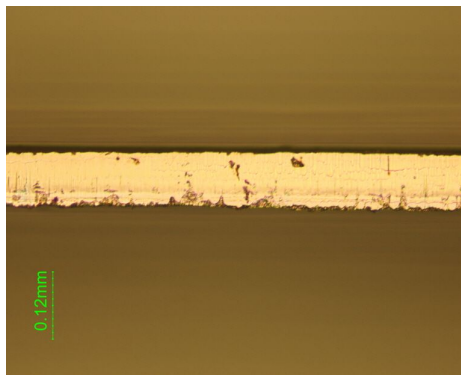


(c)

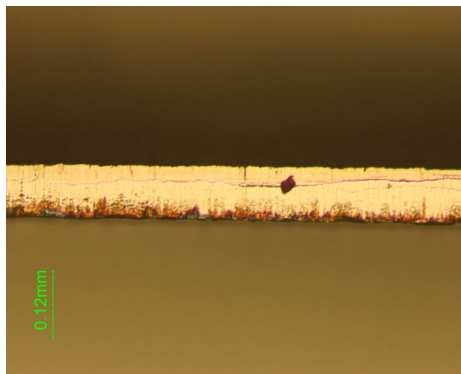
Fig. 14 Comparison of shearing faces of Brass: (a) clearance = 6.72%; (b) clearance = 10.08%; (c) clearance = 18.07%



(a)

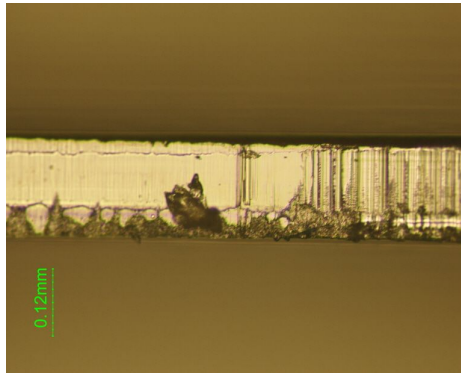


(b)

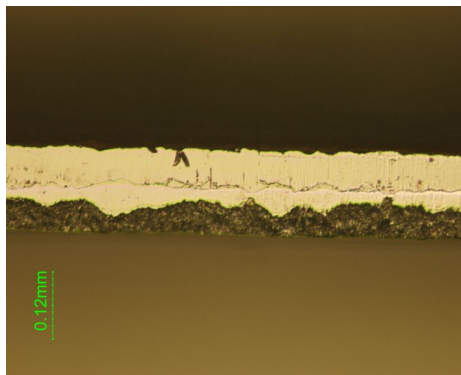


(c)

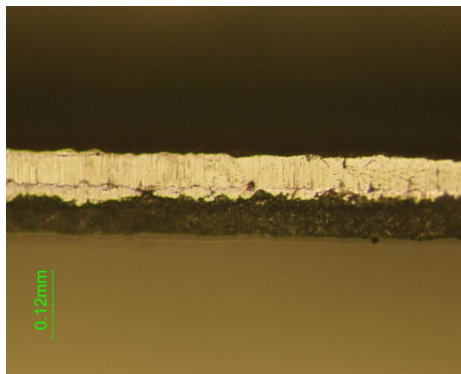
Fig. 15 Comparison of shearing faces of Cu: (a) clearance = 6.96%;
(b) clearance = 10.43%; (c) clearance = 18.70%



(a)

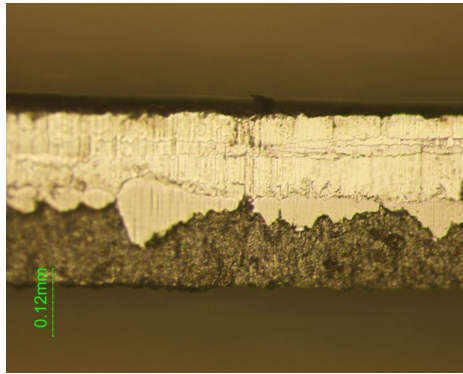


(b)

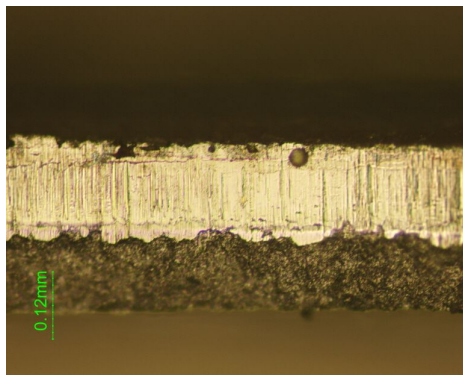


(c)

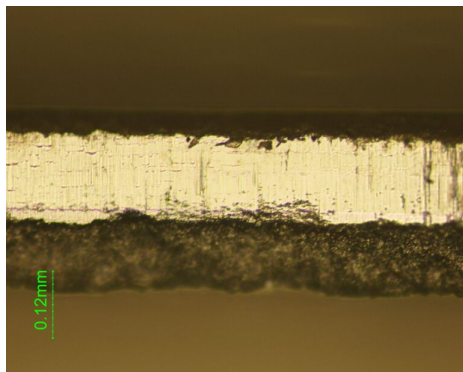
Fig. 16 Comparison of shearing faces of STS304: (a) clearance = 6.19%; (b) clearance = 11.08%; (c) clearance = 15.98%



(a)



(b)



(c)

Fig. 17 Comparison of shearing faces of Brass: (a) clearance = 6.18%; (b) clearance = 12.07%; (c) clearance = 17.82%

Fig. 18~23 는 이종 접합 제진 판재의 틈새 간격에 따른 전단 단면을 보여주고 있다. Fig. 18 는 황동과 아연도금강판을 접합한 제진 소재로서 얇은 황동의 소재가 전단 가공 시 편치와 닿아 황동 단면은 거의 전단면이 나타나고 있다. 틈새 간격이 적은 (a) 6.49% 인 경우 전단면이 나타나고 파단면이 나타난 후 2차전단면이 나타났다. (b) 8.79%인 경우 2차전단면이 많이 줄어들고 (c) 12.97% 에서는 놀림부가 늘어나면서 전단면과 파단면이 나타났다. (d) 17.15%에서 처럼 틈새 간격이 커지면 놀림부 부분이 늘어나고 파단면과 버가 많이 발생한다. 얇은 소재가 상부에 위치한 경우 소재의 두께보다 놀림부 및 전단면이 크게 나타났다. Fig. 19 는 황동과 아연도금강판을 접합한 제진 소재로서 두꺼운 아연도금강판이 전단 가공시 편치와 닿아 전단 단면을 나타내고 있다. 틈새 간격이 적은 (a) 6.49% 인 경우 전단면이 나타나고 파단면이 거의 보이지 않고 2차전단면이 나타났다. (b) 8.79%인 경우 2차전단면이 많이 줄어들고 아연도금강판과 황동에서 파단면이 나타났다. (c) 12.97% 에서는 놀림부가 늘어나면서 전단면과 파단면이 나타나는데 파단면의 단면이 틈새간격이 커짐에 단면적이 늘어났다. (d) 17.15%에서 처럼 틈새 간격이 커지면 놀림부 부분이 크게 나타나고 파단면과 버가 많이 발생한다. 얇은 소재가 하부에 위치한 경우 소재의 두께만큼 파단면만 나타났다.

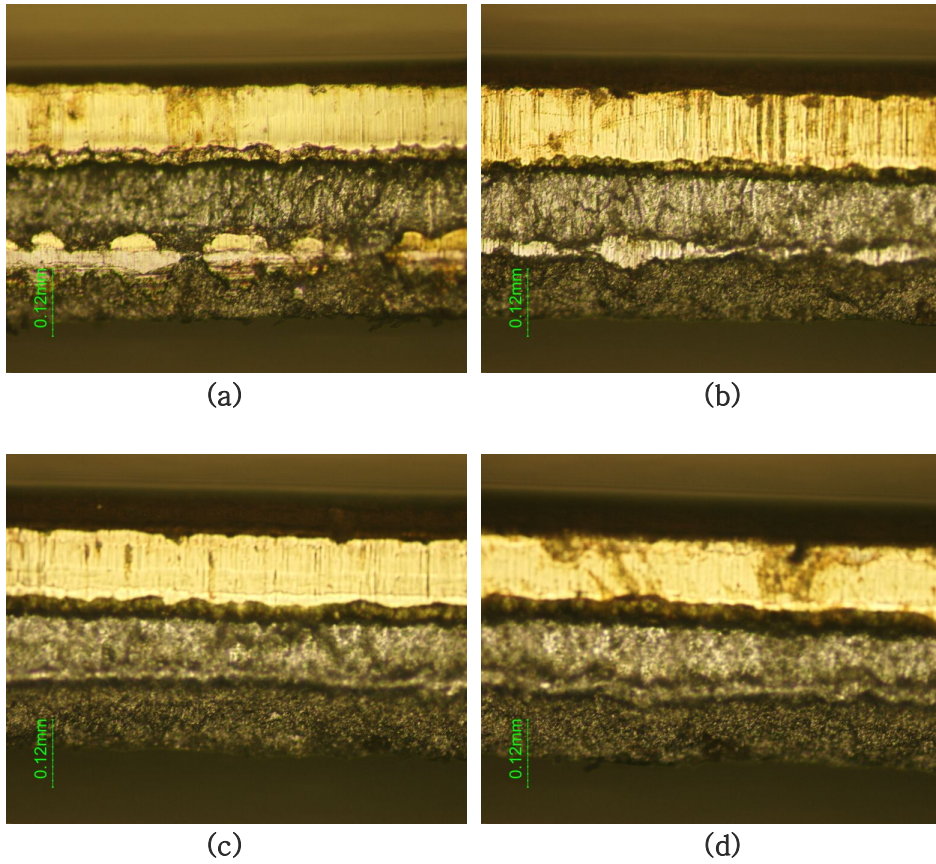


Fig. 18 Comparison of shearing faces of Brass+GI vibration damping sheet metal with Brass at the top position: (a) clearance = 6.49%; (b) clearance = 8.79%; (c) clearance = 12.97%; (d) clearance = 17.15%

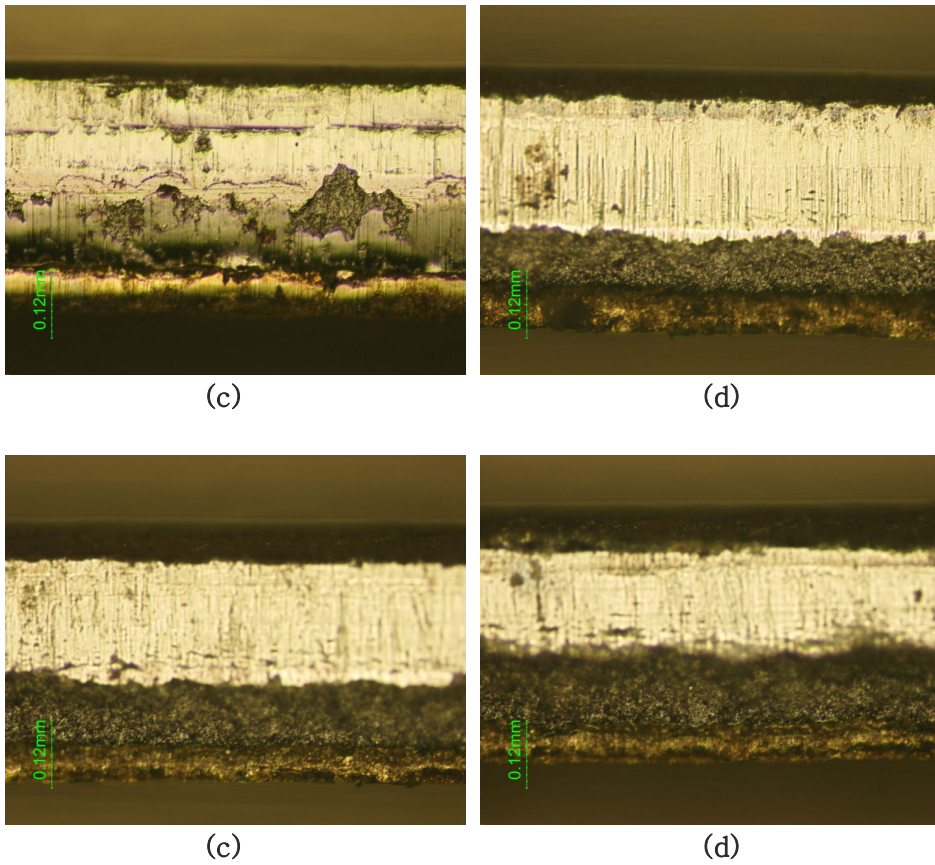


Fig. 19 Comparison of shearing faces of Brass+GI vibration damping sheet metal with GI at the top position: (a) clearance = 6.249%; (b) clearance = 8.79%; (c) clearance = 12.97%; (d) clearance = 17.15%

Fig. 20 는 구리와 아연도금강판을 접합한 제진 소재로서 구리 판재가 전단 가공시 편치와 닿아 전단 단면을 나타내고 있다. 틈새 간격이 적은 (a) 6.62% 인 경우 전단면이 나타나고 파단면과 전단면사이에 2차전단면이 나타났다. (b) 8.97%인 경우 2차전단면이 많이 줄어들고 아연도금강판에서 파단면이 나타났다. (c) 13.25% 에서는 놀림부가 늘어나면서 전단면과 파단면이 나타나는데 파단면의 단면이 틈새간격이 커짐에 단면적이 늘어났다. (d) 17.52% 에서처럼 틈새 간격이 커지면 놀림부 부분이 크게 나타나고 파단면이 많이 발생한다. 얇은 소재가 상부에 위치한 경우 소재의 두께보다 놀림부 및 전단면이 크게 나타났다. Fig. 21 는 구리와 아연도금강판을 접합한 제진 소재로서 구리 판재가 전단 가공 시 편치와 닿아 전단 단면을 나타내고 있다. 틈새 간격이 적은 (a) 6.62% 인 경우 전단면이 나타나고 파단면과 전단면사이에 2차전단면이 나타났다. (b) 8.97%인 경우 2차전단면이 많이 줄어들고 아연도금강판에서 파단면이 나타났다. (c) 13.25% 에서는 놀림부가 늘어나면서 전단면과 파단면이 나타나는데 파단면의 단면이 틈새간격이 커짐에 단면적이 늘어났다. (d) 17.52% 에서처럼 틈새 간격이 커지면 놀림부 부분이 크게 나타나고 파단면이 많이 발생한다. 얇은 소재가 하부에 위치한 경우 소재의 두께만큼 파단면만 나타났다.

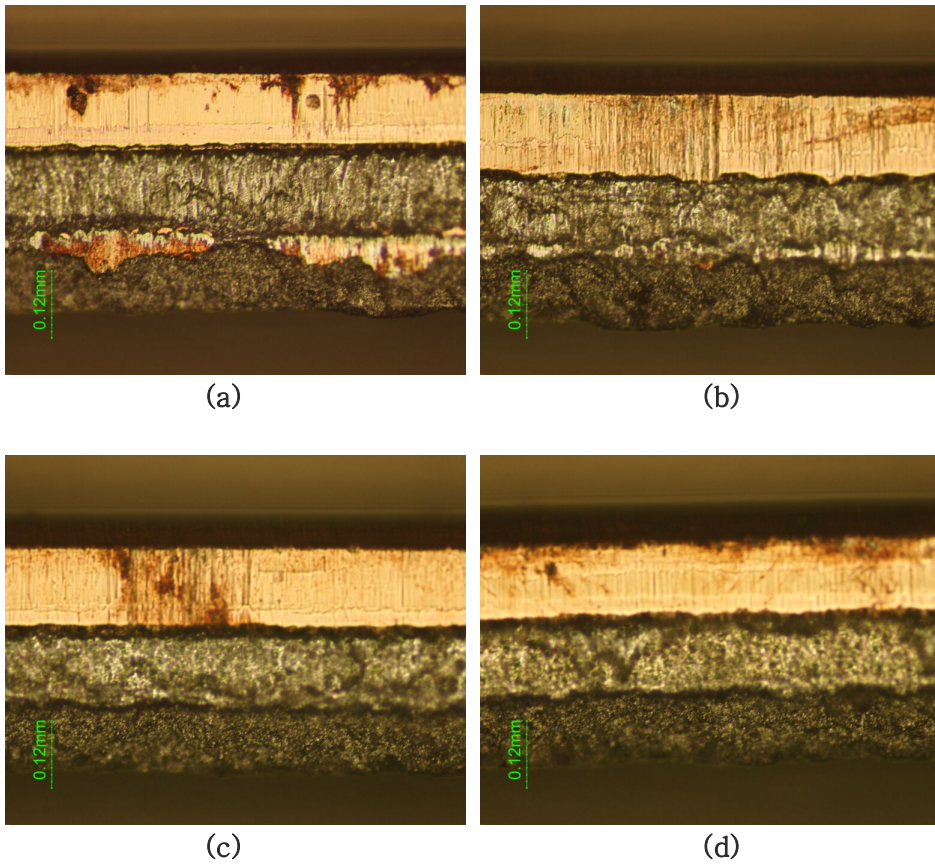


Fig. 20 Comparison of shearing faces of Cu+GI vibration damping sheet metal with Cu at the top position: (a) clearance = 6.62%; (b) clearance = 8.97%; (c) clearance = 13.25%; (d) clearance = 17.52%

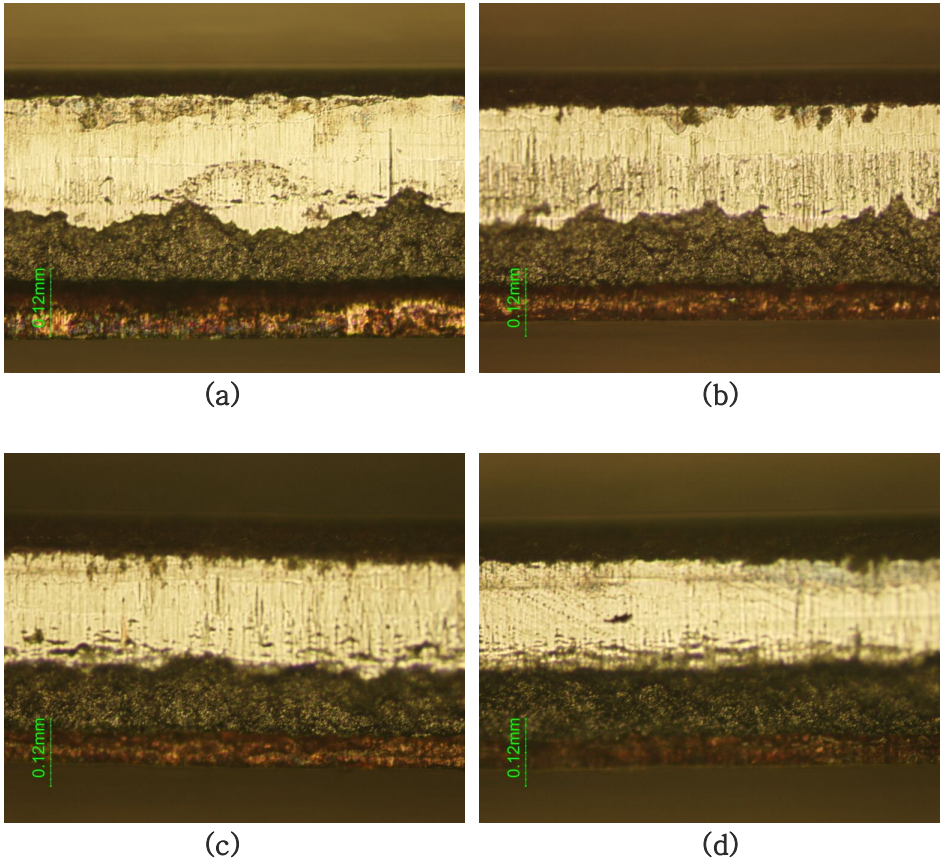
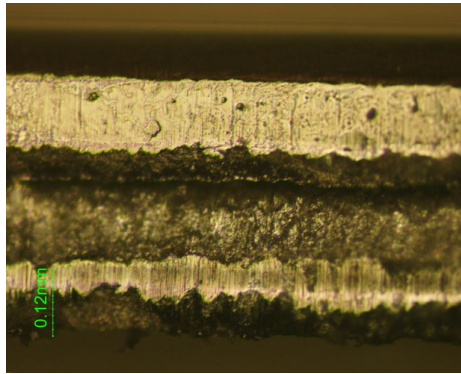
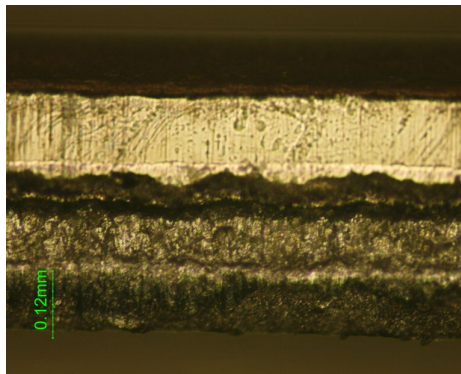


Fig. 21 Comparison of shearing faces of Cu+GI vibration damping sheet metal with GI at the top position: (a) clearance = 6.62%; (b) clearance = 8.97%; (c) clearance = 13.25%; (d) clearance = 17.52%

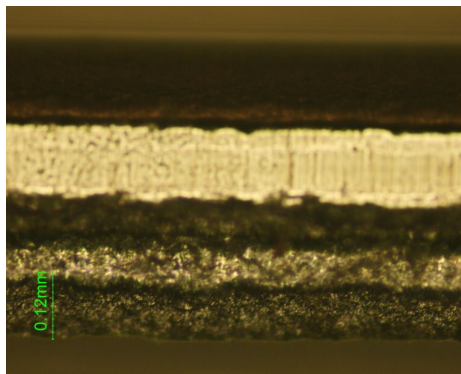
Fig. 22 는 스테인리스강판과 아연도금강판을 접합한 제진 소재로서 스테인리스강 판재가 전단 가공 시 펀치와 닿아 전단 단면을 나타내고 있다. 틈새 간격이 적은 (a) 5.61% 인 경우 스테인리스강 판재와 아연도금강판 각각에서 전단면과 파단면이 나타났고 2차전단면 또한 나타났다. (b) 10.21%인 경우 전단면이 나타난 이후 아연도금강판에서 파단면이 나타났다. (c) 18.35% 에서는 눌림부가 늘어나면서 전단면과 파단면이 나타나는데 파단면의 단면은 틈새간격이 커짐에 단면적이 늘어났다. 얇은 소재가 상부에 위치한 경우 소재의 두께보다 눌림부 및 전단면이 크게 나타났다. Fig. 23 는 스테인리스강판과 아연도금강판을 접합한 제진 소재로서 아연도금강판이 전단 가공 시 펀치와 닿아 전단 단면을 나타내고 있다. 틈새 간격이 적은 (a) 5.61% 인 경우 전단면이 나타난 이후 2차전단면 군데군데 나타났다. (b) 10.21%인 경우 전단면이 늘어났고, 파단면이 나타났다. (c) 18.35% 에서는 눌림부가 늘어나면서 전단면과 파단면이 나타나는데 파단면의 단면적이 틈새 간격이 커짐에 따라 더 많이 발생하였다. 얇은 소재가 하부에 위치한 경우 소재의 두께만큼 파단면만 나타났다.



(a)

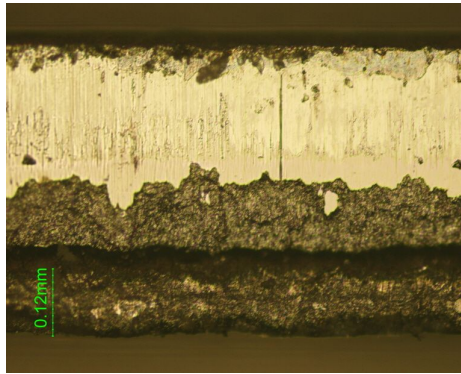


(b)

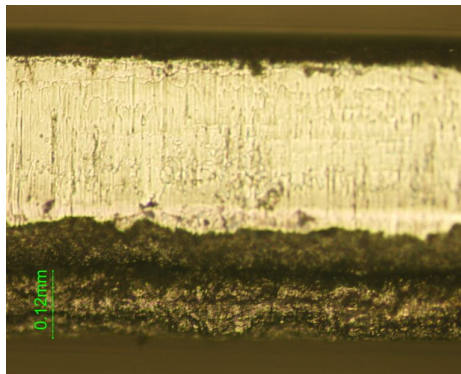


(c)

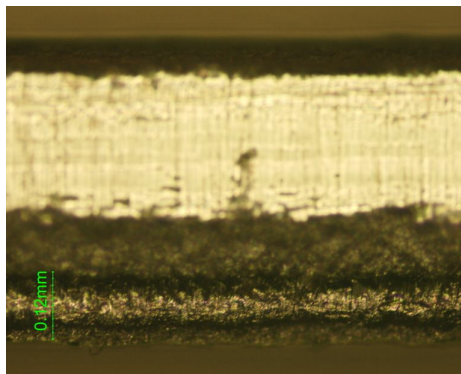
Fig. 22 Comparison of shearing faces of STS304+GI vibration damping sheet metal with STS304 at the top position: (a) clearance = 5.61%; (b) clearance = 10.21%; (c) clearance = 18.35%



(a)



(b)



(c)

Fig. 23 Comparison of shearing faces of STS304+GI vibration damping sheet metal with GI at the top position: (a) clearance = 5.61%; (b) clearance = 10.21%; (c) clearance = 18.35%

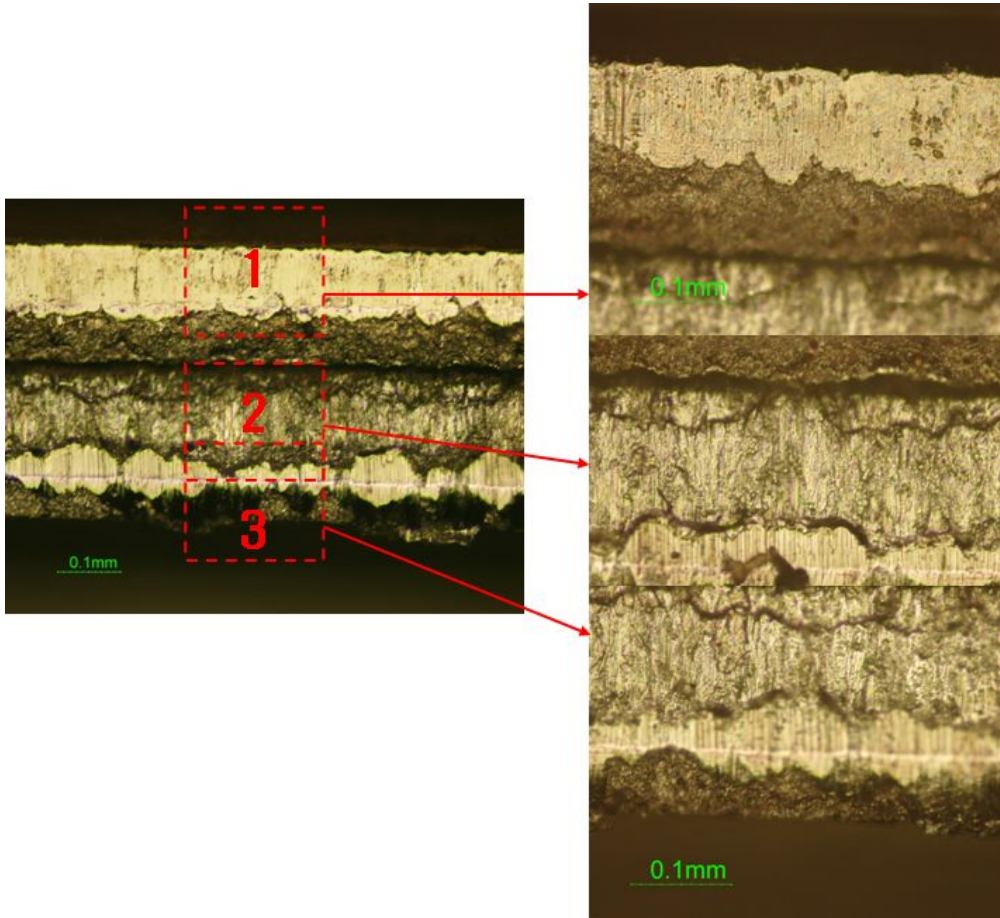


Fig. 24 Comparison of shearing faces of STS304+GI vibration damping sheet metal with GI at the top position

Fig. 24 은 이중접합 제진판재의 부분별 전단 특성을 자세히 나타내었다. 1에서는 놀림부와 전단면을 확대 분석했을 경우 전단 단면에서 물결형태의 놀림부가 나타난 이후 수직방향으로 전단이 형성되었다. 2에서는 파단면에서는 전단면과는 다르게 평탄도가 불규칙하여 초점을 맞추기 힘들고 울퉁불퉁한 면을 가지고 있다. 3에서는 2차전단면에는 수직방향의 전단면이 나타나고 끝부분은 파단면과 버가 형성되고 있다.

제 5 장 결론

본 논문에서는 이중 접합 제진 판재의 최적 전단 가공 조건을 설정하기 위하여 직경 30mm의 전단 금형을 설계·제작하였다. 본 논문에 실험 소재로 황동, 구리, 스테인리스강판 과 아연도금 강판을 접합한 3가지의 판재를 연구 대상으로 하였고, 비교·분석을 위해 황동, 구리, 스테인리스강판 및 아연도금강판의 단일소재도 동시에 시험하였다. 최적 전단 가공 조건을 설정 하기 위해 틈새 간격에 따른 버의 높이와 전단 단면의 형상을 분석하였고, 이중 접합 제진 판재의 접합 방향에 대한 영향도 조사하였다.

위의 실험을 통해 나온 결론을 다음과 같이 정리 하였다.

1. 황동, 구리, 스테인리스강판 및 아연도금 강판의 단일소재들의 틈새 간격에 따른 버의 높이에서 황동, 구리등 연질재료는 틈새 간격 6~10%의 범위에서, 스테인리스강판과 아연도금강판은 6~12%의 틈새에서 버의 높이가 낮게 나타났다. 제진 판재의 경우 접합한 판재에 따라 틈새 간격에 따른 버의 높이 차이가 있지만 8~12%의 틈새 간격에 서 버의 높이가 낮게 나타났다.

2. 틈새 간격에 따른 버의 높이는 제진 판재의 경우 전단 방향에 따라 황동, 구리, 스테인리스강판 소재가 위 방향으로 전단 시 모든 틈새 간격에서 반대 방향으로 전단할 때 보다 버의 높이가 낮게 나타났다.

2. 전단 가공 시 얇은 소재가 상부인 경우 전단면과 눌림부가 두께에 비해 크게 나타나고, 하부에 위치했을 경우 파단면만 소재 두께 만큼 나타났다.

4. 단일 판재 및 제진 판재의 전단 단면을 비교 시 틈새가 너무 작으면 전단면이 나타난 이후 2차 전단면이 일어나고 너무 클 경우 눌림면과 파단면이 늘어나며 불규칙하여 버의 높이 또한 높게 발생하였다. 본 논문에서 단일 판재의 경우 6~10% 틈새간격에서 적정 전단면이 나타났고 이중 접합 제진 판재의 경우 8~12%일 때 최적의 전단 단면이 나타났다.

5. 버의 높이와 전단 단면 형상에서와 같이 이중 접합 체진 판재의 전단 가공시에는 판재를 접합 후 사용 위치에 따라 두꺼운 판재에서 버가 발생하도록 전단방향의 조정하는 것이 전단 가공 시 유리하였다.

REFERENCES

- [1] J. Breitling, B. Pfeiffer, T. Altan, K. Siegert, "Process control in blanking", J. Mat. Proc. Tech., Vol. 71, pp. 187–192, 1997.
- [2] S. K. Maiti, A. A. Ambekar, U. P. Singh, P. P. Date, K. Narasimhan, "Assessment of influence of some process parameters on sheet metal blanking", J. Mater. Process. Technol. Vol. 102, pp.249~256. 2000.
- [3] M. Samuel, "FEM Simulation and experimental analysis of parameters of influence in the blanking process", JMPT, pp. 97~106, 1998.
- [4] Y. Lu, M. Murakawa, "Effect of shearing temperature and speeds on the shearing characteristic of steel plate material", JSTP, Vol. 31, No. 356, pp. 1142~1147, 1990.
- [5] M. Murakawa, N. Nishigaki, "Effect of widely varied temperature and speeds on the shearing characteristic of steel plate materials" JSTP, Vol. 31, No. 354, pp. 924~928, 1990.
- [6] F. Faura, A. Faraia, M. Estrems, "Finite element analysis of optimum clearance in the blanking process", J. Mater. Process. Technol. Vol. 80~81, pp.121~125. 1998
- [7] J. H. Kim, J. G. Ryu, C. S. Choi, W. J. Chung, "Development of Fine Blanking Die with Fluid Chamber and its Application to Production of Circular Blanks in a Hydraulic Press ", Korea Society for Precision Engineering, Vol. 13호, No.5, pp.155~163, 1996
- [8] Y. H. Jeong, S. B. Lee, Y. H. Jeon, B. M. Kim, "A Study of characteristic of blank in the precision blanking process" Korea Society for Precision Engineering, pp. 296~299, 2004
- [9] Y. S. Shin, B. H. Kim, H. Y. Kim, "The effect of die design parameter on shearing of the thin plate", Korea Society for

- Precision Engineering, pp. 523~526, 2001
- [10] H. R. Kim, J. Y. Park, H. J. Kim, "A Study on the Effect of Clearance and V-Ring Shape in a Fine Blanking Process", Journal of Industrial Technology, Kangwon Natl. Univ. Korea, No 24, A. 2004
- [11] S. S. Han, K. C. Park, J. B. Nam, "A Study on Shape Fixability of Press Formed Parts", Transactions of Materials Processing, Vol. 8, No. 1, 1999
- [12] Taupin Etienne, Breitling Jochen, Wu Wei-Tsu, Altan Taylan, "Material fracture and burr formation in blanking results of FEM simulations and comparison with experiments", JMPT. Vol.59, pp.68~78, 1996
- [13] H. Y. Kim, B. H. Kim, Y. S. Shin, S. I. Oh, "Parameter Investigation of Burr Formation on Sheet Metal Shearing Process" Proceedings of the Korean Society for Technology of Plasticity Conference , pp.231~234, 2001
- [14] S. W. Park, S. L. Ko "Development of 3D burr Measurement Technique using Conoscopic Holography", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 21, NO. 8, August 2004
- [15] J. Y. Kim, J. S. Choi, J. H. Kim, W. J. Chung, "Influence of die design variables on the sheared surface in cut-off process of sandwich sheet metal", Proceedings of the Korean Society for Technology of Plasticity Conference , pp.57~61, 2004
- [16] Masao Muurakawa, Nobuhiro Koga, 1990, "Improvement of Sheared Surfaces of Sandwich Sheet Steel", The Japan Society for Technology of Plasticity, Vol.31, NO.354, pp.929~934
- [17] Susumu Yamasaki, Tatsuo Ozaki, 1992, "Shearing of Include Vibration Damping Steel Sheet" , The Japan Society for Technology of Plasticity, Vol.33, NO.378, pp.844~849

- [18] K. B. Lee, Y. G. Lee, J. H. Kim, "A Study on the Blanking Characteristic of Anti-Vibration Sheet Metal", Transactions of Materials Processing, Vol. 12, No. 8 2003
- [19] 박종만, 한상보 "제진강판의 특성 및 그 응용, 대한기계학회지, 1997
- [20] 전기찬, "박판금속의 성형 -이론과 실제-", 반도출판사, 1993
- [21] 포스코 기술연구소 "박강판 가공기술 매뉴얼"

감사의 글

저의 학위 논문이 나오기까지 여러 방면으로 도움을 주신 여러분께 감사의 말씀을 전하고자 합니다. 학부를 금속공학을 전공하고 대학원을 기계공학으로 전공하여 2년 동안 많은 힘든 부분이 있었지만 학업 지식뿐만 아니라 2년의 세월이 저에게 큰 학업의 지식뿐만 아니라 뜻 깊은 시간이었습니다.

대학원 2년 동안 생산기술연구원에서 부족한 저에게 처음부터 끝까지 학생이면서 연구원으로써 학문을 비롯한 사회생활에 필요한 모든 것을 가르쳐주시고 논문에 있어서 세심한 지도를 해주신 김기풍 박사님께 감사드립니다. 또한 비록 학교에서 많은 연구 활동과 실험실 생활을 하지 못하였지만 항상 격려해주시고 지도해주신 차용훈 교수님께 감사드립니다. 위원장이신 윤성운 교수님과 많은 조언을 해주신 한길영 교수님께도 감사 말씀 드립니다.

광탄성 실험실에서 언제나 생산기술연구원에 있는 저희를 챙겨주시고 조언 해주신 미애 누나, 주홍이형, 승원이형 감사드립니다. 또한 학부 시절 제가 기계과 대학원에서 공부하게 지원해주시고 챙겨주신 성백섭 교수님께도 감사 말씀 드립니다.

생산기술연구원에서 지내는 동안 같이 격려해주시고 배려해주신 다른 장경천 박사님, 김형모 박사님, 이동길 박사님, 이기용 박사님께도 감사 말씀 드립니다. 또한 실험기기 및 장비 사용에 있어서 많은 도움을 주신 정민관 선생님, 김명호 선생님, 심현선 선생님께도 감사 말씀 드립니다. 처음에 왔을 때 아는 사람도 없고 적응이 힘든 시기에 많은 도움을 준 광용이형, 정아누나 감사드리고 대학원 선배이시면서 연구에 있어서 같이 도움을 주고 논문쓰는데 많은 조언과 도움을 준 현우형 감사합니다.

2년 동안 생산기술연구원에서 서로 다른 박사님 밑에서 다른 연구를 하였지만 같은 실험실 동기인 학부 선배이면서 언제나 동생들을 잘 챙겨주신 정철 이형, 고등학교 친구이자 학부에서 대학원까지 같이 공부하면서 서로를 서로 도와주고 이해해준 친구 슬기, 학부 후배이면서 대학원동기가 되어 연구를 같이한 영모에게 감사 하며 대학원 생활에 큰 힘이 되었습니다.

대학교에서 만나 타지에서 올라온 저에게 6년 동안 슬픔과 기쁨을 같이한 친구 슬기, 승환, 성욱, 정인, 화성, 동규에게도 감사하고 학부시절 동아리 흥사단 아카데미에 선배 후배 모두에게도 감사합니다. 자주는 못 보지만 연휴 때 보는 해사에서 잠수함을 곧 타는 원창이에게도 감사드립니다.

마지막으로 언제나 아들을 믿으시며 걱정하시는 세상에서 가장 사랑하고 의지하는 자랑스러운 아버지와 항상 저를 걱정해주시고 믿어주신 사랑하는 어머니, 누나에게도 깊은 감사의 말을 드립니다.

