

# 금속 박판의 표면가공과 인서트 사출을 통한 형내 접합기술

김성원<sup>1</sup> · 김선경<sup>#</sup>

## In-mold Assembly of Polymer and Surface-machined Sheet Metal by Insert Injection Molding

S. W. Kim, S. K. Kim

(Received December 27, 2010 / Revised January 13, 2011 / Accepted January 24, 2011)

### Abstract

In this study, we have investigated bonding of metal and plastic parts with single planar interface. This is facilitated by surface processing of aluminum sheet, which consists of slitting and punching, followed by insert-molding of polybutylene terephthalate(PBT). An injection mold has been built to fabricate specimen. After processing of the specimen, tensile and bending shear adhesion tests have been fulfilled according to KS M3734 and KS M3723, respectively. We also have conducted simulation of tensile and bending shear adhesion tests. Based on the tests results, the proposed bonding method outperforms existing methods based on adhesion.

**Key Words** : Insert Molding, Bonding Strength, Dissimilar Material Bonding, Slitting, Punching

### 1. 서 론

최근 전자제품에서 외장재로서 금속의 사용은 고급스런 질감으로 인한 소비자의 선호도, 두께 대비 높은 강도 등의 장점으로 인하여 점차 증가하고 있는 추세이다. 그에 따라 금속외장 시장도 점차 커지고 있다. 특히 소형 전자제품의 경우 소형화, 슬림화 되면서 얇고, 강도가 좋으며 소비자에게 고급스런 느낌을 주는 금속외장이 선호되고 그 수요 역시 크게 증가하고 있다.

소형 전자제품의 외장으로 금속을 사용할 경우 대부분의 경우 내부 플라스틱 구조물과 금속외장을 접합하기 위한 기술이 필요하다. 현재 전자제품에서 대표적인 금속과 플라스틱 접합 기술로는 접착 필름을 이용한 방법이 있고, 신기술로는 화학적 에칭을 이용한 나노 몰딩 기술이 있다.

접착 필름을 이용한 방법은 다음과 같다. 먼저,

접착 필름을 제품에 알맞게 재단한다. 그 후 플라스틱과 금속 사이에 접착 필름을 두고 지그를 이용하여 열과 압력을 가하며 누른다. 마지막으로 일정시간 냉각 시키면 접착제가 경화되어 결합력이 생성된다[1]. 접착 필름은 현재 가장 많이 사용된다. 제작이 간단하며 매우 유용한 기술이다. 하지만 비교적 높은 온도와 습도의 작용 하에서 수분에 의한 열화속도가 증가하여 고온, 고습도 환경에서 접합부의 강도손실이 증가한다는 연구보고가 있다[2~3].

나노 몰딩 기술을 이용한 방법은 다음과 같다. 먼저, 금속을 침식성 수용액에 침지 처리하여 초미세 오목부 또는 양극 산화하여 초미세 구멍의 개구부로 덮인 금속 산화물층화 한다. 이 형상물을 사출 성형 금형에 삽입하고 이것의 표면에 수지 조성물을 사출하여 일체화한 복합물을 만든다. 고화되면 침지된 부분에 수지의 삽입으로 결합력이

1. 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원  
# 교신저자: 서울과학기술대학교 제품설계금형공학과,  
E-mail: sunkkim@seoultech.ac.kr

생성된다. 나노 몰딩 기술은 접착제를 사용하지 않는 일체화 기술이다. 하나의 특이점은 금속의 선펡창틀과 수지의 선펡창틀의 차이로 인하여 쉽게 계면파괴가 이루어 질 수 있기 때문에 금속에 따른 적절한 수지의 개발이 필요하다[4].

전자제품에 있어서 금속과 플라스틱 간 접합 기술은 접착제를 이용한 접착 필름과 화학적 에칭을 이용한 나노 몰딩 기술이 있다. 현재 두 기술은 각각의 장점과 단점이 존재한다. 이중 재질인 금속과 플라스틱을 접합하는 기술은 소형제품 뿐 아니라 특수목적을 위한 금속과 플라스틱의 접합에서도 활용되며 기존 단일재료에 비하여 진동 및 충격흡수, 완충 등의 효과가 우수하기 때문에 각종 구조물에 확대되고 있는 추세이다[5~6]. 현재 넓은 분야에서 요구되고 있지만 두 기술 외에는 합리적인 기술에 대한 연구가 부족한 상황이다.

따라서, 본 연구에서는 소형 전자제품에 많이 쓰이는 금속외장을 구현하기 위하여 금속 표면에 언더컷 가공을 하여 플라스틱과 금속을 결합하는 기술을 소개하고자 한다. 소개기술은 이미 건축이나 산업분야에서 이중재료간 접합 시 접합 정도를 향상 시키기 위해 접합부에 언더컷을 생성하여 결합하는 방식으로 쓰이고 있으나 본 연구에 인서트 몰딩을 적용한 단면접합 방법으로 이를 이용하여 접합부 표면 상태에 따른 접합력 연구를 수행하였다. 연구기술의 신뢰성 및 가능성을 알아보기 위하여 KS 규격에 따른 시편을 제작하고 접합강도를 측정하는 실험을 수행하였다. 또한 측정결과를 기존의 기술과 비교 하였다.

## 2. 연구내용

### 2.1 표면상태 가공 및 접합공정

Fig. 1은 본 논문에서 연구하는 기술의 공정순서도이다. 먼저, 얇은 금속 판재의 단면에 일정한 방향으로 여러 개의 슬리팅 가공을 한다. 그 다음 슬리팅 사이에 일정각도를 가진 펀치로 펀칭하여 언더컷 형상을 만든다. 마지막으로 인서트 사출을 통해 언더컷 사이로 용융된 수지를 넣고 고화시킨다. 이러한 일련의 공정을 거치게 되면 언더컷 형상으로 인한 플라스틱과 금속간의 결합력 생성된다.

접착제에 의한 접합의 경우 접합형상에 따라 접합제의 강도가 달라지는 것으로 보고되었다. 또

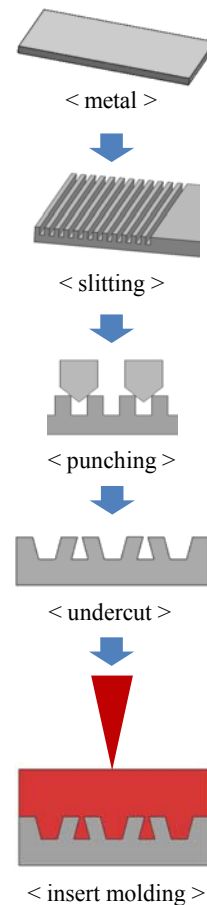


Fig. 1 Process flow

한 삼각형 모양의 굴곡을 접합부에 주었을 경우에 접합강도가 가장 높은 것으로 보고되었다[7]. 하지만 본 연구 기술은 접착제를 사용하지 않고 언더컷 형상에 의한 결합구조를 형성함으로써 접합을 가진다.

### 2.2 실험방법

기술의 신뢰성을 높이기 위하여 KS 규격에 따른 접합강도 측정 실험을 수행 하였다. 가장 보편적으로 사용되는 인장, 굴곡 접착 강도 실험을 채택하였다. 인장 전단 접착 강도 측정을 위해서는 KS M 3734 실험방법을, 굴곡 접착 강도 측정을 위해서는 KS M 3723 실험방법을 참고하였다[8~9]. Fig. 2는 인장 전단 접착 강도 측정을 위한 시편 치수이다. 인서트금형 가공을 고려하여 가로방향을 규격보다 작게 제작하였다. 본 연구에 사용된

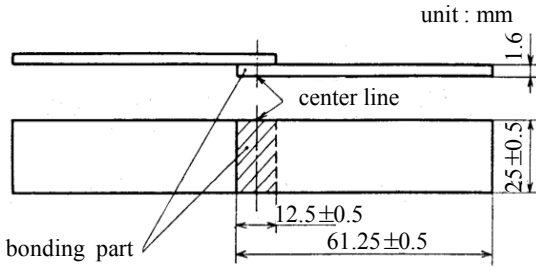


Fig. 2 Dimension of KS M 3734

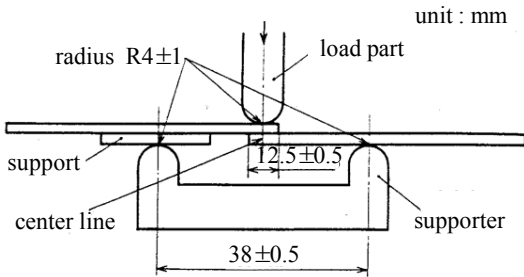


Fig. 3 Dimension of KS M 3723

실험재료 및 치수는 61.25×25×3mm의 폴리부틸렌 테레프탈레이트(Polybutylene, PBT)와 61.25×25×1.6mm의 알루미늄(Aluminum; Al) 6061이다. Fig. 3은 굴곡 접착 강도 측정을 위한 시편 치수이다. Fig. 2와 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 두 시편의 치수는 동일하다. 시편의 왼쪽이 플라스틱 부분으로 두께는 3mm이고 오른쪽이 금속 부분으로 두께는 1.6mm이다.

금속의 슬리팅 깊이와 방향에 의해 접합강도가 달라질 것으로 예상되어 0.5mm, 0.8mm 깊이의 가로방향 슬리팅 시편과 0.8mm 깊이의 세로방향 슬리팅 시편을 제작하여 실험을 수행하였다.

### 3. 시편제작

#### 3.1 인서트 사출 금형제작

본 연구에서 고안한 기술 중 인서트 사출의 과정은 중요한 부분이므로 시편제작용 인서트 사출 금형을 제작하였다. 제품생산이 아닌 시편 제작을 위한 금형으로 단일 캐비티로 제작하였다. Fig. 4는 런너레이아웃 형상이다. 런너 직경은 플라스틱 부분의 두께와 가공성을 고려하여 반원형 런너를 채택하고 반경은 5mm이다. 게이트는 폭 2mm 깊이 1.4mm이다. Fig. 5는 금형형상이다. 금형은 몰드베이스와 인서트 캐비티, 코어를 사용하였다.

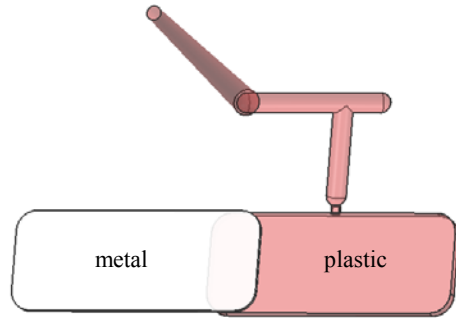
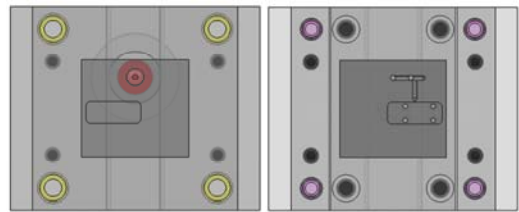
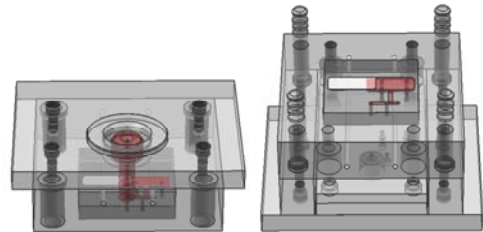


Fig. 4 Runner layout



(a) front view of upper (b) front view of down



(c) 3D view of upper (d) 3D view of down

Fig. 5 Shape of mold

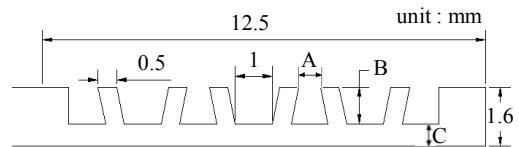
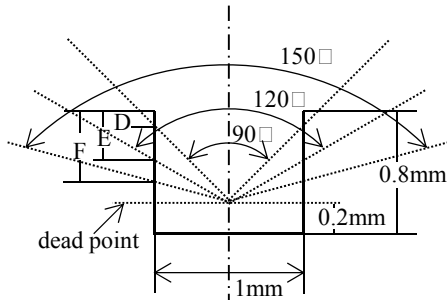


Fig. 6 Dimension of metal part

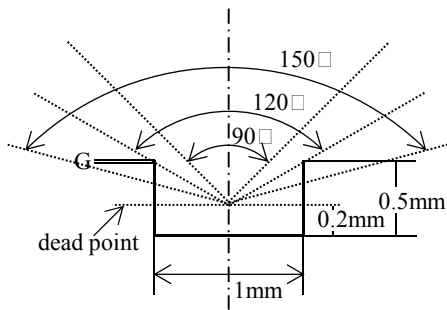
Fig. 5에서 볼 수 있듯이 먼저 알루미늄 시편을 금형에 삽입한 후 금형을 닫는다. 다음에 수지를 사출하여 빈 캐비티에 채워준 후 고화시키면 일체형 시편이 생산된다.

#### 3.2 금속 표면가공 치수선정

먼저 금속부분의 슬리팅 가공 치수는 가공 도구와 접합강도에 영향을 주는 치수를 고려하여



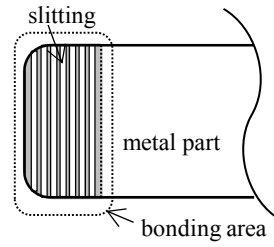
(a) slitting depth 0.8mm



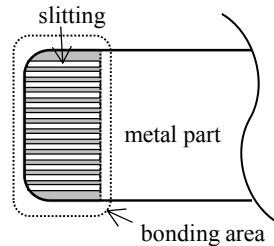
(b) slitting depth 0.5mm

Fig. 7 Dimension for punch degree

선정하였다. Fig. 6은 금속부분의 가공하는 부위의 치수이다. 슬리팅 간격은 1mm로 선정하였다. 이는 제작비용을 고려하여 범용 가공 도구 중 0.8mm 밀링커터를 이용하였고 가공할 시 1mm의 슬리팅이 생성되기 때문이다. 또한 슬리팅 간격이 너무 작을 경우 치수 A가 작아져 접합강도가 낮아질 것이 예상되기 때문이다. 치수 B는 슬리팅 깊이로 이 부분이 깊어질수록 언더컷 형상이 커져 접합강도가 더 강해질 것으로 예상된다. C의 최소 치수는 플라스틱의 두께가 3mm임을 고려할 때 과도하게 얇을 경우 실험 시 이 부분에서 먼저 파단이 일어날 수 있으므로 0.8mm로 선정하였다. 펀치의 하사점은 가공오차, 펀칭오차 발생을 고려하여 슬리팅 가공된 바닥면에서 0.2mm 떨어진 곳으로 설정하였다. 이를 고려하여 치수 B에 따른 접합 강도 차이를 비교하기 위하여 0.8mm, 0.5mm 두 가지 B 치수를 선정하였다. 펀치의 각도는 가공 용이성을 고려하여 90°, 120°, 150°중 선정하였다. Fig. 7(a)은 치수 B가 0.8mm이고 펀치가 하사점까지 도달 했을 때의 치수이다. 150°의 경우 치수 F만큼 간섭이 일어난다. 이는 치수 A가 너무 좁아질 수 있다. 90°의 경우



(a) transverse groove



(b) longitudinal

Fig. 8 Shape by slitting direction

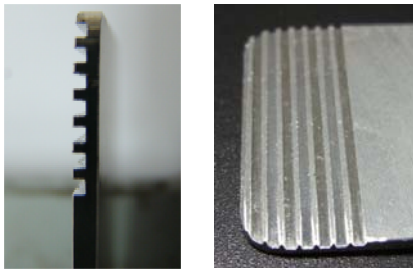
치수 D만큼 간섭이 일어난다. 이는 Fig. 7(b)에서 볼 수 있듯이 치수 B가 0.5mm일 때 언더컷 형상이 생기지 않을 만큼 간섭량이 작다. 120°의 경우 과도한 간섭이 일어나지 않으며 Fig. 7(b)와 같이 치수 G와 같이 작은 크기이지만 간섭이 일어날 수 있으며 실제 펀칭 가공 시오차 발생에 의해 작은 간섭에도 언더컷 형상이 실험이 가능한 수준으로 생성되었다. Fig. 8은 슬리팅 방향에 따른 형상이다. (a)는 가로방향으로 (b)는 세로방향으로 슬리팅한 형상이다. 세로로 슬리팅할 경우 그림에서와 같이 13개의 슬리팅이 생성되어 가로 7개의 슬리팅 개수보다 많아져 보다 많은 언더컷을 형성할 수 있어 이에 따른 강도 차이가 예상된다. 따라서 0.5mm, 0.8mm 가로 슬리팅 시편을 제작하여 슬리팅 깊이에 따른 접합강도를 비교하고, 0.8mm 세로 슬리팅 시편을 제작하여 0.8mm 가로 슬리팅 시편과의 접합강도 비교 실험을 수행하였다.

### 3.3 슬리팅 표면가공 구현

슬리팅 가공을 구현하기 위해 고안한 방법들 중 두 가지가 사용되었다. 가로 슬리팅 가공을 위해서는 밀링커터를 이용하였다. Fig. 9은 가공 모습이다. 빠른 가공이 가능하나 치공구의 제약이 따른다. Fig. 10은 밀링커터에 의한 금속부분의



Fig. 9 Slitting by milling cutter

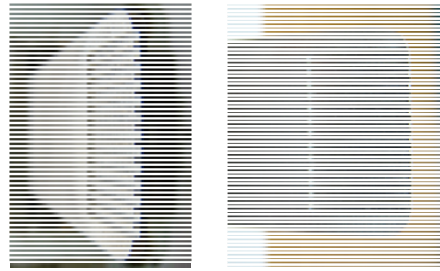


(a) side view (b) front view  
Fig.10 Slitting shape by milling cutter

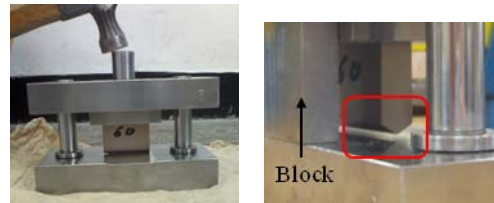


Fig.11 Slitting by end mill

슬리팅 가공형상이다. Fig. 11 은 엔드밀에 의한 슬리팅 가공 모습이다. 세로 슬리팅 가공의 경우 치공구의 제약으로 인해 밀링커터를 사용하지 못하였고 엔드밀을 사용하였다. Fig. 12 는 엔드밀에 의한 금속부분의 슬리팅 가공형상이다.



(a) side view (b) front view  
Fig.12 Slitting shape by end mill



(a) Punch for undercut (b) bottom dead point  
Fig.13 Punch for undercut



Fig.14 Undercut shape (depth 0.5mm)

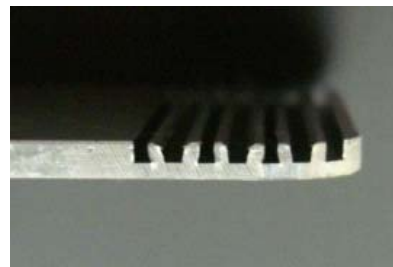


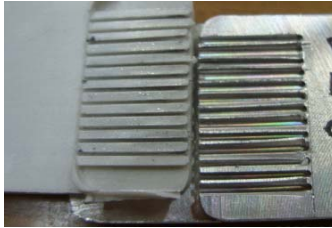
Fig.15 Undercut shape (depth 0.8mm)

3.4 언더컷 표면가공 구현  
언더컷 가공은 동일한 하사점에 의해서 동일한 언더컷 형상이 나와야 한다. 따라서 Fig. 13 의 (a)와 같은 펀치를 제작하여 언더컷 형상을 가공하였다. Fig. 13 의 (b)와 같이 하사점을 조절할 수 있

도록 블록을 설치하여 펀치가 빨간색 표시한 부분과 같이 일정한 하사점에 도달 할 수 있었다. Fig. 14, 15는 제작한 펀치에 의한 금속부분의 언더컷 가공형상 모습이다.



(a) in the polymer body(transverse groove)



(b) on the interface(longitudinal)

Fig.16 Fracture type during tensile test

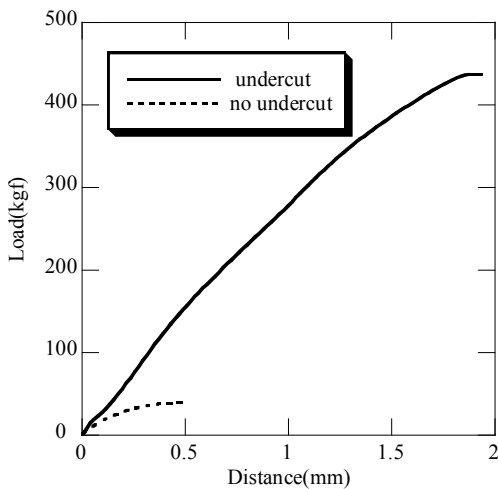


Fig.17 Load-distance curves of tensile test

#### 4. 실험결과 및 분석

##### 4.1 인장 전단 접착 강도 실험

KS M 3734는 인장 전단 접착 강도 실험 방법으로 본 연구에서는 슬리팅 가공 깊이 변화에 따른 실험치 측정과 슬리팅 방향 변화에 따른 실험치를 측정하였다. Fig. 16(a)는 0.5mm, 0.8mm 이면서 가로인 시편의 공통적인 파단형상이다. 플라스틱 부분이 먼저 파단 되었다. 이를 보아 접합강도가 플라스틱의 강도보다 높음을 알 수 있다. Fig. 16(b)

**Table 1 Result of tensile test (unit : MPa)**

specimen number method	1	2	3	4	5	fracture location
0.5mm width	14.4	14.5	14.8	13.5	13.6	polymer
0.8mm width	13.2	13.5	14.2	12.8	13.6	polymer
0.8mm length	5.5	4.2	4.9	4.1	3.8	interface

는 0.8mm 이면서 세로인 시편의 파단형상이다. 특별한 결합력이 생성되는 형상이 아니므로 형상 그대로 분리됨을 볼 수 있다.

Fig. 17는 0.5mm 인 가로 시편과 0.5mm 이면서 언더컷 가공을 하지 않고 슬리팅 가공만을 한 시편의 인장실험 그래프이다. 언더컷 가공을 하지 않았을 경우 미끄러지면서 분리되는데 40kgf의 하중이 걸리는 것을 볼 수 있다.

Table 1은 인장 전단 접합 강도 실험결과이다. 0.5mm, 0.8mm 이면서 가로 시편의 경우를 비교해 볼 때 결과 값 차이가 있는데 이는 플라스틱의 일정치 않은 강도에 의한 결과로 분석되며 플라스틱의 강도 부족으로 정확한 비교가 불가 하였다. 가로 시편의 경우 14.8MPa이상의 강도를 가질 것으로 예상된다.

##### 4.2 굴곡 접착 강도 실험

여기에 KS M 3723은 굴곡 접착 강도 시험 방법으로 본 연구에서는 슬리팅 가공 깊이 변화에 따른 실험치 측정과 슬리팅 방향 변화에 따른 실험치를 측정하였다. Fig. 18(a)는 0.5mm 인 가로 시편의 파단 형상으로 알루미늄의 언더컷 형상이 와 해되면서 접합부위 플라스틱의 파단 없이 분리됨을 볼 수 있다. 이는 접합강도가 접합부위를 파단 시키거나 플라스틱 부분을 먼저 파단 할 만큼 충분히 강하지 않음을 보여준다. Fig. 18(b)는 0.8mm 인 가로 시편으로 접합부위 계면파괴가 나타난 모습을 볼 때 0.5mm 보다 좀 더 강한 접합강도를 가지는 것을 알 수 있다. Fig. 18(c)는 0.8mm 인 세로 시편으로 접합부위가 아닌 플라스틱중간 부분이 파단 되어 플라스틱 파단 강도보다 더 높은 접합강도를 가지게 됨을 알 수 있다.

Table 2는 굽힘 실험 결과로 0.5mm 인 가로보



(a) on the interface (transverse groove, 0.5mm)



(b) on the interface (transverse groove, 0.8mm)



(c) in the polymer body(longitudinal)

Fig.18 Fracture type during flexural test

Table 2 Result of bending test (unit : kgf)

specimen number	1	2	3	4	5	fracture location
method						
0.5mm width	72	74	79	65	70	interface
0.8mm width	79	80	81	83	92	interface
0.8mm length	110	107	112	108	109	polymer

다 0.8mm 인 가로가 굴곡 접착 강도 실험에서 접합강도가 더 높고 시편 파괴 상태로 보았을 때도 0.8mm 인 가로가 더 강함을 알 수 있다. 0.5mm 인 가로 시편은 평균 72kgf 이고, 0.8mm 인 가로 시편은 슬리팅은 언더컷 플라스틱 부분이 파괴된 것으로 보아 접합 부위 플라스틱의 강도가 더 커진다면 92kgf 보다 높은 강도를 가질 것으로 판단된다. 마찬가지로 플라스틱 부분이 파단 된

Table 3 Technique comparative (unit : MPa)

technique	proposed technique	NMT technique	3M technique
strength			
tensile	14.8~	24	6.2

0.8mm 인 세로 시편의 경우도 109kgf 이상의 굴곡 접착 강도를 가질 것으로 예상된다. 슬리팅 방향에 따른 강도를 비교해 볼 때 굽힘 실험에서는 슬리팅 수가 더 많이 들어가고 그에 따른 언더컷 형상이 더 많이 생긴 세로 시편의 접합강도가 더 높게 나타났다.

#### 4.3 타 접합 기술과의 접합강도 비교

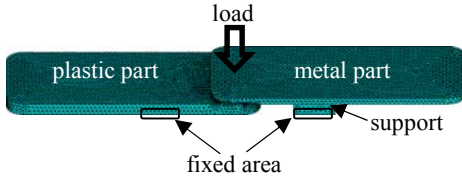
Table 3는 슬리팅 가공깊이 0.8mm인 가로 시편의 실험 결과 값과 다른 기술의 접합강도를 비교 분석한 표이다. 인장 전단 접착 강도는 휴대폰 등에 금속과 플라스틱을 장식하는 3M의 접착필름 615S의 인장강도인 6.2MPa보다 강하였다[1]. 또한 나노 몰딩 기술의 인장강도인 24MPa보다는 못 미치나 플라스틱의 강도를 보완하여 실험할 시 지 금보다 더 높은 강도가 나올 것으로 예상되고 정확한 비교를 위해서는 추가적인 실험이 필요하다 판단된다[4].

#### 4.4 유한요소해석에 의한 시뮬레이션

앞에서 수행한 실험데이터를 토대로 실험 시 발생하는 응력양상에 대해 알아보기 위해 유한요소 해석을 수행하였다. 마찰 및 접촉 해석은 비선형성 문제로 복잡한 해석이다. 따라서 인장 실험과 굽힘 실험에 대하여 해석 시 발산이 일어나지 않는 낮은 하중 범위 내에서 해석을 수행하였다. 유한요소해석 프로그램으로는 ANSYS를 이용하였다. Fig. 19(a), (b)는 인장, 굽힘 모델의 메쉬 형상 및 경계조건을 나타내었다. Fig. 19(a)는 한쪽 끝을 고정면으로 Fig. 19(b)는 양쪽 지지대가 받치는 부분을 고정면으로 설정하였다. 적용하중은 0.5mm 시편의 실험데이터 값을 적용하였다. Fig. 20은 인장실험 모델의 Von Mises 응력분포 형상이다. Fig. 20(a)에서 왼쪽이 플라스틱 부분인데 이 부분에 응력이 많이 분포되어 있음을 볼 수 있다. Fig. 20(b)에서와 같이 슬리팅 부를 확대해서 보았을 때에도 접착 부위보다 플라스틱 부분에 더 많은 응력이 집중됨을 볼 수 있다. 실제 실험에서도 플라스틱 부분의 파단이 일어난 것을 볼 때 이 부분의

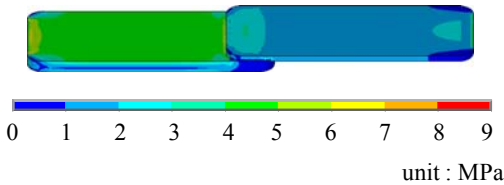


(a) tensile model

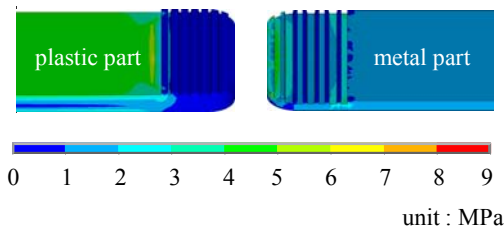


(b) flexural model

Fig.19 Mesh and boundary condition

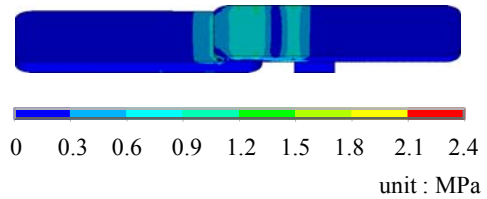


(a) Von Mises stress of tensile model

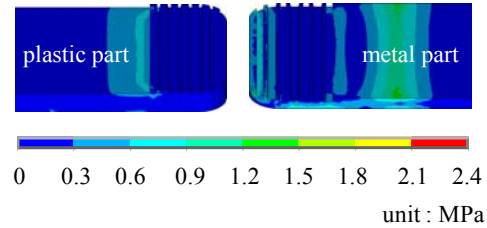


(b) detail view of bonding area  
Fig.20 Result of tensile simulation

응력집중 현상으로 인해 강도가 낮은 플라스틱 부분에 파단이 먼저 일어났음을 알 수 있다. Fig. 21은 굴곡실험 모델의 Von Mises 응력분포 형상이다. Fig. 21(a)에서 볼 수 있듯이 접합부와 접합부와의 가까운 부분에 응력이 많이 분포하였음을 볼 수 있다. Fig. 21(b)는 접합부위의 확대 형상이다. 접합부위보다 접합부에서 오른쪽으로 벗어난 곳에서 가장 많은 응력이 나타났다. 실제실험 결과에서는 이 부분이 변형보다 언더컷 된 금속 부분의 변형이 나타났지만 강도가 낮은 금속을 사용할 경우 이 부분에서 먼저 굽힘이 나타날 것으로 예상된다.



(a) Von Mises stress of flexural model



(b) detail view of bonding area  
Fig.21 Result of flexural simulation

다. 실제 실험에서는 언더컷의 결합력이 약하여 접합부에서 먼저 변형이 일어난 것으로 분석된다.

## 5. 결론

본 연구는 기술의 신뢰성과 기반을 마련하기 위해 KS 규격에 준한 실험을 수행하였다. 또한 다른 기술과 비교 분석 후 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 연구한 접합기술은 가로방향으로 슬리팅하고 그 깊이가 0.8mm인 것을 대표로 봤을 때 14.2MPa이상의 인장 접합 강도를 가진다.

(2) 가로방향으로 슬리팅하고 그 깊이가 0.8mm인 것을 대표로 봤을 때 92kgf이상의 굴곡 접합 강도를 가진다.

(3) 인장실험 결과에서 가로방향 슬리팅 0.5mm와 0.8mm는 플라스틱의 파단으로 인해 비교분석할 수 없었다.

(4) 비교분석 결과 현재 사용되는 기술 중 NMT 기술의 접합 강도에는 못 미치나 가장 많이 사용하는 기술인 접착필름의 강도보다는 높게 나타났다.

(5) 유한요소해석 수행 결과 실제 실험 결과의 원인을 분석하는데 참조할 수 있는 실험 결과와 유사한 응력분포 형상이 나타났다. 설계 시 상대적으로 물성이 낮은 플라스틱 부분에 대해



서 강성을 보완하는 고려가 필요할 것으로 분석된다.

위 결과를 볼 때 타 기술과 비교 시 일정강도를 보여 가능성과 신뢰성을 확인하였다. 다만 정확한 수치와 여러 방법에 대한 연구가 더욱 필요하다 하겠다. 또한 대량생산을 위한 실제적인 가공 방법에 대한 연구도 필요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] 3M Electron., 2010, Product documentation, [http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en\\_WW/electronics/home/productsandservices/products/TapesAdhesives/BondingFilm/](http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_WW/electronics/home/productsandservices/products/TapesAdhesives/BondingFilm/)
- [2] J. W. Wylde, 1998, Measurement of adhesive joint fracture properties as a function of environmental degradation, *Int. J. Adhes. Adhes.*, Vol. 18, pp. 237~246.
- [3] K. B. Armstrong, Long-term durability in water of aluminum alloy adhesive joints bonded with epoxy adhesives, *Int. J. Adhes. Adhes.*, Vol. 17-2, pp. 89~105.
- [4] Taisei Plas, KR-A-10-2008-0074929, 13, 2008
- [5] N. Y. Chung, 2002, Evaluation method of interface strength in bonded dissimilar materials of Al/Epoxy, *Proc. Kor. Soc. Mech. Eng.*, Vol. 26, No. 11, pp. 2277~2286.
- [6] S. H. Kim, C. J. Lee, J. H. Kweon, J. H. Choi, 2007, An experimental study on strength of single-lap bonded joints of carbon composite and aluminum, *Proc. Kor. Soc. Aeronaut. Space Sci.*, Vol. 35, No. 3, pp. 204~211.
- [7] D. W. Seo, H. J. Kim, J. K. Lim, 2004, Shape design of adhesive joints for strength improvement of epoxy adhesive structures, *Proc. Kor. Soc. Mech. Eng.*, Vol. 28, No. 6, pp. 783~790.
- [8] Kor. Agency. Technol. Stand., 2010, KS M 3734, <http://www.standard.go.kr>
- [9] Kor. Agency. Technol. Stand., 2010, KS M 3723, <http://www.standard.go.kr>