

레이저 용접 블랭크 응용 자동차 범퍼 개발 Application of Laser Welded Tailored Blank for Automobile Bumper Beam

서 정*, 한유희* 김태일**, 이문용**, 이광현**

J. Suh, Y. H. Han, T. I. Kim, M. Y. Lee, K. H. Lee

*한국기계연구원, **주성우금속

('98.6.25심사시작-'99.2.22심사완료)

ABSTRACT

In this paper, weldability and formability of Tailored-Blank (TB) and the structural impact testing of bump beam were investigated to apply TB to automobile bumper beam. The optimal CO₂ laser welding condition for TB of SPFC and SPRC steel plates with different thicknesses was obtained. Before welding, the cross section of butt joint was prepared only by shearing without milling process. Real type bump beam was produced by two kind of forming processes such as roll-forming and press-forming, and the good formability of TB was obtained. Impact test results of bump by using pendulum and barrier were satisfied the impact regulation of bump. Finally, It may be confirmed that laser welded TB is well-balanced material in both weight reduction and production cost of automobile bump.

Key words: Bumper beam (범퍼빔), Laser beam welded tailored-blank (레이저용접블랭크), Weldability (용접성), Formability (성형성), Different thickness and materials (이종두께·이종재질), Impact test (충돌시험)

1. 서론

자동차의 안전성, 주행편의성, 안락성 등 소비자의 욕구가 다양화됨에 따라 전장부품, 안전 및 편의장비의 장착으로 인해 자동차 중량이 증가하는 추세에 있다. 반면에 전세계적인 환경규제와 각국 정부의 연비규제로 차량경량화에 의한 연비개선이 중요한 과제로 부각되고 있다.^{1,2)}

일반적으로 자동차 범퍼의 구조는 범퍼커버(bumper cover), 충격흡수재(energy absorber), 범퍼빔(bumper beam or bumper back beam), 차체

연결부(bracket or stay)로 구성되어 있다. 여기서, 범퍼빔은 대형 강도부품으로 범퍼빔의 경량화는 자동차 전체의 경량화에 큰 효과가 있다.³⁾

범퍼빔 재료로서는 강판, 알루미늄, 플라스틱이 이용되고 있으며,^{2,6)} 본 연구는 기존의 강판 범퍼빔의 경량화 및 비용 절감을 위한 연구로 진행되었으며, 기존의 다 부품 용접 범퍼빔 구조를 변경하기 위하여 일체형 레이저 용접 블랭크를 적용하고자 하였다.

기존의 강판 범퍼의 구조에서 범퍼빔은 두께가

일정한 판재를 성형하여 제작하기 때문에 국부적으로 편중되는 강성요구부에는 보강재를 저항 점 용접으로 부착하여 강성을 향상시키고 있다. 그러나, 국부적으로 강판의 두께를 조절하여 보강재를 제거할 수 있다면, 무게의 감소 및 생산 비용의 절감이 가능해 질 수 있다. 즉, 두께 또는 재질이 다른 강판을 일체화된 형태로서 용접(TB)한 후 성형을 하는 것이 생산성 및 정밀도 향상을 위해서 유효한 방법으로 알려져 있으며⁷⁹⁾, 강도, 강성, 내부식성 등의 각 부분의 요구성능에 따라 판 두께, 재질 등의 변경요구 조건에 대응할 수 있으므로 재료에 대한 제품의 비율이 증가되며, 생산공정을 줄일 수 있다.

본 연구는 중소기업 기술혁신사업의 일환으로 수행되었으며, 기존의 다부품 용접 구조를 일체형 레이저 용접블랭크 구조로 대체함으로써 경량화 및 원가 절감을 목표로 하고 있다. 따라서, 레이저 용접 블랭크 제작을 위한 최적 용접조건을 도출하고 성형성을 평가한 후 충돌시험을 수행하였다.

2. 기존 점용접 구조와 용접블랭크 구조의 비교

Fig. 1은 기존의 점용접으로 제작되는 범퍼빔 구조의 한 예를 보여주고 있다.

기존의 강판 범퍼빔의 구조에서는 일정한 두께를 가지는 강판을 성형하여 제작한 rail 1 ①과 rail 2 ②사이에 보강재 ③과 ④를 점용접으로 부착하여 국부적으로 편중되는 강성요구부를 보강하게 된다. ⑤는 차체와 연결되는 stay이다.

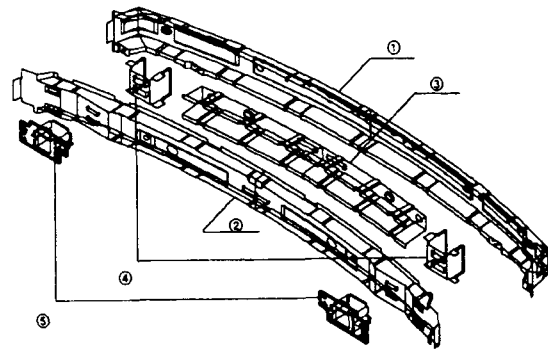


Fig. 1 Components of the reinforced spot welded bumper beam :

① : rail 1, ② : rail 2, ③④ : reinforce beam, ⑤ : stay

Fig. 2는 이중두께를 갖는 용접블랭크를 사용한 범퍼빔 구조를 보여주고 있다. Fig 1에서 중앙의 보강재 ③이 부착되는 부위의 두께를 조절 (단면 형상 변경도 포함)하거나 강성재료를 사용하여 보강재를 제거함으로써 무게의 감소 및 생산 비용의 절감이 가능할 수 있다. 즉, 두께 또는 재질

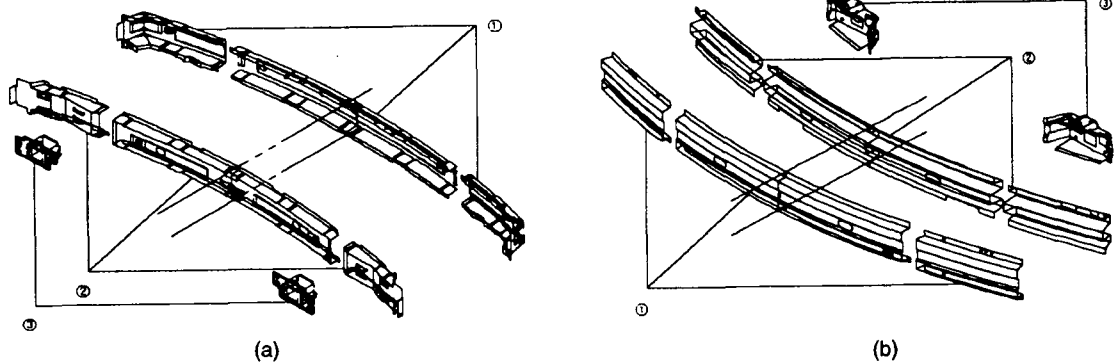


Fig. 2 Geometry of bumper beam by using tailored blank with different thickness : ① : rail 1, ② : rail 2, ③ : stay

(a) Press forming type

①rail 1 : SPFC 590 1.6t+SPEC 590 2.0t+SPFC 590 1.6t

②rail 2 : SPRC 35R 1.4t+SPRC 590 1.4t+SPRC 35R 1.4t

(b) Roll forming type

①rail 1 : SPFC 590 1.2t+SPFC 590 1.4t+SPFC 590 1.2t

②rail 2 : SPRC 35R 1.4t+SPFC 590 1.4t+SPRC 35R 1.4t

이 다른 강판을 일체화된 형태로서 용접한 후 성형함으로써 생산성 및 정밀도 향상을 꾀할 수 있다.

3. 실험

3.1 실험재료 및 조합

실험에 사용한 재료는 자동차용으로 사용되는 강판인 SPFC 590 (이하 SPFC로 정의)과 SPRC 35R (SPRC로 정의)로서 각 재료의 화학적 조성 과 기계적 특성은 Table 1과 2에 각각 나타나 있다. SPFC는 인장강도가 590MPa이상인 고장력강 이며, SPRC는 인장강도가 340MPa 이상인 P 첨가 고용강화형강이다.

이종두께 · 이종재료의 레이저 용접블랭크를 제작하기 위해 두께 2.0mm, 1.6mm, 1.4mm, 1.2mm를 갖는 SPFC와 SPRC의 강판들을 조합하였으며, 성형후의 범퍼빔의 형상을 고려하여 길이와 폭을 결정하였다.

Table 1. Chemical composition of materials(wt%)

material	C	Si	Mn	P	S
SPFC 590	0.09~0.12	0.50~0.55	1.50~1.80	~0.040	~0.040
SPRC 35R	~0.10	~0.05	-	~0.10	~0.040

Table 2. Mechanical properties of materials.

material	strength		elongation (%)	bending test	
	yield strength (MPa)	yield strength (MPa)		angle	inner radius
SPFC	>390	>590	>18	180	equivalent to thickness
SPRC 35R	>195	>340	>34	180	contact

3.2 실험장치 및 실험방법

레이저 용접 블랭크를 제작하기 위한 CO₂ 레이저 발전기는 연속 출력파이며 정격 출력 4kW의 횡여기 방식(transverse flow type)으로서 빔 모드는 multi-mode이다. 기초실험을 통하여 빔의 초점은 시편 표면으로부터 1mm 아래로 설정하고, 레이저 출력은 3.5kW로 고정하였으며, 보조 가스로 아르곤(Ar)을 사용하였다. Photo. 1은 용접실험에 사용된 레이저 용접 장치의 헤드(head)와 용접블랭

크용 용접치구(jig)를 보여주고 있다.

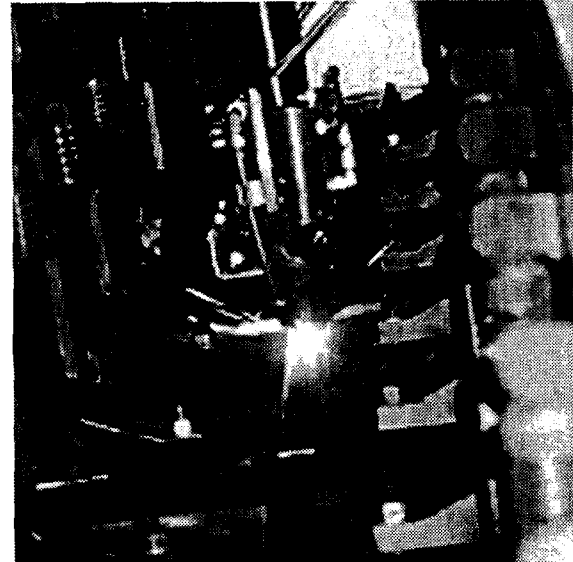


Photo. 1 Photograph of laser welding head and jig

레이저 용접시 맞대기 용접부 허용 간격은 $0.1t$ (t : 가장 얇은 판재의 두께)로 되어야 하므로 판재의 사령한 면의 절단 상태가 레이저 용접 불량的重要原因이 된다.

일반적으로 사령한 면의 양호한 절단상태를 위하여 정밀 절단 또는 밀링작업이 요구되고 있으나, 사령한 상태로 레이저 용접이 가능하도록 용접조건을 선택하는 것이 비용절감 및 공정 단축을 위해 가장 적절한 방법이고, 또한 양산시 발생할 수 있는 최악의 사령 조건으로 설정하였다. 따라서, 용접실험에서는 일반적인 사령 상태의 판재를 사용하였고, 별도의 공정이 필요없도록 Fig. 4의 (b)와 같이 용접부를 최적의 조건으로 배치하여 용접하였다.

레이저 용접후의 조직특성은 광학 현미경을 사용하여 관찰하였다. 또한 레이저 용접부의 경도는 Mitutoyo HVK-H1 비이커스 경도 측정기를 사용하여 측정하였으며, 이때 시험하중은 500g이다.

인장시험은 JIS Z2201. 규격의 시편을 제작하여 실시하였으며, 인장시험편은 시편의 용접부가 인장방향에 대해 수직 또는 수평이 되도록 두 가지

형태를 갖도록 제작되었다.

레이저 용접된 이중 두께·이중 재질의 레이저 용접블랭크에 대하여 프레스 성형과 롤 성형 실험을 하였다. 프레스 성형실험은 성우금속에서 보유하고 있는 기존의 프레스 금형을 수정하여 사용하였으며, 롤 성형에 사용한 장비는 본 연구를 위하여 제작한 시험용 장비를 사용하였다. 롤 성형 속도는 1.5m/min로 설정하였으며, 요구되는 곡률 형성을 위하여 3-롤(3-roll) 성형법을 사용하였다. Photo. 2는 레이저 용접 블랭크의 롤 성형 장면을 나타내고 있다((주)성우금속, 특허).

범퍼 충격흡수시험을 위해 roll forming 범퍼와

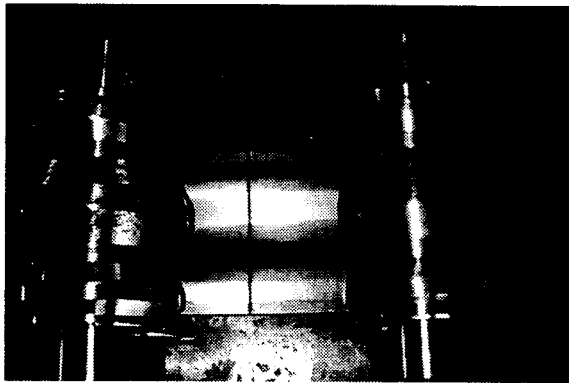


Photo. 2 Photograph of roll forming process of laser welded blank.

press forming 범퍼 두종류를 사용하였다. 충격실험을 위해 기존의 범퍼제품과 동일하게 범퍼 cover를 붙이고 범퍼 cover와 범퍼 빔사이에 충격흡수재를 삽입한 후 대차에 장착하였으며, 자동차 성능시험 연구소의 충격시험실에서 실시하였다. 충격흡수시험 기준은 북미법규인 FMVSS(REG. 581)에 근거하였으며, 진자(pendulum)충격흡수시험과 고정벽(barrier) 충격흡수 시험으로 실시하였다.

Fig. 3 (a)에서 ①은 20" center 충격흡수시험 ②는 16" LH offset 시험 ③은 20" RH corner 시험을 나타내고 있다. 시험은 진자 충격 흡수시험의 ①, ②, ③을 실시한 후, 고정벽 충격흡수시험을 실시하였으며, 범퍼 안정화를 위하여 각 시험항목 실시중간에 30분 이상의 간격을 유지하도록 하였다.

4. 실험결과및 고찰

4.1 레이저 용접부 특성

Photo. 3의 (a)~(d)는 레이저 출력 35kW하에서 여러 용접속도에 따른 SPFC 강판 (두께: 1.4mm)의 맞대기 용접부 단면 사진들을 나타내고 있다.

용접속도 4m/min 조건으로 맞대기 용접한

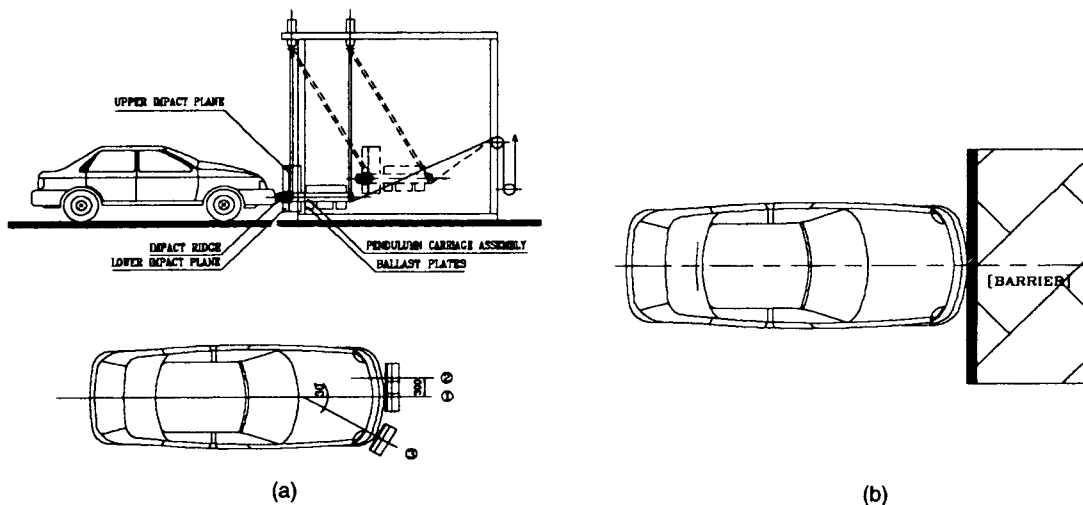


Fig. 3 Schematic diagram of impact test (a) pendulum, (b) barrier

photo. 3(a)의 경우, 용입부족 현상이 나타났으며, 용접부가 약 0.1mm 정도 좌측으로 벗어나 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 용접부의 절단면 상태에 기인될 수 있다고 판단된다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 절단면의 상태가 양호하지 않을 때 맞대기 용접부는 두 가지로 조합될 수 있을 것이다. Fig. 4(a)의 경우 상부면이 심하게 함몰될 수 있으나, photo 3(a)에서 상부면 함몰이 일어나지 않았으므로 Fig. 4(b)의 형태가 유추될 수 있다.

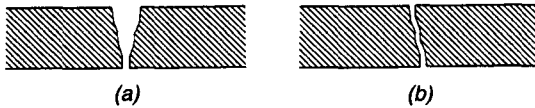


Fig. 4 Combination of sheet ends profile in a butt welding

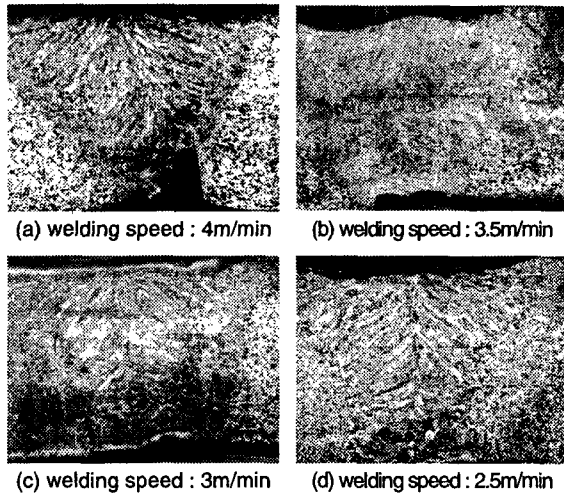


Photo. 3 Optical microstructure of bead cross section of butt joint of SPFC plates ($t=1.4\text{mm}$) at various welding speed under



Fig. 5 Schematic diagram of weld bead.

그러나, Photo. 3의 (b) 3.5m/min (c) 3m/min (d) 2.5m/min의 용접속도에서는 절단면의 조합에 관계없이 양호한 용접부를 얻을 수 있었다. (d)의 경우, 비교적 느린 용접 속도로 인하여

underfill이 발생하여 표면이 약 0.1mm 정도 함몰된 것을 볼 수 있으며, 이것은 과도한 레이저 입열량에 기인될 수 있다. 기존의 논문들(7,9)에 의하면 Fig. 6에서 표시된 T/To 가 0.8이상인 경우에는 강도와 성형성이 일정하게 나타난다고 보고되어 있으므로 $T/To > 0.8$ 인 경우 양호한 용접부로 규정할 수 있다.

Photo. 4의 (a)~(c)는 레이저 출력 3.5kW, 용접속도 3.0m/min에서 각각 동종재질·이종두께, 이종재질·동종두께, 이종재질·이종두께의 강판들의 조합에 따른 맞대기 용접부 단면 사진들을 나타내고 있다. (a)는 두께 2.0mm와 1.6mm의 SPFC 강판의 조합, (b)는 두께 1.4mm의 SPFC강판과 두께 1.4mm를의 SPRC강판의 조합, (c)는 두께 1.2mm의 SPFC강판과 두께 1.4mm의 SPRC강판의 조합이다. 각 경우에서 양호한 용접부를 얻을 수 있었다.

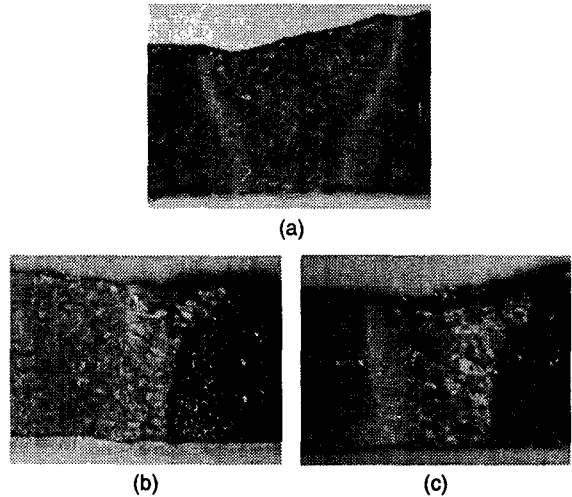


Photo. 4 Bead cross sections under welding speed 3m/min and laser power of 3.5kW with various combination.

- (a) SPFC ($t=2.0\text{mm}$) and SPFC ($t=1.6\text{mm}$)
- (b) SPFC ($t=1.4\text{mm}$) and SPRC ($t=1.4\text{mm}$)
- (c) SPFC ($t=1.2\text{mm}$) and SPRC ($t=1.4\text{mm}$)

Photo. 3과 4의 용접부에서 측정된 경도 값의 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 레이저 출력 3.5kW에서 여러 용접속도로 실험한 SPFC 강판의 경우

(a)를 보면, 용접속도에 따른 용접부의 경도 값은 큰 차이를 보이지 않음을 알 수 있다. 이중재질·이중두께의 용접부에서도 거의 비슷한 용접부 경도 값을 보이며, 모재의 약 1.7~2배의 값을 나타내고 있다.

인장시험은 레이저 용접부가 인장방향에 대해 수직 또는 수평이 되는 두 가지 형태에 대해 수행하였으며, 그 결과가 Photo. 5의 (a)와 (b)에 각각 나타나 있다. 용접부가 인장방향과 평행한 경우 (a)에서는 균열이 용접부에서 시작되어 모재부로 이동되어 파단이 일어남을 알 수 있다. 용접부는 모재에 비하여 인장강도는 비교적 높은 데 비해

연신율이 작으므로 모재와 동일한 변형시에 용접부에 걸리는 응력은 크고 모재의 응력은 작게 된다. 따라서, 용접부에 응력이 집중되어 용접부에서 미세 균열이 발생되며 이로 인해 파단이 시작된다. 한편 용접부가 인장방향과 수직인 경우 (b)에서는 용접부와 모재가 동일한 힘을 받으나, 용접부는 탄성범위에 있는데 반해 모재는 이미 소성변형을 일으키므로 모재에서 파단이 일어나게 되는 것이다.

Fig. 7은 동일한 SPFC 강판으로 맞대기 용접된 시편 (Photo. 5의 (b) 형태)의 용접속도에 따른 인장강도의 관계를 나타내고 있다. 용접속도와 관계

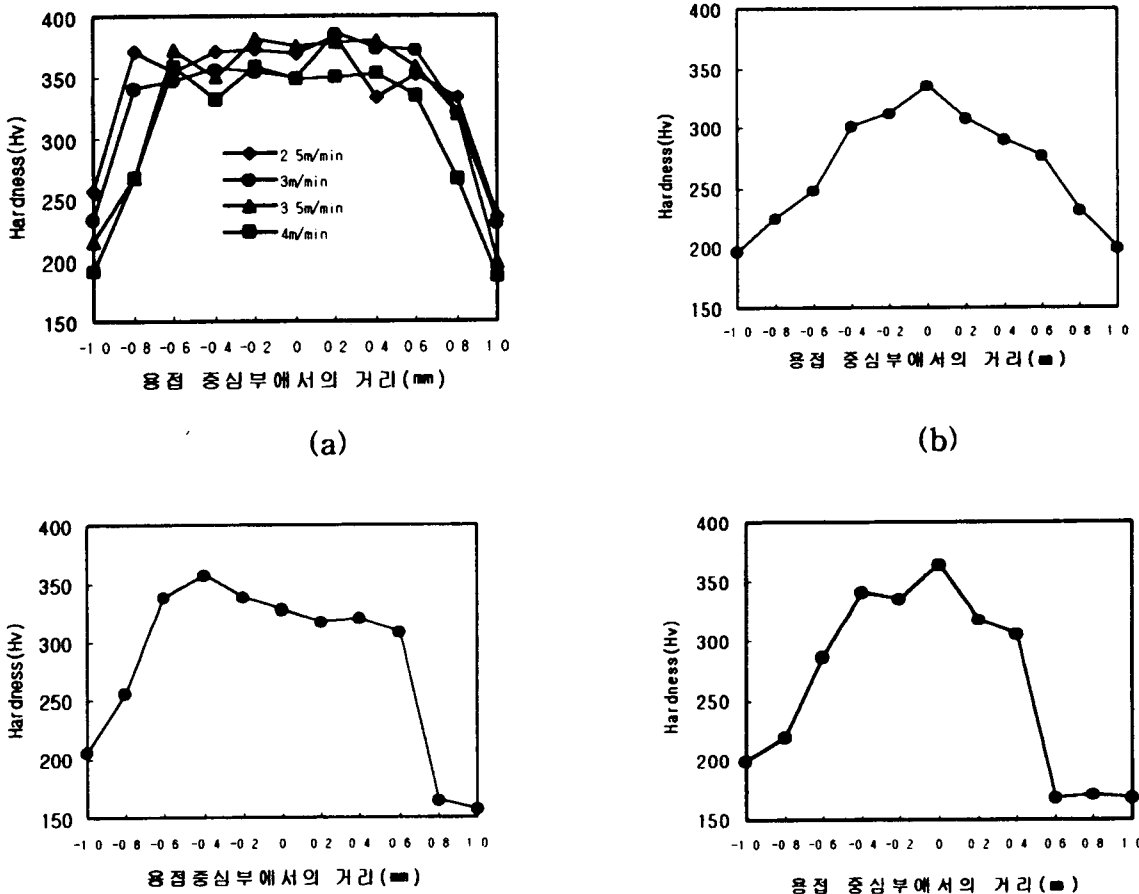


Fig. 6 Hardness distribution of bead cross section under laser power of 3.5kW with various combination.
 (a) SPFC ($t=1.4\text{mm}$) and SPFC ($t=1.4\text{mm}$) (Photo. 3)
 (b) SPFC ($t=2.0\text{mm}$) and SPFC ($t=1.6\text{mm}$) (Photo. 4(a))
 (c) SPFC ($t=1.4\text{mm}$) and SPRC ($t=1.4\text{mm}$) (Photo. 4(b))
 (d) SPFC ($t=1.2\text{mm}$) and SPRC ($t=1.4\text{mm}$) (Photo. 4(c))

없이 모재부에서 파단이 발생하였으며 용접부가 양호함을 알 수 있다. 또한, 파괴강도 값은 Table 2의 SPFC 강판의 파괴강도 범위와 일치하고 있음을 알 수 있다. 인장강도는 용접부가 인장방향과 수평인 경우에는 상대적으로 높은 인장강도 값을 가진 재료의 인장강도에 지배되고, 용접부가 인장방향과 수직인 경우 상대적으로 낮은 인장강도를 갖는 재료의 인장강도에 지배되는 경향을 나타내고 있다.

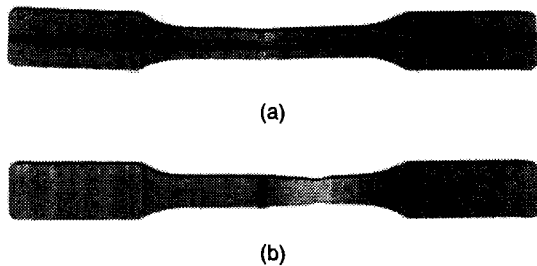


Photo. 5 Photograph of specimens after tension fracture test.
 (a) Horizontal type, (b) Vertical type.

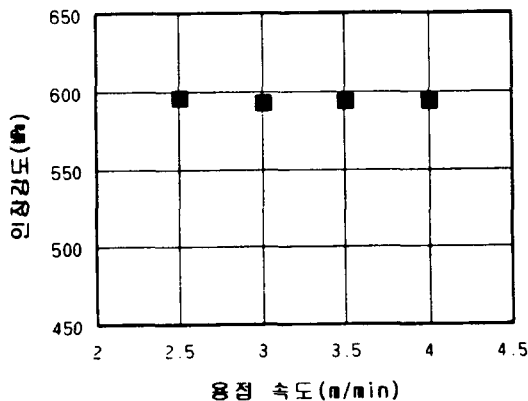


Fig. 7 Relation between tensile strength and welding speed.

4.2 성형성 평가

레이저 용접된 이중 두께 · 이중 재질의 레이저 용접블랭크에 대하여 프레스 성형 또는 롤 성형 실험을 하였다. 프레스 성형실험은 성우금속에서 보유하고 있는 기존의 프레스 금형을 수정하여 사용하였으며, 성형성은 매우 우수하였다. 프레스 성형품은 롤 성형품과 비교를 위한 것으로, 본 연

구에서는 범퍼빔 제작 경비를 줄이는 방안으로 롤 성형성에 중점을 두었다. 롤 성형 속도는 1.5m/min로 설정하였으며, 요구되는 곡률 형성을 위하여 3-롤(3-roll) 성형법을 사용하였다. 롤 성형기로 성형되는 동일 두께 · 이중 재질 및 이중 두께 · 동일 재질의 레이저 용접블랭크가 롤 성형기를 통과할 때, Photo. 2를 보면 용접부를 중심으로 롤 성형 진행방향과 수직하게 인장응력이 발생함과 동시에 곡률형성이 이루어지므로 용접부가 인장방향과 수직한 경우의 인장시험의 조건을 가지며, 동시에 굽힘변형도 발생하게 된다. 따라서, 용접부에 미세결함이 존재하면, 파단은 용접선을 따라 급속히 진행하며 Photo. 6의 (a)와 같은 파단부가 발생하게 된다. (b)는 양호한 용접부를 가지는 성형 범퍼빔을 보여주고 있다.

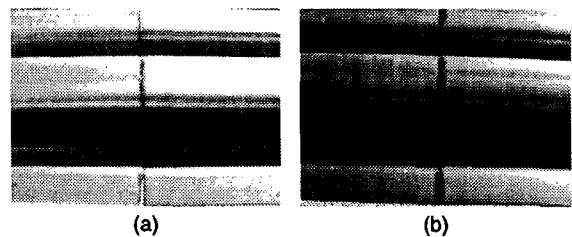


Photo. 6 Photograph of laser weld seam after roll forming.
 (a) Fracture weld seam, (b) Normal weld seam.

4.3 충돌시험 평가

프레스 성형 범퍼빔은 앞의 Fig. 2(a)의 형태를 가진다. Rail 1은 두께 1.6mm+2.0mm+1.6mm의 SPFC 강판 용접블랭크를 사용하였고, rail 2는 1.4mm(SPRC)+1.4mm(SPFC)+1.4mm(SPRC)의 용접블랭크를 사용하였다. Rail 1이 rail 2에 비해 강성을 갖도록 제작되었다.

롤 성형 범퍼빔은 앞의 Fig. 2(b)의 형태를 가진다. Rail 1은 두께 1.2mm+1.4mm+1.2mm의 SPFC 용접블랭크를 사용하였고, rail 2는 1.4mm(SPRC)+1.4mm(SPFC)+1.4mm(SPRC)의 용접블랭크를 사용하였다. 롤 성형 범퍼빔의 rail 2는 프레스 성형 범퍼빔의 rail 2와 동일한 용접블랭크를 사용하였다.

Photo. 7의 (a)와 (b)는 각각 충돌시험을 실시한

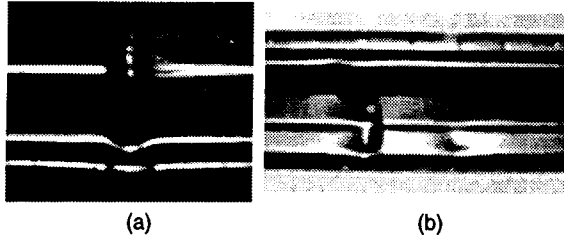


Photo. 7 Bumper back beam condition after impact test
(a) Press forming bumper and (b) roll forming bumper

후의 프레스 성형 범퍼빔과 롤 성형 범퍼빔의 형상들을 각각 나타내고 있다. 프레스 성형 범퍼빔에서는 충돌시험 후 중심부에 V자 모양의 충격에 의한 변형이 발생되었고, 롤 성형 범퍼에서도 중심부에 변형이 발생하였으나, 프레스 성형에 비해 상대적으로 적음을 알 수 있다.

Table 3. Impact testing conditions.

Test type	Impact position	height (inch)	velocity (mile/hour)
Pendulum test	center	20	5
	offset	20	5
	corner	16	3
Barrier test	center	-	5

범퍼 충돌시험은 단순히 범퍼빔의 찌그러짐 등의 외형상의 형태가 아닌 충돌시의 변형의 크기 즉, 범퍼의 밀림량(intrusion), 굽힘량(deflection)과 충격흡수 특성을 알아보기 위한 것이다.

밀림량은 대부분의 승용차에서 시속 5마일 속도에서 100mm를 넘지 않도록 규정되어 있다. 이 값은 범퍼 커버에서 차체까지의 거리를 나타내므로 충돌시 밀림량이 이 한계를 벗어나면 차체에 손상이 일어날 수 있다. 굽힘량은 범퍼빔 후면에서 차체까지의 허용거리로서 승용차에서는 대부분 50mm의 값을 가진다. 따라서 시속 5마일 속도의 충돌시 굽힘량이 이 한계를 벗어나면 차량의 차체에 손상이 일어날 수 있다.

충돌시의 프레스 성형 범퍼와 롤 성형 범퍼의 실험 결과가 Table 4에 정리되어 있다. 프레스 성형 범퍼와 롤 성형범퍼는 밀림량과 굽힘량의 위의 요구조건을 모두 잘 만족함을 알 수 있으며, 특

히, 롤 성형 범퍼가 프레스 성형 범퍼에 비하여 충돌 변형량이 적음을 알 수 있다.

Table 4. Impact testing results.

No.	Test type	Impact position	Velocity (MPH)	Instrusion (mm)	Deflection (mm)	비고
1	Pendulum impact test	20" Front center	5.00	72	12	Press
2		20" Rear center	5.16	62	13	Roll forming
3		16" Front offset	5.11	83	Center : 13 300/L : 11	Press
4		16" Rear offset	5.26	71	Center : 5 300/L : 2	Roll forming
5		20" Front corner	2.96	67	14	Press
6		20" Rear corner	2.96	56	3	Roll forming
7	Barrier impact test	Front	5.29	86	Center : 32 Stay : 9	Press
8		Rear	5.20	71	Center : 27 Stay : 11	Roll forming

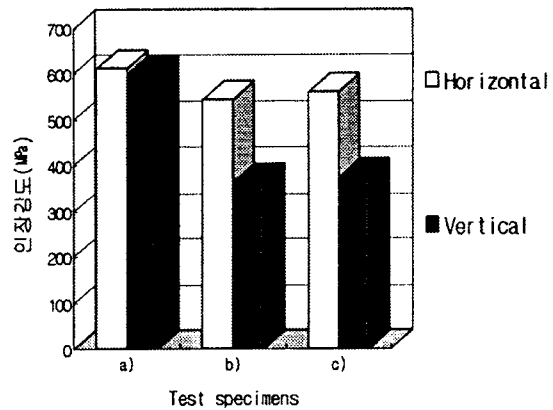


Fig. 8 Diagram of tensile strength under welding speed 3m/min and laser power of 3.5kW with various combination.

- (a) SPFC (t=2.0mm) and SPFC (t=1.6mm)
- (b) SPFC (t=1.4mm) and SPRC (t=1.4mm)
- (c) SPFC (t=1.2mm) and SPRC (t=1.4mm)

Fig. 9~11은 프레스 성형 범퍼와 롤 성형 범퍼의 충돌 흡수 시험 결과로서 충돌에너지와 시간과의 관계를 나타내고 있으며, 이것은 북미 안전법규인 FMVSS REG 581의 시험 규정에 의하여 시험했을 때, 범퍼가 흡수할 수 있는 최대 충격에너지 흡수량이다.

북미 안전법규인 FMVSS REG 581의 시험 규정에 의한 범퍼의 충격 에너지 흡수량은 차량의

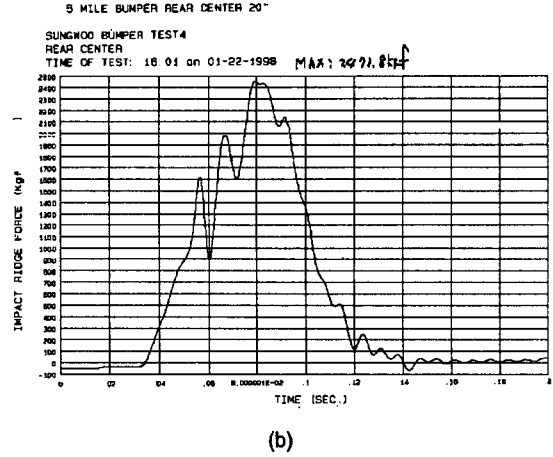
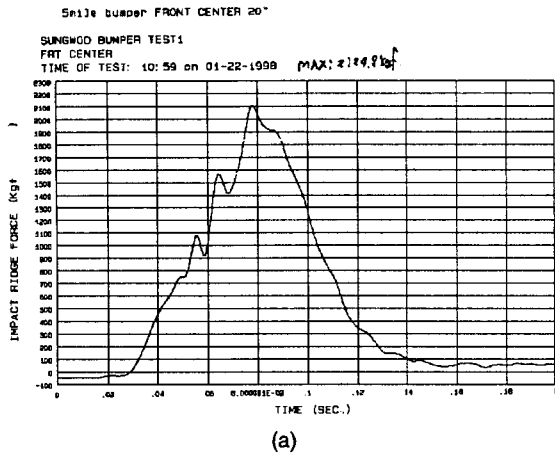


Fig. 9 Comparison of impact force - time relations at the center
 (a) press forming bump and (b) roll forming bump

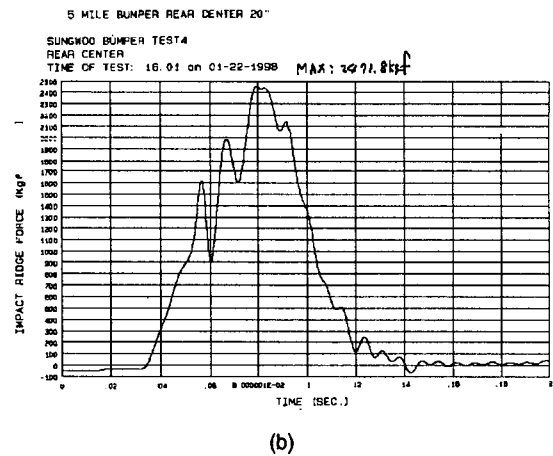
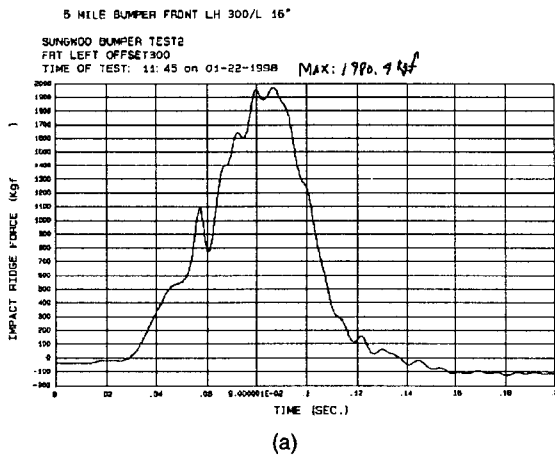


Fig. 10 Comparison of impact force - time relations at the offset 300mm
 (a) press forming bump and (b) roll forming bump

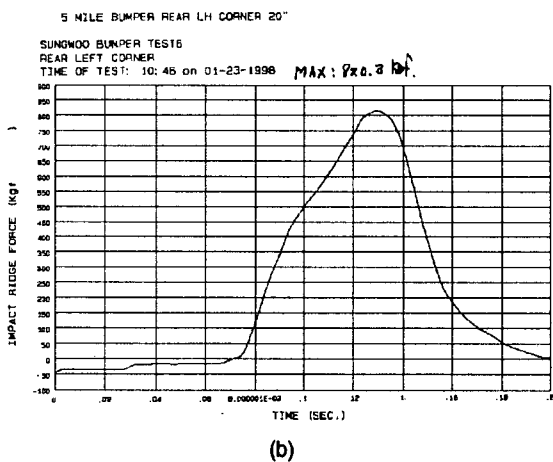
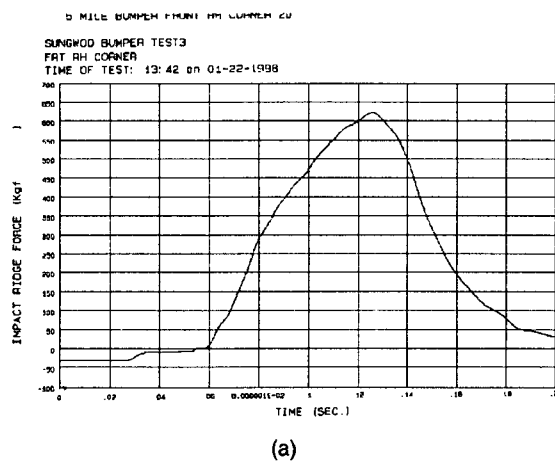


Fig. 11 Comparison of impact force - time relations at the corner
 (a) press forming bump and (b) roll forming bump

충돌속도가 일정하므로 시험 대상 차량의 중량에 의존한다. 즉, 자동차용 범퍼의 충격 에너지 흡수능은 차량 중량에 따라 그 요구량이 상이하 며, 안전법규를 만족하는 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 컴퓨터 모의 실험에 의하여 설계되는 양이다.

본 실험 조건에서 프레스 성형 범퍼의 최대 충격에너지 흡수량은 20.8GPa의 값을 나타내었고, 롤 성형 범퍼의 최대 충격에너지 흡수량은 24.2GPa이었다.

5. 결론

본 연구는 중소기업 기술혁신사업으로 수행되었으며, 기존의 저항 점용접 구조를 레이저 용접 블랭크 구조로 대체함으로써 경량화 및 원가 절감을 목표로 하였다. 따라서, 레이저 용접 블랭크 제작, 성형성을 평가 및 충돌시험을 수행하여 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 이중두께를 갖는 SPFC 강판과 SPRC 강판을 사용한 용접블랭크 제작을 위한 최적 용접조건을 도출하였다. 특히, 맞대기 joint부를 밀접작업을 하지 않고 단순 일반 절단면 상태로 사용하여 양호한 용접부를 얻을 수 있으므로 공정의 단순화를 추구할 수 있었다.

2) 레이저 용접블랭크의 프레스 성형성과 롤 성형성은 우수하였다.

3) 프레스 성형 범퍼와 롤 성형 범퍼를 사용한 충돌시험에서 모두 범퍼 요구조건인 북미법규 FMVSS(REG, 581)를 만족하였으며, 롤 성형 범퍼가 충돌 성능이 프레스 성형 범퍼에 비해 우수하였다.

4) 기존의 점용접 구조의 범퍼와 비교하여 중량 13~15% 제작비용 16% 를 절감할 수 있었고, 앞으로 범퍼 구매업체와의 협의를 통하여 양산라인 구축을 계획하고 있으며, 자동차 차체 등 타 부분으로의 적용을 확대 할 계획이다.

참고문헌

1. 박규섭, "자동차 경량화의 현황과 전망," 자동차경제 (1997. 10. 28) pp. 24-29.
2. P.A. Allen, D.W. McCullough and S.A. Tan, "Extruded Aluminum Bumper System," SAE Paper 940159 (1994).
3. T. Mori, H. Hamano, K. Suzuki, A. Yoshitake, Y. Hashimoto and K. Iwase, "Application of Ultra-high Strength Steel Sheets to Bumper Beams," NKK 技報 No.151 (1995), pp.17-21.
4. T. Mori, H. Hamano and K. Suzuki, "Structural Performance and Weight Reduction of Steel, Aluminum and Stampable Sheet for Bumper Beams," SAE Paper 940757 (1994).
5. R. Eller and M.A. Kirsch, "Material Substitution Trends in Global Automobile Bumper System," SAE Paper 880459 (1988).
6. 김명훈, 김상하, 하성규, "차량용 범퍼의 설계 및 구조해석," 한국자동차공학회 1997년도 추계 학술대회 논문집, pp.1019-1024 (1997).
7. 서정, 한유희, 김정오, 이영신, "이중두께 강판의 CO₂ 레이저 용접 및 성형성," 대한용접학회지, 제14권, 제1호, pp. 45-54 (1996).
8. 서정, 한유희, "자동차 산업에서의 레이저 용접," 대한용접학회지, 제12권, 제2호, pp. 49-63 (1994).
9. K. Ikemoto, Y. Niimi and T. Iwai, "Application of Laser Welding for Automobile Body Panel," Journal of JWS, Vol. 10, No. 1, pp. 196-201 (1992).
10. 강인찬, "현대 용접 공학," 연문사, p. 138.