

# 차체 Side Outer 개발을 위한 TRIP60 소재의 레이저 TWB 적용에 관한 연구

## A study of TRIP60 laser TWB for the development of car body part side outer

(주)성우하이텍 기술연구소 정태현, 이문용, 정병훈, 김종섭  
현대자동차(주) 튜링센터 금형기술개발팀 서만석, 김덕환

### I. 서론

자동차 산업에서 경량화의 궁극적인 목적은 자원절약, 연비향상 및 저공해 차량의 개발이다. 경량화는 경량 금속이나 플라스틱의 사용에 의한 것도 있지만 이는 기존의 철강 보다 가격이 높으며 사용에 어려움이 있어 철강을 이용한 경량화 연구가 많이 수행되고 있다.

철강재료에 의한 경량화는 현 생산설비를 그대로 사용하면서 가격이 동등하고 차체중량의 20%까지 경량화 할 수 있는 장점이 있어 자동차 업계에서 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 세계적으로 35개 철강회사들은 ULSAB(Ultra Light Steel Auto Body), ULSAC(Ultra Light Steel Auto Closure), ULSAS(Ultra Light Steel Auto Suspension)등에 이어 ULSAB-AVC (ULSAB-Advanced Vehicle Concepts) 프로젝트<sup>1)</sup>에서 TWB(Tailor Welded Blank), Hydroforming과 같은 생산기술과 이들의 장점을 최대한 이용, 차체 경량화 방안을 제시하여 철강재료의 사용을 유지하고자 하고 있다. 그러나 철은 채광이 쉬워 유용하게 사용하고 있으나 녹슬기 쉽고 무겁다는 단점도 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 합금강판을 만들거나 표면에 도금하여 사용하는 방법도 개발되어 있으며 무거운 단점을 보완하기 위해서 강도를 높게 한 고장력강판의 개발 및 사용이 증대되고 있다.

차체는 자동차 총 중량의 30% 정도를 차지하고 있어 이에 대한 경량화 효과가 다른 어느 부품보다도 크다. 또한 최근 강화되고 있는 충돌 법규를 만족하기 위해 차체 강성증대가 불가피하며, 이로 인한 중량증가는 피할 수 없는 사안이 되었고, 따라서 경량화는 더욱 더 절실하다. 차체경량화는 고장력강판, Tailored Blank 및 Hydroforming과 같은 신기술 적용 등을 통하여 이루어질 수 있다. 이 중에서 부품의 부위별 강도 및 두께가 다른 강판을 용접하여 한 번에 성형하여 사용하는 Tailored Blank 기술이 자동차 차체부품에 확대 적용되고 있다. 이 공법은 차체에서 충돌시 충격을 많이 받는 부위에 고장력강판을 사용하거나 두께를 높이고 충돌시에 중요치 않은 부위는 얇게 함으로써 충돌에 강하면서 동시에 경량화를 이룰 수 있는 장점이 있다.

한편, Zackay 등<sup>2)</sup>에 의해 처음으로 보고된 잔류 오스테나이트의 변형유기 마르텐사이트 변태에 의해 연성이 향상되는 (변태유기소성: Transformation Induced Plasticity, TRIP) 현상을 응용하여 고연성, 고강도를 동시에 만족하는 자동차용 초고강도강이 개발되고 있다.

본 연구에서는 60K급 TRIP 소재의 Nd:YAG 레이저의 용접조건을 조사하고, filler wire를 공급함으로써 자동차용 외판재 TWB를 제작하여, 최종적으로 이를 차체 side outer에 적용하는 것을 목표로 하였다.

## II. 실험방법

### II-1. 실험장치

본 용접실험에 사용된 레이저 장비는 Trumpf사의 CW Nd:YAG레이저로 최고출력은 4kW이며, filler wire 공급장치는 Fronius Cold Wire Feeder KD7000으로 공급속도는 정속조정으로 하였다.

### II-2. 적용소재

실험에 사용된 소재는 고연성, 고강도 강판인 60K급 TRIP 이다. 소재의 화학적 조성 및 기계적 성질은 Table. 1과 같다.

Table. 1 Chemical composition and Mechanical properties of TRIP60

구분	C(탄소)	Si(규소)	Mn(망간)	P(인)	구분	YS(Mpa)	TS(Mpa)	EL(%)
TRIP60	0.08wt.%	1.01wt.%	1.48wt.%	0.08wt.%	TRIP60	430	631	32

레이저 용접시 맞대기 용접부의 허용 간격은 <0.1t(t: 박판 두께)이며, 맞대기 용접시 판재의 간극을 최소화하여 양호한 용접부를 얻기 위해 판재는 레이저 커팅을 실시하였다.

사용된 filler wire는 AWS ER 70S-6,  $\phi$ 0.8로 연강 및 고장력강의 용접에 사용되는 wire이다. filler wire의 화학적 조성 및 기계적 성질은 Table. 2와 같다.

Table. 2 Chemical composition and Mechanical properties of filler wire(AWS ER 70S-6)

AWS ER 70S-6	C	Mn	Si	S	구분	YS(Mpa)	TS(Mpa)	EL(%)
	0.06-0.15	1.4-1.85	0.8-1.15	0.035max				
	P	Cu	Other	Fe				
	0.025max	0.5max	0.5max	Bal				

### II-3. 레이저 용접 실험

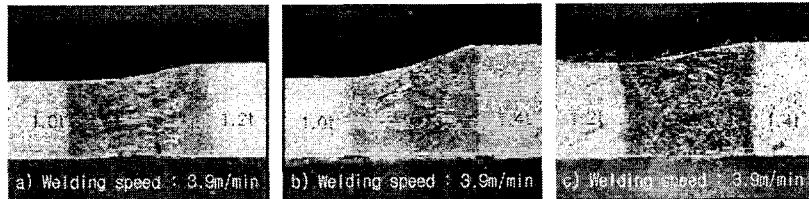
실험에서 보호가스는 아르곤(Ar)을 사용하였으며 공급량은 25 l/min으로 일정하게 하고 용접속도와 초점의 위치를 변경하면서 적정 용접속도와 초점의 위치를 찾고자 하였다. 실험에 사용한 TRIP60 강판의 두께 조합은 side outer 맞대기용접에 적용되는 두께 조합인 1.4/1.2mm, 1.4/1.0mm, 1.2/1.0mm로 하였다. 초점은 두 판재의 맞대기 조건에서 박판에 기준 초점을 설정하고 기준초점에 대해 -5~+5mm로 초점 높이를 변경하며 300mm의 용접 길이를 통해 최적의 초점 위치를 설정하였으며, 레이저의 출력은 3.5kW를 사용하였다. 용접속도는 3.0, 3.9, 5.1m/min으로 변경하면서 적정 용접속도를 설정하였다.

차체 외판재인 side outer 특성상 블록한 백 비드 형상을 얻기 위해 filler wire를 사용하였는데 위의 실험을 통해 얻어진 기본적인 조건을 사용하였다. filler wire의 직경은 0.8mm이며, wire의 공급 속도를 1.3m/mim, 2.6m/mim, 3.9m/mim으로 변화시켜 공급함으로 용접비드 형상을 조사하여 side outer 개발을 위한 최적의 용접비드 형상을 얻고자 하였다. 또한 과도한 gap이 발생한 경우를 대비해 filler wire를 사용하여 용접함으로써 gap 발생에 대한 용접비드 형상 문제를 해결하고자 하였다.

용접부 관찰은 금속현미경을 사용하였으며, filler wire를 공급한 용접부와 공급하지 않은 용접부의 기계적 물성 변화를 고찰하기 위해 Micro Vickers Hardness Tester(규격 : 1,000gf)를 사용하여 경도변화를 고찰하였다.

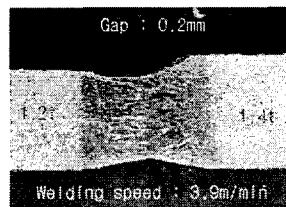
### III. 결과 및 고찰

앞서 용접조건 실험을 통해서 TRIP60 강판의 두께 조합별로 3.0, 3.9, 5.1m/min의 용접속도로 용접을 실시한 결과 3.9m/min에서 가장 양호한 용접 비드를 얻을 수 있었다.



**Fig. 1 Butt weld cross section (welding speed: 3.9m/min)**  
**a)1.0mm+1.2mm, b)1.0mm+1.4mm, c)1.2mm+1.4mm**

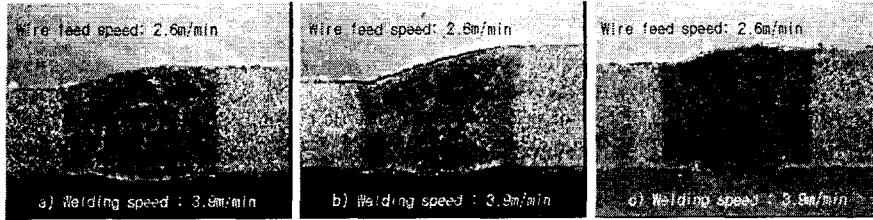
Fig.1에서 보는 것과 같이 적정 용접조건을 이용하여 맞대기 용접을 실시한 결과 양호한 용접부 형상을 얻을 수 있었다. 그러나 이러한 것은 외판재의 경우 실제 양산 적용에 문제점을 가지게 된다. filler wire를 사용하지 않은 맞대기 용접에서 백 비드는 주로 판재 높이 이하로 관찰된다. 이러한 것은 소재의 성형성이나 강도 측면에서 문제가 되지 않으나, 차체 외판용으로 사용하게 되면 성형을 하고 도장작업을 한 후에도 용접선의 흔적이 남게 되어 외판으로 사용하기에는 문제가 된다. 또한, 양산적용 시 발생하는 문제인 용접부의 gap은 판재 절단면의 불량(절단각, Burr, 절단면의 직진성)에 의한 것도 있지만 주위의 이물질이나 판재형상 불량에 의한 것도 있다. 이러한 맞대기 용접에 gap이 발생하면 용접부 형상은 Fig. 2와 같은 비드 형상이 얻어진다.



**Fig. 2 Butt weld cross section for 0.2mm gap**  
**(1.2mm+1.4mm, welding speed: 3.9m/min)**

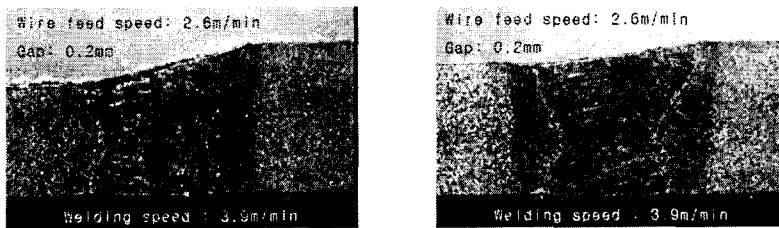
이러한 것은 용접불량 중 용입깊이 부족에 의한 용접부 파단의 원인이 되기도 하며, 여러 가지 용접불량의 원인이 되기도 한다. 또한 백 비드가 오목하게 들어간 형상으로 차체 외판용으로 사용하기에는 문제가 있다. 따라서 이러한 문제를 극복하기 위해서는 filler wire를 사용하지 않을 수 없다. 차체 외판의 TWB에 filler wire를 사용하는 것은 성형 후 용접부를 재가공해야 하는 공정이 추가되지만, 원하는 부분의 용접비드 두께 및 판재 두께에 의한 차체 강도를 임의로 조절이 가능함으로써 강도를 높이며 동시에 경량화를 이룰 수 있다.

Fig. 3은 앞의 실험에서 얻어진 용접속도를 사용하여 wire 공급속도를 2.6m/min로 하였을 때 얻어진 용접부 형상이다.



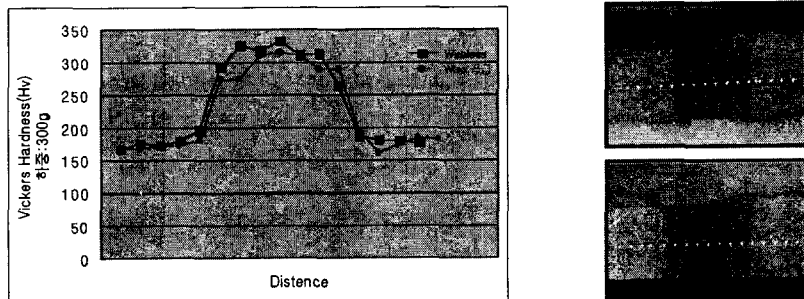
**Fig. 3 Butt weld cross section with  $\Phi 0.8$  filler wire(feeding rate: 2.6m/min)**  
 a)1.0mm+1.2mm, b)1.0mm+1.4mm, c)1.2mm+1.4mm

Fig. 3에서 볼 수 있듯이 용접부의 백 비드 형상이 불룩하게 나온 것을 관찰할 수 있다. 따라서 성형 후 약간의 재가공을 하면 차체 외판용으로 사용이 가능하다. 또한 filler wire의 사용은 맞대기 용접 판재에 gap이 발생한 경우에도 충분한 보상을 할 수 있으므로 백 비드나 gap으로 인해 발생하는 문제를 해결할 수 있다.



**Fig. 4 Butt weld cross section with filler wire for 0.2mm gap(feeding rate: 2.6m/min)**

Fig. 4에는 0.2mm의 gap을 임의로 설정하여  $\Phi 0.8$  filler wire를 2.6m/min으로 공급하면서 맞대기 용접을 수행한 용접부 형상이다. Fig. 2와 비교하면 양호한 용접부 형상임을 알 수 있으며, gap이 없는 Fig. 1과 거의 비슷한 용접부 형상을 얻었다. 이러한 filler wire의 사용은 충분한 gap 보상이 가능함을 보이고 있으며, 또한 레이저 용접시 판재의 절단은 중요한 용접변수가 되지만, filler wire를 사용하게 되면 레이저 커팅과 같은 정밀절단은 하지 않아도 충분히 양호한 용접부 형상을 얻을 수 있다고 판단되며, 또한 용접불량을 줄일 수 있다.



**Fig. 5 Microhardness distribution of laser weld cross section**

Fig. 5는 filler wire를 사용한 용접시편과 사용하지 않은 용접시편에 대해 Micro Vickers Hardness Tester를 이용하여 경도를 측정된 것으로, 300g의 하중을 0.25mm 간격으로 하여 관찰하였다. 모재의 경도는 170Hv 전후이며 용접부의 경도는 310Hv 전후로 모재에 비해 1.8배 이상의 높은 경도 값을 얻을 수 있었다. filler wire를 사용한 용접부의 경도는 사용하지 않은 용접부에 비해 다소 낮은 값을 보이는 하나 큰 차이가 없었다.

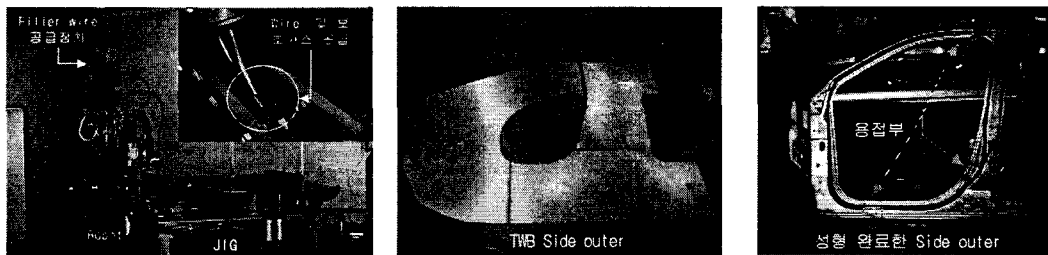


Fig. 6 Laser welding devices, laser TWB and side outer

Fig. 6은 레이저 용접을 위한 장치와 wire를 공급하여 제작된 TWB 및 그 성형 제품으로써, side outer TWB의 용접조건은 앞서 실험한 조건을 사용하였으며 레이저 출력은 3.5kW였다. 위와 같은 TWB는 레이저 용접시 각 판재의 열적 비틀림 발생 및 용접방향으로의 판재가 벌어지는 현상이 발생하게 된다. 이러한 현상을 사전에 막기 위해 용접 JIG의 Clamping력이 중요하며, 소재의 이동을 막기 위해 추가로 Stopper를 설치하였다. 또한 여러 개의 blank를 용접하여 하나의 blank로 만들 경우에는 각 blank사이의 용접순서와 용접방향도 중요한 변수로 작용을 하게 된다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 60K급 TRIP 소재의 Nd:YAG 레이저에 대한 용접조건을 조사하고, 용접속도에 따른 용접부 형상을 관찰하여 최적의 용접속도를 얻고, 이를 바탕으로 filler wire 송급 속도를 조절하여 차체의 외판재로서 사용이 가능한 최적의 용접부 형상을 얻었다. 또한 실험에 의해 확인된 최적의 용접조건을 사용하여 실제 side outer TWB를 제작하고, 성형하여 실제 자동차용 외판재에 대한 레이저 TWB의 적용가능성을 확인하였다.

#### V. 참고문헌

1. ULSAB-AVC Engineering Report October 2001 - Appendix - Section 2.1.4
2. V.F.Zackay, E.R.Parker, D.Fahr and R.Bush, Trans.ASM, Vol.60, pp.252(1967).
3. 류성지, 이상제, 이규현 & 이문용, 대한용접학회지 제20권 제3호, pp302-309(2002)
4. 박영수, 이윤식, 김형식, 한국레이저가공학회 춘계학술발표대회 논문개요집, pp51~54 (2000)
5. O.Matsumura, Y.Sakuma and H.Takechi, Trans.ISIJ, Vol.27, pp570(1987)
6. 박기영, NRL Workshop, 레이저 용접기술의 현재와 미래, pp33-39(2002)
7. 이경돈, 인정재, 권재욱, 유병길, 한국자동차공학회 1999년도 구조강도부문 논문집, pp105-111
8. 정봉근, 유순영, 박인수, 이창희, 한국레이저가공학회지 제1권 제1호, pp30-39(1998)
9. 김기철, 김재웅, 대한용접학회지 제18권 제3호, pp12-19(2000)
10. 이문용, 정병훈, 서 정, 이재훈, 김정오, 한국레이저가공학회지 Vol5 No2, pp1-9(2002)