

特輯 : 저항용접 개발의 기술 동향

미래의 자동차 용접기술

박 황 호

Automotive Welding Techniques in the Future

H. H. PARK



박황호/현대자동차 생산기술연구소/1946년생/생산기술 및 용접 자동화분야

1. 서 언

자동차 산업은 그 어떤 산업보다 다양한 종류의 용접법이 사용되고 있다. 예를들면 엔진부품 및 동력전달부품에선 레이저용접(Laser Welding), 전자빔용접(EB Welding), 브레이징(Brazing), 맞대기용접(Butt Welding), 마찰용접(Friction Welding), 플라즈마용접(Plasma Welding), 유도용접(Induction Welding) 등의 용접법이 활용되고 있고 특히 자동차 차체조립(Body Assembly)에는 대개 차체 1대당 3,500~5,000점의 점용접(Spot Welding)으로 이루어지며 두께 1.0mm 전·후의 얇은 철판을 점용접으로 연결해서 차량의 강도를 유지하기 때문에 자동차 차체조립에서 안전성을 위해서는 점용접의 신뢰성을 확보하는 것이 중요한 문제가 된다.

또한 용접품질 향상 및 원가절감을 위한 노력으로 생산라인의 효율화, 신차 개발기간의 단축, 작업공수의 최소화가 급속히 이루어지고 있다. 이에 따른 차체조립라인의 자동화를 향상은 물론 신재료, 신공법의 적용 및 보다 개량된 용접방법들이

행해지고 있다.

따라서 본고에선 자동차 차체(BIW;Body In White) 조립라인을 중심으로 각종 용접경향 및 접합법을 살펴보고 용접품질 향상과 비용절감(Cost Down)을 목적으로 적용되는 미래의 자동차 용접기술에 대하여 기술하고자 한다.

2. 기존용접법의 향상

2.1 용접신뢰성 확보

실제 대량생산이 이루어지는 라인에서는 작업자에 의한 육안검사나 드라이버 체크(Driver Check)를 할 수 있으나 그 信賴性이나 균질성은 보장하기 힘들며 전부분의 용접부에 대한 확인도 불가능하다. 따라서 고신뢰성 용접기 사용으로 용접조건인 효율적 제어가 필요하며 이에따른 용접제어의 개선이 이루어지고 있다.

2.1.1 점용접조건 제어기능의 향상

종래의 저항용접 제어장치는 저항용접 3대 영향 인자(전류, 가압력, 통전시간) 중에서 전류는 1차, 2차 정전류·정전압 제어방법을 채택하여 전류보상을 수행하고 있으며 통전시간도 통전후 부족분에 대하여 재용접(Reweld)하여 보상하였다.

또한 사용자가 용접전극의 마모분을 보상해 전류를 증가시키는 Linear-up, Step-up 등의 방법이 일부 Trial Error 방식으로 적용시도 되었으나 사용자의 경험치에 의존하여 적정용접조건을 구해 내어야 하므로 품질산포가 크다고 볼 수 있다. 이런 요구에 부합되어 향상된 제어기능이 적용되고 있다.

1) 동저항을 이용한 용접제어장치

용접도중 저항의 변화치(동저항; Dynamic Resistance)를 T/C 내부에서 검출하여 저항이 변화되는 비율, 즉, Spatter판정율 $[\Delta R \div (R_p - R_{MIN}) \times 100\%]$ 설정치보다 크면 스파터(Spatter)로 판정하고 설정치보다 작으면 노-스패터(No-Spatter)로 판정하며 이 횟수의 합산치가 설정치에 도달되면 전류가 증감된다.

이와같은 원리로 <그림 1>과 같은 지능형 Spot 용접제어가 수행된다.

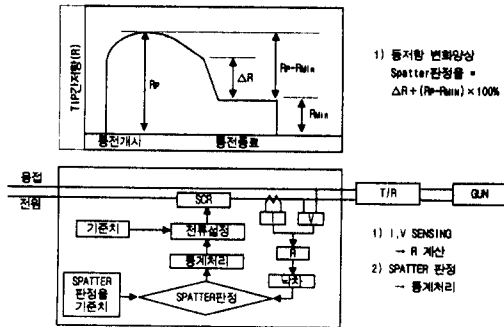


그림 1 동저항을 이용한 용접제어장치 구성도

2) 역율을 이용한 용접제어장치

용접제어방식은 동저항을 이용한 용접제어장치와 유사하지만 용접도중 변화되는 역율각(ΔPFA; Power Factor Angle)의 변화를 검출하여 기준역율각의 설정치와 비교하여 Spatter 有·無를 판정하여 Spatter 판정횟수의 합산치가 설정치에 도달되

면 전류가 증감된다.

본 System의 제어방식을 순서도로 표현하면 <그림 2>와 같다.

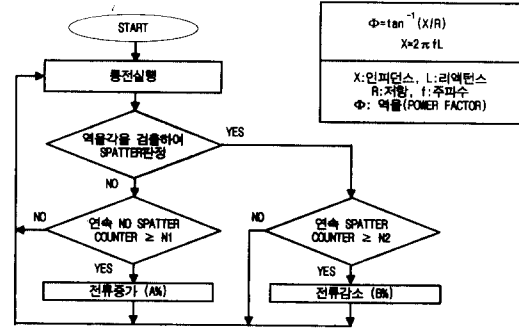


그림 2 역율을 이용한 용접제어방식 순서도

3) Fuzzy 제어 용접장치

점용접도중 발생하는 전류·전압을 변압기(Transformer)의 1차측 또는 2차측에서 검출하여 동저항(Dynamic Resistance)을 계산하고 이때 가장 큰 저항변화치(ΔR)와 통전전류(I), 타점수(N) 3개 Factor를 이용하여 Fuzzy 추론을 통한 전류증감량을 매타점마다 제어하도록 하여 Spatter 없는 고품질 용접제어를 한다.

본 System의 제어방식의 모식도는 <그림 3>과 같이 표현된다.

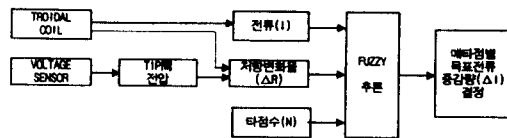


그림 3 Fuzzy 제어방식 순서도

2.1.2 점용접조건 감시강화

차체용접중의 전류, 통전시간, 전원전압 등의 용접상황 및 킥리스 케이블(Kickless Cable) 열화검출, 가압력제어, 탐용착검출 상황을 모니터링(Monitoring)하여 최적용접조건 피이드백(Feed back)에 의한 용접품질관리 및 예방보전 활동을 위해 범용 PC와 여러대의 타이머(Timer)를

연결하여 사무실에서 원격제어 (Remote Control) 로 각 타이머의 용접조건을 설정 확인이 가능한 T/C 네트워크 시스템 (T/C Network System) 을 <그림 4>와 같이 구성하고 있다.

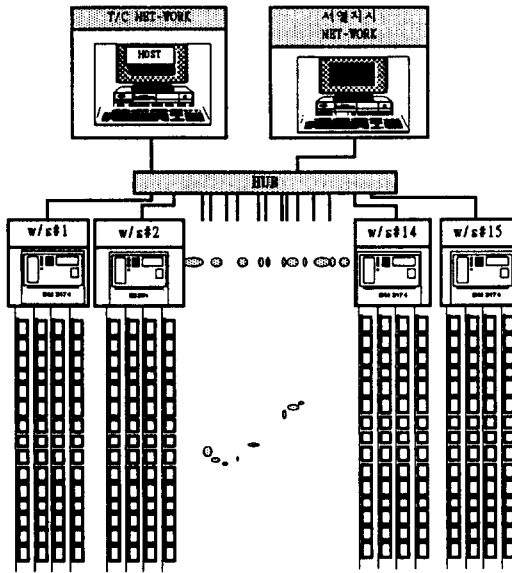


그림 4 T/C Network System 개략도

2.2 용접품질 향상 및 용접시간 단축을 위한 노력

2.2.1 인버터 (Inverter) 용접기의 적용

Inverter 직류용접기는 기존의 용접기에 비해 가격이 높으나 변압기 (T/R) 의 경량화에 의한 Robot 의 가반중량 감소나 Spatter 발생의 억제 등 많은 이점이 있으므로 최근에는 혼다社 (HONDA), 도요타社 (TOYOTA), 닛산社 (NISSAN) 등의 일본자동차업체에서는 일부 채용되고 있는 실정으로 특히 플로어조립 (Floor Assembly) 이나 빌드조립 (Build Assembly) 공정에 대구형 건 (Gun) 의 경우와 같이 임피던스 (Impedance) 가 커서 전류하강이 심한 공정에 많이 활용되고 있다.

$$I = \frac{V_2}{Z_i} = \frac{V_2}{\sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}}$$

Inverter형이란 입력된 3상 교류전원이 3상 쉘정류기에 의해 직류전원으로 변화되어 풀 브릿지 인버터 (Full Bridge Inverter) 회로내의 파워트랜지스터 (Power Transistor) 또는 IGBT 등이 고속 변환 (Switching) 작용을 하여 600~1200Hz의 고주파전원으로 변화되고 그 고주파 전원이 정류되어 점용접용 전원으로 사용된다.

Inverter Type의 회로구성은 <그림 5>와 같다.

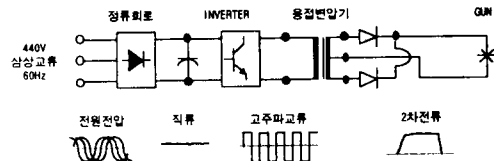


그림 5 Inverter Type 회로구성

2.2.2 서보 건 (Servo Gun) 의 적용

기존의 공기압실리더를 사용한 Gun으로 용접할 경우 에어 (Air) 라인설치 및 공기압회로구성으로 배관 라인이 복잡하고 Robot가 다음 단계 (Step) 으로 이동하는 시간 뿐만 아니라 용접물에 가압시 충격을 주어 용접부에 요철발생이 되는 단점이 있다.

Servo Gun은 위치결정을 갖는 서보모터를 구동원으로 사용하므로 전기제어가 가능하다. 위치결정기능을 이용하여 타점시 전극선단이 접하는 바로 직전까지 고속이동시키고 그후 저속으로 바꾸는 방법으로 용접물에 대한 충격을 주지않는 접촉 (Soft touch) 이 가능하다.

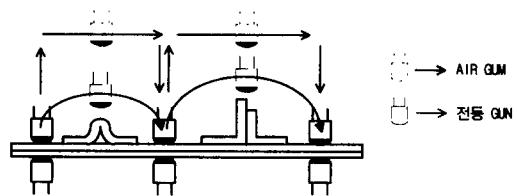


그림 6 Servo Gun 작동원리도

2.2.3 용접시간절감형 밸브제어장치 개발

기본 용접제어장치의 전공비레밸브는 Robot 공

정에서 다품종 소량생산에 대응하여 판재조합별, 재질별 적정용접조건을 차별화하여 적용하기 위해 사용하고 있으나 용접시간절감형 밸브 제어 시스템은 기존의 기능을 포함하면서 가압신호 응답성과 배기속도를 향상시켰고 전공비레벨브와 용접제어 장치(T/C) 간에 신호송수신이 가능하다.

따라서 <그림 7>과 같이 T/C에서 가압신호를 보내면 밸브에서는 설정가압 도달시에 T/C측으로 논리(Logic)신호를 발생시키고 그 신호를 이용하여 즉시 통전을 개시한다.

이러한 원리 때문에 초기가압시간(Squeeze Time)의 설정이 필요없어 최소의 초기가압시간으로 용접을 수행할 수 있다.

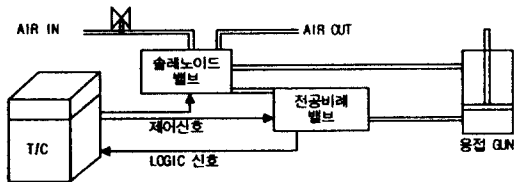
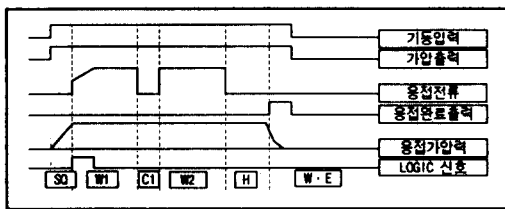


그림 7 용접시간절감형 밸브 제어 System 개략도

본 용접장치는 기존 용접장치보다 초기가압시간을 50~60% 정도 절감시킬 수 있어 단위시간내에 더 많은 용접을 수행할 수 있다.



註) SQ:초기가압시간, W1:용접1시간, C1:냉각1시간, W2:용접2시간, H:유지시간, W·E:용접완료

그림 8 용접시간절감형 밸브 제어장치 신호도

3. 레이저(Laser)기술의 적용

3.1 Laser기술의 확산

Laser용접은 고밀도의 집속된 레이저빔(Laser Baem)이 용접대상물에 흡수되고 열로 변환되어 용융이 일어난다. Laser 용접은 용접속도가 빠르고 용입이 깊으며 열변형이 적어서 차체조립시 용접 프렌지(Flange)가 많이 감소됨은 물론 용접툴(Tool)에 의한 간섭의 영향이 적어 차체설계(Body Design)에 자유도를 증가시켜 준다.

1996년에 GM社가 생산라인에 CO₂ Laser를 활용한 이래 자동차 산업에 많이 응용되고 있는 실정이다. <표 1>은 국내외의 Laser의 적용현황을 보여주고 있다.

그러나 판넬(Panel) 간의 틈(Gap)에 의한 용접품질 저해 요인을 방지하기 위해서 전용클램프(Clamp) 장치 또는 PRD(Press Roller Device) 개발이 필요하며 레이저 헤드(Laser head)와 Panel간의 간섭요인을 제거하여 현장적용 범용성을 확보하기 위해선 Long Focal Parabolic Mirror의 적용도 검토되어야 한다.

주로 고출력을 요구하는 부품의 용접은 CO₂ Laser가 많이 사용되고 미세가공의 도어(Door), 후드(Hood) 등 헤밍(Hemming) 부위엔 저출력의 Nd:YAG Laser가 주로 활용되고 있다.

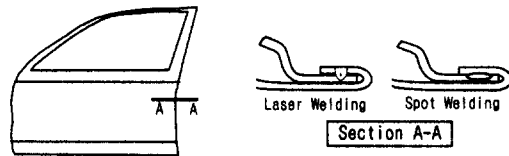


그림 9 Door부의 용접 (1kw급 Nd:YAG Laser 용접)

레이저절단(Laser Cutting)은 레이저에 의해 대상재료를 용융점 이상으로 가열하고 가스제트를 이용해 용융 또는 증발된 재료를 불어내는 두 단계로 이루어진다. 이것은 주로 사양이 복잡한 판넬의 경우 Panel 이송인원, 금형공정, 파렛트 저장장소(Pallet Storage)의 대폭 삭감, 재고 적재공간 축소, 레이아웃(Lay out) 축소, Line 유연성(Flexibility) 확보 용이 등의 잇점으로 인해 자동차 업계에 상당히 보편화되어 있는 실정이다.

Laser에 의한 표면가공은 Laser Beam의 특성을 이용하여 피가공물에 Laser Beam을 조화시켜 가열 용융증발 및 이때의 화학반응을 이용하여 표면가

표 1 국·내외 Laser의 적용 현황

NO	MAKER 및 차종	적용부위	용도	비고
1	MAZDA	A/HEM G 외관 (AI Bonnet)	WELD G (YAG)	• Pulse type 사용
2	다이하쓰	A/HEM G 외관 (DR)	WELD G (YAG)	• OTR PNL 열변형에 의한 시상 M/H 감소
3	FORD Werke	Roof/Body Side PNL (Wagon)	WELD G (YAG)	• Lumonics 2kW, CW
		Body/Root	CUTT G	• 10HOLE (29SEC)
4	현대정공 겔로퍼	FDR L/R의 Antenna Hole	CUTT G (YAG)	• PNL : 0.9t
5	GM Cadillac	Center Piller	T. B. W (CO ₂)	• 한개의 부품으로 통합하여 부품정도 향상, CW
		T/LID	WELD G (CO ₂)	• Power : 5kW급
6	TOYOTA	Side PNL OTR	TAILORED BLANK WELD G (CO ₂)	• 2%의 Cost절감 • 절단, 용접, 성형, 분류 등 각 PARTS간의 T.F.T 필요
7	VW	Wiper Hole	CUTT G (CO ₂)	
		Frame Rail Front	T. B. W	
8	VOLVO	850 Roof/Body Side PNL (Wagon)	WELD G (CO ₂)	• t=0.8/0.9mm (Roof) t=0.8mm (2×1400mm; B/Side) Power : 6kW 사용
		854 Body PNL	WELD G	• CO ₂ (6kW)
			(CO ₂ , YAG)	• YAG (2kW)
		Center Piller	WELD G	
9	OPEL社	A/HEM G 외관 (DR)	WELD G	• 4점용접 15SEC 소요
		Antenna (1 Hole), Sunroof drain (1 Hole), Air conditioner (4 Hole) 등	CUTT G	
	OPEL社의 KADETT	Hood	WELD G	• modulaser (robomatrix)
10	LINDEN	Roof Ditch joint	WELD G (CO ₂)	• Power : 2.5kW • Gantry Type Robot 사용
11	AUDI	FLR PNL	WELD G	
12	BMW	Roof/Body Side PNL	WELD G	• 1990년
13	BENZ, Renault, Volvo	Roof/QTR PNL	WELD G	• 3D-Butt용접
14	WILLOW RUN, MICHIGAW	Radiator Support ASSY	WELD G	• 기존 55점 SPOT용접을 45점 LASER용접으로 대체



그림 10 내수차종의 Plate를 각인한 사례

공이 가능하게 한다.

그 사용예로서는 차체의 넘버링 타각시스템 (Numbering Machine System) 으로 각 국가별 법규 사양에 따른 차량의 고유번호 (Number) 를 Plate (ID, Compliance, vin) 에 Laser로 각인하는 시스템 으로 <그림 10> 는 당사의 Laser 표면가공 사용 예를 보여주고 있다.

3.2 용접블랭크(TAILORED BLANK)의 개발

전세계의 자동차 산업의 개발 추세는 고성능화, 고연비, 고안정성을 목표로 하고 있다. 그리고 국제경쟁력이 치열해짐에 따라 고품질, 저원가의 자동차를 만들기 위해 노력하고 있다. 이러한 추세에 대응하기 위해 차체개발 측면에서는 차체중량감소, 안전성을 고려한 차체구조의 신공법 도입, 공정수 감소, 제품률 향상에 많은 연구를 하고 있다.

현재 전세계적으로 차체중량을 감소시키기 위해 고강도 강판, AL소재, Plastic 등의 소재개발이 활발히 진행되고 있으며 많은 부분에 실적용되고 있다. 그리고 차체중량감소 및 공정수 감소, 안전성 등을 고려한 차체구조를 제작하기 위하여 용접블랭크(Tailored Blank)의 적용이 확대되고 있다.

용접블랭크는 성형하기 전에 두께와 재질이 같거나 다른 판재를 2개이상 용접한 판재를 의미한다. <그림 11>은 용접블랭크에 의한 Side 판재의 제작 공정과정을 보여주고 있다. 용접블랭크는 Laser Welded Blank, Precision Welded Blank,

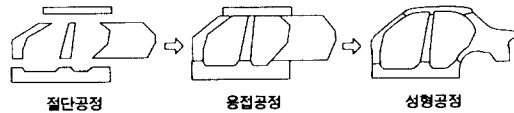


그림 11 Tailored Blank 용접

Engineered Blanks, Tailored Blank, Tailor Welded Blank 등 많은 용어로 통용되고 있으나 같은 의미에서 사용되고 있다. 용접블랭크는 1960년대에 BUDD社(美)에 의해 최초로 개념이 특허화 되었으나 실적용을 위한 적당한 용접기술이 개발되지 않아서 1980년대에 실용화가 가능하게 되었다. 현재 20개 이상의 자동차업체에서 사용하고 있으며 차체제작의 일반화된 기술로 자리잡게 되었다.

용접블랭크는 초기 아연도금강판의 생산품이 Floor 판넬의 폭보다 적어서 AUDI社에서 레이저용접을 하여 처음으로 사용하였다. 그 이후 도요다社, GM社에서 많은 부품에 적용하여 본격적인 용접블랭크의 활용성이 검증되었다. 그리고 용접블랭크의 적용현황을 보면 미국에서는 레이저 용접블랭크가 많이 사용되고 있으며, 유럽에서는 매쉬

표 2 용접블랭크 발전사


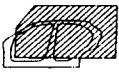

연대	1960~1970	1980	1990
개념 탄생	61 BUDD社(미) 개념특허		
자동차회사 및 적용부품	67 HONDA SIDE PNL 79 VOLVO MBR FRT SIDE	85 AUDI FLOOR PNL 89 TOYOTA SUN ROOF REINF. 90 TOYOTA SIDE OUTER 91 V/W MBR FRT SIDE 92 SEAT REAR SUPPORT 93 NISSAN WINDOW SEAL 94 GM DOOR INNER 95 FIAT FRT PILLAR REINF. 96 GM SIDE PNL, PORSCHE SHOCK TOWER, GM B-PILLAR, TOYOTA SIDE INNER, MAZDA A-PILLAR, BMW FRT DOOR	
용접블랭크 공급업체		85 THYSSEN(독일) 86 UTILASE(미국) 87 TWB(미국) 90 FIAT TORINO(이태리)	92 SOLLAC(스페인) 94 TAILORED STEEL(벨기에) BETHLEHEM STEEL(미국) MAKSTEEL(캐나다)

심(Mash Seam)용접블랭크가 많이 사용되어 왔다.

그러나 향후 유럽에서도 일부부품을 제외하고 레이저 용접블랭크를 생산할 전망이다. 그래서 저항용접기 제조업체가 레이저 용접기를 개발하여 판매하고 있으며 1995년 이후 저항용접기의 판매는 한대도 이루어지지 않고 있다.

용접블랭크는 분리성형했던 부품을 일체화 성형함으로써 금형수, 프레스공정수를 줄이고 차체조립 공정이 단순화 됨에 따라 조립정도가 향상되는 잇점이 있다. 그리고 네스팅(Nesting)작업으로 용접을 하기전 블랭킹작업에서 코일(Coil)을 효율적으로 절단하여 제품율을 높일 수 있으며 일체화성형시 트림(TRIM)공정에서 잘려나갈 부위에 용접 소재를 적용함으로써 성형시 최적의 블랭크를 만들 수 있다. 또한 적재적소에 필요한 강판을 사용할 수 있으므로 내부식성 및 고강성의 부품을 설계할 수 있어 차체설계 자유도가 높아진다.

표 3 기존공법과 용접블랭크 적용효과 비교

비교항목	분리 성형	일체화 성형	용접 블랭크
도 식 도			
외 관	불량	양호	양호
금형수	20공정 이상	4공정	4공정
조립정도	저	고	고
제품률	고(65%)	저(40%)	고(65%이상)
조립공정수	多	少	少
재료선택	가능	고정	고정
판넬강성	열세	우수	우수

용접블랭크는 각 사용부품 및 방법에 따라 크게 2가지로 나눌 수 있다. 첫째, 도어내판(Door lunner Panel) 및 사이드 내·외판(Side Outer/Inner Panel)과 같이 이중두께, 이중재질을 적용해서 분리성형하던 것을 용접하여 일체화 성형함으로써 제품수 감소 및 제품률을 높이는 목적으로 용접 소재를 적용하는 것이 대부분이며 둘째 멤버 프론

트 사이드(Member Front Side) 부품같이 충돌시 승객의 안정성을 향상시키는 목적으로 적용하고 있다.

그리고 일본 자동차업체에서 스크랩을 재활용하기 위해 용접블랭크가 적용된 사례가 있었으나 진정한 의미에서 용접블랭크의 적용이라 말할 수 없다.

용접블랭크는 <그림 12>에 보듯이 차체의외판을 제외한 거의 모든 부품에 적용되고 있으며 외국 자동차업체에서 여러 차종이 적용하고 있음을 알 수 있다.

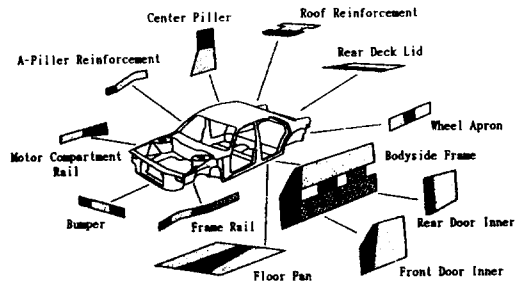


그림 12 용접블랭크의 차체적용 부품

용접블랭크 제작방법에는 레이저용접, 매쉬심(Mash Seam)용접, 전자빔용접, 고주파유도용접 등이 현재 가능한 방법으로 제시되고 있으나 레이저용접 및 매쉬심용접이 가장 널리 사용되어지고 있다.

레이저광은 반사경을 이용하여 수kW의 레이저빔(Laser Beam)을 0.3~0.5mm까지 집중시킬 수 있다. 레이저용접은 집중된 고에너지 밀도의 Beam으로 용접물에 키홀(Key Hole)을 형성시켜 용융용접하는 방법이다. 용접속도가 빠르며 열영향부 범위가 좁은 것이 특징이다. 그러나 용접시 용접재의 전단면의 상태가 용접기준에 적합하여야 하며 용접조건을 찾기 위해 재료의 성분, 보조 Gas의 종류 및 량, 용접속도, 촛점위치 등이 중요한 인자가 되어 복잡한 절차를 필요로 한다.

매쉬심(Mash Seam)용접은 1980년대부터 사용된 기술로서 레이저용접에 비해 사용이 간편하고 초기 개발비 및 투자비가 적게 드는 것이 장점이다. 그러나 아연도금강판 용접시 용접속도가 느려지며 아연성분이 용접부에 잔류하여 있는 것이 확

인된다. 그리고 용접부의 두께가 10%정도 더 두꺼워져 성형시 금형의 마모가 심한 단점이 있다.

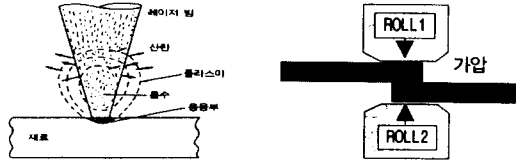


그림 13 레이저용접과 매쉬심(Mash Seam)용접의 비교

〈그림 13〉은 레이저용접과 매쉬심(Mash Seam)용접 방법의 차이를 보여주고 있으며 〈표 4〉에서

는 레이저용접과 매쉬심(Mash Seam)용접의 용접 불량률 개발시 장단점을 나타내고 있다.

매쉬심(Mash Seam)용접은 레이저용접에 비해 경도가 낮아서 굽힘성형시 우수하나, 드로우(Draw)성형시 용접선의 이동이 심하므로 레이저용접에 비해 불리하다. 그리고 노치형상이 있어서 성형후에 도장의 방청문제가 발생되어 용접후 평탄화공정(Planishing Process)이 요구된다. 레이저용접과 매쉬심용접의 적용비율이 1995년을 분기점으로 하여 매쉬심용접보다 레이저용접이 더 많이 사용되어지고 있다.

레이저용접의 우수한 장점을 가지면서 CO₂레이저용접의 단점을 보완한 Nd:YAG레이저 용접기가 개발되어 곡선용접이 용이하며 용접효율을 증대시

표 4 레이저용접과 매쉬심(Mash Seam)용접의 장단점

항목	방법	Mash Seam	CO ₂ Laser(6kW)
투 자 비		80~90%	100%
용 접 비		90~100%	100%
최대용접속도		3~10m/min	3~12m/min
Protection Gas		무	He, Ar, N ₂
Gap 정도		무	0.1이하
장 점		<ul style="list-style-type: none"> • Edge정도 문제가 적용 • 저항용접을 기초로한 기술이므로 개발기간을 단축할 수 있음 • 용접부의 경도가 낮다 • Carbon Equivalent에 영향이 적다 	<ul style="list-style-type: none"> • HAZ이 좁다(1~1.5mm) • 내부식성이 강함 • 피로강도가 강함 • 도금강판 용접이 우수 • 품질검사가 용이(CCD) • 금형 마모가 적다.
단 점		<ul style="list-style-type: none"> • HAZ이 넓다(5~7mm) • 용접부의 두께가 증가 • 금형 마모가 심함 • 내부식성이 나쁨으로 Oiling요구 • Visible 검사장치로 검사 불가능 • 두께차가 1:2.5이상 용접 불가능 • Roller교체가 요구됨 • 전력의 소모가 크다 • Die와 Punch에 두께정도 고려 • 용접후 변형이 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 초기투자비가 비싸다 • Laser에 관한 기초지식이 필요 • 유지비가 많이 듦 • Edge Quality유지가 중요 • 고정도 JIG필요 • Mirror에 의한 Beam Delivery • Beam 흡수성이 낮음($\lambda=10.6\mu m$) • Focal Diameter가 작다(0.4mm) • 두께차가 2.5:1이상이면 성형에 문제

키는 기술이 소개되고 있다. 그러나 Nd:YAG레이저는 눈에 치명적인 손상을 줄 수 있는 위험성을 갖고 있다.

4. 신소재 채용확대에 대한 대응

연비향상을 위한 경량화 및 내구성 증대를 위해 차체소재의 채용이 다양화되고 있어 이에 따른 용접성 문제가 대두되고 있다. <표 5>는 플라스틱 및 알루미늄 소재의 사용이 급격히 늘어나는 추세를 잘 보여주고 있다.

4.1 알루미늄(Aluminum)의 적용

알루미늄(Aluminum) 판재의 경우는 강판의 용접과는 많이 다르기 때문에 기존 용접기의 사용이 불가하다. 또한 용접부의 강도도 Steel에 비해 떨어

표 5 경량화를 위한 소재의 변화추이

년 도		1989	1995	2000
승용차 평균무게		1,300kg	1,100kg	850kg
소재	STEEL	69.2%	55.0%	23.5%
	PLASTIC	8.9%	15.5%	25.5%
	ALUMINUM	4.2%	11.8%	31.8%

지고 용접부의 결함도 많다. 1.0t의 예를 들면 아연도금강판의 경우 전류:9,500A, 가압력:230kgf, 통전시간:12cycle의 최적조건에 전단인장강도 450kgf를 나타내지만 AL은 전류:24,000A, 가압력:200kgf, 통전시간:6cycle에 전단인장강도 300kgf를 보여준다. 즉, 이러한 용접조건의 相異로 인해 양산시에는 적합한 용접기의 선택이나 용접성의 개발이 필요한 실정이다. <표 6>는 차체 판별(Body Panel)의 알루미늄 사용현황을 보여주고 있다.

표 6 Body Panel의 알루미늄 사용현황

국명	MAKER	차종명	AL화 부위	사용 AL 합금
독일	PORCHE	928	BONNET, FENDER, DOOR	AC 120, Al-Mg-Mn
	BENZ	420 SEC	BONNET, T/LID	Al-Mg-Mn
이태리	FERRARI	TESTER ROSSA	BONNET, REA FENDER	AC120, 5000계
	람블기니	카운테크	외판전체	5000계, 6000계
	JAGARD	스텔비오	외판전체	5000계, 6000계
영국	AC COBRA	COBRA	FRONT 외판	5000계
	I LAND ROVER	레인지. 로바	전후 FENDER	5000계
	I LAND ROVER	VAGUE3.9	DOOR OTR, ROOF	5000계
스웨덴	VOLVO	706 GLE	BONNET, SUN	5000계, 6000계
	VOLVO	740 GLE	BONNET	5000계, 6000계
	VOLVO	440 WAGON	BACK DOOR	5000계, 6000계
미국	GM	CADILLAC	BONNET, T/LID	AC 120, 5000계
	GRAMAN OLSON	LLV	외판전체	3000계, 6000계
일본	MAZDA	NEW SAVANA	HOOD	5000계 (Al-Mg-Cu계)
		EUNOS ROADSTAR	HOOD	5000계 (Al-Mg-Cu계)
		EUNOS COSMO	HOOD	5000계 (Al-Mg-Cu계)
	MAZDA	FAIR LADY Z	HOOD	5000계 (Al-Mg-Cu계)
		SKYL INE GTR	HOOD, FENDER	5000계 (Al-Mg-Cu계)
	HONDA	NSX	외판전체	6000계 (Al-Mg-Si계)

4.2 당사의 알루미늄(Aluminum) 차체 개발

당사에서는 <그림 14>에서 보여주듯이 기존 차체무게를 半으로 줄여 연비 및 동력성능을 향상시킨 '초경량 알루미늄 차량' 개발에 성공했다. 이번 티뷰론에 적용하여 개발한 알루미늄 차량은 차체를 구성하고 있는 후드(Hood), 도어(Door), 쿼터판넬(Quarter Panel) 등 약3백여 모든 부품을 알루미늄화하여 차체중량을 285kg에서 148kg으로 줄여 기존 강판사용시보다 차체를 50% 경량화한 것이다.

차체경량화로 총 1,186kg의 차량중량을 1,039kg으로 낮춘 알루미늄車는 기존 티뷰론에 비해 燃比(10%), 추월성능(11%), 발진가속(7%) 등 차량성능을 향상시켰다.

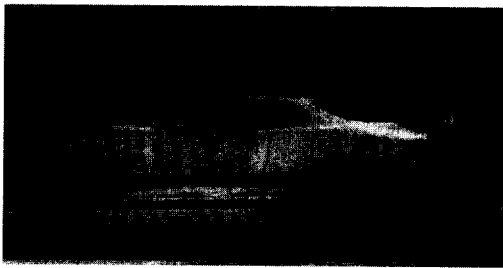


그림 14 현대자동차 차체(BIW;Body In White)의 AL화(티뷰론)

4.2 특수강판의 적용

새로운 용접재료의 증가, 예를들면 아연도금강판의 경우 점용접시 銅합금의 전극에 아연이 부착(Pick-Up)되어 타점의 진행과 함께 부착량이 증가됨에 따라 용접강도가 떨어지고 전극의 연마(Dressing)의 주기는 짧아져서 생산성은 떨어지며 용접조건, 전류치와 가압력은 연강판에 비하여 10~30% 증가된 조건을 선택하게 되고 최적전류치 범위는 좁아지게 된다. 사용이 증가되고 있는 몇가지 대표적인 용접재료로서는 고장장력강판, 유기피복강판, 표면처리강판 등이 있다.

- 1) 고장력강판
- 2) 유기피복강판 및 표면처리강판

유기피복강판이나 유기피막층이 도전성 물질을 함유하고 있지만 다른 종류의 강판에 비해 Spot용접용 전극과 유기피막 사이의 도전성이 나쁘므로 전극마모를 가속화시켜 연속타점수명이 감소되고 적정용접조건 영역이 좁아 현장적용시 용접조건 설정에 신중을 기해야 한다. 또한 표면처리강판은 차체외판재의 구멍부식 및 틈새부식을 방지하기 위해서 개발되었으며 그 대표적 판재의 예로 이층도금판재가 있다.

<그림 15>는 유기피복강판 및 표면처리강판의 구조를 보여준다.

5. 용접 대체공법의 개발

다양한 신소재의 적용과 생산장치의 변경으로 기존의 용접방법을 탈피하여 새로운 접합방법이

표 7 고장력강판의 적용

분 류	제조방법	인장강도 (kgf/mm)	적 용 성		적 용 예	
			외판	내판		
가공용 (SPRC)	가공용 (R급)	P첨가	35~45	○	◎	주로 내판적용 (35Kgf급)
	고가공용 (E급)	고용강화형	(35, 38, 40, 45)	◎	◎	외판 및 내판 DEEP DRAWING부 적용
	소부경화형 (BH급)	P첨가 고용강화 및 열처리	35~40 (35, 38, 40)	◎	○	DOOR 외판에 적용
일반가공용 (APRC)	고용강화 및 석출강화	40~60 (40, 45, 50, 55, 60)	×	◎	BPR REINF 및 일부 사시부품 적용	
복합조직형 (SPDC)	고용강화 및 변태 강화형(열처리)	40~100	×	◎	DOOR IMPACT BEAM적용	

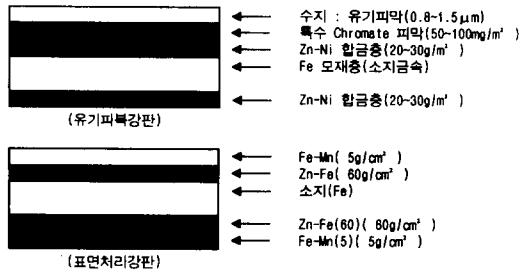


그림 15 유기피복강판 및 표면처리강판의 구조

도입되고 있으며 이러한 추세로 접착제, 실러 (Sealer) 및 소성변형을 응용한 비용접접합방법 등이 개발 적용되고 있는 추세이다.

5.1 기계적접합법 (Mechanical Joining Method)

기계적접합법은 상부의 펀치(Punch)가 먼저 다이(Die)측 함몰부속으로 소재를 눌러 밀어넣어 준다. 점차 가압력의 증가에 따라 Punch측 소재는 Die측 소재속으로 변형되어진다. 그 결과 결합부가 용융용접때와 같이 열영향부가 없어 부식되지도 않으면서 미관상 아주 미려한 단추모양의 결합이 이루어진다. 이때 부식방지용 도금층은 모재와 함께 流動하기 때문에 알루미늄이나 아연도금강판에서도 도금층은 손상되지 않고 그대로 남아 있게 되어 용접에 의한 내식성 저하 요인도 제거된다.

기계적접합법은 Spot클린칭(Spot Clinching)법, 비관통형 리벳팅(Riveting)법, 관통형 리벳팅(Riveting)법 등이 있다. 국내 자동차에서는 적용 검토 단계에 있으며 해외 자동차 업계에선 BMW, 재규어, 아우디에서 적용하고 있다.

적용부위는 도어(Door), 후드(Hood), 에어백(Air Back), 기어박스(G/Box), 프론트 그릴(FRT Grille), 테일게이트(T/Gate), 연료탱크(F/Tank), 브레이크 페달(Break Pedal) 등이 있으며 <그림 16>과 같은 방법으로 행하여진다.

5.2 접착제공법

대표적인 접착제 적용 공법은 첫째 구조용 접착제를 사용하여 용접이 까다로운 부위의 조립시에

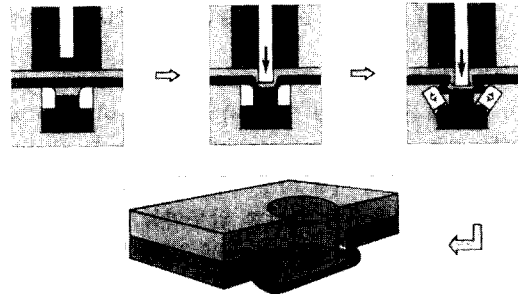


그림 16 기계적접합법 (Mechanical Joining Method)

접착제를 도포하여 판재의 변형방지 및 용접장치류 감소에 따른 원가절감은 물론 이종재료의 접합시에도 효과적으로 대처할 수 있는 접합공법과 들췌는 BPR(Body Panel Reinforcement) Sealer 도포공법으로 고점도(약 180,000~200,000CPS)의 BPR Sealer를 일정한 고온, 고압 조절로 순간적인 지점도로 만들어 차체판재의 내측면에 분사하면 실러 입자들은 부착시 고점도를 유지하여 Sealer의 흘러내림이 없는 형상을 이루며 도장 오븐(Oven) 통과中 수축이 거의 없이 응고되어 차체판재의 강도를 강화시켜 준다. 또한 Robot를 이용한 스프레이(Spray)공법이 가능하여 자동화가 용이하며 차체

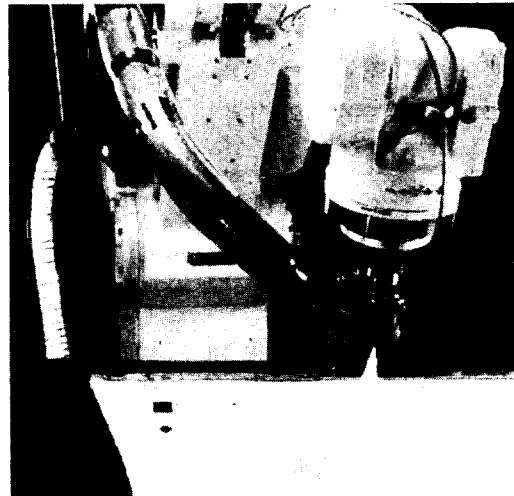


그림 17 Door에 BPR Sealer Spray를 도포하는 장면

판재에 준하는 강도를 가질 수 있어 경량화를 추구할 수 있다.

6. 결 언

최근 자동차산업에서는 소비자의 기호가 다양해짐에 따라 범용기에 의한 다품종소량 생산으로 고품질의 저가제품을 적시에 생산하는 일이 중요하게 되었다. 승용차의 차체라인(Body Line)에 있어

서 라인생산을 중단하지 않고 모델변경(Model Change)이 가능한 고도로 자동화된 생산 System인 FBL(Flexible Body Line)방식을 채용하고 있다. 또한 알루미늄과 같은 신소재의 적용, 자동화율의 향상, 원가절감을 위한 움직임 등은 현장에서의 용접성을 확보하는데 더욱 어려운 문제로 대두되고 있는 실정이나 기존 용접방법의 개선과 새로운 용접방법의 적용을 통해서 고신뢰성의 자동화 생산이 가능하다고 생각된다.