특집 : 테일러드 블랭크 기술의 현황과 전망

# Tailored Blank 용접 설비

최 이 천 · 오 영 근

## Welding Systems for Tailored Blank Manufacturing

Yi-Chun Choi and Young-Gun Oh

## 1.서 언

Tailored Blank(이하 TB)란 재질이나 두께가 다른 강판을 2매 이상 조합하여 레이저 또는 매쉬 심(mash seam) 용접 등을 통해 일체화시킨 후 프레스 성형공정을 거쳐 차체 판넬을 제조하는 기술로서 최근 원가절감, 경량화, 강성향상 등을 위해 많은 자동차사에서 그 적용을 활발히 추진하고 있다. 미국에서는 big 3, 유럽에서는 VW, Mercedes, Volvo, Renault 등 이 가장 활발히 적용하며, BMW, Audi, Fiat 등도 적용을 확대하고 있는 추세이다. 한편, 일본은 Toyota가 가장 활발하며 Honda, Nissan 등에서도 적용되고 있다. 우리나라에는 현대자동차에서 1999년 베르나의 door inner에 적용하기 시작했으며 기아와 대우자동차에서도 그 적용을 서두르고 있다.

전세계적으로 TB의 생산량은 1999년에만 약 8천만 매 정도라고 추정되며, 2003년에는 2.15억 매로 추정하고 있다. 현재 TB를 전문으로 공급하는 회사의 현황을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 유럽에서는 독일의 경우 Thyssen Stahl, Preussag, Eko Stahl 등이 있고, 벨기에의 Tailor Steel, 프랑스 Usinor Group의 Solblank, 이태리의 Stola, 네덜란드의 ATB, 오스트리아 Voest Alpine, 벨기에의 Cockerill Sambre, 스페인의 Tailor Metal, 영국의 Steel & Alloys 등이 레이저및 매쉬 심 용접기를 이용하여 TB를 생산하고 있다.

북미에서는 1997년까지 TWB와 Utilase가 용접소재의 90%를 생산하였으나, 최근에는 Olympic Laser Processing, Medina Blanking, 캐나다의 MAK Steel, Power Laser, Magna 등이 TB를 공급하고 있으며 점차 설비의 증설을 서두르고 있는 실정이다[1-5].

이처럼 TB를 적용하는 자동차회사 및 적용부위가 늘어남에 따라 TB를 용접하여 납품하는 회사들도 그 설비를 늘려나가고 있으며, 신규업체의 출현 또한 활발하다. 이에 따라 TB 용접시스템을 개발하여 공급하는 시스템 전문회사 또한 늘어나고 있으며 다양한 형태의 용접기들이 시판되고 있다.

레이저 용접설비의 주요업체로는 미국의 VIL, 독일의 Nothelfer, 스위스의 Soudronic, 캐나다의 AWS 등이 있고, 자체 제작하여 생산하는 곳은 Toyota와 Utilase 등이 있다. 이들 회사는 현재까지 주로 직선 용접만이 가능한 설비를 만들어 왔으나, 최근에는 곡선용접이 가능한 설비도 개발하여 시판하고 있다. 매쉬 심 용접기의 제작사는 스위스의 Soudronic, 일본의 電元社, 大阪電氣 등이 있다. 매쉬 심용접은 레이저보다 먼저인 1979년부터 TB 제작에 사용되었으며 특히 유럽에서 많았으나 최근 레이저의 이용이 확대되면서 그 시장규모는 점차 축소되고 있는 실정이다.

이처럼 전세계적으로 확산되고 있는 TB는 국내에서도 그 적용이 활발해지고 있으며 이에 따라 설비투자도 늘어갈 것으로 예상되며 설비에 대한 관심도 또한 증대되고 있다. 따라서, 본고에서는 현재 TB 제작에 사용되고 있는 레이저와 매쉬 심 용접기의 주요 특성에 대해 기술하고자 한다.

## 2. 레이저 용접설비

레이저 용접설비는 그림 1 에서 보는 것처럼 크게 부품 인입-인출 장치, 절단기, 용접기 본체, 레이저, 돌기 성형 장치, turn over 장치로 나눌 수 있다.

부품 인입-인출 장치는 적치된 소재를 용접기 본체에 장착시키는 부분과 용접된 소재를 다시 적치시켜 주는 부분으로 구성되어 있다. 절단기는 용접 전 소재를 정밀 절단하여 용접시 소재 간극을 줄여주기 위한 장치이며 시스템에 따라 전단기가 필요 없기도 하고 별

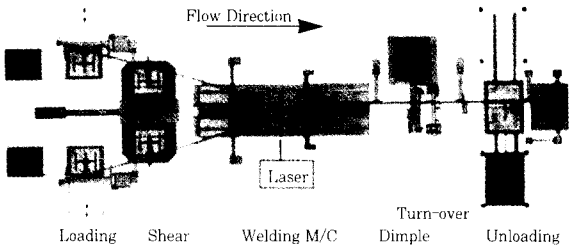


**Fig. 1** Lay-out of Laser welding system

도로 분리 운영되기도 한다. 용접기 본체는 장착된 소재를 고정하여 맞대기 용접하여 주는 장치로서 클램프, 용접 헤드, 용접선 추적장치, 용접품질 확인 장치, 빔 전달 장치 등으로 구성되어 있다. 또한 레이저는 용접 설비의 필수장비로서 두 소재를 용접할 수 있게 하여 주는 열원 제공 장치로서 발진기, 제어기, 전기장치, 냉각기 등으로 구성된다. 돌기 성형 장치는 이종두께의 소재 용접에서 적치시 소재의 기울음을 방지할 목적으로 얇은 소재에 돌기를 만들어주는 장치를 말하며, turn over 장치는 용접된 소재를 뒤집어 적치시키는 장치로서 성형 금형의 단차 적용 부위에 따라 소재를 뒤집어 적치할 필요성이 있을 때 사용하는 장치이다.

여기에서는 레이저 용접설비 중 특히 설비의 핵심이 되는 용접기 본체에 대해 여러 시스템의 특성을 비교하고자 한다.

1) 이중 빔(dual beam) 용접 시스템

이중 빔 용접시스템[6,7]은 3축 갠트리 로봇을 기초로 하며 기존의 $CO_2$ 레이저에 비하여 빔 전달에 있어 유연성이 좋은 Nd:YAG 레이저의 특성을 충분히 이용한다. 기본 레이저 장치로는 3~4 kW Nd:YAG 레이저 2기를 사용하며 용접방식은 소재의 간극을 모니터링하고 소재의 간극에 따라 적절한 위치에 빔을 쏘아 용접하는 방식이다.

이중 빔이란 그림 2 에서 보는바와 같이 두 개의 레이저를 이용하며, 빔의 초점 간극이 1.2mm 이고 빔 사이의 간격이 0.6mm로 유지되어 있다. 이중 빔은 소재간의 간극변화에 따라 회전하면서 초점위치를 자동적으로 조절한다. 실제로 소재간의 간극이 0.1mm 이내로 작을 때는 이중 빔의 중심점이 각각 용접방향을 따라 일렬로 배열되나, 소재간의 간극이 벌어지면 이중 빔 중 한 빔을 중심으로 하여 두꺼운 소재 방향으로 다른 한 빔이 회전하는데, 이때 빔의 회전의 정도인 회전각($\varphi$)는 소재사이의 간극에 비례한다. 이러한 방식으로 소재간의 간극정도에 따라 빔의 위치를 변경시켜 완전한 용접을 이루게 하는데, 약 0.3mm 정도의 소재간극에서도 용접이 가능하다.

이 시스템의 최대 용접은 3,000mm 까지 가능하며

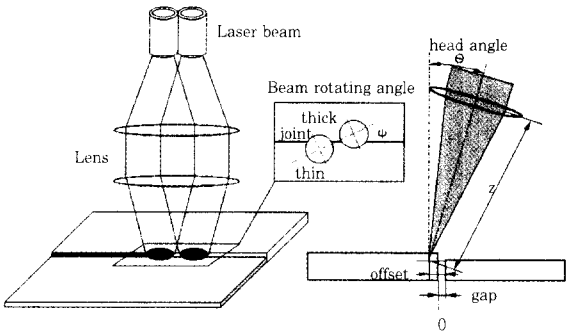


**Fig. 2** Dual beam welding

소재는 자석식 벨트에 의해 이송되고 있다.

용접시 소재의 밀림 및 변형을 방지하기 위한 고정장치도 자석식이며 일체형이 아닌 분리형으로 되어있다. 이러한 용접 지그는 소재의 형상에 따라 고정기구의 변형이 쉬우며 직선용접이 아닌 곡선용접에 있어서도 유연성이 뛰어나다.

반면에 이중 빔 용접 시스템은 발진기 2대가 필요하므로 초기 투자비가 많이 들고, 발진기 유지 비용이 2배가된다는 것이 단점이며, 또한 Nd:YAG 레이저를 사용함에 있어서 빔을 눈에 쏘이면 실명의 위험성이 있으므로 용접기에 보호울타리를 설치하여야 한다.

2) 연속용접 시스템

연속용접 시스템[8]은 그림 3 에서 보는바와 같이 소재 인입부, 접촉부, 용접부, belt conveyor부로 나뉘며, 인입부와 접촉부는 측면에서 보았을 때 가위 모양으로 되어 있으며 소재는 각각 분리된 상태로 인입되고 용접부에 도달하면 서로 일치되어 용접이 진행되는 시스템이다.

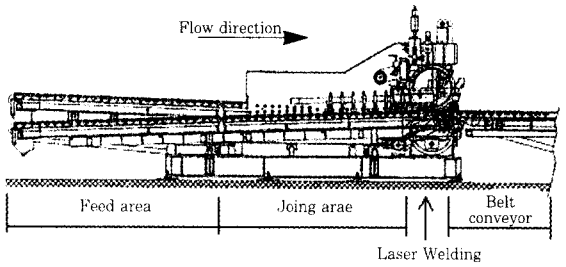


**Fig. 3** Conti-laser welding system

인입부와 접촉부 중앙에는 용접 위치까지 소재를 이송시키기 위한 자석식 벨트와 체인으로 구성되어 있으며, 이 벨트와 체인은 인입부에서 접촉부 그리고 용접부 까지 연속적으로 회전하면서 용접속도를 조절한다.

체인은 그림 4에서 보는바와 같이 소재의 크기에 따라 pusher가 일정한 간격으로 튀어나와 소재를 용접부 까지 밀어 줄 수 있게 하였다. 이처럼 체인 및 자석

식 벨트에 의해 이송되는 소재는 접촉부에서 대각선 방향으로 비스듬히 놓여있는 friction roller에 의하여 용접될 두 판재가 부딪히게 된다. 용접부는 lower wheel과 upper wheel로 구성되어 있는데 lower wheel은 base로 유지되고 upper wheel이 가압하여 용접시 변형될 수 있는 소재를 고정하는 역할을 하며 이 두 wheel은 용접속도에 따라 회전이 조절된다.

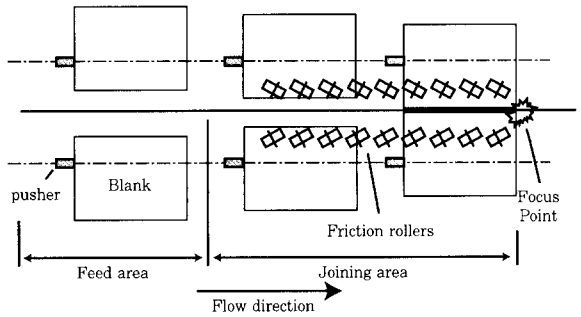


**Fig. 4** Feeding and joining devices

이 시스템의 용접할 소재 조건은 비교적 정밀한 절단을 요구하며, 필요시 소재가 인입되는 좌우 또는 중앙에서 절단기를 이용하여 정밀절단 후 인입부에 소재가 올려져 용접이 진행된다.

이 시스템은 연속적 용접이 가능하여 높은 생산성을 가지고 있지만, pusher에 의해 소재가 진행되기 때문에 소재 폭과 소재의 모양에 있어 제한을 받는다는 것이 단점이다.

3) 소재 egde 변형 및 셔틀방식 시스템

이 시스템은 자석식과 유압식 고정 장치로 소재를 고정하며 소재를 고정한 고정 장치가 이동하면서 용접이 진행된다. 또한 용접된 소재는 unloading clamp에 의해 용접기 밖으로 배출시키며, 초기 소재를 고정했던 고정 장치는 용접 전 위치로 돌아오기 때문에 셔틀방식이라고 부른다[9,10].

레이저 용접에서 가장 중요한 것은 소재간의 간극을 어떻게 작게 만드느냐에 따라 용접품질이 좌우되며 이를 위한 방법으로는 레이저 절단, 밀링, 정밀절단 등이 이용될 수 있는데 이 시스템에서는 두꺼운 소재를 변형시켜 간극을 줄이는 방식을 채택하고 있는 것이 큰 특징이다[11,12].

그림 5 에서는 보는바와 같이 두꺼운 강판 쪽을 로울러에 의하여 소성변형을 가함으로써 0.3mm 정도의 소재간 간격을 0.03mm 이하로 감소시켜 최적의 용접조건을 확보하는 것이다. 이 장치는 두꺼운 소재가 변형될 때 소재의 밀림에 의해 얇은 소재가 변형되는 우도 있었는데 최근에는 가압 로울러에 보조 로울러를 측면에 부착하여 얇은 소재를 눌러 줄 수 있게 하였다.

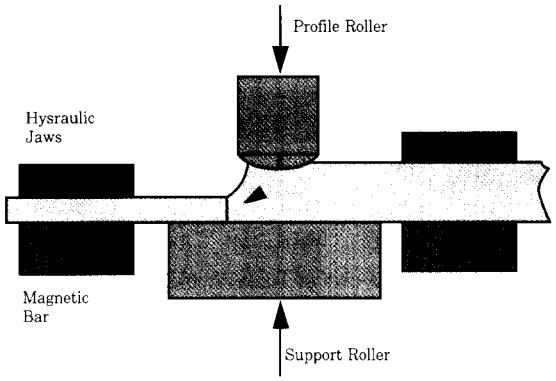


**Fig. 5** Edge forming principles

한편 이 시스템의 용접품질 평가시스템은 그림 6 에서 보는 것처럼 용접상황 및 품질에 관한 제반사항을 모니터링 하여 정상적인 용접작업이 연속적으로 이루어지도록 하는 것을 목적으로 하며 용접 전 모니터링을 통해 소재의 간극을 측정하여 빔의 초점을 변경하는 장치와 용접 후 소재의 상하 형상을 측정하여 용접부 결함을 판정해내는 장치 그리고 최근에는 용접내부의 결함까지도 판별해내는 장치를 도입하여 적용하고 있다. 이 시스템은 용접할 때 고정 장치가 동시에 이동하기 때문에 다음 용접할 소재의 용접 준비시간이 추가로 필요하며 직선 용접만이 가능하다.

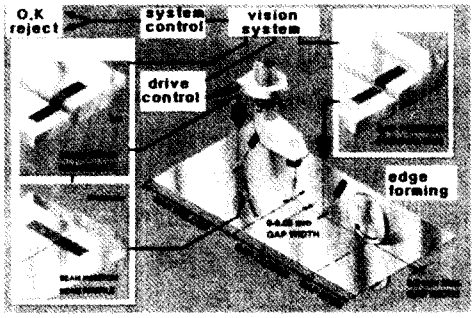


**Fig. 6** Quality control system

4) 정밀절단 및 고정 클램프식 시스템

이 시스템은 용접 직전에 정밀절단을 하여 용접하므로 소재의 운송 중 발생할 수 있는 전단면의 파손을 걱정하지 않아도 되는 장점이 있다[13,14].

그림 7은 정밀 절단기로서 유압식이며 그 안에 전단기구가 있어 양쪽에서 들어온 소재를 동시에 절단한다. 전단용 die의 간극 정밀도는 0.024mm이며 상형의 날 각은 3~5° 정도로 유지된다. 전단시 소재를 잡아주는 장치는 분리되어 길이방향으로 고르게 압력을 가할 수 있다.

이 시스템은 용접 가능한 소재의 최대 크기에 따라 A, B, C형으로 나뉘는데, C형은 소형 제품인 frame

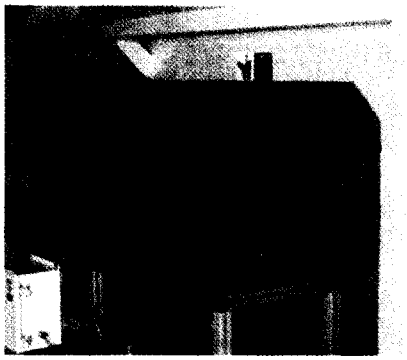

**Fig. 7** Precision shearing machine

rail, center pillar 등의 제조에 적당하고, B형은 door inner 등 중간 크기의 제품에, A형은 용접길이가 3,000mm 정도의 side body panel 등 대형 TB 제작용 설비이다. 또한 이 시스템은 자동화 정도에 따라 매뉴얼과 자동화 시스템으로 구별될 수 있다. 매뉴얼 시스템은 가장 기본적인 형태의 시스템으로 시제품 제작이나 소량 생산에 적합하며 초기 투자비의 부담이 적은 장점이 있다. 또한 소재의 인입-인출은 작업자에 의해 이루어지며 최대 용접길이는 2,000mm 정도이고 정밀절단기, 용접을 위한 이송 장치와 고정 장치 등이 기본사양으로 되어 있다. 자동화시스템은 매뉴얼 시스템과는 달리 소재의 인입-인출 공정이 자동화되어 있으며 대량생산에 적합하다. 정밀절단기 및 용접을 위한 이송 및 고정 장치 등이 기본사양이나, 자동 돌기 성형 장치 및 용접부 세정 장치 등은 별도 구매 사항으로 제공된다.

자동화 시스템은 하나의 레이저 용접기로 두 용접 라인의 가동이 가능하도록 레이저 빔의 전환 기능이 첨가된 초 대량 생산 시스템으로 확대 할 수 있으며, 이는 레이저의 효율성을 극대화하고 단위 TB 재의 생산 원가를 최소화 할 수 있는 시스템이다

## 3. 매쉬 심 용접설비

매쉬 심 용접기의 구성부품은 다음과 같다. 시스템의 뼈대인 본체, 용접소재에 전극을 통해 압력을 가하기 위한 가압장치, 소재에 가압, 전극회전 및 용접 전류를 통전시키는 회전전극장치, 전극을 회전시키기 위한 구동장치, 용접후 용접하부를 평평하게 해주는 압하 로울러, 용접전류를 제어해주는 타이머, 변압기, 변압기에서 회전전극까지 접속되어 전류를 통전시켜 주는 2차도체, 소재를 고정시켜주는 장치, 유압장치, 냉각수 및 공기배관 등으로 구성된다.

매쉬 심 용접의 주요 변수로는 용접전류, 가압력, 용접속도가 매우 중요하며, 소재의 겹침량 또한 중요하므로 용접중 겹침 부위의 변화가 없도록 유지해주는 용접부 고정 장치가 중요하다.

매쉬 심 용접기는 이동방식에 따라 클램프 이동식과 전극이동식으로 나눌 수 있는데 그 대표적인 사양은 다음과 같다.

1) 클램프 이동식 시스템

클램프 이동식의 대표적인 시스템은 유럽의 S사 매쉬 심 용접기로서 다양한 크기의 소재 및 최대 4개의 소재를 동시에 용접할 수 있으며, 소재가 고정되면 고정 장치가 이동하는 셔틀식 용접기이며 주요 제원은 다음과 같다[10,15].

- 가압력 : 17 kN
- 용접최대전류 : 28,000 A
- 용접속도 : 1.5~20 m/min
- 용접길이 : 200~2,500 mm
- 용접폭 : 200~1,600 mm

그림 8은 용접기 본체, 가압 장치, 세정 및 도유 장치까지 모두 갖춘 시스템이다. 용접 품질이 우수하고, 소모전력이 타사 시스템에 비해 적으며 적용사례가 풍부하고 가격은 비싼 편이지만 일본 설비에 비해 생산능력이 우수하다.

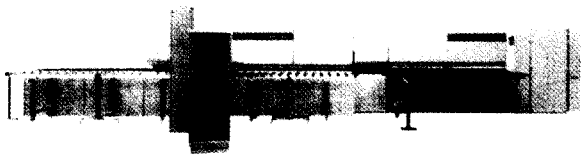

**Fig. 8** Compact line include plenishing, cleaning and oiling(clamp moving type)

2) 전극이동식 시스템

전극자체가 이동하면서 용접이 진행되는 전극이동시 시스템은 여러 회사에서 만들기 때문에 그 형식이 다양하나 여기에서는 일본의 D사 시스템을 중심으로 설명하고자 한다[15,16,17].

전원 공급방식은 직류식으로 정격용량을 낮출 수 있으나 유럽의 S사 설비에 비해 위상, 펄스제어 등이 미흡하다. 심 용접 기술 및 실적은 많으나 아직 시퀀스 제어로서 정밀용접을 위해 개발의 여지가 많으며 주요 제원은 아래와 같다.

- 형식 : 인버터식 압하 로울러형
- 최대용접전류 : 25,000 A (직류)
- 최대가압력 : 15kN

· 용접속도 : 2~10m/min
· 최대길이 : 2,000 mm

그림 9는 용접기 이동식 시스템의 대표적인 모습인데 앞쪽에 보이는 것이 고정 장치이며, 뒤쪽에 보이는 것이 용접기이다. 전극의 가압은 가압 실린더와 로커암의 조합으로 행해지며 전극구동장치는 knurl식 이다.

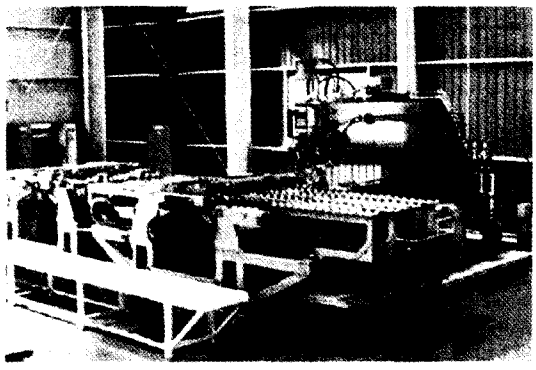

**Fig. 9** Mash seam welder (roller moving type)

## 4. 결 언

TB 기술은 차체의 경량화 및 강성향상 그리고 제조원가 절감이라는 많은 효과 때문에 세계 자동차사에서 매우 활성화되었으며, 그 적용은 계속 늘어날 것으로 예측하고 있다. 국내에서도 약 5년전 부터 TB 적용에 대한 연구가 시작되어 최근, 양산차종에 적용되고 있는 실정이며 향후에는 선진 자동차사와 같이 그 적용부품 수가 늘어가리라 판단된다.

본 기고에서는 이러한 TB 용접에 쓰이는 레이저 및 매쉬 심 용접기에 대해 간략히 소개하였는데 시스템마다 용접에 필요한 설비 나름대로의 know-how가 있어서 실제 사용해 보기 전에는 그 시스템의 성능을 평가하기란 쉽지 않다.

앞으로 우리 나라에서도 이러한 용접 시스템의 투자가 늘어나리라 예상되는데 이때 고려해야 할 사항은 적용 부품의 크기, 소재의 전단면 수준, 용접 전까지의 소재손상 정도, 생산량, 유지비용, 불량률 등을 감안하여 투자하여야겠다. 또한, 이러한 용접설비는 가격이 비싸기 때문에 앞으로의 수요를 감안하여 설비의 국산화에도 기술을 배양해야 하겠다.

## 참 고 문 헌


1. John Martin: Laser Welding of Tailored Blanks, A Global Perspective, Automated Welding Systems Incorprated(1999)
2. Oliver Diehmm: Worldwide Applications of Laser Welded Blanks, ALAW '96
3. Jay Baron: An Update on Mash Seam Resistance Welding, Welding Journal(1999), p 35
4. Rudolf Corrodi: European Tailored Blank Market : A Challenge For Competitors And Suppliers For New Aapplications, IBEC 96, Materials & Body Testing (1996), p 110
5. 전기찬 외 26: Tailored Blank에 의한 차체부품개발 보고서, 기아자동차(1997)
6. AWS: 제품 카탈로그(1999)
7. Nick Sajatovic: Two-Axis YAG and One-Axis MSR : A Weld Process Selection Model for Welded Blanks, IBEC 96, Materials & Body Testing(1996), p 106
8. Nothelfer: 제품 카탈로그(1999)
9. Daniel Wildmann, Werner Urech, Eugen Freuler: Laser Welded Blanks - Innovative Edge Preparation Method Improves Process Reliability and Economy, IBEC 96, Materials & Body Testing(1996), p 132
10. Soudronic: 제품 카탈로그(1999)
11. 유병길, 이경돈: 테일러드블랭크 용접을 위한 전단 공정 연구, 대한용접학회지, 제17권, 제2호(1999), p 128
12. 김기철, 이기호, 이목영: 테일러드 블랭크용 박판 강재의 레이저 용접성(II), 대한용접학회지, 제16권, 제2호(1998), p 143
13. Scott Carter, Guastaferri: Developing Performance Validation and Acceptance Procedures for Commercially Built Tailored Blank Laser Welding Systems, IBEC 96, Materials & Body Testing(1996), p 121
14. VIL: 제품 카탈로그(1999)
15. 자동차 부품연구원: Mash Seam을 이용한 Tailored Blanking 용접기술개발 및 시스템 구성에 관한 연구, 통상산업부(1997)
16. Dengensha: 제품 카탈로그(1999)
17. Daiden: 제품 카탈로그(1999)

• 최이천(崔貳千)
• 1966년생
• 기아자동차 생기개발팀
• 소성가공, Tailored Blank
• e-mail : cycform@shinbiro.com

• 오영근(吳榮根)
• 1957년생
• 기아자동차 생기개발팀
• 생산기술, 용접
• e-mail : locadd@dreamwiz.com