

극저탄소 냉연강판의 Mash Seam TB를 이용한 용접 시 특성과 평가에 관한 연구

A study on characteristics and evaluation of Mash Seam TB weld in ultra-low carbon steel applied on automotive body

Chang-Woo Han*, Chang-Hee Lee**
Division of Materials Science and Engineering
HanYang University

ABSTRACT This study introduces the new way for the evaluation criteria of the Mash-Seam Tailored Blank weldability, The materials used are low carbon automotive galvanized and high strength steels and the evaluation of weldability are examined with various thickness.

Welding tests were conducted for both similar thickness and dissimilar thickness cases. The criteria developed for optimum welding conditions were based on the relationship among results of die press forming test, forming limit diagram, Erichsen test and microhardness measurements. The application of the developed criteria(fracture ratio, strength ratio, etc) in obtaining optimum welding condition revealed that a weld which satisfied ant of the criteria did not fracture during actual die press test and FLD dome test.

1. 서 론

최근 자동차 시장에서의 경쟁력을 확보하기 위해 전세계의 많은 나라들이 기술개발에 많은 투자 및 연구를 하고 있는 실정이다. 현재 세계자동차 시장의 기술개발 추이는 경량화, 저연비, 생산성향상등이 주 경향이다. 특히 자동차 경량화 분야에서는 신소재 사용부품, 고장력 강판적용부품, 2개 이상의 동종 또는 이종소재를 용접하여 사용하는 TB(Tailored Blank)적용부품의 개발이 최우선 목표가 되고 있다.

자동차의 한 부품(part)은 여러 개의 구성요소(component)로 구성되는데 일반적으로 부품을 구성하는 방법으로는 분할 방식과 일체화 방식이 있다. 부품분할 방법의 장점은 재료를 선택할 수 있는 영역이 넓다는데 있다. 차체는 각각의 구성요소별로 요구되는 강도가 차이가 있으므로 단일한 판재를 사용하여 부품을 제작하는 것보다 필요한 구성요소에 맞는 재료 즉, 두께 및 강도가 높은 재료를 선택하여 부품을 제작함으로써 얻을 수 있는 차체중량 감소의 효과를 얻는 반면에 부품수만큼 많은 생산 공정이 따른다는 문제점이 있다. 이에 비해 부품일체화방법은 단일(동종, 동 두께)판재 성형으로 공정의 단순화의 장점이 있는 반면에 필요하지 않은 부위에 overdesign이 될 수 있는 단점이 있다. 이러한 각 부품제작 방법의 장점을 취하되 단점을 줄이기 위하여 제시된 방법이 테일러드 블랭크(tailored blank)용접이다. 테일러드 블랭크 용접은 2개 이상의 소재를 용접한 후 성형과정을 통하여 원하는 하나의 부품을 만드는 것이다. 이와 같은 테일러드 블랭크 방법의 적용에 필요한 강재 역시 위 공정(저항용접)에 맞는 강재를 선택해야 한다.

TB재생산에서 근본적으로 해결해야될 문제는 두께 및 강도가 다른 판재를 용접한 후 성형할 때 파단이 발생하지 않도록 적절한 용접성을 확보해야한다는 점이다. 또한 Mash seam 용접장비를 이용하여 자동차판재를 성형하는 경우 제작특성상 각각의 장비에 대하여 적절한 용접성을 가지는 용접변수조건이 다르기 때문에 적절한 용접성 확보를 위한 적정용

접조건 설정이 문제로 제기되고 있다. 특히 사용되는 판재두께, 강도, 도금종류에 따라서 적절한 용접성을 지니는 용접조건들은 변화하게 된다. 따라서 본 실험에서는 mash seam 용접 시 용접부의 성형성 평가 기준과 FLD를 통한 mash seam의 성형성을 기존 모재와 비교하여 성형성을 알아보았다.

2. 실험 방법

2.1 실험재료

본 실험에 사용된 재료는 다양한 두께(0.8mm, 1.0mm, 1.2mm, 1.4mm, 1.6mm, 1.8mm, 2.0mm)의 자동차용 저탄소강판 (SPRC 35)이다. 이들 재료의 화학적 성분은 다음 Table 1에 나타나 있다. M/S TB에 적용되는 본 실험은 판재를 겹치기(3mm)하여 용접을 시행하므로 판재 끝 부분에 돌기가 생기지 않도록 용접하기 전에 정밀 절단기를 이용하여 강판을 절단하였다. 절단된 시편(길이:500mm)은 지그로 고정시킨 후 M/S 용접을 행하였다.

Table 1. Chemical compositions of specimen used for mash seam TB

| 강재 \ 성분 | C(wt%) | SI(wt%) | Mn(wt%) | P(wt%) | S(wt%) | Fe(wt%) |
|---------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|
| SPRC 35 | 0.003 | 0.004 | 0.430 | 0.034 | 0.009 | bal |

2.2 실험 기기 및 실험방법

본 연구에 사용된 M/S 용접장비사양은 다음과 같다. 최대용량은 240 kVA, 최대용접전류 25kA이며 최대 전극 및 planish roll 가압력 15kN, 용접속도허용구간 2m/min~20 m/min이다. 위 장비를 사용하여 차체부위에 적용이 예상되는 0.8mm, 1.0mm, 1.2mm, 1.4mm, 1.6mm, 1.8mm, 2.0mm두께의 SPRC 35강판을 가지고 이종 및 동종 두께와 이종강종간의 실험을 수행하였다. 용접실험에 사용된 조건은 판재 겹침(overlap)을 3mm로 고정시킨 후, 용접시 가압력, 전류, 속도를 변화시켜 mash seam 용접의 최적 용접조건을 결정하였다.(Fig.1)

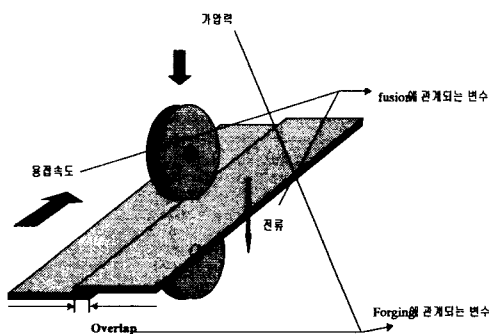


Fig. 1 Welding process parameter

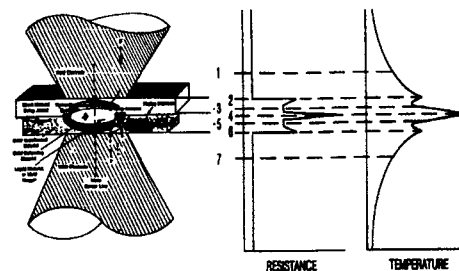


Fig. 2 Resistance and temperature distribution

3. 실험 결과 및 고찰

용접표준화 작업을 위하여 SPRC 35강재를 조합하여 판재두께를 0.2t 단위로 분류한 후 각각의 조합에 대하여 용접변수를 변화하여 용접실험, Erichsen 실험, 인장실험, 조직학적 관찰을 행한 후 적절한 용접성을 보여주는 조건을 관찰하였다. 실험에서 전류를 변화하였을

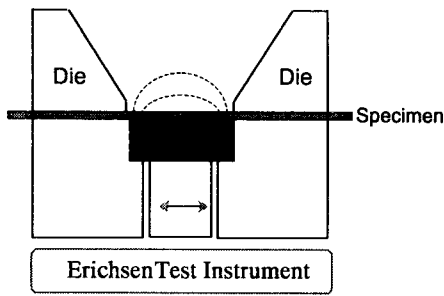


Fig. 3 Schematics of the Erichsen tester

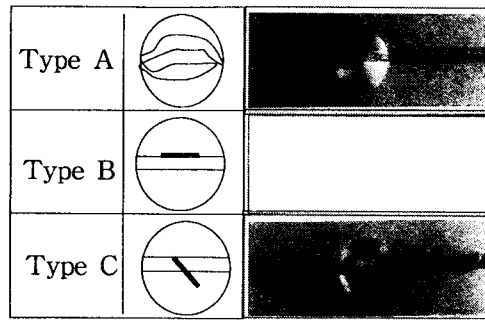


Fig. 4 Fracture mode

때 Erichsen test에 의하여 구한 fracture height ratio와의 관계를 나타내어 보면 낮은 용접 속도로 용접하면 전류가 감소하더라도 전 범위에서 모재파단인 C-mode의 파단이 발생하며 적정용접성의 기준이 되는 기준 FHR 90%이상의 값을 보여 적절한 용접성을 나타낸다.

$$\text{Failure Height Ratio(FHR \%)} = \frac{\text{용접부의 necking 높이}}{\text{모재의 necking 높이}} \times 100$$

용접속도가 높은 경우 저 전류 영역에서는 저 입열에 의하여 용접부에서 파단이 발생하여 낮은 fracture height ratio를 보이고 전류를 증가시키게 되면 모재파단이 발생하여 fracture height ratio가 높아진다. Mash seam 용접은 판재 겹침 부위의 저항이 전극이나 판재의 bulk resistance, 판재와 전극사이의 접촉저항보다 높은 점(Fig.2)을 이용하여 통전시 발생하는 저항 열을 판재 겹침 부위에 집중하여 두 판재의 접합을 유도하는 저항용접으로 발열되는 열량은 Joule'law($Q=i^2Rt$)에 따른다. $Q=i^2Rt$ (i : current, R : resistance, t : time)식을 따라 판재접촉부위에 발열이 되며 접촉부위의 온도가 모재의 용점이상이 되는 경우 용융이 발생하여 두 판재의 접합을 유도할 수 있다. 발열량 Q 가 낮은 경우 용융 너트의 크기는 작게 되며 발열량에 비례하여 너트의 크기는 증가할 것이다. Erichsen test(Fig 3)는 용접부위중심에 볼을 위치시킨 후 용접부에 수직으로 볼을 전진하여 파단이 발생하는 형상(Fig.4)을 관찰하는 실험이다. 용접부계면의 강도가 모재보다 낮은 경우 용접부계면을 통하여 파단이 발생하며, 용접부계면의 강도가 모재보다 높은 경우 모재에서 파단이 발생하게 된다. 용접부에서 파단이 발생하는 경우는 모재파단보다 파단이 일어날 때까지 볼이 전진한 높이가 낮게 되며 이 조건의 용접판재는 성형 시 불량으로 이어진다. 통상 적절한 용접조건은 용접부 계면이 모재보다 높은 강도를 가져 파단이 모재에서 일어나는 조건이 되어야 한다. 용접부계면의 강도를 결정하는 것은 용융너트의 크기로 같은 load를 주었을 때 용접부는 용융 너트에만 하중을 받기 때문에 너트가 작은 경우가 단위면적당 받는 하중 즉 응력이 증가하게 되어 용접부계면에서 파단이 일어나게 된다. 너트의 크기가 임계크기 이상 즉 용접부가 받게되는 응력이 용접부강도보다 낮고 모재가 받게되는 응력이 모재강도보다 높은 경우 모재에서 파단이 발생된다. 따라서 적절한 너티 형성되는 입열 조건이상에서는 모재에서 파단이 발생되므로 fracture height ratio값이 일정하게 된다. 따라서 각 강재에 따른 적정 용접 범위는 FHR(%)와 파단 type, 그리고 Joule'law에 따른 heat number에 따라 동종과 이종에 있어서의 적정 용접 범위를 결정할 수 있었다. 아래그림은 M/S 용접 후 박판 용접부의 성형성을 성형한계도(FLD)를 통해 알아보았다. 아래 그림과 같이 M/S용접 시 동종 동 두께 및 이 두께에서의 FLC_0 값이 모재(30%)와 비교하여 약 5-10%정도 우수함을 나

타내어 M/S 용접부의 우수한 성형성을 확인하였으며 위 기준은 Erichsen test의 FHR값이 90%정도로 Erichsen test로부터 나온 적정 용접조건이 타당함을 알 수가 있었다.

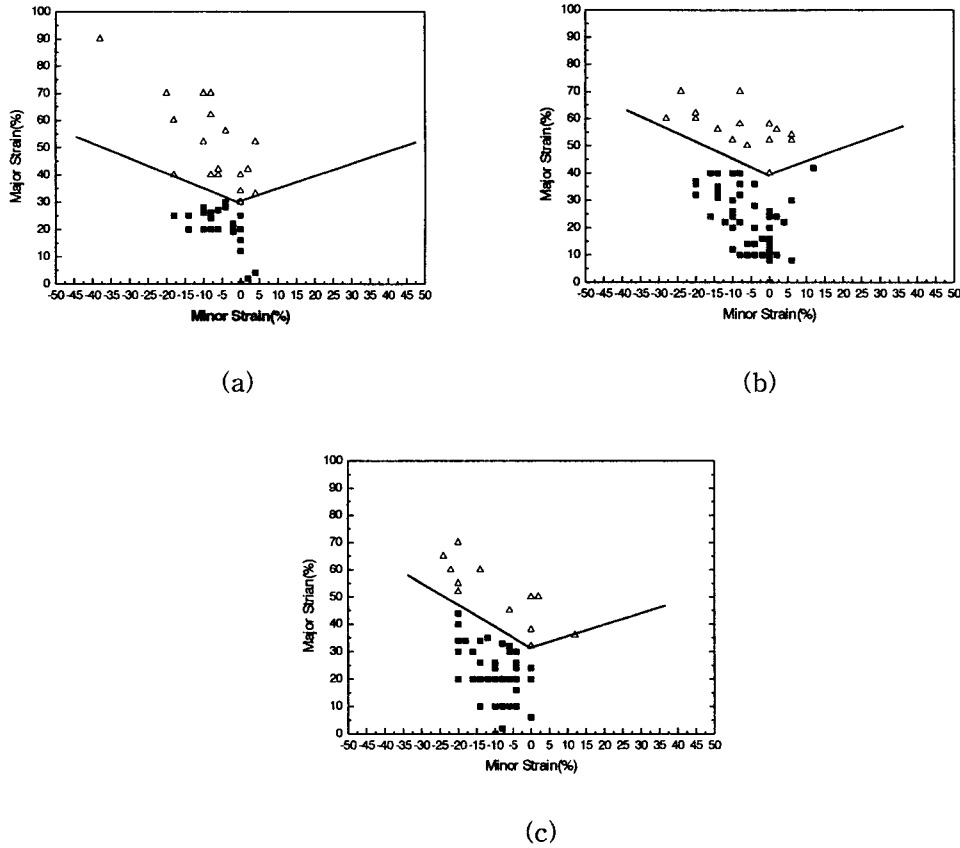


Fig. 5 Forming limit diagram of SPRC 35 (a)1.2t base metal
(b)1.2-1.2t similar thickness steel (c)1.2-1.6t dissimilar thickness steel

참고문헌

1. Ming F. Shi et al ; SAE 930278 (1993) pp.345
2. Bob Irving ; Welding Journal, August(1995), pp.49
3. Diane L. Hanllum ; Welding design & Fabrication April (1993), pp62
4. Jay S. Baron ; Welding Journal, July(1994), pp33
5. Jay S. Baron ; Welding Journal, October(1997), pp39
6. Bob Irving ; Welding Journal, September(1991), pp39
7. E.J.funk et al ; Welding research, June(1956), pp265
8. Welding handbook vol2
9. 이창희 ; "도금강판 용접성능 평가기술", 산업과학기술연구소 보고서
10. 이창희 ; "아연도금강판의 seam용접 불량 원인 및 방지연구"산업과학기술연구소 보고서
12. Thomas J. Geiermann et al ; Material&Body testing IBEC'95(1995) pp.108
13. Andy P. Lee ; SAE 960817(1996), pp91
14. K. K. Bhatt et al ; SAE 950923(1995), pp183
15. 최정영, 이창희 ; 산업기술기반과제 중간보고서(1999)
16. BK Chung, C.H.Lee ; Material science and Engineering, July (1999) accepted
17. Kimikazu et al ; 日本銲接學會誌,10,(1992) p.196-199,