

승합차의 램프 디자인과 제작을 위한 이종재료의 접합

이정현⁺, 김인철^{*}

(논문접수일 2011. 01. 05, 수정일 2011. 03. 22, 심사완료일 2011. 06. 15)

A Study on Welding of Dissimilar Materials for Van-Ramp Design and Production

Jung-Hyun Lee⁺, In Cheol Kim^{*}

Abstract

There are about 2.4million disabled in Korea, 2009. Also, Korean society entered into an aging society. Therefore disable and elderly are getting more involved in our society. This study proposes simple ramp design for wheel chair users and welding method and condition for manufacturing. In the middle of ramp, screw jack and motor are installed so that ramp can be moved left and right side. To make the ramp moves easily, ramp was fixed by installing LM guide on both sides. Ramp production for using Nd:YAG laser certain dissimilar welding in stainless steel sheet and cold reduced carbon steel. The output was fixed by 3kW, the speed was increased to 2~7m/min, Argon was used as shielding gas and the flow rate was changed to 10~30L/min. The proper welding condition is the output 3kW and welding speed 2~5m/min.

Key Words : Disabled and elderly(교통약자), Wheelchair(휠체어), Ramp(램프), Nd:YAG Laser(Nd:YAG레이저), Dissimilar welding (이종 용접)

1. 서론

고령화가 급속하게 진행되는 가운데 2010년 전체 인구 중 65세 이상 인구가 차지하는 비중은 11.0%이며, 2018년에는 노인인구 비율이 14.3%로 고령사회에 진입할 예정이며, 교통 재해와 산업재해로 인한 장애 인구는 계속해서 증가하고 있다. 우리나라 장애 인구를 보면 2009년 말 약 242만 명에 이르고 있다⁽¹⁾. 이에 따라 장애인에 대한 복지시설도 증대되고 있으며 장애인들도 사회참여 기회가 확대 되어 가고 있는 추세이다. 또한 국민소득이 높아지고 장애인들의 사회참여 확대로 승용차를 소유하는 비율이 높아지고 있으며 직업생활이나 일반 활동 시에도 타인의 도움 없이 혼자서 원하는 시간에 원하는 장

소로 이동하기 위해서는 자동차는 필수적인 이동수단이다.

우리나라에서 장애인에 대한 자가운전이 법적으로 허용된 것은 1983년으로서 이는 곧 운전면허의 자격을 허용하게 되었음을 뜻한다⁽²⁾. 선진국에서는 오래전부터 장애인 및 노약자용 복지차량을 생산하고 있다. 우리나라에도 근래에 들어 장애인과 노약자를 위한 운전보조장치 위주에서 승하차를 보다 편리하게 하는 방향으로 생산하고 있으나, 아직까지는 승하차 방법이 다양하지 못하다. 본 연구에서는 자동차를 이용 시 장애인과 노약자가 휠체어로 승·하차를 효율적으로 할 수 있는 탑승장치를 제시하고, 그에 따른 용접방법 및 용접조건을 고찰하고자 한다.

본 연구에서는 장애인들의 보다 적극적인 사회 참여를 통해

⁺ 볼보 자동차, 스웨덴

^{*} 교신저자, 서울과학기술대학교 산업대학원 (rectifier21@naver.com)
주소: 139-743 서울시 노원구 공릉로 232

질적인 삶을 영위하기 위한 방법으로 장애인이 휠체어를 타고 승차하는 효율적인 탑승장치를 제시하고, 장치를 제작하기 위해 그 재료로 우리 생활과 밀접한 자동차, 가전제품, 건축자재 등에서 광범위하게 사용되는 냉간압연강판의 한 종류인 SCPI-S와 표면이 미려하고 녹이 슬지 않는 스테인레스강판을 선택하였다. 성형성과 비움면에서 우수한 SCPI-S강판과 고온 산화성이 적고 뛰어난 내식성으로 인해 산, 알칼리 등의 부식에 내식성이 우수한 스테인레스강판을 레이저용접으로 접합하고자 한다. 이런 서로 다른 금속들 간의 이종용접 방법은 물리적인 성질에 대한 영향을 고려해 주어야 한다. 레이저 빔에 의한 용접은 일반적인 용접방법에 비하여 가열 및 냉각 속도가 매우 크고 또한 열영향부가 적다. 이러한 경우에는 노치 민감도를 증가시킨다. 따라서 철강재의 레이저용접은 저탄소강, 저합금고강도강, 스테인레스강에 사용되는 것이 유리하다.

본 연구에서는 오스테나이트계인 STS304, 냉연강판인 SCPI-S와의 이종금속 레이저 용접을 실시하여 두 금속간의 용접성을 실험하고자 한다. 따라서 본 실험에서는 실험 데이터를 최적화하기 위해서 출력은 3kW로 고정하였고, 입열량에 따른 영향을 살펴보기 위해 2~7m/min까지 1m/min 단위로 속도를 증가시켜가며 용접 후 비드 외관과 단면 형태를 관찰하여 여러 가지 변수들을 복합적으로 고려하여 설정하였다. 금속학적 특성을 조사하기 위하여 각 용접부의 조직을 광학현미경으로 관찰하였고, 용접부의 신뢰성을 평가 하였다. 또한 경도시험, 인장시험을 통하여 용접부의 기계적 특성을 규명하였다.

2. 이론적 연구배경 및 동향

2.1 장애인 이동권의 개념

장애인의 이동권이란 장애인을 위한 교통, 건축 등 생활환경의 개선 노력뿐만 아니라, 장애인을 위한 특별차량 운행이나 기존의 차량, 교통시설 등 장애인의 이동의 편리함을 도모하기 위한 제반의 사회적 장치를 말하며, 이러한 이동권의 개념은 넓은 의미에서는 휠체어 사용자들을 포함한 모든 사람들에게 적용되는 총체적 접근이라는 의미이고, 좁은 의미에서는 최소한의 노력과 노동을 들여서 움직임이 불편한 사람들이 건물이나 교통수단을 좀 더 쉽게 이용하도록 시설물을 개선하여 항상 시키는 권리라 할 수 있다⁽³⁾.

2.2 국외 복지차량 동향

(1) 일본

1970년대부터 복지 차량 개발을 시작한 토요타는 이미 최근 에 거동이 불편한 노인 및 장애인들을 위한 복지 차량 개발에 힘을 쏟고 있다. 이미 Welcab이란 복지 전용 브랜드를 갖고 있을 만큼 복지차량 분야에서 가장 앞서가고 있다(Fig. 1).

(2) 미국

UVL(Under Vehicle Lift), 램프, 휠체어 캐리어, 전동 회전 시트 등을 판매하고 있다(Fig. 2)

2.3 국내 복지차량 동향

국내 복지차량은 양산화는 하고 있지 않고, 주문에 의한 방식으로 제작되고 있다. 그리고 몇 개의 회사는 차량을 개조해서 복지차량을 생산하고 있다. 일본이나 다른 복지 선진국에 비해 많이 부족한 게 현실이다.

- (1) 기아자동차(Fig. 3)
- (2) 현대자동차(Fig. 4)
- (3) 창립정공(Fig. 5)

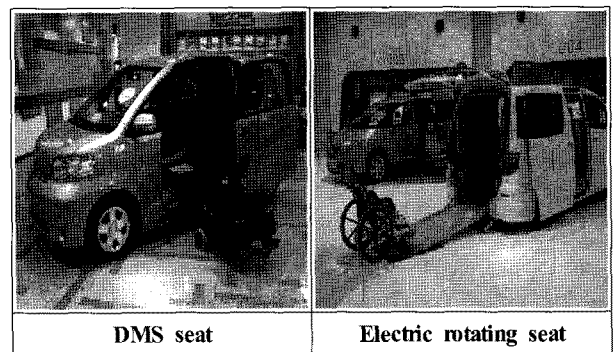


Fig. 1 Welfare vehicles of Toyota

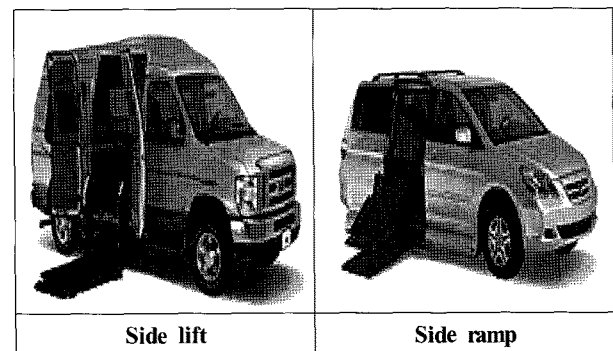


Fig. 2 Welfare vehicles of USA(4)

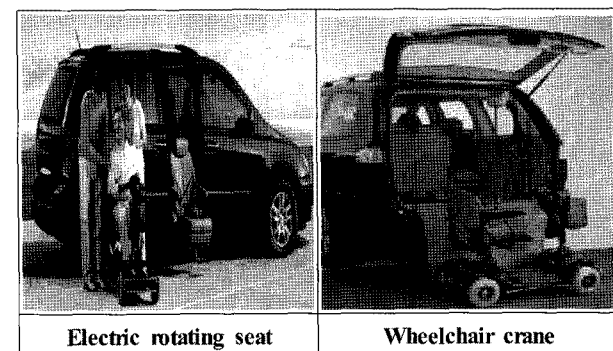


Fig. 3 Welfare vehicles of Kia Motors

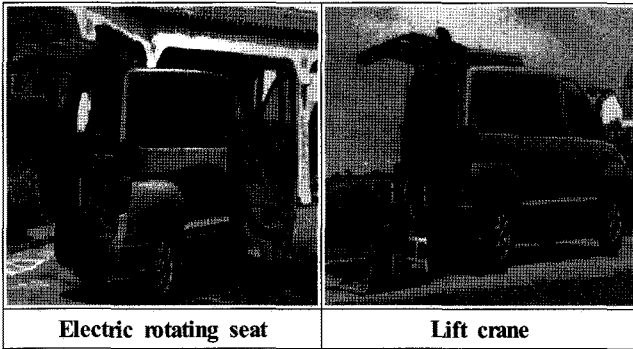


Fig. 4 Welfare vehicles of Hyundai Motors

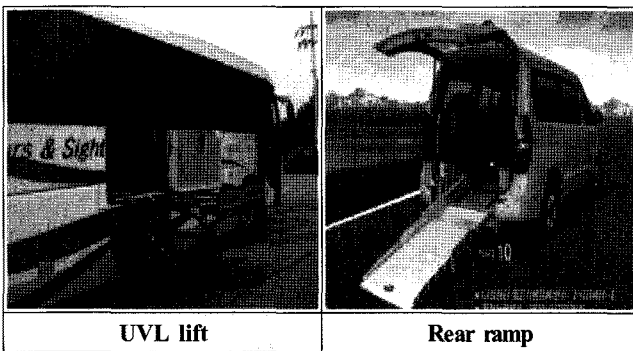
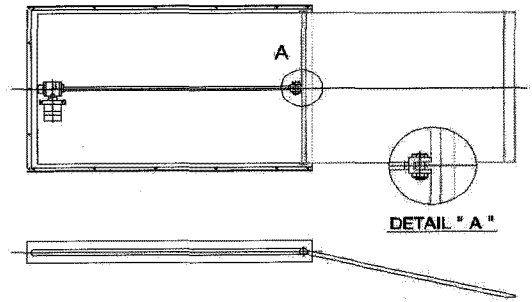


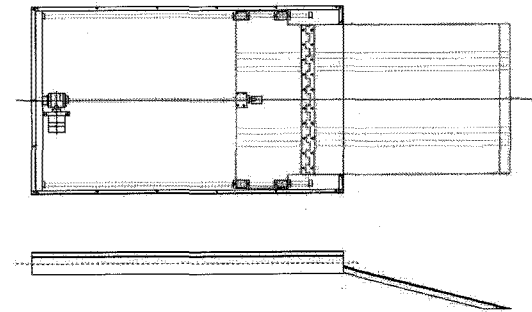
Fig. 5 Welfare vehicles of Changrim

2.4 연구동향

장애인 본인이 직접 운전할 경우인지 그렇지 않는지에 따라 기본 개념은 달라진다. 운전을 직접 할 경우에는 외국의 경우를 보면 전동휠체어에 탄 채로 직접 차 실내의 운전석에 진입하여 운전석 자리로 옮길 필요 없이 좌석을 비우고 휠체어 고정 장치를 설치하여 휠체어가 운전석에 들어갈 수 있도록 운전석 뒷좌석의 좌석도 비운다. 휠체어를 탄 채로 운전하지 않는 경우에도 쉽게 운전석에 옮겨 탈 수 있도록 좌우로 회전이 가능한 좌석(transfer seat)을 설치하기도 한다. 국내의 경우는 차량개조를 해서 승합차 2열에 승차하여 운전석으로 옮겨야 하는 번거로움이 있다. 운전을 하지 않는 경우에는 조수석 또는 승합차의 2열에 비교적 용이하게 승차 할 수 있도록 전동회전시트를 장착하는 경우가 대부분이다. 휠체어를 차량에 실기 위해서는 휠체어 리프트나 램프를 설치하여야 하고, 보다 편리하게 작동할 수 있도록 차문의 개폐, 휠체어 승 하강을 자동으로 조작할 수 있는 장치를 설치한다. 휠체어 적재 보조기들은 휠체어를 전동역학식으로 지붕위로 들어 올리고 다시 바닥에 내릴 수 있는 탑형 캐리어, 회전시킬 수 있는 cross beam lift를 트렁크에 장착한 자동차 트렁크용 승강기, spindle 모터로 작동되는 승강 봉이 달려 있는 휠체어 적재장치, 로프 식 기중기가 달린 접는 휠체어용 적재장치 등이 있다⁽⁵⁾.



(a)



(b)

Fig. 6 Design of vehicle ramp

3. 디자인과 제작

3.1 휠체어 램프 디자인 컨셉

- (1) 후면과 측면 중 어느 방향에서 승차해야 접근성 및 효율성이 좋은 방향을 제시한다.
- (2) 휠체어 램프 장치를 각 차량에 장치할 것인지 아니면, 모듈형식으로 할지를 제시한다.
- (3) 휠체어 램프 장치중 이동 부분이 원활히 움직일 방법을 제시한다.
- (4) 탑승구는 지면과의 기울기가 최적이 되도록 이동 부분의 장치를 제시한다.

Fig. 6은 본 연구에 가장 적절한 형태의 램프(ramp)장치로 압축된 디자인이다.

(a)는 램프(ramp)를 고리와 볼트로 연결하고, 측면에 램프(ramp)의 이동을 돕는 홈을 만들었다.

(b)는 양측면에 guide를 설치하고, 램프(ramp)에 브리지를 설치하였다.

램프(ramp)의 견고한 고정과 원활한 이동은 양 측면에 guide가 있는 (b)디자인이 좋았고, 램프(ramp)의 이동 중 자연스럽게 기울어지는 것도 (b)디자인이 좋았다.

최종적으로 가장 알맞은 램프(ramp)장치는 (b)디자인으로 선정하였다.

3.2 램프 디자인

- (1) 램프(ramp)의 위치는 이동이 상대적으로 적은 측면으로 한다.
- (2) 각기 다른 차량에 사용할 수 있도록 모듈형식으로 한다.
- (3) 중앙부에 스크류 잭(screw jack)을 설치하여 램프(ramp)를 이동시킨다.
- (4) 램프(ramp)는 쉽게 구부러지지 않도록 리브로 보강한다.
- (5) 양측면에는 LM GUIDE가 있어 판을 고정하고 이동이 원활하게 한다.
- (6) 차량의 바닥에 고정시키고 좌우로 이동한다.
- (7) 램프(ramp)에는 승차 및 하차를 원활하도록 브리지를 설치한다.

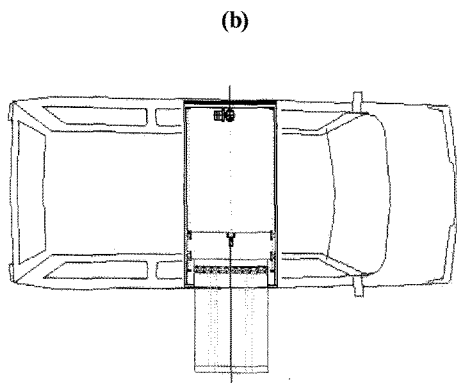
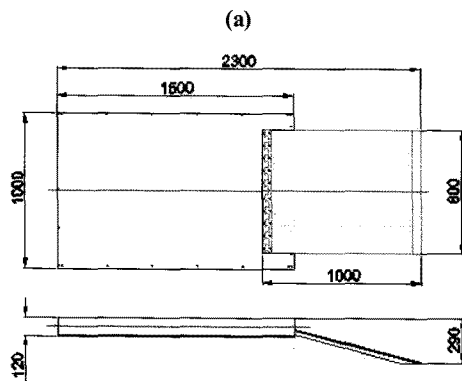
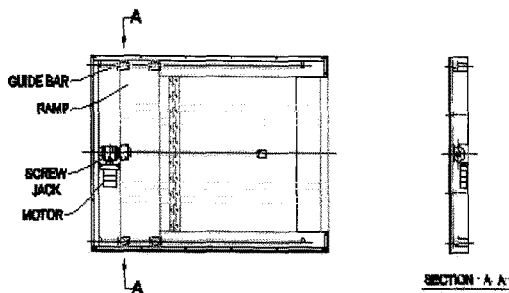


Fig. 7 Detailed design of vehicle ramp

Fig. 7은 램프(ramp) 장치를 도면화한 것이다.

(a)는 램프(ramp) 장치의 각 부의 명칭 및 치수를 표시하였고, 램프가 들어가 있을 때의 모양과 스크류 잭, 모터의 설치 위치, 가이드 바와 램프와의 고정 방법 등을 표시하였다.

(b)는 램프가 나와 있을 때의 모양과 치수, 지면과의 기울기 등을 표시하였다.

(c)는 램프장치를 승합차에 설치하고 램프가 나왔을 때의 모양을 표현하였다.

3.3 램프(ramp) 제작

3.3.1 제작 실험장치

본 실험에서는 Nd:YAG 레이저를 사용하여 맞대기용접을 실시하였다. 또한 Ar 보호가스를 사용하여 직경 4mm의 구리 노즐을 장착하였으며, 포커싱 위치 바로 뒤에서 60°의 각도로 레이저빔을 따라가도록 공급하였다.

3.3.2 제작 실험재료

본 연구의 목적은 스테인레스강판과 냉연강판의 이종금속 용접성을 확인하는 것으로서 냉연강판은 SCPI-S이며, 스테인레스강판은 오스테나이트계인 STS304을 사용하였다. 실험 판재는 120(mm) × 70(mm) 사이즈로 두께는 1.2(mm)이다.

3.3.3 제작 실험방법

시험편을 지그에 장착한 후에 용접 길이는 양 끝단 5mm씩을 제외한 110(mm)를 용접하였다. 초점위치는 시험편 표면으로 하였으며, 출력은 3kW로 고정하였다. 우선 입열량에 따른 영향을 살펴보기 위해 2~7m/min까지 1m/min 단위로 속도를 증가시키며 용접 후 비드 외관 및 단면 형태를 관찰하였다. 또한 레이저용접 시 주로 사용되는 불활성가스인 Ar을 이용하여 용접하였다. 보호가스는 노즐 직경 4mm로 레이저빔을 뒤따라가도록 공급하였고 그 유량은 15 L/min으로 고정하였다. 용접 전 이물질 및 불순물에 의한 불량 가능성을 최소화시키기 위해 시험편 전체를 아세톤으로 세척을 하였다. 이종금속 재료의 레이저용접 용접성을 평가하기 위해 용접이 완료된 시험편을 Fig. 8과 같이 4부분으로 나누어 인장시험 부분은 KS B 0801의 판재 인장시험규격13B 호에 따라 와이어커팅 가공하여 인장시험을 실시하였다. 나머지 부분의 시험편은 초경팁 원형틀을 이용하여 시험편을 채취하였다. 인장 시험기는 MTS(社) 810 series로 사용하였고, 속도는 5.0mm/min로 고정하였다. 경도계로는 Digital Vicker's hardness tester를 사용하였으며, 적용하중은 1kgf(Hv 1)로 설정하였다. 경도는 상판 기준 하부 0.5mm 아래에서 0.3mm 간격으로 열영향을 받지 않는 모재까지 충분한 범위를 측정하였다.

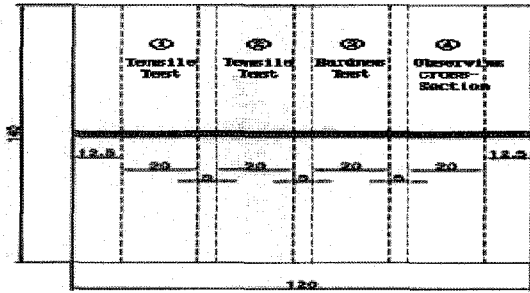


Fig. 8. Sampling of specimen in laser butt welding

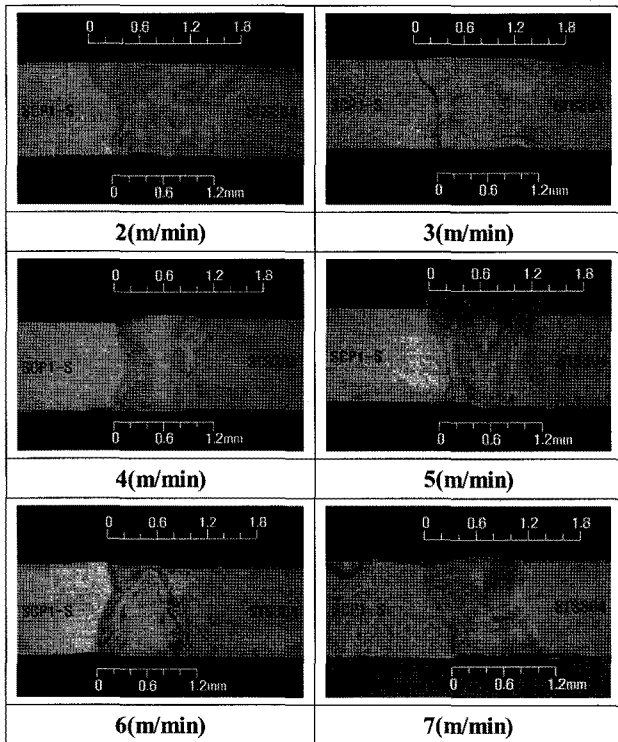


Fig. 9 Cross-section and bead shape of dissimilar STS304 and SCPI-S

3.3.4 실험결과 및 고찰

(1) 조직사진

Fig. 9는 용접속도에 따른 영향을 나타낸 사진이다.

용접 외관 형상을 보면 양호하게 용접이 되었고, 용접 시편의 단면을 확대하여 용융금속의 폭의 길이를 구하였다. 이는 STS304의 주성분인 Ni의 함량이 높아서 열전도량이 증가되는 것으로 추정된다.

(2) 인장시험

Fig. 10은 동일한 조건 내에서 각 용접 속도별 인장 시험에 대한 그래프이다. 각 set별로 6개씩 시편을 제작하여 인장 시험을 하였다. 1번 set 경우 2m/min기준으로 0.02, 0.03, 0.06, -0.03, -0.12 씩 차이가 났다. 2번 set 경우 2m/min기준으로

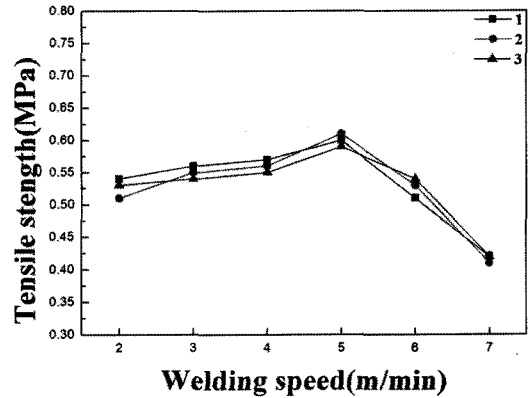


Fig. 10 Experimental result of tensile test (SCPI-S & STS304)

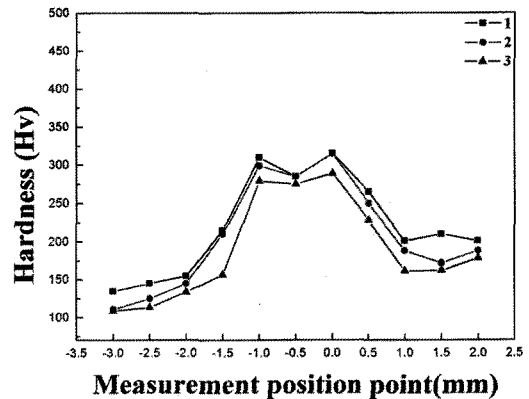


Fig. 11 Hardness distribution of dissimilar material STS304 and SCPI-S

0.04, 0.05, 0.1, 0.02, -0.1씩 차이가 났다. 3번 set 경우 2m/min 기준으로 0.01, 0.02, 0.06, 0.01, -0.11씩 차이가 났다. 이는 STS304의 이종재료에서는 속도가 2,3m/min일 때와 5m/min 이상일 때는 용접부에 기공이 발생했으며, 5m/min 이상일 때는 용융선 근방에서 마르텐사이트의 생성과 C의 고용 강화 등으로 결정립이 조대화 되어 있는 것을 볼 수가 있다. 이종금속의 용접성은 3~5m/min 구간에서 건실한 것으로 평가 할 수 있다.

(3) 경도 분포

Fig. 11는 동일한 용접 속도에서의 경도 시험에 대한 그래프이며, 3개의 시편을 제작하여 경도 시험을 하였다. 1번 시편 기준으로 평균 -13, -32 차이가 났다. -1.5mm 부근에서 가장 큰 차이가 났다. 이는 용접 속도가 느릴수록 입열량이 많아져서 용융금속의 폭이 넓어졌고, 따라서 열영향부도 넓어졌다. 그리고 용접부의 경도를 보면 전체적으로 모재보다 높은 경도를 가지는 것을 알 수 있다. 일반적으로 경도가 증가하는 것은 STS304의 경우 오스테나이트화된 재질이 급냉되면서 조밀한 마르텐사이트가 되었기 때문으로 추정된다.

4. 결론

교통약자들을 위한 자동차의 효율적인 탑승장치를 개발하기 위해 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 차량 밑바닥에서 간결하게 이용할 수 있는 램프 디자인을 제안하였다.
- (2) 디자인한 제품을 제작하기 위한 용접에서 레이저빔을 이용한 냉연강판과 스테인레스강판의 적절한 용접조건은 출력 3kW, 용접 속도 3~5m/min가 적절한 조건인 것으로 보여진다.

참고 문헌

- (1) Ministry of Health and Welfare, n.d., 2010, viewed 28 September 2010, <<http://stat.mw.go.kr/stat/data>>
- (2) Paik, S. W., 2001, *A Study of Quality of Life Among the Handicapped Owner Drivers in Seoul*, A Thesis for a Degree of Master, Yonsei University, Republic of Korea.
- (3) Park, K. H., 2003, *A Study on Advance of the Mobility Right of the Disable Persons*, A Thesis for a Degree of Master, Inha University, Republic of Korea.
- (4) Lim, J. H., 2009, *A Study to Design the Wheelchair Carrier for the Disable Driver*, A Thesis for a Degree of Master, Daegu University, Republic of Korea.
- (5) Kim, K. M., 2004, *A Study on the Kinematic and Dynamic Analysis of a Self-driving Automobiles's the Welfare Vechicle for the Handicapped*, A Thesis for a Degree of Master, Daegu University, Republic of Korea.
- (6) Lee, J. S., 2009, *Taxi Design for Transportation Poor (Focused on Wheel Chair User)*, A Thesis for a Degree of Master, Hongik University, Republic of Korea.
- (7) Lim, G., 2004, *A Study on the Design and Durability Experiment of Winch Motor Lift which is Set up in the Special Vehicle for the Elderly and the Handicapped*, A Thesis for a Degree of Master, Daegu University, Republic of Korea.
- (8) Son, S. W., Kim, I. S., Jung, J. W., and Na, H. H., 2009, "Control the welding quality for stainless steel weldment," *Korea Society of Machine Tool Engineers Spring Conference*, pp.285~289
- (9) Park, C. E., Li, C. S., and Kim, I. S., 2003, "Mathematical Models for Optimal Bend Geometry for GMA Welding Process," *International Journal of Welding Society*, Vol. 3, No. 1, pp. 8~16