

LASER 용접 차체조립을 위한 실험연구

A Study of Laser Welding Process for Auto Body

현대자동차 생산기술센터 김상명, 신현일, 배경민

울산대학교 물리학과 권경업, 변진귀, 김석원

I. 서론

1980년대 중반부터 차체 BIW 조립에 LASER 용접 적용을 위한 선진사의 시도에서 알 수 있듯이 가까운 장래에 자동차의 다양한 부위에 LASER 용접공법이 적용되리라 예상된다. MERCEDES 3S Series 차종에서 roof와 quarter를 laser cutting 한 후 3차원 butt welding 함으로써 brazing과 metal finishing의 작업량을 대폭적으로 감소할 수 있었으며 roof rail에도 laser 공법이 적용되어 flange 폭 5mm와 sealing 작업의 삭제가 가능케 했다. VOLVO社도 1984년에 시작하여 1991년에 적용했던 850 model에서 pressure roller와 6kw CO₂ laser에 의한 연속 roof rail 용접 설비로서 유연성과 충돌 안전기능의 극대화를 확보한 바 있다. 최근에는 YAG laser를 이용한 다관절 robot의 적용 경향과 연구사례가 증가하고 있다. GM, Ford, Audi에서 Nd:YAG laser를 roof 용접에 적용중이다. 본 연구는 당사에서 실험한 결과 나타난 panel 틈새 문제를 해결하기 위한 1차적 수단으로써 가압 roller clamp 제작 실험과 용접품질의 강성, 피로시험 결과 등에 대하여 기존 저항 용접과 비교하여 다루었다.

본 연구의 목적으로는 (i) 차체 용접을 위한 실험적이고 현장적용 가능한 용접 조건 data base의 구축, (ii) laser welding body의 강성, 충돌 실험과 simulation 그리고 설계를 위한 기본 data 제시, (iii) 품질기준 설정과 공정설비 설계를 위한 다양한 clamping tool 개발 등의 3가지 목적이 있었다. 본 논문에서는 (i)(ii)(iii)에서 부분적으로 추진된 결과에 대해서 정리해 두고자 한다.

II. 실험방법

1. 실험장치 구성

1) LASER 용접장치

본 실험에서 사용된 장비는 ROBOMATIX사의 레이저 로봇시스템이다. 로봇트는 캔티레버 5축 구동형이며, 레이저는 LASER ECOSSE사의 제품으로 파장이 10.6 μm인 3.3kw급 CO₂ 레이저이다.

2) BIW 용접용 실험 JIG

위치 이동과 높이 조절이 가능한 테이블 리프트형으로 제작하여 용접 로봇트의 접근이 용이하도록 하였으며 용접 부위와의 간섭을 최소화 하였다. 용접 부위의 대부분

은 용접 가능 틈새 조건($\geq 0.2\text{mm}$)을 벗어남으로 각 부위별로 가압이 가능한 치구로 누른 후 용접을 실시하였다. 먼저 지그위에 고정된 후로아를 용접한 후 사이드 판넬, 루프, 패키지 트레이, 윈드실드 부위를 볼트로 가조립하여 차체의 형태를 갖춘 상태에서 용접하였다.

3) 가압형 롤러 클램프

제작된 가압형 롤러 클램프는 두 가지 유형이다. 향후 Nd:YAG 레이저의 관절 로봇트에 적용할 목표로 설계하였다. 롤러의 재질은 CuCr 이며 직경은 100mm, 폭은 5mm 이고, 유압 실린더를 이용하여 롤러의 상하 운동을 제어하도록 했다. 롤러의 끝에서 발생하는 부하는 실린더에서 일정 한계까지 완충시켜 준다.

2. 실험방법

1) BIW 제작실험

용접 부위별 판넬의 두께, 겹수, 재질이 다르므로 용접 조건은 기초 실험을 통해 만들어진 데이터 베이스를 이용하였다. 용접선은 20mm 스티치(stitch) 형태를 기본 유형으로 택했지만 용접 부위의 형상 특성 특히, 용접헤드의 접근성 및 로봇트의 용접 자세에 따라 적절하게 조절되어졌다.

2) Roller Clamp 를 이용한 용접가능 틈새선정 실험

차체 부품은 틈새 측정이 용의하지 않아 시험 시편으로 진행하였다. 시편은 베이스 판넬을 1.6T, 상판은 0.7T, 1.2T 의 두가지에 대해 가압력 및 가압 위치별 틈새를 측정하였다. 이때의 판넬사이의 틈새는 2mm 이다. 롤러 끝단의 가압력은 힌지형의 경우 $30\text{kgf/cm}^2, 80\text{kgf/cm}^2$ 의 조건에서 실험하였다.

III. 실험결과

1. BIW 제작결과

BIW 제작에 적용된 레이저 용접의 용접선 총 길이는 4780mm 이다. 후로아 부용접된 길이가 2740mm로서 620mm 만이 양호한 용접 상태를 보였다. 각 부(front, center, rear)의 겹치는 부위는 용접헤드의 접근시 간섭 발생으로 용접헤드의 자세가 불안정하고 초점 위치를 정확히 맞추기가 어렵다. 따라서 틈새 조건을 맞추기 위한 클램핑이 용이하지 않아 용융물이 녹아내리는 용접 불량 상태를 보였다. 그러나, 후로아 백 판넬(floor back panel)의 경우 접근성과 클램핑 상태가 좋아 전체적으로 양호한 용접을 보였다. 바디 빌드(body build)부위는 2040mm 의 용접선 길이중 1800mm 가 양호하게 용접이 되었다. 윈드 쉴드 부위의 경우 틈새 조건이 클램핑을 하지 않아도 매우 좋아 거의 완전한 용접이 이루어졌다. 루프의 드립레일의 경우는 로봇트의 접근성이 타 부위보다 좋으며 클램핑에도 어려움이 없어 레이저 용접에 유리한 조건을 제공해 준다. 실제로 차체조립 공정에 레이저 용접 시스템이 적용된 부위는 대부분 루프이며 설계 변경 등을 통해 경제적인 효과를 얻기 위해 많은 연구가 진행 중이다. 루프 용접의 경우 비드(bead) 모

양이 거칠어 보였는데 이것은 간이 클램프의 클램핑 상태가 불안정해서 이다. 만일 가압롤러 클램프와 같은 직접 가압 방식을 이용하면 용접에는 전혀 무리가 없는 부위다.

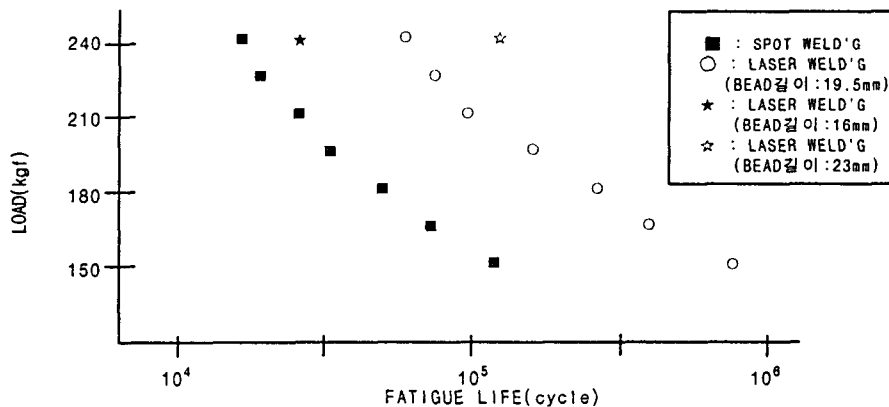
2. Roller Clamp 를 이용한 용접가능 틸새선정 실험결과

가압된 중심점을 기준으로 $\pm 20\text{mm}$ 이내에 레이저빔이 위치한다면 용접부 틸새가 0.2mm 이하로 용접 불량을 피할 수 있다.

3. 인장시험 결과

용접방법	SPOT WELD'G	LASER WELD'G(BEAD 길이별)			
		15.5	16	16.5	23
인장전단하중(kgf)	407	400	423	453	547

4. 피로시험 결과



LASER WELD'G 과 SPOT WELD'G 시편의 피로시험 S-N CURVER

IV. 결론

3kw 급 CO₂ 레이저 차체 용접 실험 결과로 부터 미래 레이저 차체 생산준비의강을 파악하게 되었으며, 연구 시작 당시의 YAG 레이저 발전기의 불안정 요소들도 기술 발달과 함께 출력과 안정성이 비약적으로 개선된 것은 향후 기술 발전 추세 파악의 중요성에도 의미를 부여한다고 본다. 기공 발생이 없는 적정 용접 하에서 다음의 결론을 1차적으로 내려두고저 한다.

- 1) 용접비이드 길이가 20mm 이상 일때 점용접의 1.4 배의 인장강도를 얻을 수있다.
- 2) 초점 위치의 산포 혹은 차체 위치의 상하 산포는 정밀한 조건 제어 하에서 $\pm 4\text{mm}$ 까지는 가능함을 보여 충분히 생산 가능성을 예고 한다.

- 3) 용접부의 자체 체적이 용접 강도와 피로 강도에 영향을 미치므로 입사각도 관리도 중요한 인자이며 동일조건에서 30 ° ~ 50 ° 정도로 관리하는 것이 바람직하다.
- 4) 일반 냉연 강판의 경우 틈새는 0.2mm, 아연도금 강 0.1mm ~ 0.2mm 로 관리할 새로운 Tool 개발이 필요하다.
- 5) 레이저 빔의 위치가 롤러 가압 중심점에서 $\pm 20\text{mm}$ 이내로 설정하면 용접가능 조인 0.2mm 를 만족시킬 수 있다.
- 6) Data 의 편차는 있었지만 기존 스폿 용접에 비하여 30% ~ 100% 정도의 인장 강도와 피로 강도 향상이 가능함을 보였다.
- 7) 초점 위치의 변화는 기본강도 요구 측면이 아니라 under cut 등의 용접성에 영향을 미치므로 추가적인 실험이 필요하리라 본다.
- 8) 일반적으로 적용성과 가능성의 연구가 실제 공정기술개발과 Tool 개발의 병행 추이 필수적이라고 판단된다.

V. 참고문헌

1. 손경락, 김상명, 권경업, 김석원, "CO2 레이저를 이용한 차체 Laser 용접조립성 평가", 제 8 회 LASER 가공기술 심포지엄, 한국기계연구원
2. 손경락 외, "레이저 용접 적용 준비 기술개발", 현대자동차 생산기술 제 10 호, pp1~10. 1996. 12
3. 권경업, 변진귀, 김석원, "레이저 용접 조건의 최적화에 관한 연구", 96 산학협동 최종 결과 보고서, 1997
4. Mariana Forrest, William Marttila, "LASER WELD'g Process Parameter Variation Study at ChRysler Co", Automotive Laser Application Workshop 1996, pp1~27, Michigan University
5. F. V Lawrence, "Fatigue Resistance of Laser Welds vs Spot", Automotive Laser Application Workshop 1996, pp29~41, Michigan University
6. 서정, 한유희, "자동차 산업에서의 레이저용접", Journal of KWS, Vol.12, No.2, pp49~63, 1994
7. 김도훈, "레이저 가공학", 경문사, 1992