

자동차용 고강도 강판의 Nd:YAG 레이저 Stitch 용접에 관한 연구

A study on the Nd:YAG laser stitch welding of automotive high strength steel sheet

추 재선*, 방 희선**, Rajesh.S.R*, 방 한서**

* 조선대학교 일반대학원 선박해양공학과

** 조선대학교 항공조선공학부

ABSTRACT Application for laser welding have increased steadily in recent years due to its benefits such as high speed, high productivity and high density energy heat source. In this article these advantages of the laser welding has been considered for Nd:YAG laser stitch welding as a substitute for spot welding of lightweight car body plates. Optimized parameters for Nd:YAG laser stitch welding have been determined comparing the economical and mechanical characteristics to match with the currently used spot welding characteristics.

1. 서 론

레이저용접은 고밀도 에너지를 열원으로 이용하는 고출력 레이저로서 열영향이 작고 작은 변형범위 내에서 용접을 할 수 있고 입력 에너지의 제어성이 좋다. 또한 레이저 빔의 높은 에너지 밀도는 고속 용접을 가능하게 하고 자동화가 용이하다는 장점이 있어 자동차 산업분야에서 접촉식 용접인 저항점용접에 대한 대체용접법으로서 비접촉에 의한 레이저 용접에 대한 연구가 진행되어 왔다. 따라서, 본 연구에서는 저항점용접의 인장전단강도를 기준으로 하여 자동차 차체용 340MPa급 고강도 강판에 대하여 레이저 Stitch 용접부에 대한 적정 용접조건을 제시하고 용접성을 확보하고자 하였다.

2. 레이저 Stitch 용접부 길이 결정

2.1 시험편 및 실험 방법

본 실험에서 사용된 재료는 두께가 1mm인 자동차 차체용 340Mpa급 고강도강판 SPRC340이며, 시험편은 KS B 0851의 규격으로 제작하였으며 그 형상은 Fig 1에 나타내었다. SPRC340의 화학적 조성비 및 기계적 물성치는 각각 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

2.1.1 점용접조건 선정

용접장비는 최대가압력 1000Kgf, 최대용접전류 27KA인 공압식 용접기와 MM-601A 가압력 측정기를 사용하였고 용접조건은 가압력, 전류, 시

간을 변수로 하였으며 Table 3에 나타내었다. 또한 각 용접조건별로 20Ton 용량의 인장시험기를 이용하여 인장전단강도를 측정한 후 적정 용접조건을 선정하였다.

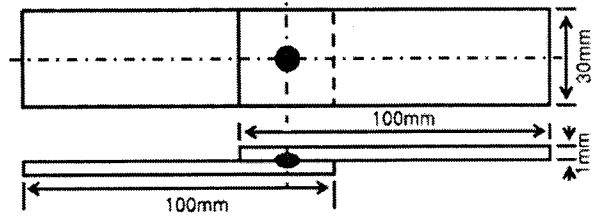


Fig 1. Single spot welded specimen geometry for tensile-shear test

C	Si	Mn	P	S
0.0006	0.02	0.004	0.140	0.076

Table 1. Chemical properties of base metal(wt%)

Yield Strength (kg/mm ²)	Tensile Strength (kg/mm ²)	Young's Modulus (kg/mm ²)	Elongation (%)
21.4	35.5	20000	41

Table 2. Mechanical properties of base metal

Electrode force (Kgf)	Welding current (KA)	Squeeze time (Cycle)	Welding time (Cycle)	Holding time (Cycle)
180, 200, 220	8~11 (1씩 증가)	30	10, 15, 20	10

Table 3. Spot welding parameters

2.1.2 레이저 Stitch 용접조건 선정

용접장비는 3KW급 Nd:YAG Laser 용접기를

이용하여 Laser Power, Welding Speed를 변수로 하였으며, Focal Depth는 +1mm, Shield Gas는 Argon 15ℓ/min로 하였다. 용접조건은 Table 4에 나타내었다. 표면 비드상태와 매크로 조직단면 사진을 통해 선정된 용접조건을 이용하여 점용접과 같은 크기의 시험편에 10mm, 15mm, 20mm로 용접하였으며 그 형상은 Fig 2에 나타내었다. 각각 인장전단시험을 실시하여 점용접의 인장전단강도와 비교하여 레이저 Stitch 용접부의 길이를 결정하였다.

Laser power (KW)	Focal depth (mm)	Welding speed (m/min)	Shielding gas (ℓ/min)
2.0, 2.5, 3.0	+1	1.0~3.0 (0.5씩 증가)	Argon 15

Table 4. Laser welding parameters

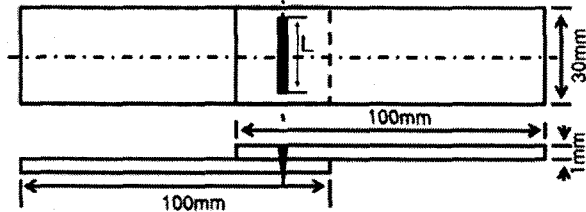


Fig 2. Laser welded specimen geometry for tensile test : L=10mm, 15mm, 20mm

2.2 실험 결과 및 고찰

2.2.1 점용접조건에 따른 인장전단강도

Fig 3은 가압력 180, 200, 220Kgf에서 통전시간을 각 10, 15, 20cycle과 전류를 6~11KA의 범위로 각 3개씩 시험편을 제작 용접하여 인장전단시험을 실시한 결과이며 통전전류 6, 7KA의 시험편은 용접조건 중 가압력 220Kgf, 통전시간 10, 15cycle은 11KA에서, 나머지 용접조건 중에서는 통전전류 10KA에서 스파터가 발생하였다.

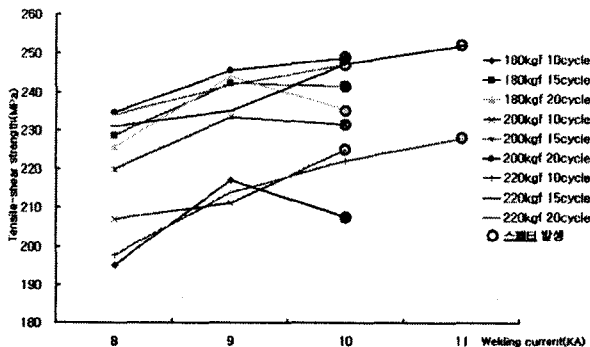


Fig 3. The tensile-shear test results of single-spot joint

Electrode force (Kgf)	Welding current (KA)	Squeeze time (Cycle)	Welding time (Cycle)	Holding time (Cycle)
180	9	30	15	10

Table 5. Optimal spot welding condition

또한, 높은 인장전단강도를 보이는 조건을 선별하여 너트의 직경을 관찰한 후 Table 5의 적정 용접조건을 선정하였다.

2.2.2 Nd:YAG 레이저 용접부 특성

Nd:YAG 레이저 용접의 적정용접조건 선정은 완전용입이 일어나는 조건중에서 용접부에 기공 등의 용접결함이 없는 출력 3KW, 용접속도 2.5 m/min를 선정하였으며 Table 6과 7은 선정된 용접조건과 용접부 비드상태와 단면을 보여준다.

Laser power (KW)	Focal depth (mm)	Welding speed (m/min)	Shielding gas (ℓ/min)
3.0	+1	2.5	Argon 15

Table 6. Optimal laser welding condition

Welding Speed	Top bead	bottom bead	section
2.5m/min			

Table 7. Laser Power : 3KW

Fig 6은 선정한 점용접조건과 Nd:YAG 레이저 용접조건으로 30*100*1mm 크기의 시험편에 용접하여 인장전단시험을 실시한 것이다.

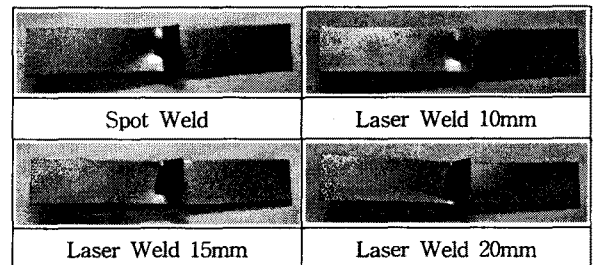


Fig 6. Spot and laser welded specimen after tensile-shear test

3. 레이저 Stitch 용접부 간격 결정

3.1 시험편 및 실험 방법

3.1.1 다점용접 시험편 제작

SPRC340을 300*100*1mm 크기로 30mm 겹쳐 제작하였으며 그 형상과 용접조건은 각각 Fig 4, Table 5에 나타내었다. 점용접의 간격을 실제 자동차의 점용접부 간격을 조사하여 60mm로 정하였으며 인장전단시험을 실시하였다.

3.1.2 레이저 Stitch 용접 시험편 제작

다점용접 시험편과 동일한 크기로 Table 6에 나타낸 용접조건으로 20mm 용접하고 간격을 40mm, 50mm, 60mm로 하여 인장전단시험을 실시한 후 레이저 Stitch 용접의 적정 용접조건을 선정하였다. 그 형상은 Fig 4에 나타내었다.

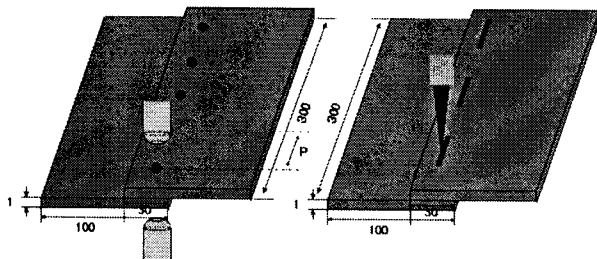


Fig 4. Specimen geometry for tensile-shear test ; P=60mm

3.1 실험결과 및 고찰

3.1.1 용접조건에 따른 인장강도

Fig 5는 단점용접과 동일한 시험편에 각각 레이저 용접을 10mm, 15mm, 20mm를 하여 인장전단시험을 실시한 결과이다.

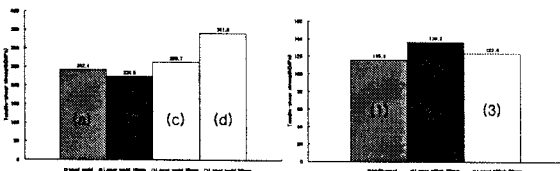


Fig 5. The tensile-shear test results
 (a) Single spot : 242.4MPa (b) Laser 10mm : 224.5MPa
 (c) Laser 15mm : 263.7MPa (d) Laser 20mm : 341.6MPa
 (1) Multi spot : 115.8MPa
 (2) Laser stitch 50mm : 136.4MPa
 (3) Laser stitch 60mm : 123.4MPa

이 결과를 토대로 레이저 용접부 양단의 크레이터를 고려하여 레이저 Stitch 용접부의 길이를 20mm로 결정하였다.

Fig 6은 300*100*1mm크기의 강판을 30mm씩 겹쳐 60mm간격으로 용접한 다점용접과 동일한 시험편에 레이저 Stitch 용접을 각각 40mm, 50mm, 60mm로 하여 인장전단시험을 실시하여 얻은 인장전단강도이다. 간격 40mm는 장비의 측

정 한계를 넘어 인장전단강도의 결과치를 얻지 못하였으며 적정 용접 간격은 60mm로 선정하였다

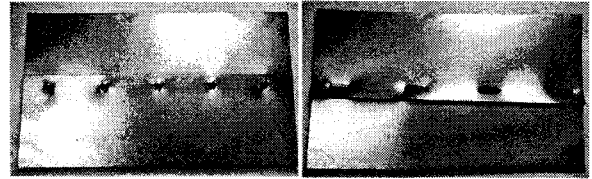


Fig 6. Multi-spot and laser welded specimen after tensile-shear test

4. 결 론

본 연구는 자동차 차체용 340MPa급 고강도 강판에 대한 레이저 Stitch 용접에 있어서 적정 용접조건을 찾기 위한 실험으로 두께 1.0mm의 박판을 사용하여 저항점용접을 실시하여 인장전단시험을 수행한 후 저항점용접의 인장전단강도를 기준으로 하여 레이저 Stitch 용접부의 길이 및 간격을 결정하여 적정용접 조건을 얻고자 하였다.

1) Nd:YAG Stitch 용접부의 길이는 용접부 양단에 발생하는 크레이터가 인장전단강도에 영향을 미칠 것으로 사료되어 점용접 240MPa에 비해 인장전단강도가 340MPa로 상대적으로 높은 인장전단강도를 갖는 Nd:YAG 레이저 용접부 길이 20mm의 결과를 얻었다.

2) Nd:YAG Stitch 용접부의 간격은 300*100*1mm 크기의 시험편에 Multi-Spot 및 레이저 Stitch 용접을 실시하여 인장전단강도 116MPa에 준하는 인장전단강도 123MPa인 간격 60mm의 결과를 얻었다.

참고문헌

1. In-Sung Chang : Nd:YAG Laser Welding for Side Panel, Journal of KWS, Vol.19, No.4, August, 371-374 (in Korean)
2. 박덕조, 강성수, 장경복, 이종봉, 이원범, 조상명 : Fatigue Life Characteristic of Laser Welding in high Strength Steel, KWS 2003-Autumn, 194-196
3. Tae-Kyo Han, Seung-Jun Kim, Bong-Keun Lee, Dae-Up Kim, Chung-Yun Kang : Characteristics of CO2 or Nd:YAG Laser Welded 600MPa Grade TRIP, Journal of KWS, Vol. 24, No.1, February, 2006, 56-63