2008년도 대한전기학회 전문대학교육위원회 추계학술대회 논문집 2008. 11. 14 - 15

레이저-아크 하이브리드 용접부의 초음파 비파괴 검사 연구

허정헌*
포항산업과학연구원*

Non-Destructive Testing using Ultrasonic for Laser-Arc Hybrid Welding

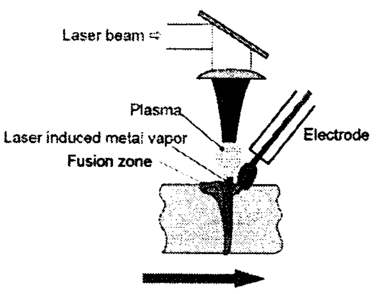
Heo Jeong-Heon*
Research Institute of Industrial Science & Technology(RIST)*

Abstract - 최근 자동차 제조업과 조선산업 등에서는 용접구조물의 정밀 용접분야에 레이저-아크 하이브리드(Laser-Arc Hybrid) 용접기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 이는 고속용접, 고밀도, 저열입량 등의 특징을 갖는 레이저 빔 용접과 저가, 넓은 Gap 연결능력 등의 특징을 갖는 기존의 아크 용접법의 장점을 결합하여, 양산시간을 단축하고, 생산비를 절감하며, 품질을 향상시키는데 목적이 있다. 이와 더불어 레이저-아크 하이브리드 용접부에 대한 검사·평가 기술에 대한 수요가 증가하고 있으며, 특히 박판(Thin Plate) 용접부의 비파괴 검사 기술이 요구되고 있다. 본 논문에서는 자동차용 차체 모듈 생산 공정에서의 레이저-아크 하이브리드 용접부에 대한 초음파 비파괴 검사를 수행하였다.

1. 서 론

레이저 용접은 빛의 일종인 레이저(LASER)를 고밀도(~10^6W/cm^2)로 집속시켜 재료를 가열/용융하는 접합하는 방법이다. 레이저는 위상이 고른 단일파장의 빛이므로 매우 작은 크기로 집속이 가능하여, 금속뿐 아니라 유리, 세라믹, 플라스틱 등 대부분의 재료를 가공할 수 있다.[1]

레이저-아크 하이브리드 용접(Laser-Arc Hybrid Welding) 기술은 레이저 빔 용접과 아크 용접이 갖고 있는 장점을 결합하여, 고속, 저가, 고품질의 용접 생산기술로 주목받고 있다. 특히 비접촉식으로 박판 용접시 기계적 변형을 주지 않고, 열변형이 적으며, 물리적 성질이 상이한 금속의 접합도 가능하다는 등의 장점 등으로 인하여 자동차 차체, 섀시 부품 생산에서 기존의 스폿(Spot) 용접의 대체 기술로 개발이 활발히 이루어지고 있다.



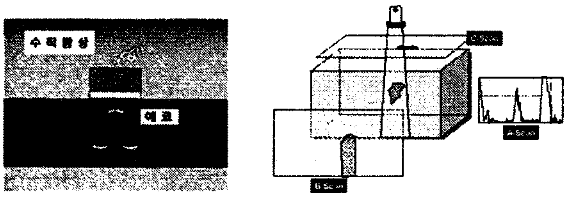
<그림 1> 레이저-아크 하이브리드 용접

이와 더불어 레이저-아크 하이브리드 용접부에 대한 비파괴 평가 기술에 대한 수요가 증가하고 있으며, 본 연구에서는 자동차 차체, 섀시 생산에서의 박판 겹침 용접부에 대한 초음파 비파괴 검사를 수행하였다. 레이저 빔을 이용한 용접은 용접 비드의 폭이 좁고 용접부 형상이 매우 다양하여 일반적인 초음파 탐상으로는 많은 한계를 가지게 된다. 또한 자동차 차체 모듈은 주로 박판에 대한 겹침 용접을 수행하므로, 사각탐상에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 용접 시편에 대하여 수침식 C-Scan 기법을 사용하여 수행하였다.

2. 본 론

2.1 용접부의 비파괴 검사 방법

용접부 비파괴 검사 방법으로는 일반적으로 초음파 탐상(UT, Ultrasonic Testing), 방사선 탐상(RT, Radiography Testing), 침투탐상(PT, Penetration Inspection) 등이 사용되고 있으며, 검사의 편리성, 자동화 요구 등으로 인하여 초음파 탐상 기법이 많이 사용되고 있다. 일반적으로 초음파 탐상시험은 펄스 반사법을 사용한다. 이는 시험체의 임의의 면(탐상면)에서 초음파 펄스를 입사하고, 시험체의 저면 또는 결함부에서 반사되어 되돌아온 초음파 펄스를 수신하여, 초음파의 전파시간과 수신된 초음파 펄스의 크기로부터 반사원의 상황을 추정한다.

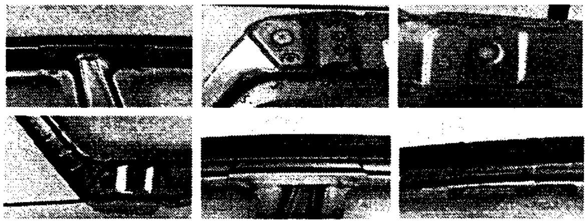


<그림 2> 초음파 검사 방법

펄스 반사법의 시험결과 표시 방법은 A-Scan, B-Scan, C-Scan 표시로 구분한다. A-Scan의 횡축은 시간축으로서 초음파의 전파시간에 비례하며, 에코(echo) 위치에서의 시험체 두께나 반사원의 위치를 측정할 수 있다. 또한 종축은 수신한 초음파의 크기에 비례하여 나타나므로, 에코 높이와 증폭 정도에 따라 결함크기 등을 추정할 수 있다. B-Scan과 C-Scan은 A-Scan에서 얻어진 정보를 이용하여 결함 단면 및 평면을 표시한 것이다. 특히 C-Scan은 A-Scan에 비하여 결함경계 결정력이 양호하고, 결함 분리 능력이 우수하며, 재료 두께에 제한이 없어 자동검사에 유리한 장점이 있다.

2.2 실험방법 및 시편

본 연구에서는 레이저-아크 하이브리드 용접 기술을 적용한 자동차 차체 Side Structure Module을 대상으로 하였다. 자동차 차체에는 2~3겹의 겹침 용접이 사용되며, 강판의 두께와 재료의 조합은 매우 다양하다.



<그림 3> 레이저-아크 하이브리드 용접부 형상

실험에 사용한 시편의 크기는 150mm(L) x 80mm(H) 이며, 시편 규격 및 용접조건은 아래와 같다.

<그림 4> 실험시편 제작

<표 1> 시편규격

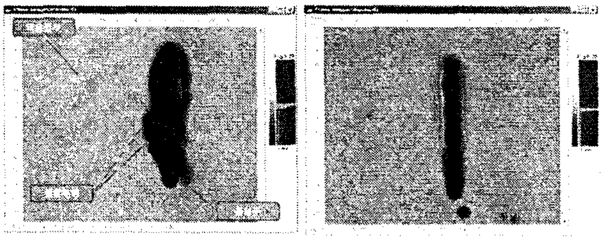
구분	시편규격	용접조건
(1)	SGAFC 1180Y(1.2T) + SGAFC 1180Y(1.2T)	5kw, 3m/min
(2)	SGAFC 1180Y(1.2T) + SGAFC 1180Y(1.2T)	4kw, 3m/min
(3)	SPRC 440(1.4T) + SPFC 590 (1.4T)	4kw, 8m/min

(4)	SPRC 440(1.4T) + SPFC 590(1.4T)	4kw, 4m/min
(5)	SPRC 440 0.8T + SGAFC 1180Y 1.2T	4kw, 5m/min
(6)	SPRC 440 0.8T + SGAFC 1180Y 1.2T	4kw, 6m/min
(7)	SPRC 440 0.8T + SGAFC 1180Y 1.2T	5.5kw, 1.5m/min
(8)	SPRC 440 0.8T + SGAFC 1180Y 1.2T	5.5kw, 3m/min

시편은 두 개의 강판을 겹치기 용접한 두께 0.8T~1.4T의 강판을 동종 혹은 이종 접합하여 제작하였다. 검사방법은 수침식 C-Scan 장비를 사용하였으며, 구동주파수 50MHz의 집속형(Focusing Type) 프로브를 사용하고, 상판의 용접면이 고르지 못하여 하판에 음파를 주사하고 Gate 상·하판 계면으로부터 하판의 1/2 지점에 설치하였다.

2.3 실험결과

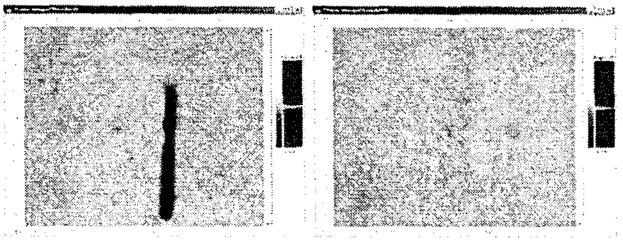
수침식 초음파 탐상장비를 사용하여, 용접소재 및 용접 조건이 다른 총 8개의 샘플에 대한 실험 결과는 아래와 같다.



SGAFC 1180Y 1.2T + SGAFC 1180Y 1.2T 5kw, 3m/min　SGAFC 1180Y 1.2T + SGAFC 1180Y 1.2T 4kw, 3m/min

<그림 5> 실험시편(1)(2)

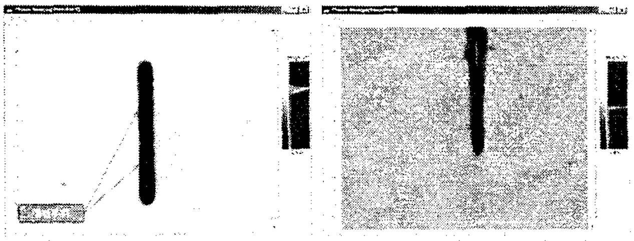
두께 1.2T이고 종류가 서로 같은 두 개의 강종에 대하여 용접 조건을 달리하여 용접한 경우로써, <그림 5>에서는 용접 비드 내부에서 결함으로 인한 음파의 산란 또는 감쇠 효과를 확인할 수 있다. <그림 5>의 왼쪽 사진은 용접 전력의 과다로 인한 과용접 현상을 보이며, 기공(Void)을 확인할 수 있다.



SPRC 440 1.4T + SPFC 590 1.4T 4kw, 8m/min　SPRC 440 1.4T + SPFC 590 1.4T 4kw, 4m/min

<그림 6> 실험시편(3)(4)

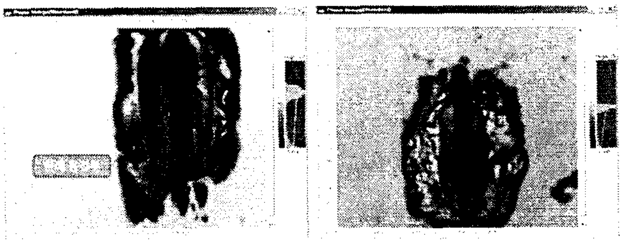
두께 1.4T이고 종류가 서로 같은 두 개의 강종에 대하여, 동일한 용접 전력에 대하여 용접 시간에 따른 용접성을 나타내고 있다. <그림 6>의 왼쪽 사진에서는 전체적으로 접합면의 하단부까지 용접이 이루어졌으나 내부에 기포성 결함이 발견된다. 그러나 오른쪽 사진에서는 용접 시간의 부족으로 하단부로의 용입이 완전하지 못하게 나타난다. 용입 깊이에 대한 측정을 위하여 B-Scan 방식을 이용한 추가 데이터 획득 필요하다.



SPRC 440 0.8T + SGAFC 1180Y 1.2T 4kw, 5m/min　SPRC 440 0.8T + SGAFC 1180Y 1.2T 4kw, 6m/min

<그림 7> 실험시편(5)(6)

<그림 7>에서는 양쪽 모두 용접선 내부의 약 4mm 정도의 띠 형태의 Void가 존재함을 확인할 수 있다.



SPRC 440 0.8T + SGAFC 1180Y 1.2T 5.5kw, 1.5m/min　SPRC 440 0.8T + SGAFC 1180Y 1.2T 5.5kw, 3m/min

<그림 8> 실험시편(7)(8)

<그림 8>에서는 각각 0.8T와 1.2T의 서로 다른 강종에 대하여 5.5kw로 용접하였을 때, 용접성 검사 결과이다. 두 경우 모두 사진에서와 같이 원용접부(붉은색 점선) 주위로 과용접에 의한 용융접합 현상이 발생하였음을 확인할 수 있다.

3. 결　론

자동차 차체 모듈에 사용되는 박판 겹치기 용접에 있어서, 레이저-아크 하이브리드 용접부에 대한 비파괴 검사 연구를 수행하였다. 초음파 방식의 수침식 C-Scan 장비를 사용하였으며, 용접부 내부의 Void를 확인할 수 있었다. 레이저-아크 하이브리드 용접에 있어서의 차체 모듈 전체에 대한 비파괴 검사를 위해서는 고주파 수직탐상 기법 등이 추가로 연구되어야할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 이목영, 김건우, "레이저-아크 하이브리드 용접기술", 대한용접학회지, 제21권 제5호, 2003.

[2] 신호준, 유영태, 신병헌, 안동규, "레이저 이종용접에서의 입열량 변화에 대한 용접특성 비교", 한국정밀공학회, 2005년도 추계학술대회논문집, 2005.

[3] 이정익, "레이저 용접물의 용접성 평가", 한국공작기계학회논문집, Vol.16 No.1, 2007.