

LPG 재응축기용 순티타늄 박판의 Nd:YAG 레이저 용접성(II) - 열원에 따른 용접성 비교 -

김종도*, 광명섭**, 이창제**, 송무근**, 김장수***, 박승하***

* 한국해양대학교 기관시스템공학부

** 한국해양대학교 대학원

*** (주)동화엔텍 열유체연구소

Weldability of Pure Titanium Thin Plate for LPG Re-Condenser by Nd:YAG Laser(II) - Comparison of Weld Properties by Heat Source -

Jong-Do Kim*, Myung-Sub Kwak**, Chang-Je Lee**, Moo-Keun Song**,
Chang-Soo Kim*** and Seung-Ha Park***

* Korea Maritime University, Division of Marine System Engineering

** Korea Maritime University Graduate School

*** Donghwa Entec. Co., Ltd., R&D center

Abstracts ; 티타늄 및 티타늄합금은 수분이 존재하는 환경에서는 산화피막(TiO₂)이 깨어져도 바로 재생이 되기 때문에 내식성 및 내침식성이 탁월하다. 또한 비강도가 크며 고온 크리프특성이 좋기 때문에 각종 화학플랜트, 스포츠 용품, 우주항공 분야 등에서 사용이 증대되고 있다. 특히, 해수환경에 대하여 공식(pitting), 응력부식균열(SCC), 미생물에 의한 부식(MIC) 등에 대한 저항성이 크고 연성이 좋은 순티타늄은 열교환기 제작에 매우 적합하다.

본 논문은 LPG 재액화장치 제작을 위하여 순티타늄(Grade 1)을 펄스 및 연속 Nd:YAG 레이저를 이용하여 용접하고 열원 및 용접 매개변수에 따른 기초물성을 조사하였다. 또한, 실드 조건에 따른 용접부의 취화 정도를 평가하기 위하여 경도측정, 산소 및 질소의 정성적 동정과 정량분석을 행하였다.

펄스 레이저를 사용한 비드용접에서 동일한 레이저 조사조건에 실드 가스의 종류, 유량 및 노즐위치를 변화시켜 황금색, 갈색, 청색, 회색의 용접부를 얻었다. 황금색에서 청색까지는 용융부와 HAZ의 크기가 거의 동일하나 회색의 경우에는 용접부는 매우 좁고 HAZ가 넓은 양상을 보였다. 이는 용접시 실드가스의 부재로 레이저에 의해 증발된 티타늄이 대기와 급격히 반응하여 산화되고 그 산화물이 폼(fume)의 형태로 레이저를 차단하여 입열이 현저히 줄어들었기 때문이다. 용접 후 비드 표면에 검은색의 폼 증착량이 산화가 진행 될수록 늘어나는 것과 비드 표면에서의 EDS 면분석결과 산화정도에 따라 산소의 검출량은 눈에 띄게 늘어나나 질소는 거의 변화가 없는 것이 이를 반증한다. 그러나 용접부의 산소·질소 정량분석 결과, 청색까지 산화가 진행되어도 산소는 모재와 거의 비슷한 양을 유지하였고 질소의 양은 점진적으로 늘어났다. 회색의 경우 모재와 비교하여 산소는 약 3.4배, 질소는 100배가 늘어났으며 비커스 경도값과 비교하여 용접부의 취화는 산소에 의한 산화 보다는 질소에 의한 질화의 영향이 더 큰 것을 확인하였다. 용융부에서 산소보다 질소의 검출량이 많은 것은 원자반경이 작은 질소가 티타늄 격자내로의 침입이 용이하기 때문이라고 생각된다.

또한 옛지용접에서는 열전도가 Z축의 한 방향으로만 일어나기 때문에 입열에 대하여 상당히 민감한데 특히, 펄스레이저에서는 작은 펄스폭에서는 높은 첨두출력(peak power)으로 인해 키홀(keyhole) 및 플라즈마(plasma)의 불안정으로 스패터(spatter) 및 험핑비드(humping bead)가 발생하였다. 이에 반해 연속레이저의 경우에는 펄스레이저보다 상대적으로 입열이 크기 때문에 느린 속도에서는 큰 입열에 의해서 용접부가 과도하게 용융 및 산화되고 HAZ부는 상당히 넓은 경향을 나타내나 집합길이의 차이는 크지 않았다. 그러나 스패터나 험핑비드는 관찰되지 않았고 입열의 감소에 따라 용융부 및 HAZ가 줄어들고 산화도 방지되는 경향을 나타내었다.

Key Words : Pure Titanium, Nd:YAG Laser, Peak Power, Shield Conditions, Embrittlement