

플라즈마 아크 용접에 의한 SUS 304L Lap 용접부 형상이 강도에 미치는 영향

Influence of Lap Weld Shapes on Shear Strength by Plasma Arc Welding of SUS 304L

문 종현*, 윤 동렬**, 김 동철***, 이 동우****, 장 태원*****

*삼성중공업 생산기술 연구소 용접연구

**삼성중공업 생산기술 연구소 용접연구

***삼성중공업 생산기술 연구소 용접연구

****삼성중공업 생산기술 연구소 용접연구

*****삼성중공업 생산기술 연구소 용접연구

ABSTRACT The stainless steel sheet which is one of primary barrier components for membrane on LNG ship is ordinarily welded by either TIG or PAW. The weld shapes of acceptant tolerance for membrane construction are scripted by G.T.T.(Gaztransport & Technigaz)'s rules such as penetration depth, weld throat and weld length etc. This paper presents relationship between weld metal shear strength and weld penetration formed with plasma arc welding.

The results show penetration depth is not decisive factor on shear strength, but weld throat and length.

1. 서 론

당사의 LNG선 가스저장 탱크의 내부에 가스의 기밀성을 위해 G.T.T.의 Mark-III 타입이라는 주름진(Corrugation) 형상을 가진 멤브레인을 GTAW(Gas Tungsten Arc Welding)로 Lap 용접을 하고 있다.

이 타입에 사용되는 부재는 1.2mm의 스테인레스 304L이다. SUS 304L은 용접성이 우수하고, 급냉각에 의한 크랙 감수성이 작기 때문에 최근에는 레이저 용접에도 많이 적용되고 있는 재료다. 한편으로는, 선팅창 계수가 일반강에 비해 크기 때문에 -SUS 304L은 $15 \times E-6$ / ,Invar 강은 $1.7 \times E-6$ / 이다-용접시 열변형이 우려되며, 멤브레인에 사용되는 재료의 두께가 1.2mm의 박판이기 때문에 종래부터 입열을 제어하기 위해 펄스타입의 용접법이 적용되어왔다. (최근 레이저 용접에서는 연속 용접법이 적용되는 경우도 있다.)

최근 당사는 Mark-III 타입의 멤브레인용 자동용접장치 개발에 기존의 GTAW에서 PAW로 열원을 바꾸는 획기적인 발상의 전환을 시도하여, 용접생산성의 향상과 일층 향상된 용접 품질의 확

보라는 일석이조의 효과에 주안점을 두고 개발 착수 하였다.

PAW는 저 전류역에서도 아크의 제어성이 뛰어나고, 아크 길이의 변화에 따른 전압차가 크게 발생하지 않음으로써 아크의 안정성이 뛰어나 주로 정밀성을 요구하는 산업분야에서 사용되어 왔다. 또한 에너지 밀도가 종래의 GTAW에 비해 3배 이상 높기 때문에 박판 용접에 있어서 열 변형이 우려되는 되는 곳이나, 생산성 향상을 목표로 하는 기업의 기대에 부합하여 GTAW의 대안으로 부상하였다¹⁾.

그러나 최근 고에너지 밀도의 또 다른 열원인 레이저 용접이 학계나 산업분야에서 주목을 받으면서 레이저 용접과 같이 연구성과에 대한 자료가 많이 없다.

본 연구는 당사에서 플라즈마 아크 용접을 LNG선 멤브레인 Seam 용접에 적용시 용접부의 형상 치수(용입깊이, 각목, 각장등)가 전단 강도에 미치는 영향을 검토하는 것을 목적으로 하였다.

2. 실험 장치 및 실험 방법

본 실험에는 $\times \times 1.2$ mm 오스테나이트계

SUS 304L에 최대전류 110A의 플라즈마 아크 용접장치(Nippon Steel Welding Co.,Ltd, Japan)를 이용하여 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 랩(Lap)용접을 한 후 전단 강도 및 용접부 단면 형상 측정용 시험편을 각각 채취 하였다. 플라즈마 아크 용접을 위해 사용한 실드 가스는 Ar(8 λ /min)과 파일럿 가스 Ar-7%H₂(0.35 λ /min) 이다.

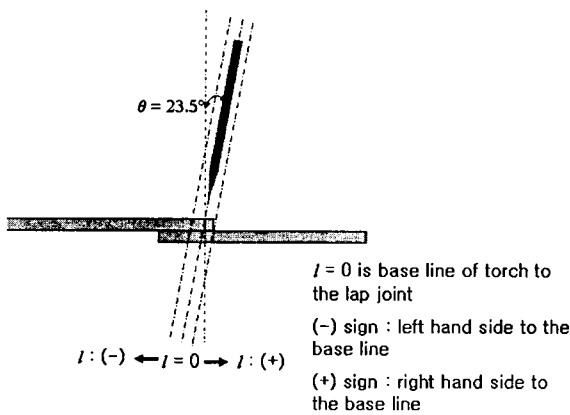


Fig. 1 schematic illustration of lap welding.

용접 단면의 형상 치수는 GTT 규정에 의해 Fig. 2와 같이 용입깊이(P , >0.5 mm), 비드폭(d , 4~6mm), 각목(a , >0.7 mm) 및 각장(L , >2 mm)에 대해 투영기(Nikon Co., Ltd.; Profile Projector U-12B)로 20배 확대하여 평가하였다.

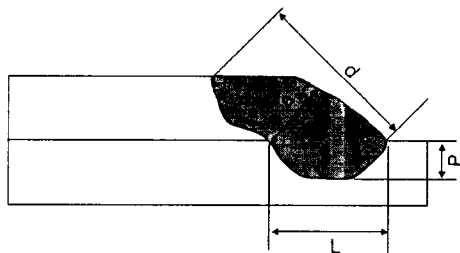


Fig. 2 schematic diagram of weld profile for laps weld

3. 실험 결과 및 고찰

동일 베이스 용접 전류 $I_b=15A$ 에 대해 피크 용접 전류를 변화 시켰을때의 용접 형상의 단면 사진과 형상 치수 및 전단 강도를 Fig.3에 나타내었다. 용접 속도는 400 mm/min, 주파수 $f = 5$ Hz, Duty=50% 이고, 용접 전압은 17~18 V로 피크 전류의 변화에 따른 변화가 거의 나타나지 않았다. 용입 깊이를 비롯한 용접 단면의 형상 치수는 피크 전류 $I_p=110$ A에서 가장 큰 값을 나타내고 $I_p=65$ A에서는 가장 작은 값을 보이고 있으나, 피크 전류의 점진적 변화에 의한 형상의 크기가 일관된 값으로 증감을 하지 않음을 알 수 있다.

$I_b = 15$ A, $f = 5$ Hz, $Du = 50\%$, $v = 400$ mm/min, $V = 17-18$ V			
	$P = 0.79$ mm		$P = 0.76$ mm
	$d = 5.40$ mm		$d = 4.99$ mm
	$a = 1.28$ mm		$a = 1.15$ mm
	$L = 3.50$ mm		$L = 3.47$ mm
$I_p = 110$ A		$I_p = 85$ A	
$\tau = 534$ MPa		$\tau = 550$ MPa	
	$P = 0.77$ mm		$P = 0.52$ mm
	$d = 4.52$ mm		$d = 4.84$ mm
	$a = 1.15$ mm		$a = 1.02$ mm
	$L = 3.39$ mm		$L = 2.95$ mm
$I_p = 70$ A		$I_p = 65$ A	
$\tau = 541$ MPa		$\tau = 523$ MPa	

Fig. 3 Weld macro-section shapes and shear strength on peak current.

전단 강도는 모재의 전단강도($\tau=548$ MPa)에 상당하는 강도치와 모재에 대해 약 95%의 강도값을 나타내는 것을 알 수 있다. 특히 피크 전류 65A에서는 용접금속의 형상 치수가 타 조건에 비해 가장 작은 값을 나타내고 있고, 전단 강도 또한 가장 작은 값을 가지는 것을 알 수 있다. Fig. 3에서는 용입깊이와 전단 강도와의 상관 관계를 분명하게 나타내고 있지 못하다.

$I_b = 15$ A, $I_p = 65$ A, $f = 5$ Hz, $Du = 50\%$, $v = 400$ mm/min, $V = 17-18$ V	
	$P = 0.23$ mm
	$d = 4.79$ mm
	$a = 1.09$ mm
	$L = 2.25$ mm
	$\tau = 547$ MPa

Fig. 4 Weld macro-section shapes and shear strength.

Fig. 4는 Fig.1의 개략도에서 보여지는 바와 같이 부재의 심에 대해 왼쪽으로 -0.5 mm이동시켜 강제적으로 작은 용입깊이가 나오도록 하여 랩용접을 한 결과의 단면 사진과 형상 치수 및 전단 강도를 나타내고 있다. 용입 깊이를 제외한 용접 금속의 형상 치수는 GTT의 허용값을 만족하고 있는 것을 알 수 있다. 용입깊이가 0.24 mm로 0.5 mm이하의 값임에도 불구하고 전단 강도는 547 MPa로 모재의 강도와 큰 차이가 없었다.

4. 결 론

이상의 결과와 같이 플라즈마 아크 용접을 이용한 304L의 랩용접부의 형상 치수는 아크의 전류변화에 따른 영향은 크지 않으며, 용접선에 대한 토치의 겨냥위치 중요한 조건이라는 것을 알았다. 또한 전단 강도는 용입깊이와는 직접적인 상관관계가 없다고 생각된다.

참고문헌

1. E. Cragi: The Plasma Arc Process-A Review, Welding Journal, (1998),19-25