

아연도금강판의 고속플라즈마 아크용접에서 용융효율에 미치는 클램핑 조건의 영향

The effect of clamping condition on melting efficiency of high speed plasma arc welding for EGI sheet

홍성준*, 정재필**, 문영택***, 조상명****

* LG전자, ** 서울시립대학교, *** 부경대학교 대학원, **** 부경대학교

Key words : Plasma arc welding(플라즈마 아크용접), Melting efficiency(용융효율), Melt through(용락), Clamping(클램핑), Melt-in welding(멜트 인 용접)

1. 서 론

박판의 맞대기 용접에서 클램핑은 용접선 위치 고정, root gap 제어, 길이 및 높이 단차 제어를 위해 사용된다. 하지만 클램핑 조건이 적절하지 못하면 용융현상에 악영향을 주게 된다. 박판 용접 시 용락 방지를 위해 낮은 전류 즉, 적은 입열로 높은 용융효율을 얻어야 한다.

중후판 용접의 경우 용융효율과 관련된 연구가 활발히 진행되어 왔지만 박판 용접의 용융효율과 관련된 연구는 아직 미흡한 실정이다.¹⁾²⁾

본 연구에서는 판박 용접에서 클램핑력, 클램핑 거리와 클램핑 소재 종류의 변화가 용융효율에 어떤 영향을 주는지에 대해 실험하였다.

2. 실험방법

2.1 실험재료

본 실험에서는 폭100mm×길이250mm×두께0.5mm의 전기아연도금 강판을 사용하였고, PAW(Plasma Arc Welding)를 이용하여 melt-in 용접을 실시하였다.

Fig. 1은 클램프 모식도를 나타낸 것이다. 상판과 하판 사이에 모재인 아연 도금 강판을 넣고

고정 시킨 후 melt-in 용접을 실시하였다. 이때 사용된 상 하판은 7:3 황동이며 그 열전도도는 120W/mK이다.

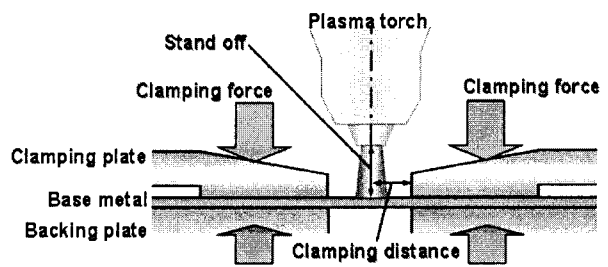


Fig. 1 Schematic of clamp

2.2 실험방법

2.2.1 클램핑력에 따른 용융효율 비교 실험

Table 1은 본 실험에 사용된 용접 조건을 나타낸다. 이 조건은 모든 실험에서 동일하게 사용되었다.

Table 1 Fixed welding condition

Stand off	2.5mm
Welding speed	25mm/s
Current	30Hz Pulse(I _p 85A, I _B 30A)
Shield gas	100% Ar

Table 2는 클램핑력 변경에 따른 용융효율 비

교 실험 조건을 나타내고 있다. 이 때 클램핑력은 양쪽의 상판 각각에 가한 힘을 말한다.

Table 2 Experimental condition for variation of clamping force

Fixed	Clamping distance	2.5mm
	Clamping materials	7.3 brass
Varied	Clamping force	10, 20, 30, 40, 50kgf

2.2.2 클램핑거리에 따른 용융효율 비교 실험

Table 3은 클램핑 거리 변경에 따른 용융효율 비교 실험 조건을 나타내었고, 클램핑 거리 변경 시 상판과 하판을 모두 이동시켜 클램핑 거리를 변화시켰다.

Table 3 Experimental condition for variation of clamping distance

Fixed	Clamping force	30kgf
	Clamping materials	7.3 brass
Varied	Clamping distance	1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5mm

2.2.3 클램핑 소재 종류에 따른 용융효율 비교 실험

Table 4는 클램핑 소재 종류에 따른 용융효율 비교 실험의 조건을 나타내었다.

Table 4 Experimental condition for variation of clamping materials

Fixed	Clamping distance	2.5mm	
	Clamping force	30kgf	
Varied	Clamping materials	7.3 brass,	STS 304
	Heat conductivity	120W/m.k	16.2W/m.k

각각의 조건으로 용접된 시편은 Fig. 2와 같이 3곳을 절단하여 횡 단면적을 구하여 용융효율을 계산하였다.

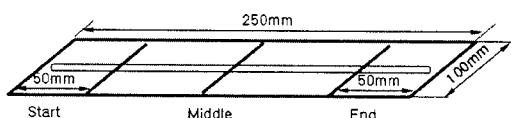


Fig. 2 Position of cutting line

이때 사용된 용융효율 식³⁾은 다음과 같다.

$$\text{용융 효율} = (M E t) / (\int_0^t I U dt) \quad (1)$$

여기서 M은 용융속도(g/sec), E는 감열과 잠열의 합(J/g), I는 전류(A), U는 전압(V) 그리고 t는 시간(sec)이다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 클램핑력에 따른 용융효율의 검토

Fig. 3은 클램핑력에 따른 용융효율을 나타낸 그래프이다. 클램핑력이 증가 할수록 냉각 효과의 증가로 용융효율이 조금씩 감소하는 것을 알 수 있다. 따라서 박판 용접 시 클램핑력을 너무 크게 하면 용융효율이 떨어지므로 용합불량, 용입 부족이 발생하게 되어 더 높은 전류로 용접을 해야 한다. 하지만 전류가 높아지면 root gap에 민감하게 되어 용락 발생의 위험이 커지게 된다.

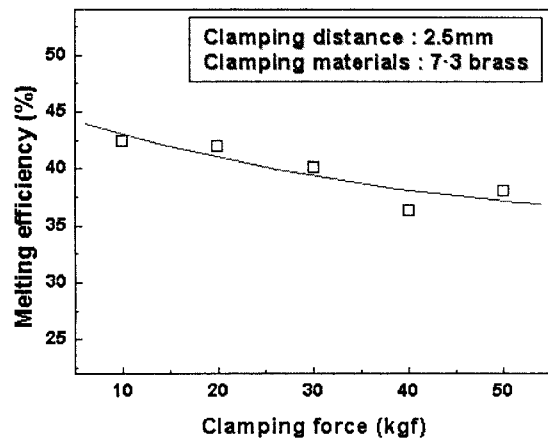


Fig. 3 The effect of clamping force on melting efficiency

3.2 클램핑 거리에 따른 용융효율의 검토

Fig. 4는 클램핑 거리에 따른 용융효율을 나타낸 것이다. 클램핑 거리가 2~3mm로 커질 때 용융효율이 급격히 증가 하였고, 거리가 2mm이하로 작아지면 용융효율이 매우 낮아 용접 전류를 증가 시켜야만 한다. 전류가 증가 하게 되면 이로 인한 또 다른 문제가 발생할 수 있다.

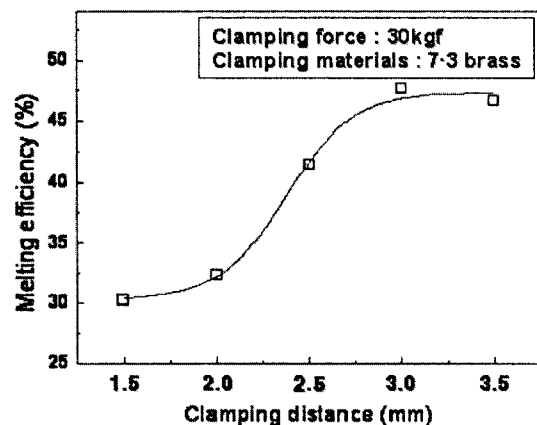


Fig. 4 The effect of clamping distance on melting efficiency

3.3 클램핑 소재 종류에 따른 용융효율의 검토

현장에서 아연 도금 강판을 용접할 때 클램핑의 과열을 방지하고 온도를 균일하게 유지하기 위하여 비교적 열전도율이 높은 동합금을 주로 사용하는데, 지나치게 방열 효과가 높으면 용융효율이 떨어지는 현상이 나타난다. Fig. 5는 열전도도가 다른 7.3황동과 STS304 소재를 각각 클램프로 사용하여 용융효율을 측정한 결과이다. 클램프 소재로써 7.3황동을 사용했을 경우의 용융효율은 42.08%, 열전도도가 보다 낮은 STS304 소재를 사용했을 경우의 용융효율은 47.94%를 나타냈다.

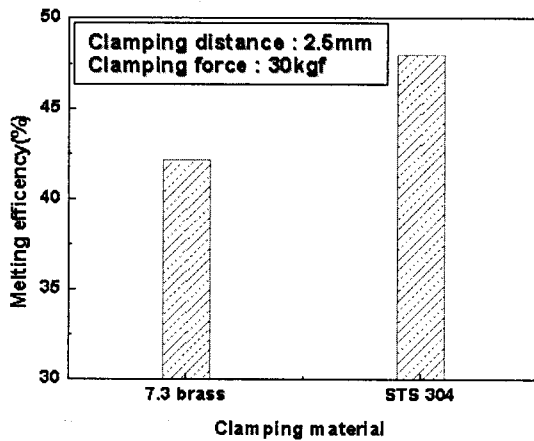


Fig. 5 Melting Efficiency for variation of clamping material

일반적으로 PAW의 용융효율은 25%이하⁴⁾이지만 실험에서는 최대 47%의 높은 용융효율을 보였다. 본 실험에서는 25mm/s의 고속 용접을 실시하였고 Fig. 5⁵⁾에서 동일한 용접속도인 경우 본 실험(Fig. 6의 box 영역)과 비슷한 용융효율을 나타내는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 측정된 용융효율은 적절한 것으로 판단된다.

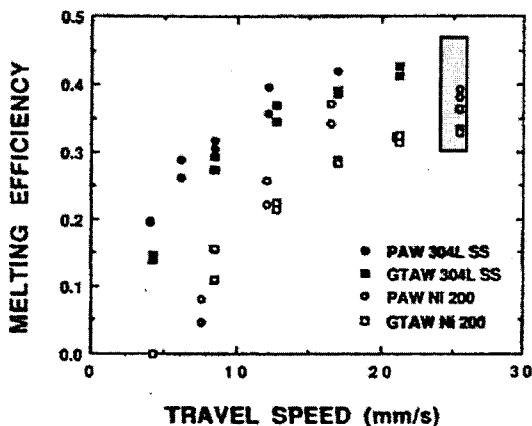


Fig. 6 Dependence of melting efficiency on type of base metal.

4. 결 론

t0.5 EGI 박판 플라즈마 아크용접에서 클램핑 조건의 영향에 대한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 클램핑력이 증가할수록 용융효율이 다소 감소하였다.
- 2) 클램핑 거리가 3mm이상 이면 용융효율이 높지만, 2mm이하가 되면 용융효율이 낮아지게 되고 이를 보완하기 위해 전류를 높이게 되면 또 다른 문제점이 발생 하게 된다.
- 3) 클램핑 소재로써, STS304가 7.3황동보다 높은 용융효율을 나타내었다. 이는 7.3황동의 높은 열전도도 때문인 것으로 판단된다.
- 4) 본 실험에서는 모든 조건에서 40% 근방의 높은 용융효율을 나타내었다. 이는 25mm/s의 높은 용접 속도 때문인 것으로 판단된다.

참고문헌

1. J. Tusek, M. Suban "Experimental research of the effect of hydrogen in argon as a shielding gas in arc welding of high-alloy stainless steel", International Journal of Hydrogen Energy, pp. 369-376, (2000)
2. 함효식 "깊은 용입을 얻기 위한 A-TIG 용접에서 아크 특성이 용융효율과 각변형에 미치는 영향" 부경대학교 석사학위 청구 논문, (2007)
3. J. Tusek, M. Suban "High-productivity multiple-wire submerged-arc welding and cladding with metal-powder addition" Journal of Materials Processing Technology 133, pp. 207-213, (2003)
4. J. N. DuPONT & A. R. MARDER "The effect of welding parameters and process type on arc and melting efficiency is evaluated", Welding research, pp. 406S-416S, (1995)
5. P.W. FUERSCHBACH, G.A. KNOROVSKY "A Study of Melting Efficiency in Plasma Arc and Gas Tungsten Arc Welding", Welding research, pp. 287S-297S, (1991)