

활성 플럭스를 이용한 TIG 용접에서 아크길이에 따른 용접특성 검토 Study of welding characteristic with the arc length and shield gas in TIG welding using active flux

최규원*, 박인기**, 함효식**, 조상명***

*모니텍 주식회사

** 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

*** 부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공, pnwcho@pknu.ac.kr

1. 서 론

TIG 용접에서는 후판 용접의 경우 용입의 한계 때문에 깊고 넓은 그루브 가공을 하여 다층 용접을 한다. 이 때, 그루브를 채우는 용착금속에 의한 응고 수축과 과대한 입열로 인한 변형이 문제시 되고 있다. 변형을 줄이기 위해서는 용착금속의 양을 줄이고 용융효율을 높여야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 용입이 깊고, 높은 용융효율을 가지는 용접공정으로 활성 플럭스 TIG(A-TIG) 용접의 선행 연구결과가 있다.

A-TIG의 용입 증가 메커니즘으로는 Marangoni effect^{1,2)}, 음이온들로 인한 아크 수축 효과²⁾, 절연 플럭스에 의한 아크 수축효과²⁾ 등이 있다.

또한 본 연구에서는 일반적인 TIG (Conventional TIG ; C-TIG)에서 실드가스의 종류에 따른 용입 차이³⁾의 선행연구 결과를 A-TIG에 적용하고 아크길이에 따른 A-TIG의 용접특성을 검토하기 위해 실험을 하였다.

2. 사용 재료 및 실험 방법

2.1 사용 재료

길이 100mm × 폭 50mm × 두께 6mm의 STS 304판재를 사용하였고, TiO₂ Active flux를 메탄올에 현탁시켜 바른 후 건조시켜 사용하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 아크길이에 따른 용접특성 검토 실험

Table 1은 C-TIG와 A-TIG의 아크길이에 따른 용접특성 검토 실험의 용접 조건을 나타내었다. Fig. 1은 용접모식도를 나타낸다.

Backing plate에 의한 냉각효과의 차를 없애기 위해 시편 양 끝에 block을 놓고 용접부는 대기

중에 놓이게 하고 아래보기 용접으로 실험하였으며, 아크 모니터링 시스템(WAM 3000N)으로 용접 전류, 전압을 계측하였다. 용접 후 Fig. 1의 플럭스 경계면을 기준으로 ±20mm에서 절단하여 횡단면을 관찰하였다.

Table 1 Welding condition for experiments

Fixed	Electrode	DCEN Φ 2.4 2%Th-W 60°
	Current	200A
	Welding speed	20cpm
	Shield gas flow rate	Ar 100% 15L/min
Varied	Arc length	1mm, 2mm, 3mm

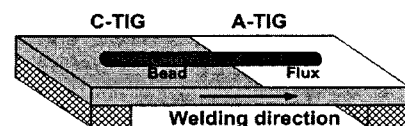


Fig. 1 Schematic of welding

2.2.2 실드가스에 따른 용접특성 검토 실험

Table 2는 C-TIG와 A-TIG의 실드가스에 따른 용접특성 검토 실험을 위한 용접 조건을 나타내었다. 실험방법은 2.2.1의 방법과 동일하며 아크 모니터링 시스템(WAM 3000N)으로 용접 전류, 전압을 계측하였다. 용접 횡단면 관찰 또한 2.2.1의 방법을 따른다.

Table 2 Welding condition for experiments

Fixed	Electrode	DCEN Φ 2.4 2%Th-W 60°
	Current	200A
	Welding speed	20cpm
	Arc length flow rate	2mm 15L/min
Varied	Shield gas	Ar 100% Ar-2.5% H ₂ Ar-5% H ₂ Ar-33% He Ar-66% He He 100%

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 아크길이에 따른 용접특성 검토

Table 3에 아크길이에 따른 비드외관 및 용접 파형을 나타내었다. 비드외관에서 플럭스 경계면을 기준으로 A-TIG의 비드폭이 좁아지고, 전압 파형에서 플럭스 경계면에서 전압이 증가하는 경향을 보인다.

Table 3 Weld surface and waveform with arc length

Arc length	Weld surface		weld waveform	
1mm			206A	Current (A) 24.76V 24.94V Voltage (V)
	C-TIG	A-TIG		
2mm			206A	Current (A) 25.51V 25.82V Voltage (V)
	C-TIG	A-TIG		
3mm			206A	Current (A) 26.26V 26.53V Voltage (V)
	C-TIG	A-TIG		

Table 4는 용접횡단면을 나타내었다. Fig. 2, 3은 비드폭, 용입을 나타내었다.

Table 4 WM cross section with arc length

Arc length	C-TIG	A-TIG
1mm		
2mm		
3mm		

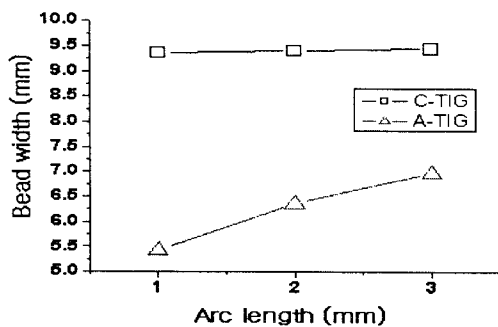


Fig. 3 Bead width with arc length

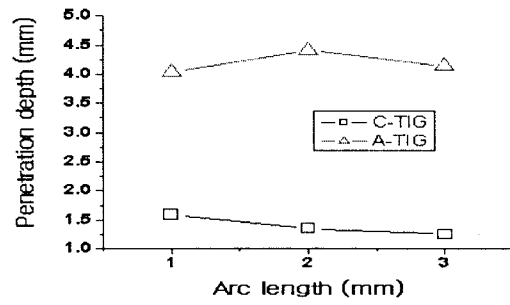


Fig. 3 Penetration depth with arc length

A-TIG의 아크길이에 따른 용접특성에서 아크 길이가 짧아질수록 비드폭은 좁아지는 비례의 관계를 나타내었고 용입은 뚜렷한 차이를 나타내지 못하는 것을 확인할 수 있었다.

3.2 실드가스에 따른 용접특성 검토

Table 5는 각 가스종류에 따른 용접 횡단면을 나타내었다. Fig. 4,5,6은 각 가스종류에 따른 비드폭, 용입, 용융 단면적을 나타내었다.

Table 5 WM cross section with shield gas

Shield gas	C-TIG	A-TIG
Ar 100%		
Ar-2.5% H ₂		
Ar-5% H ₂		
Ar-33%He		
Ar-66% He		
He 100%		

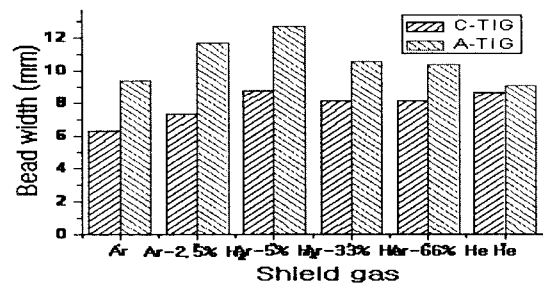


Fig. 4 Penetration depth with shield gas

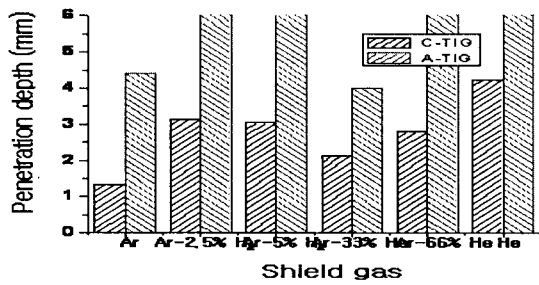


Fig. 5 Penetration depth with shield gas

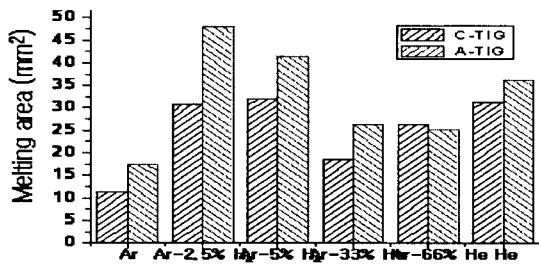


Fig. 6 Melting area with shield gas

A-TIG의 실드가스에 따른 용접특성에서 비드 폭은 Ar 100% 보다 수소혼합가스는 1.15배에서 1.4배, 헬륨혼합가스는 1.3배에서 1.35배 넓었으며, 용입은 Ar-33 He 혼합가스를 제외한 모든 혼합가스에서 Ar 100% 보다 깊은 용입을 보였다. 그리고 용융 단면적은 Ar 100% 보다 수소혼합가스는 2.4배에서 2.7배, 헬륨혼합가스는 1.4배에서 2배 넓었다. 이는 아크 전압과 각 가스의 열전도율에 의해서 그와 같은 결과가 나온 것으로 판단된다. Fig. 9는 선행 연구에서의 각 가스 종류에 따른 전압을 나타낸 것이고 Fig. 10은 본 연구에서의 전압을 나타낸 것으로 선행 연구와 유사한 결과를 보이고 있다.

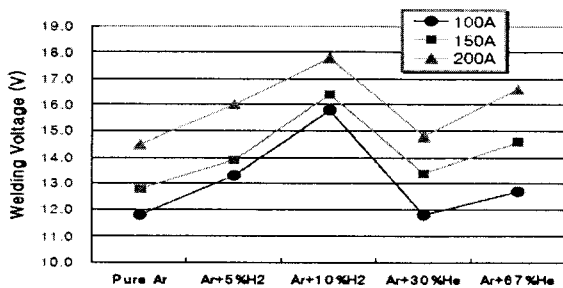


Fig. 7 Variation of welding voltage with different shielding gases in 100A, 150A and 200A³⁾

또한 Fig. 11 은 각 가스종류에 따른 열전도율을 나타낸 것으로 Fig. 9와 함께 Ar 100% 의 결과보다 용입과 용융단면적의 증가의 이유를 나타낸다.

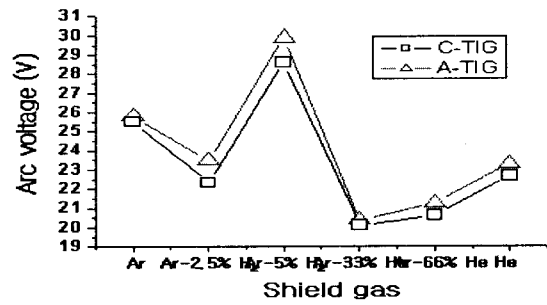


Fig. 8 Arc voltage with shield gas

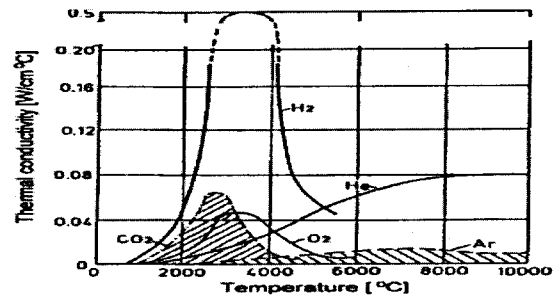


Fig.9 Thermal conductivity of gases as a function of temperature⁴⁾

4. 결 론

활성 플럭스 TIG 용접에서 아크길이와 실드가스에 따른 용접특성 검토를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 아크길이가 용입에 미치는 영향은 그다지 크지 않았지만 비드폭은 아크길이에 비례하는 경향을 보였다.
- 2) Ar 100% 실드가스보다 수소혼합가스와 헬륨혼합가스를 사용했을 때 비드폭, 용입, 용융 단면적 모두 현저히 증가하는 경향을 보였다.

참고 문헌

1. Numerical study of gas tungsten arc plasma with anode melting, Manabu Tanaka, Science direct Vacuum 73 (2004) 381-389
2. Mechanisms giving increased weld depth due to a flux, J J Lowke, M Tanaka and M Ushio, Journal of physics D: applied physics, 38 (2005) 3438-3445
3. 스테인리스강의 GTAW 기법에서 보호가스가 용접성에 미치는 영향. 김대주. 대한용접학회 추계학술대회 2006. 10
4. Experimental research of the effect of hydrogen in argon as a shielding gas in arc welding of high-alloy stainless steel. J. Tusek and M. Suban. International journal of hydrogen energy 25(2000)