

## STS 304의 A-TIG용접에서 1pass 완전 용입 공정 개발 Development of 1pass complete penetration in A-TIG welding for stainless steel

함효식\*, 박인기\*, 최규원\*\*, 조상명\*\*\*

\* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

\*\* 모니텍(주)

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

### 1. 서 론

일반적으로 STS 파이프 맞대기 이음용접시 Groove가공을 하여 용가제를 사용한 TIG용접 또는 MAG용접을 하거나 두 공정을 같이 사용한다. 다층용접시 Groove를 채우는 용착금속에 의한 응고수축과 과도한 입열로 인한 변형이 문제시 되고 있다. 생산업체에서는 변형을 최소화하기 위해 패스간 온도와 입열을 관리한다. 패스수가 증가할수록 생산성은 감소하고, 입열은 증가하므로 생산성향상과 변형을 줄이기 위해서는 최소 패스수가 유리하다. 따라서 최소 패스용접을 위해서는 깊은 용입을 가지는 용접공정 개발이 필요하다.

STS에서 용입증가를 위한 연구들이 보고되어지고 있다. 활성 플럭스 TIG(A-TIG)용접이 일반 TIG(C-TIG) 용접보다 용입이 깊다는 연구가 있다<sup>1)</sup>. A-TIG의 용입 증가 메커니즘으로서는 Marangoni effect<sup>2)</sup>, 음이온들로 인한 아크 수축효과, 절연 플럭스에 의한 아크 수축효과 등이 있다. 그리고 실드가스에 의한 용입증가 연구가 있다<sup>3,4)</sup>. 실드가스에 의한 용입증가는 H<sub>2</sub>와 He의 높은 열전도율에 의하여 용융풀의 체적 또한 증가하기 때문이다.

본 연구의 목적은 실드가스에 의한 용입증가와 깊은 용입을 가지는 A-TIG 용접을 사용하여 STS 304 6t를 1pass 완전용입 용접공정을 개발하는 것이다. 따라서, 본 연구는 STS 304에서 BOP(Bead on plate) 및 맞대기 용접에서 실드가스의 종류와 가스 유량에 따른 용접 특성 비교 실험을 하였다.

### 2. 사용재료 및 실험방법

#### 2.1 사용 재료

길이 100mm × 폭 50mm × 두께 6mm의 STS

304를 사용하였고, 화학조성은 Table 1에 나타내었다. Active flux는 TiO<sub>2</sub>를 메탄올에 현탁시켜 사용하였다.

Table 1 STS 304 chemical composition

	C	Si	Mn	S	Cr	Ni	Mo	Cu
%	≤0.08	≤1.00	≤2.0	≤0.03	18~20	8~10.5	-	-

#### 2.2 실험 방법

##### 2.2.1 실드가스의 종류와 가스 유량에 따른 용접 특성 비교

Table 2는 실드가스의 종류와 가스 유량에 따른 용접 특성 비교 실험의 용접 조건을 나타내었다. Fig. 1은 용접모식도를 나타낸다. 아래보기 용접으로 실험하였으며, 열전도도에 의한 용입깊이 변화를 고려하여 용접부를 대기중에 위치하였다. TIG 모니터링 시스템(WAM 3000N)으로 용접 전류, 전압을 계측하였다. 용접 후 비드외관과 Fig. 1의 플럭스 경계면을 기준으로 ±20mm에서 절단하여 용접 횡단면을 관찰하였다.

Table 2 Welding condition for experiments

Fixed	Electrode	DCEN Φ2.4 2% Th-W 60 <sup>0</sup>
	Welding speed	20cpm
	Arc length	2mm
	Current	200A
Varied	Flux	C-TIG, A-TIG
	Shield gas	Ar 100%, Ar-2.5% H <sub>2</sub> , Ar-5% H <sub>2</sub> , Ar-33% He, Ar-66% He, He 100%
	Shield gas flow rate	10, 15, 20 L/min

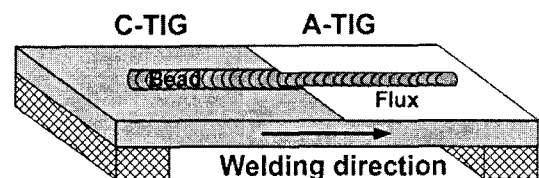


Fig. 1 Schematic of welding

2.2.2 맞대기 용접에서 실드가스의 종류와 가스 유량에 따른 용접 특성 비교

Table 3은 맞대기 용접에서 실드가스의 종류와 가스 유량에 따른 용접 특성 비교 실험의 용접 조건을 나타내었다. 두 개의 시편을 맞대기 이음으로 용접선의 직각방향으로 시편의 양끝을 고정하였다. 아래보기 용접으로 실험하였으며, TIG 모니터링 시스템으로 용접 전류, 전압을 측정하였다. 용접 후 용접비드의 중간지점을 절단하여 용접 횡단면을 관찰하였다.

Table 3 Welding condition for experiments

Fixed	Electrode	DCEN $\Phi$ 2.4 2% Th-W 60°
	Welding speed	20cpm
	Arc length	2mm
	Shield gas flow rate	15L/min
	Current	200A
	Flux	TiO <sub>2</sub>
Varied	Shield gas	Ar 100%, Ar-33% He, Ar-66% He, He 100%
	Backing bar	Non used, used

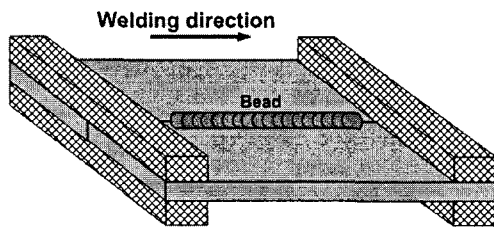


Fig. 2 Schematic of welding

3. 3. 실험 결과 및 고찰

3.1 실드가스의 종류와 가스 유량에 따른 용접 특성 비교

Table 4에 실드가스의 종류와 유량에 따른 C-TIG 및 A-TIG의 용접 횡단면을 나타내었다. 전체적으로 Ar 100%보다 열전달율이 높은 H<sub>2</sub>나 He 사용시에 용입이 증가하였고, Flux를 사용한 A-TIG의 경우에는 Ar-33% He을 제외하고 완전용입이 되었다. Fig. 3은 A-TIG에서 실드가스 유량에 따른 용입을 나타내었고, Fig. 4는 A-TIG에서 실드가스 유량에 따른 용융단면적을 나타내었다. 실드가스 유량은 용입에는 영향을 미치지 않고, 용융단면적에서는 백비드가 과대하게 생성된 He 100%를 제외하고는 유량이 증가함에 따라 용융단면적이 증가하는 경향이 보인

다.

Table 4 C-TIG and A-TIG cross section with shield gas type and flow rate

Shield gas	Flow rate L/min	Cross section	
		C-TIG	A-TIG
Ar 100%	10		
	15		
	20		
Ar-2.5% He	10		
	15		
Ar-5% He	10		
	15		
Ar-33% He	10		
	15		
	20		
Ar-66% He	10		
	15		
He 100%	10		
	15		

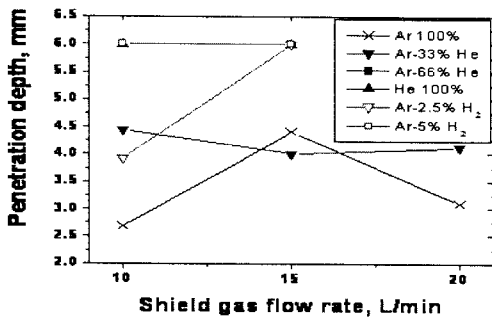


Fig. 3 Penetration with shield gas flow rate

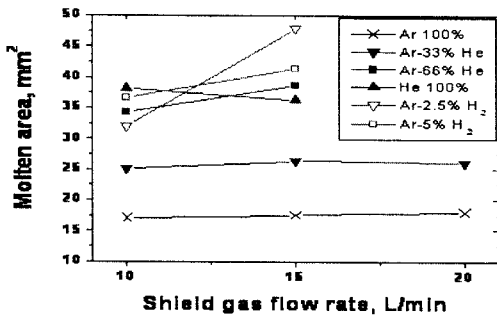


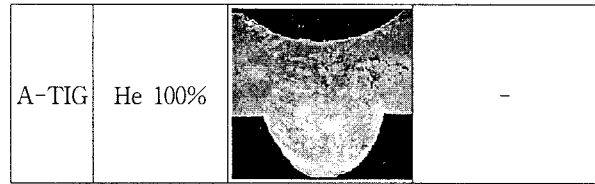
Fig. 4 Molten area with shield gas flow rate

3.2 맞대기 용접에서 실드가스의 종류와 가스 유량에 따른 용접 특성 비교

Table 5에 맞대기 용접에서 실드가스종류에 따른 용접 횡단면을 나타내었다. BOP와 동일 용접조건과 비교해보면 맞대기 용접에서 용융단면적이 더 넓다.

Table 5 Cross section with shield gas type in I groove A-TIG welding

Flux	Shield gas	Backing bar	
		Non used	Used
C-TIG	Ar 100%		-
A-TIG	Ar 100%		-
	Ar-33% He		
	Ar-66% He		



이는 맞대기 용접부의 Edge effect 때문에 열이 집중되었기 때문이라고 판단된다. A-TIG 용접 Ar 100%를 제외하고는 모두 완전 용입이 되었다. 백비드가 형성된 경우에 모두 Under fill이 생겼다. 따라서 Under fill이 작고 변형방지를 위해 비드폭이 가장 좁은 Ar-33% He backing bar를 사용한 것이 가장 양호하다고 판단된다.

4. 결 론

STS 304 6t의 A-TIG용접에서 1pass 완전 용입 공정 개발연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) BOP에서 Ar 100%보다 열전달율이 높은 H<sub>2</sub>나 He 사용시에 용입이 증가하였고, Flux를 사용한 A-TIG의 경우에는 Ar-33% He을 제외하고 완전용입이 되었다.
- 2) 실드가스 유량은 용입에는 영향을 미치지 않고, 용융단면적에서는 백비드가 과대하게 생성된 He 100%를 제외하고는 유량이 증가함에 따라 용융단면적이 증가하는 경향이 보인다.
- 3) A-TIG 용접 Ar 100%를 제외하고는 모두 완전 용입이 되었다. Under fill이 작고 변형방지를 위해 비드폭이 가장 좁은 Ar-33% He backing bar를 사용한 것이 가장 양호하다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. Paulo J. Modenesi : TIG welding with single-component fluxes, Journal of materials processing technology 99(2000) 260-265
2. J J Lowke, M Tanaka and M Ushio : Mechanisms giving increased weld depth due to a flux, Journal of physics D: applied physics, 38 (2005) 3438-3445
3. J. Tusek : 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 25 (2000) 369-376
4. 김대주 : 스테인레스강의 GTAW 기법에서 보호가스가 용접성에 미치는 영향, 대한용접학회 추계학술대회 2006. 10