

## Ar-He 혼합가스와 hot-wire를 이용한 협개선 TIG 용접에 관한 연구

### Study on Narrow groove TIG welding using Ar-He of shielding gas & hot wire

최 준태\*, 박 종련\*\*, 김 대순\*\*\*

\* 현대중공업 산업기술연구소 용접연구실

\*\* 현대중공업 산업기술연구소 자동화연구실

\*\*\* 현대중공업 산업기술연구소 용접연구실

**ABSTRACT** TIG welding can produce high quality of weld, but has the disadvantage of low productivity and high possibility of lack-of-fusion especially on heavy wall groove welding. In order to overcome such demerits of TIG welding, the hot-wire method which provides pre-heated wire and the use of He-Ar mixture gas as shielding gas were adopted. Through this study, both methods were turned out to be beneficial to the prevention of lack-of-fusion and the increase of productivity and welding speed.

#### 1. 서 론

TIG 용접은 적용 가능한 용접 입열 (heat input)이 낮아 거의 모든 재료에서 우수한 용접 품질을 확보할 수 있다는 장점이 있다. 따라서, 고품질이 요구되는 비철 합금 (non-ferrous alloy)과 스테인레스 강 (stainless steel) 그리고 용접성이 나쁜 고강도 저합금강 (high strength low alloy steel) 등의 용접에 널리 적용되고 있지만, 용입이 얇다는 용접기법 특성 때문에 후판 용접에서는 용합불량 (lack-of-fusion)과 같은 용접결함이 발생하기 쉽고, 또한 상대적으로 용접 생산성이 떨어진다는 문제점이 있다. 최근 TIG 용접의 단점을 극복하기 위해 용융온도 (melting point) 근처까지 가열한 용접 와이어를 용융-풀 (weld pool)에 공급하여 용착속도 (deposition rate)를 증가시키는 가열 와이어 (hot wire) TIG 용접이 상용화되고 있으며, 그림 1에 보인 것처럼 시간당 4~5kg까지 용착속도를 증가시켜 생산성에 관련한 TIG 기법의 문제점을 해결할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이와 더불어 일반적으로 TIG 용접에서 사용하는 Ar 보호가스에 열전도율 (heat conductivity)이 높은 He을 첨가하면 용융-풀의 유동성과 용입성이 향상되어 후판 용접에서 용합불량을 방지하면서, 더불어 고속 TIG 용접이 가능해진다. 그림 2는 Ar 보호가스에 He을 첨가하면서 용융-풀이 커지는 장면을

보여주고 있다. 본고에서는 가열 와이어와 He-Ar 혼합 보호가스를 TIG 용접에 적용할 때 일어나는 용접특성의 변화를 알아보고, 동시에 후판 협개선 (narrow groove) 용접에 대한 적용성을 함께 검토하였다.

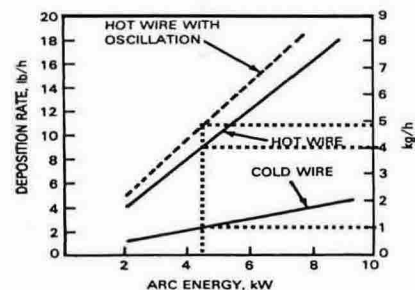


그림 1 : 용착속도 비교



그림 2 : 보호가스에 따른 용융-풀 변화

a) He+Ar b) Ar

#### 2. 실험 방법

두 종류의 보호가스 (He-Ar & Ar)를 사용해 가열 와이어 송급속도 (feeding speed)와 용접속도를 변화시키면서 BOP (bead-on-plate) 시험을

실시하였으며, BOP 시험에서 얻어진 적정 조건을 사용해 협개선 용접성을 관찰하였다.

2.1 실험 재료

시험에서 사용된 재료는 2.5% Ni을 함유하면서 120ksi 인장강도를 가지는 고강도 저합금 강과 와이어를 사용하여 BOP와 협개선 용접을 실시하였다.

2.2 BOP 용접실험

He-Ar 그리고 Ar 보호가스에 대해 와이어 송급속도 그리고 용접속도를 변화시키면서 용착된 비이드 폭, 여성고 그리고 용입의 변화를 관찰하였다. 그림 3은 시험에 사용된 용접장비를 보여주고 있는데 보호가스는 와이어 앞, 뒤에서 그리고 와이어는 전극 선단에서 공급되도록 하였다.

표 3과 4는 BOP 시험에 사용된 용접조건으로 와이어 송급속도는 250~450CPM (cm/min.) 그리고 용접속도는 20~40CPM (cm/min.) 까지 변화시켜 가면서 용접을 실시하였다.

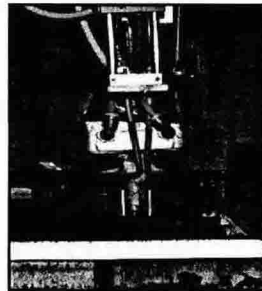


그림 3 : BOP 시편 용접장면

표 3 : 와이어 송급속도 시험조건

보호 가스	아크 (전극)			와이어		용접 속도 (CPM)
	피크 (A)	베이스 (A)	전압 (V)	전류 (A)	송급 속도 (CPM)	
He+ Ar	350	300	12	50	250	25
				50	350	
				50	400	
				50	450	

표 4 : 용접속도 시험조건

보호 가스	아크 (전극)			와이어		용접 속도 (CPM)
	피크 (A)	베이스 (A)	전압 (V)	전류 (A)	송급 속도 (CPM)	
He+ Ar	350	300	12	50	350	25
						30
						35
						40
Ar	350	300	12	50	350	20
						25

2.3 협개선 용접실험

BOP 실험에서 확인된 적정 와이어 송급속도와 용접속도를 협개선 형상에 적용하여 협개선 용접특성을 확인하였다. 그림 4는 실험에 사용된 협개선 형상을 그리고 표 5는 용접조건을 보여주고 있다.

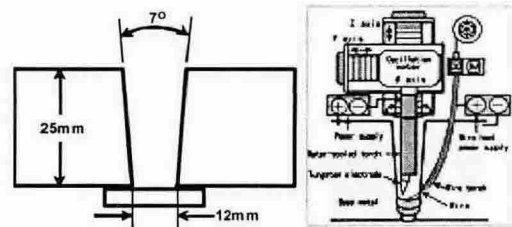


그림 4 협개선 형상 및 용접방법

표 5 : 협개선 용접조건

보호 가스	아크 (전극)			와이어		용접 속도 (CPM)
	피크 (V)	베이스 (A)	전압 (V)	전류 (A)	송급 속도 (CPM)	
He+ Ar	350	300	12	50	350	25
Ar	350	300	12	50	350	20

3. 실험 결과

3.1 BOP 용접

그림 5에 보인 것과 같이 와이어 송급속도를 250-450CPM 까지 변화시키기에 따라 비이드 폭은 크게 증가하였지만 여성고는 거의 증가하지 않았다. 용입은 와이어 송급속도가 증가하면서 오히려

려 감소하는 경향을 보여 증가된 용착량 때문에 용융-풀이 아크를 선행해 용입이 얇아진 것으로 판단된다. 한편, 와이어 송급속도 450CPM에서는 와이어가 완전히 녹지 않고 용융-풀에 박히면서 용접 자체가 불가능하였다. 그림 6은 보호가스과 용접속도 변화에 따른 비이드 형상을 비교한 것으로 He-Ar 보호가스는 용접속도 30CPM, Ar은 20CPM까지 비이드 폭에 큰 변화 없이 미려한 비이드가 형성되었지만 용접속도가 더욱 증가하면 비이드 폭이 급격히 감소하고 불규칙한 비이드가 형성된다. 그림 7은 용접속도가 증가하면서 형성된 불규칙한 비이드 형상과 용접 단면부 cavity를 보여 주고 있다.

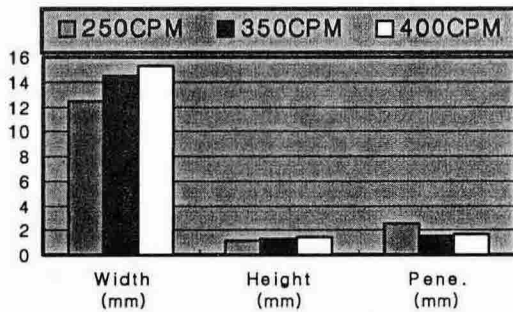


그림 5 : 송급속도에 따른 비이드 형상 변화

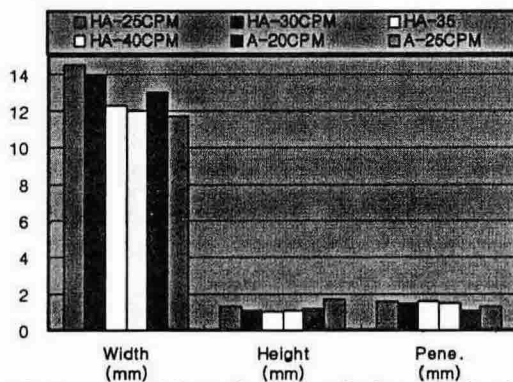


그림 6 : 용접속도에 따른 비이드 형상 변화

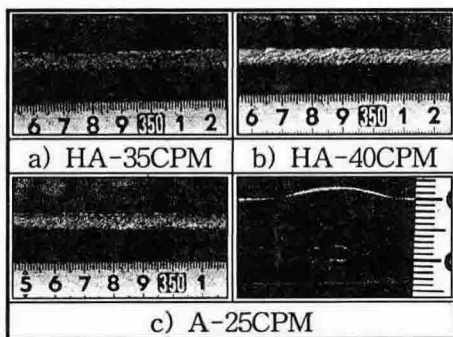


그림 7 : 고속 용접 비이드와 단면부 cavity

### 3.2 협개선 용접

BOP 용접을 통해 얻어진 적정 와이어 송급속도와 용접속도를 바탕으로 협개선 용접을 실시하여 그림 8과 같은 용접부를 얻을 수 있었다. 그림 8에서 He-Ar과 Ar 보호가스로 용접된 협개선 용접부를 비교하면 He-Ar 보호가스를 사용한 용접부가 상대적으로 빠른 용접속도에도 불구하고 양쪽 개선부에서 균일한 용입이 이루어졌다.

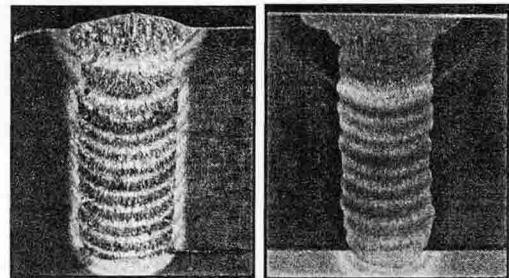


그림 8 : 협개선 용접 단면부 형상  
a) He+Ar b) Ar

## 4. 결 론

이상의 실험을 통한 얻은 결론을 정리하면 아래와 같다.

- 1) 가열-와이어 송급속도를 증가시키에 따라 비이드 폭은 증가하지만 용입은 약간 감소하였고, 여성고는 큰 변화가 없었다.
- 2) 와이어 전류 50A에서 최대 400CPM 까지 와이어 송급속도를 증가시켜 용접이 가능하고, 이에 따른 용착속도 향상을 기대할 수 있다.
- 3) He-Ar 혼합가스를 보호가스를 사용하면 아크 압력이 감소하면서 비이드 폭이 증가하고 볼록 (convex) 비이드 생성을 줄일 수 있다.
- 4) He-Ar 혼합가스와 가열 와이어를 TIG 용접에 적용하여 용접속도를 30CPM 까지 증가시킬 수 있다.
- 5) 협개선 용접에서 He-Ar 혼합 보호가스를 사용하면 개선부에서 균일한 용입을 확보할 수 있기 때문에 Ar보다 고속 용접이 가능하다.