

Plasma 용접에 의한 박판 겹치기 이음 필릿 용접부의  
품질에 미치는 용접 변수의 영향

The effects of welding parameters on quality  
in lap joint fillet welds of thin plate by plasma welding

윤 훈성\*, 김진욱\*\*, 윤승종\*\*, 박금기\*, 양종수\*, 조상명\*\*\*

\* STX조선주식회사 / 생산기술연구팀

\*\* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

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

1. 서 론

LNG선 membrane 재인 STS304L의 겹치기 이음 필릿용접에 Plasma용접을 적용하는 사례가 증가하고 있다. 그러나 Plasma arc welding의 품질은 토치의 각종 부품 조절 등에 의한 용접 조건에 민감하게 영향을 받는 특징이 있다.

일반적으로 TIG용접은 아크가 안정적이며, 용접부의 품질이 우수하여 고품질 용접에 사용되고 있으나, 상대적으로 낮은 용접속도로 생산성이 저조하다. Plasma arc welding은 TIG과 마찬가지로 우수한 용접 품질을 얻을 수 있으며, 고밀도 에너지용접으로 생산성을 높일 수 있다.

본 연구에서는 박판 겹치기 이음 필릿 용접부의 고품질화 및 높은 생산성을 달성하기 위한 목적으로 전극 팁 선단각, Setback의 변화가 용접 품질에 미치는 영향을 검토하였다.

2. 사용 재료 및 실험 방법

2.1 사용재료

본 연구에서 사용된 시험편은 STS304이고, Table 1에 STS304의 화학적 조성과 기계적 성질을 나타내었다.

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of STS304

(a) Chemical composition (wt. %)

Cr	Ni	C	Si	Mn	P
19.0	10.0	0.08	0.75	1.30	0.04

(b) Mechanical properties

Yield strength	Tensile strength	Elongation
21kgf/mm <sup>2</sup>	53kgf/mm <sup>2</sup>	35%

2.2 실험방법

SBI의 PMI-500 플라즈마 용접기로 길이 100mm × 폭 30mm × 두께 1.2mm의 박판을 Fig. 1과 같이 겹치기 이음 필릿 용접을 하였다.

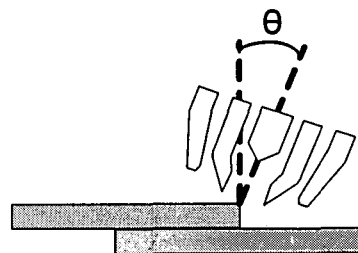


Fig. 1 Schematic of experimental set up for plasma arc welding

Fig. 2는 Setback과 Standoff를 나타낸 것이다. Setback은 Cu insert의 선단에서 W전극 팁까지의 거리이며, Standoff는 Cu insert의 선단에서 모재까지의 거리이다.

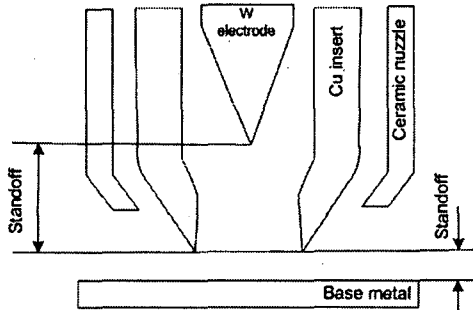


Fig. 2 Definition of setback and standoff

Table 2는 실험 조건을 나타낸 것이다. Experiment 1은 Setback 2mm로 W전극 팁 각도를 변화시켜 실험하였고, Experiment 2는 Setback을 1mm에서 3mm까지 0.5mm씩 변화시켜 실험하였다.

비드폭은 비드 길이의 중앙과 ±10mm 지점 3점의 평균값이다.

Table 2 Welding condition for experiments

Fixed	Electrode tip dia.	3mm
	Standoff	1mm
	Cu insert dia.	Ø2.3
	Welding frequency	6Hz
	Welding current	Ip 110A, Ib 10A
	Welding speed	40cpm
	Orifice gas flow rate	0.4L/min (Ar)
	Shield gas flow rate	10L/min (Ar)
Exp. 1	Electrode tip angle	15°, 30°, 45°
Exp. 2	Setback	1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0

결보기 입열량은 아래 관계식으로 구하였다.

\* Apparent heat input 
$$Q = \frac{E \times I}{v}, J/mm$$

여기서, E : 용접기 출력 전압, V  
 I : 용접기 출력 전류, A  
 v : 용접속도, mm/sec

용접전류는 1kA급 홀센서를 사용하고, 용접전압은 100V 센서를 사용하여, 아크 모니터링 시스템(WAM 3000N)으로 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 전극 팁 각도에 따른 용접 비드폭의 변화

Fig. 3은 Standoff= 1mm로 하여 Table 2의 조건으로 펄스 용접하였을 때, W전극 팁 각도에 따른 비드폭과 입열량을 나타낸 것이다.

입열량은 유사하였으나, W전극 팁 각도가 45°일 때 가장 큰 비드폭이 나타났다. Table 3에 W전극 팁 각도에 따른 비드의관을 나타냈다.

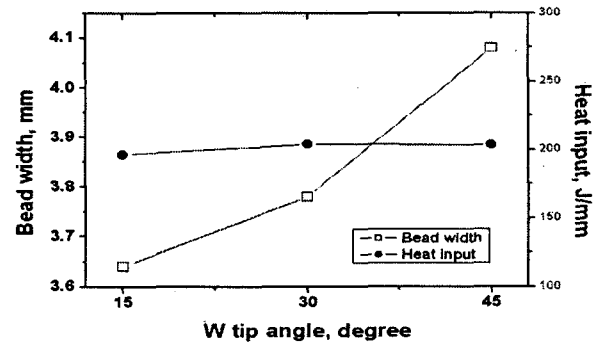


Fig. 3 The effects of electrode tip angle on bead width and heat input

Table 3 Comparison of bead appearance by tip angle

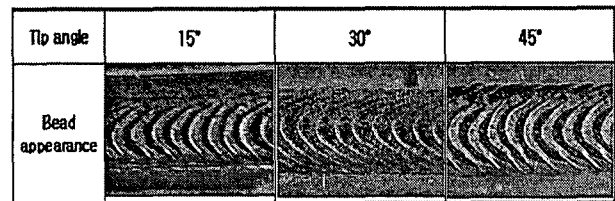
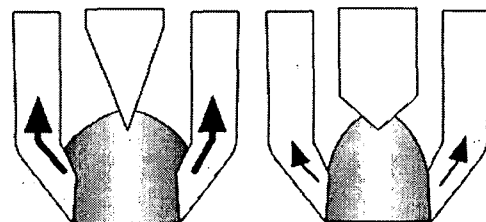


Fig. 4는 W전극 팁 15°와 45°일 때 Arc의 형상을 모식도로 나타낸 것이다. W전극 팁 표면에서 수직 방향으로 전자가 방출됨으로, Arc 형상은 전극 팁이 15°인 경우가 45°인 경우 보다 넓게 퍼지므로 Cu insert 내면에 더 많이 접촉하게 될 것이다. 따라서 15°인 경우가 Cu insert쪽에서의 열 손실이 더 커, Arc간축 작용이 크게 되어 작은 비드폭을 형성하게 된 것으로 판단된다.



(a) tip angle 15° (b) tip angle 45°

Fig. 4 Comparison of arc shape by tip angle

### 3.2 Setback 변화에 따른 용접부 품질의 변화

Table 4는 Standoff= 1mm로 고정하였을 때, Setback 변화에 따른 파형을 나타낸 것이다. Setback이 증가할수록 W전극 팁에서 모재까지의 거리인 Arc길이(=Setback + Standoff)가 길어져 전압이 증가하였다. Fig. 5는 Setback 변화에 따른 비드폭과 입열량을 나타낸 것이다.

Setback이 증가하여 입열량이 증가함에도 불구하고 비드폭이 감소하는 경향을 보였다. 이는 Setback이 증가하게 되면 Cu insert로의 열 손실이 증가하고 Arc간축 작용이 커져서 실제 모재로의 입열량은 감소하기 때문인 것으로 판단된다. Table 5에 Setback이 1, 2, 3mm일 때의 비드 외관을 나타냈다.

Table 4 Comparison of waveform by setback

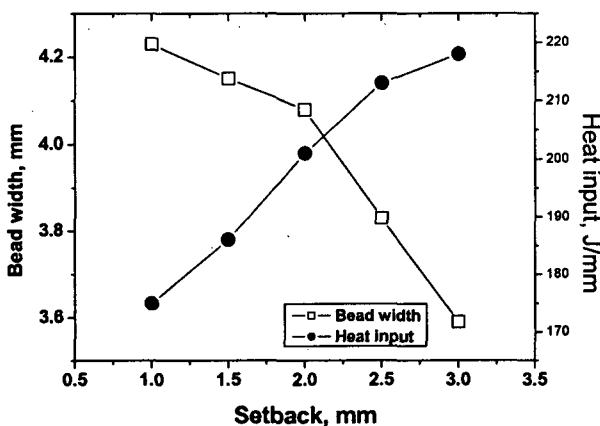
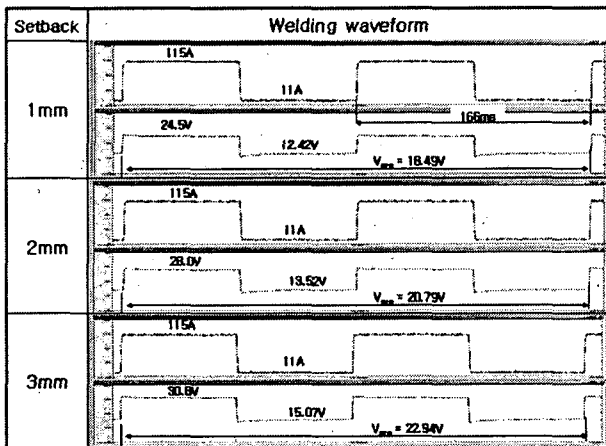
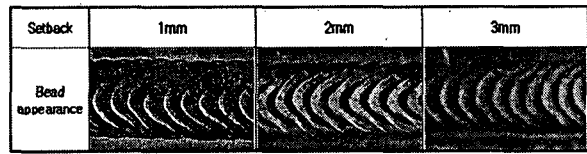


Fig. 5 The effects of setback on bead width and heat input

Table 5 Comparison of bead appearance by setback



### 4. 결 론

Plasma 용접에 의한 박판 겹치기 이음 필릿 용접부의 품질에 미치는 용접 변수의 영향을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) Setback과 Standoff를 일정하게 하면 W전극 팁 선단각이 커짐에 따라 비드폭이 증가하는 경향을 보였다. 이는 W전극 팁 선단각이 커짐에 따라 Arc는 Cu insert와 접촉 면적이 작아지고, 이로 인해 Cu insert로의 Arc열손실이 작아 Arc간축 작용이 작아져서 비드폭이 증가한 것으로 판단된다.

2) Standoff를 일정하게 할 때, Setback이 커짐에 따라 겉보기 입열량이 커짐에도 불구하고 비드폭은 감소하는 경향을 보였다. 이는 Setback이 증가함에 따라 Cu insert로의 Arc 열손실이 커져서 실제 모재로의 입열량은 감소하기 때문에 비드폭이 감소한 것으로 판단된다.