

Al6061 후판에 대한 Pulse MIG Semi-Narrow Gap 용접 공정의 개발

Development of the Pulse MIG Semi-Narrow Gap Welding Process for Al6061 Thick Plate

김대만*, 김영주*, 감병오**, 조상명***

* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

** 미래디지털(주) 부설 기술연구소

*** 부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공

1. 서 론

알루미늄 및 알루미늄 합금은 철강 다음으로 사용량이 많은 비철 금속으로 그 용도는 매년 증가하고 있다. 항공기 부품에서 자동차, 선박 및 전자산업 등에 이르기까지 다양하게 사용되고 있으며 그 조립을 위한 용접기술의 중요성이 대두되고 있다. 본 연구의 목적은 Al6061 16t 후판 MIG Semi-Narrow Gap 용접 공정 기술을 개발하는 것이다. 용접 시편은 한쪽 면만 그루브 가공한 L형 그루브에 MIG Semi-Narrow Gap 용접을 적용하였다. 본 연구에서는 4043, 5356 와이어의 용접성을 검토하였으며, 새로운 그루브 설계 기법을 적용하여 후판 용접을 위한 1 Pass 및 2 Pass 용접 적용 가능성을 검토하였다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1 실험 재료

본 실험에서는 폭 55mm × 길이 100mm × 두께 16mm의 Al-Mg-Si 합금인 Al6061-T6를 사용하였고, 용접 와이어는 AWS-ER-4043, 5356을 사용하였다.

2.2 실험 방법

Table 1은 본 실험의 용접조건을 보인 것이다.

Table 1 Welding Condition

Power source	Fronius TPS-4000
Welding current	300A, Pulse
Welding wire	4043(Al-Si, Ø1.2)
	5356(Al-Mg, Ø1.2)
Shield gas	Ar 100%, 25 l/min

4043, 5356 와이어에 대한 용접성 검토를 위해 캠코더로 아크를 촬영하였다.

16t Semi-Narrow Gap 1 Pass 용접 실험은 4043, 5356 와이어로 각각 행하였고, 2 Pass 용접 실험에서 Pass 1은 4043 와이어로 Pass 2는 5356 와이어를 사용하였다. 용접 후 각 용접부의 비드 횡단면을 절단하여, 융합불량(LF) 및 용입 불량(IP)이 발생하는지 관찰하였다. 용접전류 및 전압은 1000A급 홀센서와 100V 센서를 사용하여 아크 모니터링 시스템(WAM4000D)으로 계측하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 신 그루브 설계 기법의 적용

Fig.1은 베벨링 공수 절감을 위해 모재의 한쪽 면만 베벨링하는 새로운 그루브 설계 기법 모식도이다. 기존의 그루브 설계에서는 용접선 추적 좌우공차가 상당히 큰 것을 가정하여 큰 그루브 폭이 되도록 설계하였다. 그러나 최근에는 로봇이나 자동화 장비의 발전과 함께 그루브 용접선과 토치 중심선이 공차 ±1mm 이내로 가능하다. 좁은 그루브폭 W_G 를 가진 L형 용접부에 대해 루트갭, 두께, 그루브각을 고려한 신 그루브 설계 기법이 필요하여 저자들은 다음과 같이 그 관계식을 유도적용하였다¹⁾.

$$R_G = W_G - t \cdot \tan\theta_G$$

여기서 두께 t 와 그루브폭 W_G 가 정해지면 그루브 각 θ_G 에 따라 루트갭 R_G 가 결정되어 용착 단면적이 계산되고 그에 따른 입열량 제어가 가능하다. 두께 10t에서 최소 그루브폭은 10mm였다¹⁾. 두께 16t 적용 시 그루브폭 10mm, 그루브 각 30°일 때 루트갭이 거의 0mm 이므로 아크가 그루브면 위에 발생하여 용입불량이 우려되었다. 따라서 적정 용입 확보를 위해 그루브폭을 12mm로 결정하였다.

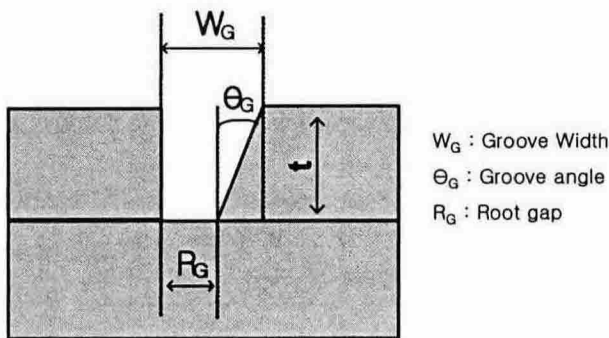
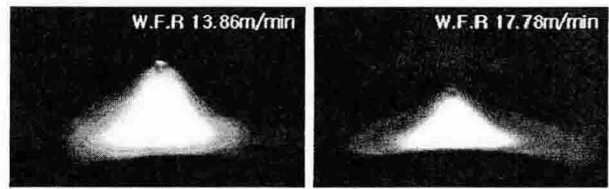


Fig.1 Schematic of new groove design

3.2 4043과 5356 와이어의 용접성 검토

Fig.2는 4043, 5356 와이어의 아크 길이 사진이다. 5356 와이어가 4043 와이어보다 아크 길이가 짧은 원인은 5356 와이어에 함유된 Mg의 증발을 막기 위해서 용적의 이행 온도를 떨어뜨리기 때문이다. 따라서, 동일 전류로 용접 시 4043 와이어가 5356 와이어보다 용착량이 적기 때문에 이행되는 용적의 온도가 높고 입열량이 커서 용합불량 방지에 적합하다는 것을 알 수 있다.

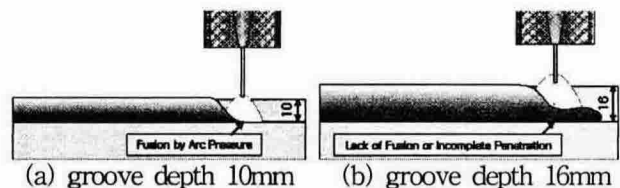


(a) 4043 wire (b) 5356 wire
Fig.2 Arc by 4043, 5356 wire (300A CW, 27V)

3.3 16t Semi-Narrow Gap 1 Pass 용접 적용 결과

Fig.3은 10t, 16t Semi-Narrow Gap 적용 시 용착량에 따른 아크 생성 위치를 나타낸 모식도이다. 그루브내에 쌓이는 용융금속의 높이가 지나치게 높게 되면 용융금속이 아크 앞쪽으로 흘러내려서 아크가 직접 루트부를 용융시키지 못하여 용입불량이 발생하므로 1 Pass 비드의 최대 높이 즉 “1 Pass 비드 한계 높이”가 존재한다. 따라서, 모재의 두께가 1 Pass 비드 한계 높이 이상이면 Multi Pass 용접이 요구된다.

Fig.4는 5356 와이어를 사용하여 1 Pass 비드 한계 높이 이상인 16t 판을 용접한 비드외관 및 단면을 나타내었다. 비드외관에서 용융풀 쓸림 현상으로 비드외관이 움푹 들어간 것을 볼 수 있으며, 비드 단면에서는 용적의 이행온도가 낮기 때문에 용합불량(LF)과 용입불량(IP)이 나타남을 알 수 있었다.



(a) groove depth 10mm (b) groove depth 16mm
Fig.3 Schematic of molten pool flow with different groove depth



Fig.4 Bead appearance and macro-section by 5356 wire

Fig.5는 1 Pass 비드 높이 이상인 16t에서 4043 와이어를 사용하여 용접 시 송급 불안정에 따른 번백파형을 나타낸 것이다. 4043 와이어는 Si를 4.5~6.0% 함유한 연질 와이어이다. 1 Pass 비드 높이 이상인 두께 16t 용접 시 용융풀이 아

크 앞으로 쓸림으로 용융풀 위에 아크가 생성될 때 와이어 송급이 불안정해져 번백이 발생하였다. 그러므로, Multi Pass 용접적용이 필요하다고 판단된다.

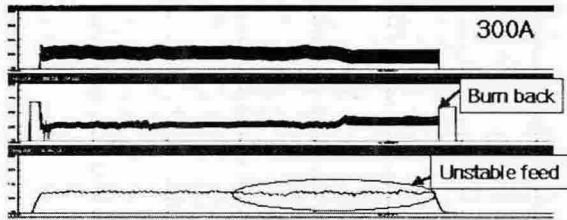


Fig.5 Burn back waveform with unstable feed of 4043 wire

3.4 16t Semi-Narrow Gap 2 Pass 용접 적용 결과

2 Pass 용접의 Pass 1은 용입 확보를 위해 4043 와이어를 사용하였고, Pass 2는 저입열량으로 용접 그루브를 채울 수 있는 5356 와이어를 사용하여 양호한 품질을 얻을 수 있도록 하였다.

Fig.6은 그루브각 10°, 20°, 30°로 2 Pass 용접한 비드의 외관 및 용접부 단면 사진을 보인 것이다. 그루브면의 융합불량을 없애기 위해서 Pass 1 용접 시 작업각을 $\theta_G/2$ 로 적용하였다. 그루브각 10°, 20°에서 Pass 1의 토우가 지나치게 깊고, 예각으로 형성되어 Pass 2 용접 후 그 부분에서 융합불량이 발생되었다.

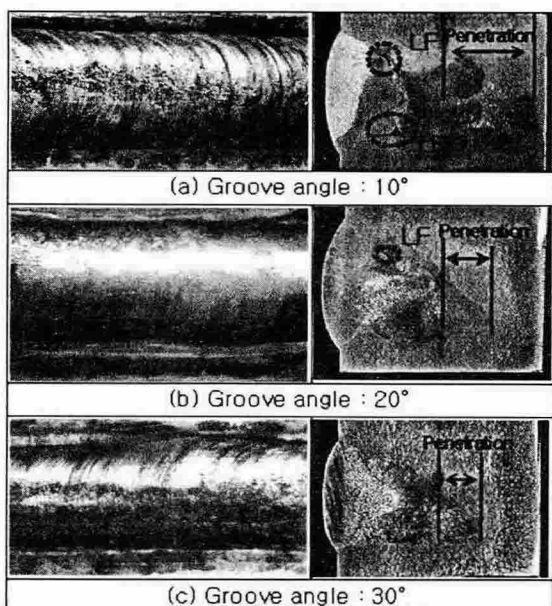


Fig.6 Bead appearance and cross-section with various groove angle

Table 2는 그루브각에 따른 작업각과 용착 단면적 및 용접 품질을 나타낸 것이다. 그루브각 30°에서 융합불량과 용입불량이 없는 건전한 용접부를 얻을 수 있었다.

Table 2 Deposited area and quality with various groove angle

Groove angle(°)	10	20	30
Pass1 Work angle(°)	5	10	15
Pass 1 Wire	4043	4043	4043
Pass 2 Wire	5356	5356	5356
Deposited area(mm ²)	232	209	180
Quality	NG(LF)	NG(LF)	Good

4. 결 론

Al6061 후판에 대한 Pulse MIG Semi-Narrow Gap 용접에 관한 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 신그루브 설계 기법을 16t 맞대기 용접 이음부에 적용하여 그루브폭 12mm, 그루브각 30° 2 Pass 용접을 하였을 때 양호한 용접 품질을 얻을 수 있었다.

2) 그루브내에 쌓이는 용융금속의 높이가 지나치게 높게 되면 용융금속이 아크 앞으로 흘러내려서 아크가 직접 루트부를 용융시키지 못하여 융합불량이 발생하므로 1 Pass 비드 한계 높이가 존재한다. 따라서, 모재의 두께가 1 Pass 비드 한계 높이 이상이면 멀티 패스 용접이 요구된다.

3) 2 Pass 용접의 Pass 1은 용입 확보를 위해 4043 와이어를 사용하였고, Pass 2는 저입열량으로 용접 그루브를 채울 수 있는 5356 와이어를 사용하여 양호한 품질을 얻을 수 있도록 하였다.

참고문헌

1. Young Zoo Kim, Dae Man Kim, Byoung Oh Kam, S.M. Cho : MIG Narrow Gap Welding to Al6061 Hot Plate for the Production of LCD, Autumn Annual Meeting of KWS, (2004) pp.231-233