

## 필릿 각장과 토치 위빙이 부품 로봇 용접의 부품 fit-up 허용공차에 미치는 영향

### The effect of fillet leg length and torch weaving on part fit-up tolerance of robotic welding

배광무\*, 오재환\*\*, 조상명\*\*\*

\* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

\*\* (주)삼공사 기술연구소

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

#### 1. 서 론

용접용 로봇을 이용한 자동 필릿 용접에서 flange와 web의 부품 fit-up 공차는 항상 존재하며, 이러한 공차는 용접불량을 야기한다. 최근에는 레이저 비전센서를 사용한 심 추적으로 이러한 공차로 인한 용접 불량 발생을 극복하고 있지만 그 장치가 매우 고가이며, 유지보수 또한 까다롭다는 큰 단점이 있다.

따라서 부품 fit-up 공차에 민감하지 않은 강건한 용접 공정의 개발이 필요하지만 이와 같은 연구는 거의 없다.

본 연구는 flange와 web의 두께가 6, 2.5mm로 다른 Al 합금간의 자동 필릿 MIG 용접에서, 설계각장 변화, 토치 위빙 사용 유무에 따른 부품 fit-up 허용공차를 검토하여, 부품의 fit-up 공차에 매우 강건한 공정을 개발하는 것을 목적으로 하였다.

#### 2. 사용 재료 및 실험 방법

##### 2.1 사용 재료

길이 200mm × 폭 100mm × 두께 6mm의 Al6061 T6 Flange와 길이 100mm × 폭 100mm × 두께 2.5mm의 Al6063 T5 web을 Al4043 φ 1.6mm 와이어를 사용하여 필릿 용접 하였다.

##### 2.2 실험 방법

##### 2.2.1 부품 fit-up 허용공차 검토를 위한 필릿 각장 변경 실험

Table 1은 필릿 각장 변경에 따른 web의 높이 fit-up 허용공차 변동 검토를 위한 실험 조건을 나타내었다.

Fig. 1에 티칭 포인트 높이 변경 실험 모식도를 나타내었다. 그림 1에서 티칭 포인트 높이의 변경은 F방향과 W방향 모두 용접 불량 발생 하는 영역까지 1mm단위로 행하였다.

Table 1 Welding condition for experiments

Fixed	Power source	Fronius TPS 40000
	Welding robot	Yaskawa motoman HP20
	Welding mode	Fillet welding
	Welding current	220A Pulse ( $I_p = 280A, I_b = 170A$ )
	Shield gas	Ar 100% 20L/min
	CTWD	23mm
	Work angle	60°
	Travel angle	20°
Varied	Design leg length	4mm (welding speed : 110cpm) 5mm (welding speed : 70cpm) 6mm (welding speed : 48cpm)

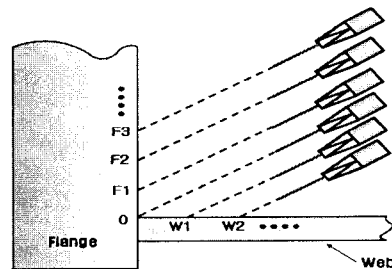


Fig. 1 Schematic of changing teaching point

##### 2.2.2 부품 fit-up 허용공차 검토를 위한 토치 위빙 실험

Fig. 2는 토치 위빙 모식도이다. Fig. 2에서 정의한 section①,②,③,④은 위빙의 궤적을 구간별로 나누는 것이며 각 section의 길이는 2mm이다.

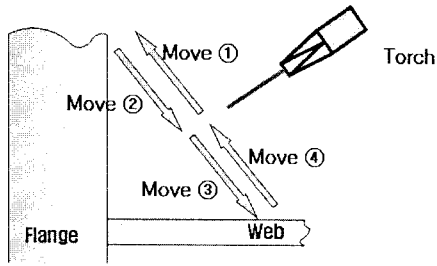


Fig. 2 Schematic of torch weaving

Table 2 Torch weaving condition

Fixed	Design leg length	6mm
	Weaving type	Single oscillation
	Weaving angle	45°
	Weaving amplitude	±2mm
Varied	Moving time	①,②,③,④ all 0.1sec Const.
		①,② : 0.2sec ③,④ : 0.1sec (dissymmetry torch weaving)

Table 2는 토치 위빙 조건을 나타낸 것이며, 본 실험의 용접 조건은 table 1과 동일하다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 부품 fit-up 허용공차 검토를 위한 필릿 각장 변경 실험 결과

Table 3 Weld surfaces and cross sections with various teaching point (design leg length : 4mm)

Teaching point	Weld surface	Cross section	note
F2			- Flange humping
F1			- good
0			- good
W1			- good
W2			- Excessive melt through

Table 3은 설계 각장 4mm 조건에서의 티칭 포인트 변경에 따른 비드 외관 및 용접횡단면을 나타내었다. F2의 경우는 flange부 험핑, W2의 경우는 web의 과도한 용락으로 인한 용접불량이 발생하였다.

발생하였다.

Table 4 Weld surfaces and cross sections with various teaching point (design leg length : 5mm)

Teaching point	Weld surface	Cross section	note
F4			- Web unwelded
F3			- good
F2			- good
F1			- good
0			- good
W1			- good
W2			- good
W3		-	- Excessive melt through

Table 4는 설계 각장 5mm 조건에서의 티칭 포인트 변경에 따른 비드 외관 및 용접횡단면을 나타내었다. F4의 경우는 web 미용접, W3의 경우는 web의 과도한 용락으로 인한 용접불량이 발생하였다.

Table 5 Weld surfaces and cross sections with various teaching point (design leg length : 6mm)

Teaching point	Weld surface	Cross section	note
F5		-	- Web unwelded
F4			- good
0			- good
W1			- good
W2		-	- Excessive melt through

Table 5는 설계 각장 6mm 조건에서의 티칭 포인트 변경에 따른 비드 외관 및 용접횡단면을 나타내었다. F4 조건에서 양호한 용접부를 획득했기 때문에 F1, F2, F3 조건의 실험은 무의미하므로 생략하였다. F5의 경우는 web 미용접, W2의 경우는 web의 과도한 용락으로 인한 용접불량이 발생하였다.

설계각장 4, 5, 6mm의 실험결과 모두를 종합해 보면, 설계각장 4mm의 경우 web 높이의 fit-up 허용공차는  $\pm 1\text{mm}$ , 설계각장 5mm의 경우  $\pm 2.5\text{mm}$ , 설계각장 6mm의 경우는  $\pm 2.5$ 로 나타났다. 설계각장이 4mm에서 5mm로 증가할 경우 web 높이에 대한 허용공차가 2.5배 증가하지만, 설계각장을 5mm에서 6mm로 증가시킨 경우는 web 높이에 대한 fit-up 허용공차가 동일했다.

### 3.2 부품 fit-up 허용공차 검토를 위한 토치 위빙 실험 결과

Table 6 Weld surfaces with various teaching point using torch weaving (design leg length : 6mm)

Teaching point	Weld surface	note
0		- Excessive melt through
W1		- Excessive melt through

Table 6은 토치 위빙을 사용했을 경우 설계각장 6mm 조건에서의 티칭 포인트 변경에 따른 비드 외관을 나타내었다. 0의 경우와 W1의 경우 모두 web의 과도한 용락으로 인한 용접불량이 발생하였다. 따라서 이는 토치 위빙을 하지 않은 경우보다 더 좁은 범위의 web 높이 fit-up 공차를 허용할 것으로 판단된다.

Table 7 Weld surfaces with various teaching point using dissymmetry torch weaving (design leg length : 6mm)

Teaching point	Weld surface	Cross section	note
F6		-	- Web unwelded
F5			- good
W2			- good
W3			- good
W4			- Excessive melt through

Table 7은 move①과 move②의 시간을 0.2sec으로 비대칭 토치 위빙을 사용했을 경우 설계각장 6mm 조건에서의 티칭 포인트 변경에 따른 비드 외관 및 횡단면을 나타내었다. F5~

W3 범위에서 양호한 용접부를 얻을 수 있었다.

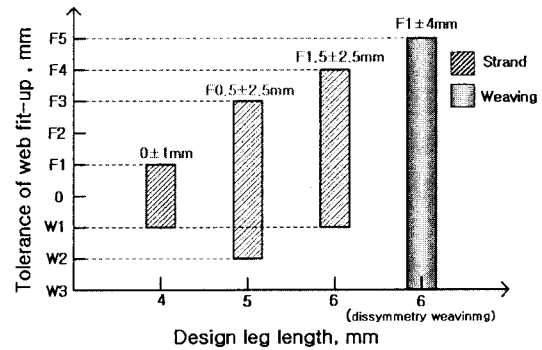


Fig. 8 Relationship between tolerance of fit-up and design leg length

Fig. 8은 설계 각장에 따른 건전한 용접이 가능한 티칭 포인트 범위를 나타낸 것이다. 같은 설계각장 6mm 조건으로 토치 비대칭 위빙시 web 높이 fit-up 허용공차가  $\pm 4\text{mm}$ 로 토치 위빙을 하지 않은 경우보다 1.6배 컸다.

## 4. 결 론

펄트 각장과 토치 위빙이 로봇 용접의 부품 fit-up 허용공차에 미치는 영향에 대한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 설계각장 4, 5, 6mm에서 각각  $\pm 1$ ,  $\pm 2.5$ ,  $\pm 2.5\text{mm}$ 의 web 높이 fit-up 공차가 허용 가능한 것으로 나타났다.
- 2) 토치 위빙을 할 경우 두께가 얇은 web으로의 입열이 과대해져, 위빙을 하지 않았을 때보다 더 좁은 범위의 web 높이 fit-up 허용공차를 가지는 것으로 나타났다.
- 3) 설계각장 6mm 조건으로 토치 비대칭 위빙시 web 높이 fit-up 허용공차가  $\pm 4\text{mm}$ 로 토치 위빙을 하지 않은 경우보다 1.6배 컸다.

## 참 고 문 헌

1. Weld bead characteristics in pulsed GMA welding of Al-Mg alloys, S.Rajasekaran, Welding journal, (Dec. 1999) 397-407
2. Weldability testing of dissimilar combination of 5000- and 6000-series aluminum alloys, M.M.Mossman and J.C.Lippold, Welding journal, (Sep. 2002) 188-194
3. Predicting and reducing liquation-cracking susceptibility based on temperature vs. fraction solid, G.Cao and S.Kou, Welding journal, (Jan. 2006) 9-18