

## FCAW에 의한 필릿 용접부의 각변형에 미치는 용융효율의 영향

### The effect of melting efficiency on angular distortion of fillet weldment by flux cored arc welding

윤승중\*, 황규민\*, 공현상\*\*, 조상명\*\*\*, 김우열\*\*\*

\* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

\*\* (주)동화엔텍 / 생산기술팀

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

#### 1. 서 론

용접 열에 의해 용접부가 팽창하고 냉각에 의해 수축하므로 용접구조물에서는 항상 변형이 발생하게 된다. 이러한 용접변형은 교정 작업의 추가공수를 요구하고, 그로인한 비용 또한 상당한 실정에 있다.

현재까지 용접변형 방지에 관한 연구가 지속적으로 진행되었지만, 변형에 미치는 parameters에 대한 정확한 분석은 아직까지 많은 과제로 남겨져 있다.

본 연구에서는 FCAW에 의한 필릿 용접부의 각변형에 미치는 용융효율을 살펴보기 위해 CTWD, 용접속도, 아크길이를 변화시켰고, 그에 따른 전류, 전압, 걸보기 입열량 및 용접금속단면적의 분석을 통해 용융효율이 각변형에 미치는 영향을 검토하였다.

#### 2. 실험 재료 및 방법

##### 2.1 실험재료

본 실험에서는 폭 50mm × 길이 100mm × 두께 6mm의 Mild Steel을 사용하였고, 용접 와이어는 FCW로 AWS-E71T-1을 사용하였다.

##### 2.2 실험방법

Table 1은 본 실험의 CTWD, 용접속도, 아크 길이에 따른 용접조건을 나타내었고, 시험편을 45°회전시켜서 아래보기 필릿 용접으로 실험을 진행하였으며, 아크 모니터링 시스템(WAM

3000N)으로 계측하였다.

Table 1 Welding condition for experiments

Fixed	Power source	Fronius VR4000
	Welding process	FCAW
	Cross sectional area of deposited metal	18.8mm <sup>2</sup>
	Shield gas flow rate	Ar 80% +CO <sub>2</sub> 20%, 25L/min
Exp, 1	WFR	153mm/sec
	Welding speed	50cpm
	Short circuit ratio	0.01%
	CTWD (mm)	10, 20, 30, 40, 50
Exp, 2	Short circuit ratio	0.01%
	Welding speed (cpm)	20, 35, 50, 65, 80
Exp, 3	WFR	153mm/sec
	Welding speed	50cpm
	Welding voltage (V)	24.5, 25.8, 27.2, 28.4, 29.5

Fig. 1은 용접 시작부, 종료부, 변형량 측정부를 나타낸 것이다.

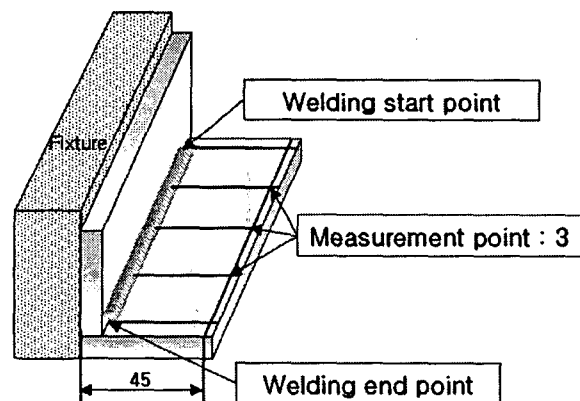


Fig. 1 Schematic of measurement point

용접부 길이는 90mm이며, 용접선과 직각방향으로 45mm점 위치에서 변형량을 3점 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 CTWD가 각변형에 미치는 영향

Fig. 2은 아크길이를 일정하게 하기 위해 단락 시간 비를 0.01%로 맞추었을 때의 파형을 나타낸 것이다.

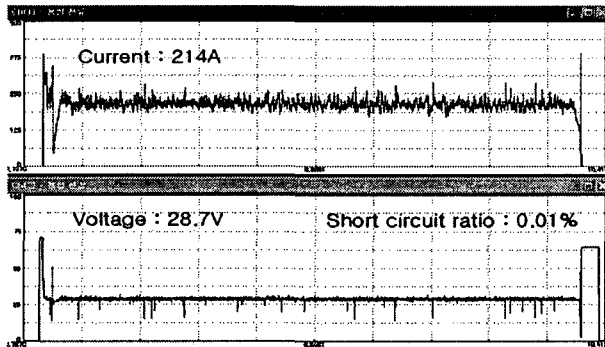


Fig. 2 Waveform of short circuit ratio 0.01%

Fig. 3, 4, 5는 CTWD 변화에 따른 전류, 결보기 입열량, 각변형량, 용융효율을 나타낸 것이다.

용융효율은 아래의 두식을 사용하여 구하였으며, 이때,  $Q_m$ 은 상수이므로 제외시키고, 결보기 입열량과 용접금속단면적을 이용하여 용융효율을 ME의 형태로 나타내었다.

$$Z_m = \frac{Q_m(AW)v}{VI}$$

$$ME = \frac{Z_m}{Q_m} = \frac{AW}{(VI/v)}, \text{ mm}^3 / J$$

$Q_m$  : 용접금속을 녹이는데 필요한 에너지,  $J/mm^3$

$AW$  : 용접금속단면적,  $mm^2$

$VI/v$  : 결보기 입열량,  $J/mm$

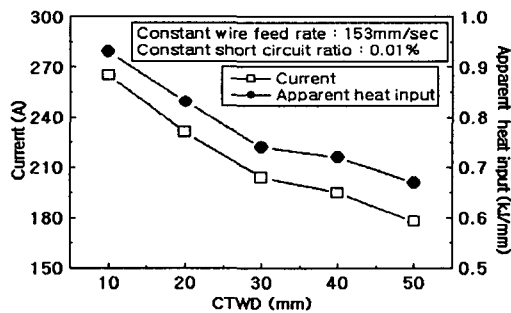


Fig. 3 The effects of CTWD on current and apparent heat input

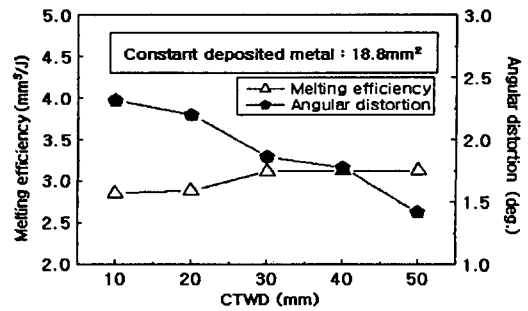


Fig. 4 The effects of CTWD on melting efficiency and angular distortion

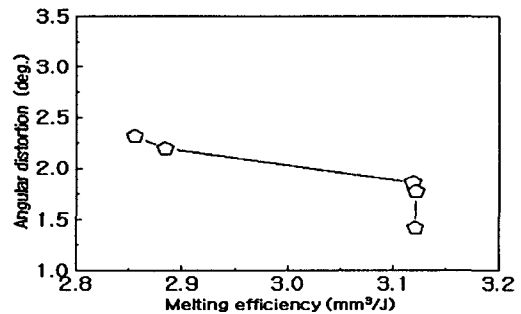


Fig. 5 The effects of melting efficiency on angular distortion

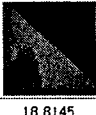
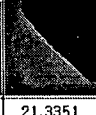
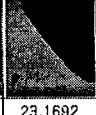
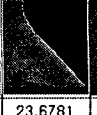
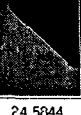
CTWD의 증가에 따라 결보기 입열량의 감소로 각변형량이 감소하였고, 이때 용융효율은 약간의 증가 경향을 보였다.

#### 3.2 용접속도가 각변형에 미치는 영향

Fig. 6, 7, 8은 용접속도 변화에 따른 전류, 결보기 입열량, 각변형량, 용융효율을 나타낸 것이다. 용접속도의 증가에 따라 결보기 입열량이 감소하였고, 그로인해 각변형량이 감소하는 경향을 보였다. 이때 마크로 단면적의 증가와 용접속도의 증가로 용융효율이 크게 증가하는 경향이 나타났다.

Table 2는 용접속도에 따른 마크로 단면적을 나타낸 것이다.

Table 2 Comparison of cross section area by welding speed

Welding speed (cpm)	20	35	50	65	80
Current (A)	100	162	200	247	269
Section area of weld metal (mm <sup>2</sup> )					
	18.8145	21.3351	23.1692	23.6781	24.5844

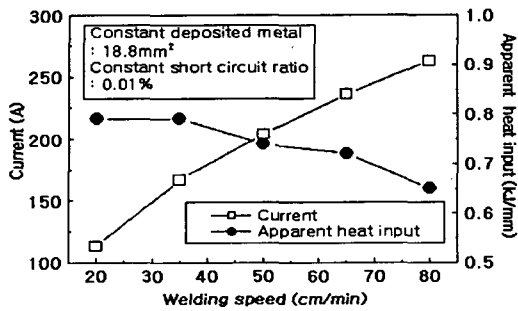


Fig. 6 The effects of welding speed on current and apparent heat input

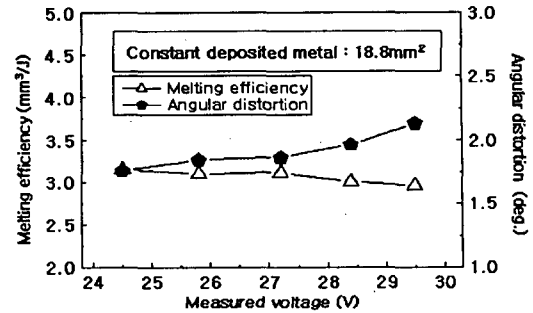


Fig. 10 The effects of arc length on melting efficiency and angular distortion

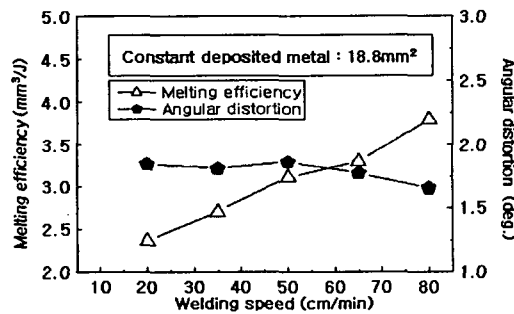


Fig. 7 The effects of welding speed on melting efficiency and angular distortion

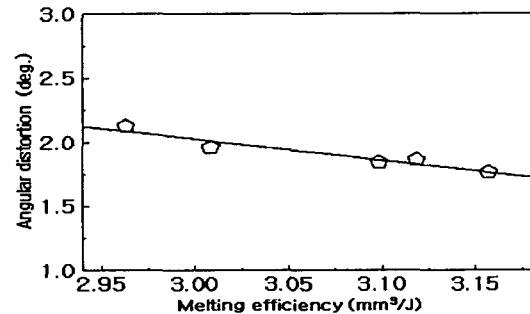


Fig. 11 The effects of melting efficiency on angular distortion

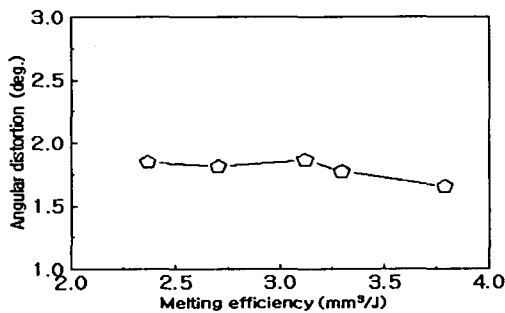


Fig. 8 The effects of melting efficiency on angular distortion

### 3.3. 아크길이가 각변형에 미치는 영향

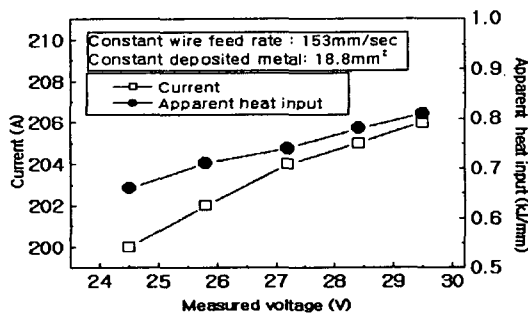


Fig. 9 The effects of arc length on current and apparent heat input

Fig. 9, 10, 11은 아크길이 변화에 따른 전류, 걸보기 입열량, 각변형량, 용융효율을 나타낸 것이다. 아크길이의 증가에 따라 걸보기 입열량이 증가하였고, 그로 인해 각변형량이 증가하는 경향을 보였다. 또한 전압의 증가로 용융효율이 감소하는 경향을 보였다.

### 4. 결론

일정한 용착금속량을 가지도록 공정 설계한 FCAW에 의한 필릿 용접부의 각변형에 미치는 용융효율의 영향을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) CTWD의 증가에 따라 걸보기 입열량은 큰 폭으로 감소하였으며, 용융효율은 약간 증가하였고, 이때 각변형량은 현저히 감소한 걸보기 입열량의 감소로 큰 폭으로 줄어들었다.

2) 용접속도의 증가에 따라 걸보기 입열량은 다소 감소하였지만 용융효율은 큰 폭으로 증가하였고, 각변형량은 약간 감소하였다.

3) 아크길이를 증가시키면 걸보기 입열량은 거의 비례하여 증가하였고, 용융효율은 그와 반대로 감소하였으며 각변형량은 거의 비례하여 증가하였다.

4) 용융효율이 증가하면 각변형량은 감소하는 경향을 보였고, 걸보기 입열량이 증가하면 각변형량은 거의 비례하여 증가하는 경향을 보였다.