

GMAW에 의한 이면 비드 용접에서의 단락 시간비에 관한 검토

A Study on the Short Circuit Time Ratio in Back Bead Welding by GMAW

김병오* · 김상봉** · 이성규*** · 조상명****

* 부경대학교 대학원 메카트로닉스공학과, 부산.

** 부경대학교 기계·자동차공학부, 부산.

*** 한토 엔지니어링, 부산.

**** 부경대학교 생산가공공학부, 부산

1. 서론

아크 용접 공정은 열악한 작업 환경으로 인해 숙련공의 부족은 물론 고임금화 추세에 있으며 이러한 추세로 인하여 생산성 저하뿐만 아니라 지속적이고 안정적인 품질관리가 곤란한 작업 공정중의 하나이므로 보다 합리적인 공정 개발 및 자동화가 시급히 요구된다.

최근 들어 컴퓨터 및 고속으로 데이터를 측정할 수 있는 장비들을 이용한 용접 공정의 자동화 및 무인화의 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. 또한 용접 자동화 공정 개발을 위해 비선형적이고 복잡한 물리적 현상을 동반하는 용접 현상 해석에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 GMAW공정에서 후판재의 맞대기 용접 공정에 비해 상대적으로 용접 조건 변화에 민감하게 반응하는 박판의 I형 맞대기 이음 용접 공정에서 모재의 루트 간격 변화에 따른 이면 비드의 형성 경향과 단락 시간비 및 단락 주파수의 상관 관계를 검토하였다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 모재는 가로, 세로가 각각 150mm×50mm, 판 두께가 3.1mm인 연강 박판재이며 용접 조건은 Table 1에 나타내었다. 용접 이음 형태는 그루브 가공 없이 I형 맞대기 이음으로 하고 루트 간격을 변화시키면서 용접하였다.

모재의 루트 간격의 변화는 먼저 루트 간격이 없는 상태에서 표면 비드의 높이가 2mm 이하이고, 이면 비드의 높이가 1mm이하인 최적의 용접 조건을 실험을 통해 설정하였고 그 다음으로 루트 간격이 넓어짐에 따른 표면 비드의 함몰 및 이면 비드 높이 증가와 용락 현상을 고찰하기 위해 루트 간격을 단계적으로 증가시키면서 용접하였다. 마지막 용접 조건으로는 루트 간격이 없는 조건과 용락이 일어나기 시작하는 루트 간격의 조건에서 이면 비드 형성 과정을 고찰하기 위해 루트 간격을 대소 2단계로 변화시키며 용접하였다.

용접시 데이터의 획득은 전류와 전압을 모니터링(WAM2000N, MONITECH KOREA)하였으며 샘플링 주파수는 15,000Hz로 하였고, 전체 데이터 획득 시간은 20초로 하였다. 단락 시간비와 단락 주파수의 산출은 측정된 전압의 파형을 이용하여 0.1초 동안에 단락된 전체 시간과 단락 횟수로 계산하였다. 이 때 단락 시간이 1ms이하인 것은 순간 단락으로 간주하여 단락 시간과 단락 횟수의 가산에는 제외하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 1은 루트 간격 없이 Table 1의 용접 조건으로 용접을 행할 때 측정된 전압 신호를 13.1초부터 13.2초까지 표시한 그림이다. 단락 주파수를 측정하기 위해서 시간을 일정 구간(예 0.1초)으로 나누어 측정하게 되는데 이 때 나누어진 시간 구간의 시작 부분이나 종료 부분 또는 Fig. 1에서 보이는 것과 같이 양쪽 부분 모두에 단락이 연속적으로 이루어지는 경우 단락 횟수를 측정한다는 것은 상당히 곤란한 문제이며 그 기준 또한 모호하여 정량적으로 해석하기에는 많은 무리가 따른다. 이에 반하여 단락 시간비는 구간의 경계에 단락이 연속될지라도 이에 상관없이 임의의 구간 동안에 단락된 시간만을 고려하여 계산되므로 단락 주파수를 이용하는 경우보다 합리적이고 연속적인 용접 상태의 평가라 할 수 있다.

Fig. 2는 루트 간격 없이 Table 1의 용접 조건으로 20초 동안 용접할 때 측정된 단락 시간비와 단락 주파수를 나타낸다. 이 때 단락 주파수의 측정 결과보다는 단락 시간비의 측정 결과가 상대적으로 선형성을 나타냄을 관찰할 수 있다. 아울러 Table 2에서는 이들의 변동 계수를 나타내고 있는데 변동계수 역시 단락 주파수의 결과보다는 단락 시간비의 결과가 작다. 따라서 단락 시간비의 측정 결과가 이면 비드 용접 공정 현상 해석에 더욱 유효함을 알 수 있으며, 이면 비드 제어 알고리즘 개발에 주요한 변수라 할 수 있겠다.

Fig. 3은 루트 간격이 넓어짐에 따른 표면 비드의 함몰 및 이면 비드 높이 증가와 용락 현상을 고찰하기 위해 총용접 길이 100mm를 다섯 구간으로 나누어 루트 간격을 각각 0.4mm, 0.8mm, 1.2mm, 1.6mm, 2.0mm로 증가시키면서 용접을 행할 때의 단락 시간비의 측정 결과를 나타낸다. 이 때 (a)는 모재의 루트 간격 변화를 나타내고 (b)는 측정된 단락 시간비를 그리고 (c)는 표면 비드와 이면 비드의 높이를 나타낸다. 루트 간격이 0.4mm인 구간에서는 루트 간격이 없는 경우와 거의 동일한 표면 비드와 이면 비드를 형성하지만 단락 시간비는 전체적으로 감소하는 특성을 나타내고 있다. 루트 간격이 0.8mm인 구간부터는 표면 비드의 함몰과 함께 이면 비드가 1mm이상 계속 성장한다. 루트 간격이 1.6mm인 구간에서는 단락 시간비가 0%까지 극단적으로 감소하는 아크 꺼짐 현상을 관찰할 수 있다. 또한 이면 비드의 높이는 3mm이상 과도하게 형성되고 표면 비드는 모재의 표면 이하로 함몰한다. 루트 간격이 2.0mm인 구간에서는 용접이 거의 이루어지지 않고 심한 아크 불안정 현상에 의해 단락 시간비는 매우 심하게 변동하며 용락이 발생한다.

Fig. 4는 루트 간격이 없는 조건과 용락이 일어나기 시작하는 루트 간격의 조건에서의 이면 비드 형성 과정을 동시에 고찰하기 위해 총용접 길이 100mm를 다섯 구간으로 나누어 용락이 일어나기 시작하는 2.0mm 루트 간격을 대소 2단계로 변화시키며 용접할 때의 단락 시간비의 결과를 나타낸다. 이 때 (a)는 모재의 루트 간격 변화를 나타내고 (b)는 측정된 단락 시간비를 그리고 (c)는 표면 비드와 이면 비드의 높이를 나타낸다. 루트 간격이 갑작스럽게 커지면 단락 시간비가 현저하게 감소함으로 용락의 조짐을 예측할 수 있게 된다.

4. 결론

연강 박판의 모재에 대해 I형 맞대기 CO₂용접을 행할 때 모재의 루트 간격 변화에 따른 이면 비드 형성과의 관계를 고찰함에 있어서 단락 주파수에 의한 평가보다는 단락 시간비에 의한 평가 방법이 보다 합리적이라고 하는 결과를 얻었다. 금후, 단락 시간비만으로 이면 비드 형성 과정을 예측할 수 있는 모델링에 관한 연구와 나아가 루트 간격이 비정상 상태에서 능동적으로 대처할 수 있는 제어 시스템에 관한 연구가 요구된다.

Table 1. Welding condition

Welding current (A)	140 A
Arc voltage (V)	21 V
Contact tip to workpiece distance	14mm
Welding speed	5mm/sec
Root gap	0mm
	Pulse type
	Step type
Shield gas	CO ₂ gas
Electrode wire	∅1.2mm Solid wire

Table 2. Result of statistic analysis for arc voltage

	Short circuit time ratio	Short circuit frequency
Average	28.32(%)	101.26(Hz)
Standard Deviation	2.19(%)	13.89(Hz)
Variation Factor	7.73(%)	13.72(%)

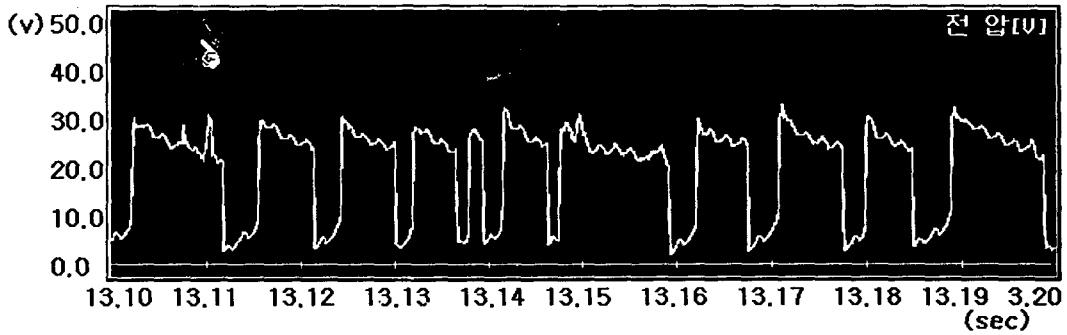
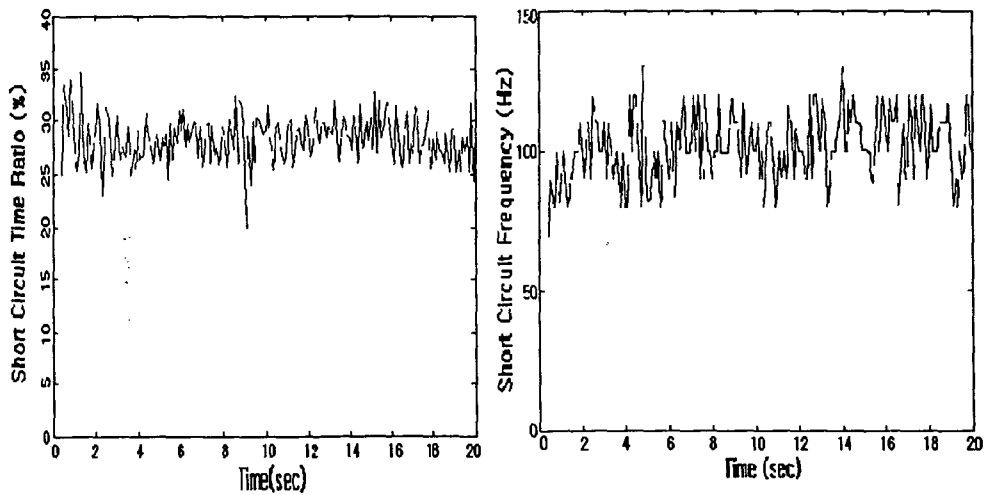


Fig. 1 Short circuit property in arc voltage waveform



(a) Short circuit time ratio

(b) Short circuit frequency

Fig. 2 Short circuit property in normal welding state (Root gap = 0)

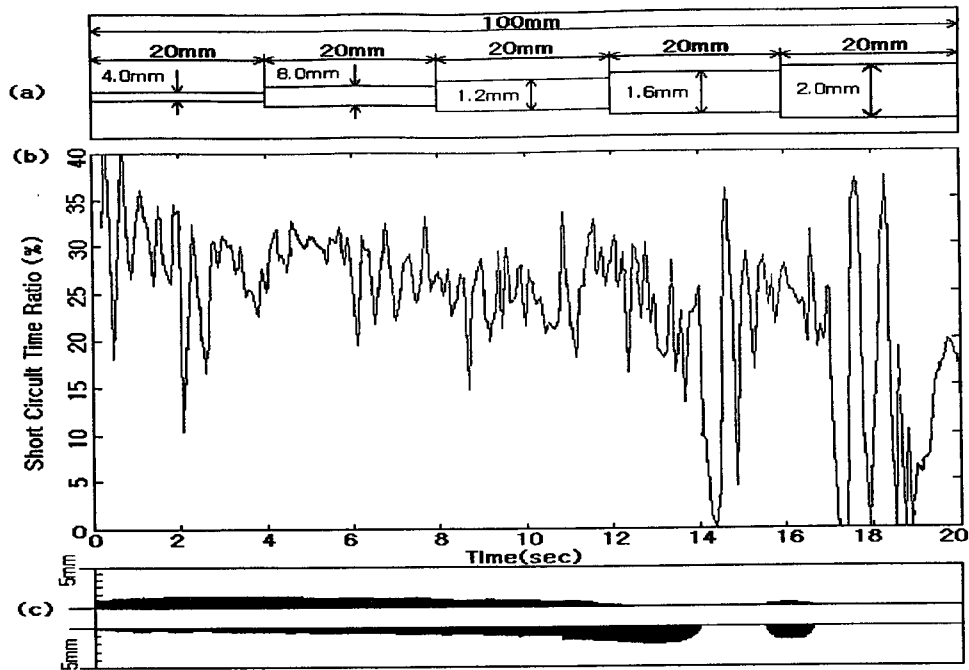


Fig. 3 Variation short circuit time ratio in the specimen with step up root gap

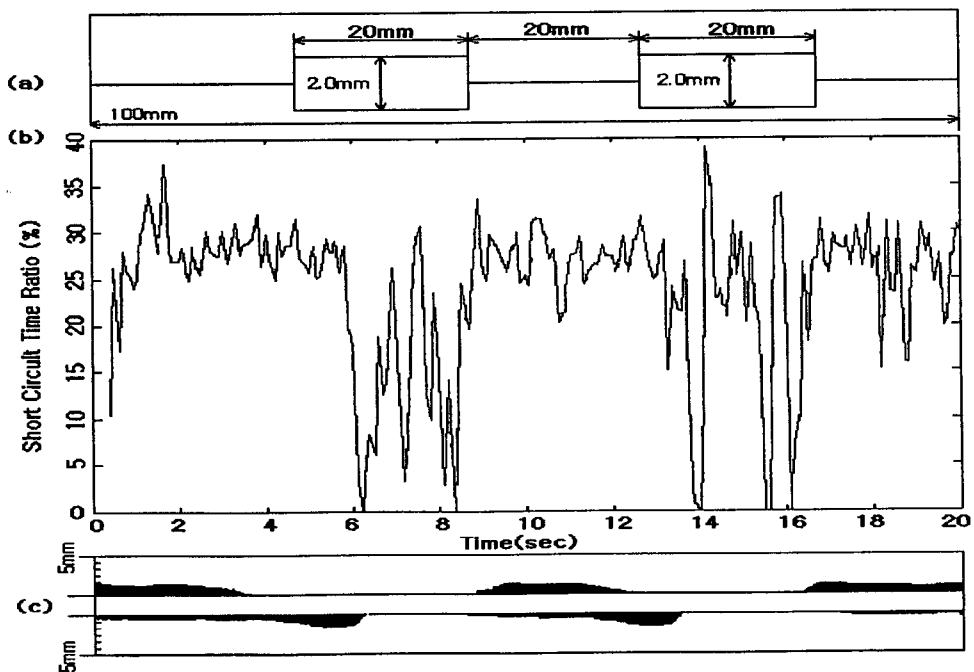


Fig. 4 Variation short circuit time ratio in the specimen with pulse type root gap