

## 레이저-회전 아크 하이브리드 용접에서 아크센서 적용가능성 조사

김철희 · 김준기 · 강남현 · 이창우

## Preliminary Study on Arc Sensor in Laser-Rotating Arc Hybrid Welding

Cheol-Hee Kim, Jun-Ki Kim, Nam-Hyun Kang and Chang-Woo Lee

## 1. 서 론

레이저-아크 하이브리드 용접방법은 레이저와 아크를 동시에 사용하는 용접공정으로 하나의 용접풀을 형성하면서 레이저용접과 아크용접의 시너지 효과를 일으켜 용접의 생산성을 향상시킬 수 있다<sup>1,2)</sup>. 고출력 산업용 레이저의 개발로 인하여 조선산업 등에 사용되는 후판에 대한 레이저-아크 하이브리드 용접기법에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다<sup>3,4)</sup>.

자동용접을 위한 용접선 추적 센서는 접촉식과 비접촉식으로 나누어져 여러가지 형태의 센서가 개발되어 있으나, 그 중 아크센서는 동축모니터링이 가능하며, 저렴한 비용 구현이 가능하여 가장 많이 쓰이는 용접선 추적센서 중의 하나이다<sup>5)</sup>. 그러나 기존의 위빙을 이용한 아크센서는 기구적인 한계로 고속 위빙의 구현이 어려워 레이저-아크 하이브리드 용접과 같이 고속으로 진행되는 용접에서는 균일한 비드 형성 및 응답성 확보가 어렵다.

이를 극복하기 위하여 레이저-아크 하이브리드 용접 공정에서 회전아크의 도입이 검토될 수 있다. 레이저-회전아크 하이브리드 용접공정은 기존의 레이저-아크 하이브리드 용접과 비교하여 불량감소 및 간극대응력 향상효과가 있음을 확인한 바 있다<sup>6)</sup>. GMA단독 용접에 고속 회전 아크를 이용하는 경우에 아크센서 적용시 민감도 (sensitivity) 와 응답성(responsiveness)이 향상되어 아크센서의 성능이 향상되며, 강의 용접뿐 아니라 알루미늄 합금의 용접에서도 적용이 가능하다는 것이 확인되었다<sup>7,8)</sup>.

본 연구에서는 레이저-회전아크 하이브리드 용접에서 용접토치의 중심이 용접선에 벗어난 편차량에 따른 용접전류 신호를 수집하고 편차량에 따른 좌우 면적차를 계산하여 아크센서 적용 가능성을 조사하였다<sup>7)</sup>.

## 2. 실험 방법

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 수직으로 조사되는 CO<sub>2</sub> 레이저와 모재에 기울어져 설치된 GMA 회전장치를 이용하여 레이저-회전아크 하이브리드 용접을 구현하였다<sup>6)</sup>.

모재는 두께 8mm의 조선용 A 그레이드 강재를 이용하였으며, 90도 각도의 V-그루브를 만들어 Table 1과 같은 용접 조건에서 용접을 수행하였다.

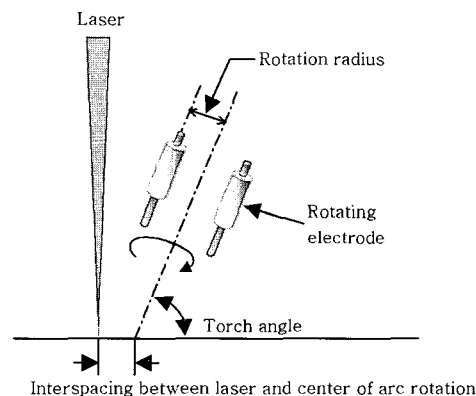


Fig. 1 Schematic diagram of laser-rotating arc hybrid welding process

Table 1 Welding conditions used in experiments

Electrode	1.2mm solid wire
Laser power	8 kW
Shielding gas	He 50%+Ar 38%+CO <sub>2</sub> 12%
Gas flow rate	50 l/min
Wire feed rate	9.9 m/min
Welding voltage	25 V
Travel speed	1.5 m/min
Torch angle	31 deg.
Interspacing distance	6 mm
CTWD	20 mm
Rotation diameter	3 mm
Rotation frequency	8 Hz

### 3. 신호 분석 결과

파형을 분석하기 위하여 먼저 Fig. 2 (a)와 같이 용접진행방향에 대해 아크가 앞/뒤/좌/우에 위치할 때를 Cf/Cr/L/R로 각각 정의하였다. Fig. 2 (b)는 GMA 단독 용접에서 일반적으로 나타나는 용접전류의 파형을

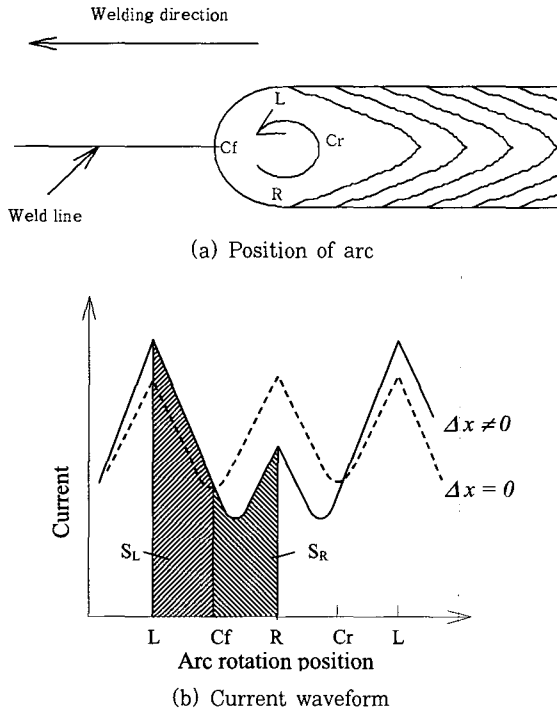


Fig. 2 Typical welding current waveform in rotating arc

보여주는데 용접선과 용접토치의 중심이 일치할 때에는 용융풀의 영향을 무시하는 경우 Fig. 2 (b)의 점선과 같은 형태의 전류 파형을 가진다. 팁-모재간 거리와 전류는 반비례하기 때문에 전류는 Cf와 Cr의 위치에서 가장 작게 나타나고, L과 R의 위치에서 가장 크게 나타나면서 Cf를 기준으로 전류의 파형은 대칭이다.

Fig. 2 (b)에서 실선으로 나타내어진 전류의 모양은 용접토치의 중심이 일치하지 않고 중심이 L쪽으로 편향되었을 때 나타나는 전류 파형의 모양으로 L에서의 전류값이 R에서의 전류값보다 커지므로 Cf를 기준으로 비대칭형상을 가진다.

90도 각도의 V그루브에서 좌우 편차(offset)를 주어 레이저-회전아크용접을 수행하여 측정된 용접 전류는 Fig. 3과 같다. Fig. 3 (b)는 모재의 왼쪽으로 용접토치가 편향되어 있으므로 용접전류는 L의 위치에서만 피크값을 볼 수 있으며 마찬가지로 Fig. 3 (d)는 R의 위치에서만 피크값을 볼 수 있다. Fig. 3 (c)와 같이 용접선의 중심과 용접토치의 중심이 일치하는 경우 용접 전류는 Cf를 기준으로 대칭형상을 가지게 되고 L과 R의 위치에서 각각 피크값을 가지게 된다.

다양한 편차에 대하여 용접전류 파형을 10초간 측정하여 위치에 따른 신호 특성을 분석하였다. Fig. 2 (b)에 나타난 것과 같이 Cf를 기준으로 전류파형의 좌우 면적차를 구하였다. 각 회전에서 구해진 좌우면적차는 5회 이동평균값을 이용하여 소프트웨어 필터링하였으며,

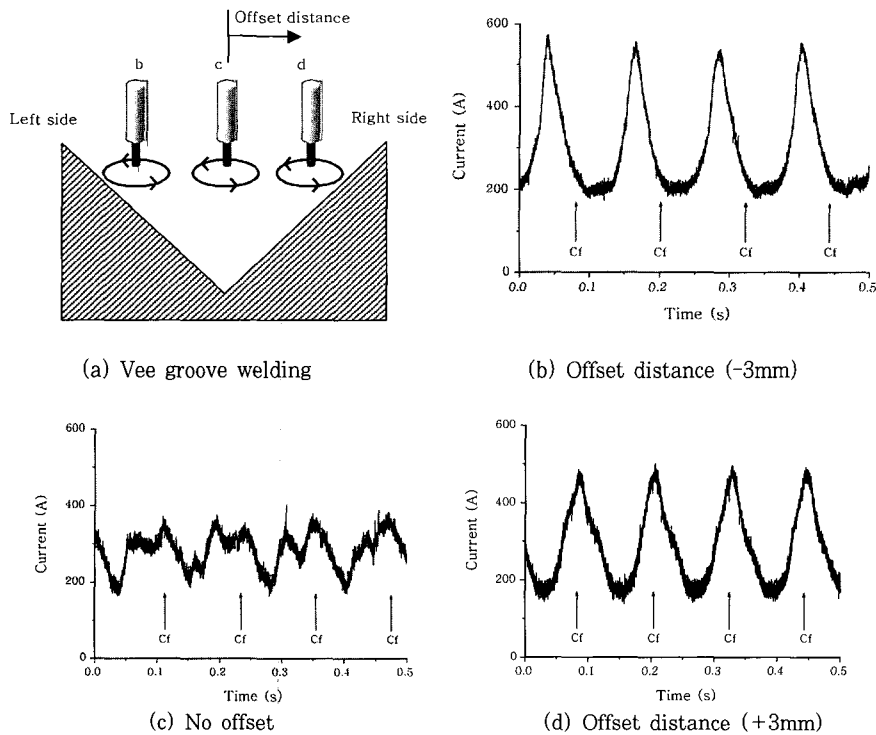


Fig. 3 Welding current signals for various offset distances

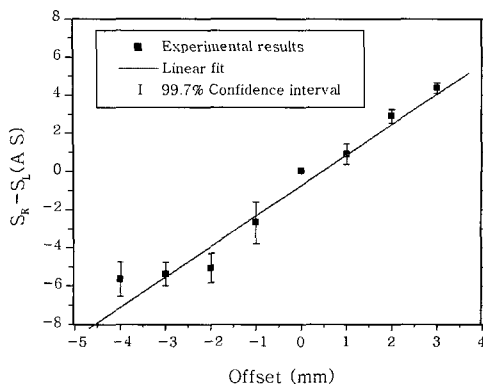


Fig. 4 Correlation between offset distance and area difference

필터링된 값의 평균과 표준편차를 구하여 Fig. 4와 같이 평균과 99.7% 신뢰 구간으로 표시하였다. 편차와 좌우면적차의 선형성이 아주 우수하며, 신뢰구간도 충분히 작기 때문에 용접선 추적 센서로서의 성능이 우수할 것으로 예측가능하다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 1.5m/min 용접속도의 레이저-아크 하이브리드 용접에 회전아크를 적용하였을 때의 용접전류 파형을 분석하여 GMA 단독용접과 마찬가지로 용접선 추적을 위한 전류 파형특성이 아주 우수함을 확인할 수 있었다. 즉, 고속으로 이루어지는 레이저-아크 하이브

리드 용접에 회전아크의 적용시 헤드의 복잡성이 증가함에도 불구하고 비드 특성의 개선과 함께 아크센서를 이용한 용접선 추적이 가능해지는 장점을 가짐을 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

1. W. M. Steen, M. Eboo and J. Clarke: Arc Augmented Laser Welding, Advances in Welding Processes Proceedings, 4<sup>th</sup> International Conference, Harrogate, U. K., 9-11 May 1978
2. N. Abe and H. Hayashi: Trends in Laser Arc Combination Welding Methods, Welding International, 16-2 (2002), 94-98
3. C. Bagger and F. O. Olsen : Review of Laser Hybrid Welding, Journal of Laser Applications, 17-1 (2005), 2-14
4. S. Herbrt: Laser-Hybrid Welding of Ships, Welding Journal, 83-6 (2004), 39-43
5. 김재용, 나석주: 아크센서를 이용한 용접선추적장치, 대한용접학회지, 6-4 (1988), 1-6
6. 채현병, 김철희, 김정환, 강남현, 이세현: 레이저-회전아크 하이브리드 용접공정에서 공정변수에 따른 용접현상, 대한용접학회 용접공정연구위원회 기술세미나, 2005, 85-94
7. 김철희, 나석주: 회전아크를 이용한 수평필릿 용접에 관한 연구, 대한용접학회지, 21-3 (2003), 296-301 (in Korean)
8. C.-H. Kim and S.-J. Na: Development of Rotating GMA Welding System and Its Application to Arc Sensors, Society of Manufacturing Engineers, Technical Paper AD02-277, 2002



- 김철희
- 1973년생
- 한국생산기술연구원, 정밀접합팀
- 용접공정 해석 및 자동화
- e-mail: chkim@kitech.re.kr



- 강남현
- 1970년생
- 한국생산기술연구원, 정밀접합팀
- 레이저용접/클래딩 공정
- e-mail: nhkang@kitech.re.kr



- 김준기
- 1971년생
- 한국생산기술연구원, 정밀접합팀
- 용접재료, 하드페이싱 용접공정
- e-mail: jkim@kitech.re.kr



- 이창우
- 1967년생
- 한국생산기술연구원, 정밀접합팀
- 솔더링, 재료 분석
- e-mail: cwlee@kitech.re.kr