

실험 결과 기반 GMA-CO2 laser 하이브리드 용접부 비드형상 구현에 관한 기초 연구

Study on embodiment of bead geometry based on the experimental results
for GMA-CO2 laser hybrid welding

진형국*, 김재성*, 안대환*, 이보영**

* 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과 대학원

** 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

1. 서 론

GMA-laser 하이브리드 용접은 기존의 용접에 비해 고속, 열변형 감소, 깊은 용입 등의 장점을 기대할 수 있는 효과적인 용접기법으로 1970년대 후반에 소개되어 많은 연구가 진행되고 있다. 최근에는 숙련된 용접인력의 감소, 용접사의 고임금, 용접부의 균일한 품질 유지 등의 문제를 해결하기 위하여 로봇 용접용 공정변수 개발에 관심이 모아지고 있다. 이에 따라 상당부분에서 용접의 자동화가 이루어지고 있으며, 생산성 및 품질에 대한 신뢰성이 향상되었다. 그러나 용접기의 성능이 아무리 우수할 지라도 선정된 용접 조건이 적절하지 않을 경우 용접결함이나 예기치 않은 용접부 형상을 초래할 수 있다. 따라서 선정된 용접방법에 따른 용접부 형상 및 결합을 예측할 수 있는 방법이 자동화의 발달과 동시에 필요하다. 용접부 품질 예측을 위한 연구는 다양한 접근방법으로 시도되고 있으며 크게 분류하면 실험적 방법과 해석적 방법으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 실험 결과를 기반으로 하여 하이브리드 용접부의 비드 형상을 예측하기 위하여 실험을 통하여 비드 형상에 관한 데이터를 확보하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 조선용 강재인 A grade mild steel을 사용하였으며, 레이저는 12kW급 CO2레

이저(Trumpf TLF 12000), GMA용접은 500A inverter type(Fronius TPS 5000)을 사용하였다. 시험편은 8mm 와 12mm의 두께를 사용하였으며 1.5 & 2.0m/min의 속도로 bead-on-plate 용접하였다. 실험 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Experimental conditions

	220A	260A	300A	340A	380A	420A
4kW	speed; 1.5 & 2.0m/min					
8kW						

Table 2. Fixed parameters

Torch angle	31 deg.
CTWD	18 mm
Distance between laser spot and electrode	4 mm
Electrode diameter	1.2 mm
Shielding gas	58% He, 38% Ar, 12% CO2
Shielding gas flow rate	50 l/min

Table 1과 같이 두가지 레이저 출력(4, 8kW)에 대하여 220~420A까지 아크 전류를 40A씩 변화시키며 BOP 용접을 실시한 후, 10% Nital 용액에 부식시킨 후 나타난 형상을 스캔하고 이를 Autocad 프로그램을 이용하여 실제 사이즈에 맞게 비드의 단면을 형상화하였다. 실측된 용접부 단면형상은 유선으로 매끄럽게 연결되지 못하므로 용착면적, 비드폭, 비드높이, 용입깊이 등을

고려하여 좌우대칭의 형상으로 보정하였다. (Fig. 1)

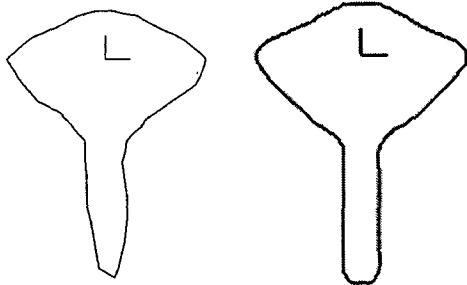


Fig. 1 Measured and Fixed shape

3. 결과 및 고찰

실측된 단면 형상을 좌우대칭으로 보정한 후 실제 scale에 맞게 각 지점들에 대하여 좌표를 추출하였다. (Fig. 2)

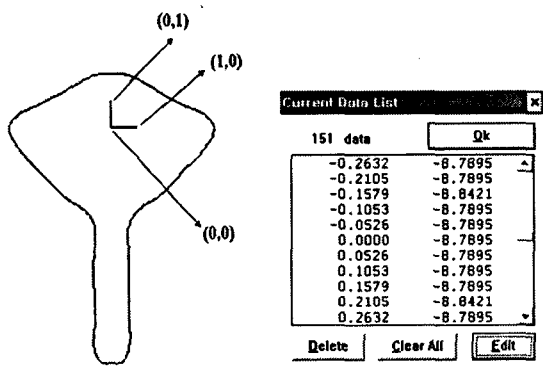


Fig. 2 Measured point in bead geometry

모든 실험 결과에 대하여 비드폭, 비드높이, 용입깊이를 측정하고 결함의 유무를 판단하였다. 이를 바탕으로 용접하고자 하는 판재의 두께와 용접속도(1.5 또는 2.0m/min)를 입력하면 실험결과를 기반으로 권장하는 레이저와 아크의 출력을 제시한 후 원하는 아크의 출력을 선택하면 비드폭, 비드높이, 용입깊이 및 예상되는 비드 단면의 형상을 가시화할 수 있는 시스템을 구성하였다.

두께 5.4mm의 판재에 2.0m/min의 속도로 용접을 하고자 할 경우, 입력창에 두께 5.4와 속도 2.0을 입력하면 레이저출력은 4kW를 권장하고 용접이 가능한 아크의 전류는 380A과 420A를 제시하게 된다. 이 중 덧살의 폭이나 높이가 좀 더 큰 것을 원하는 경우, 사용자는 420A를 선택

할 수 있다. 420A를 선택할 경우의 결과는 Fig. 4와 같다.

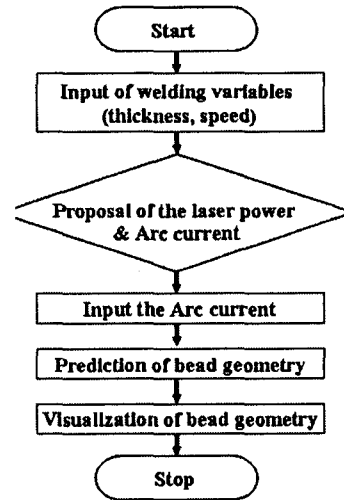


Fig. 3 Structure of the developed system

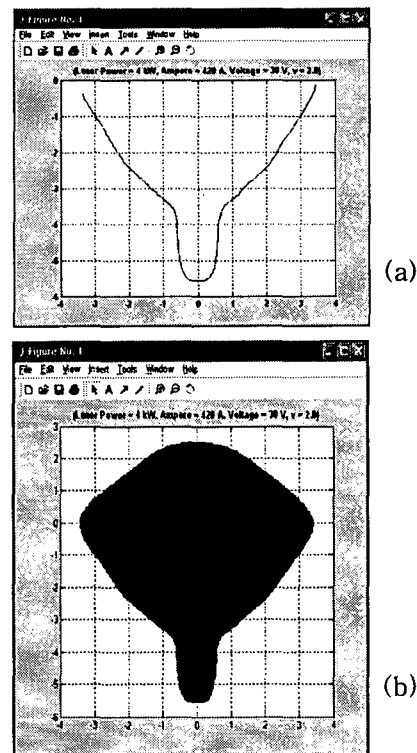


Fig. 4 Result of visualization using the developed system; (a) without reinforcement (b) with reinforcement

Fig. 5의 (a)는 4kW-420A-2.0m/min의 조건으로 용접을 하였을 경우 실제 비드의 단면을 나타내며, (b)는 동일 조건으로 용접하였을 경우에 예상되는 비드폭, 비드높이 및 용입깊이를 나타낸다. (비드폭; 6.848mm, 비드높이; 2.5mm, 용입깊이; 5.559mm)

참고 문헌

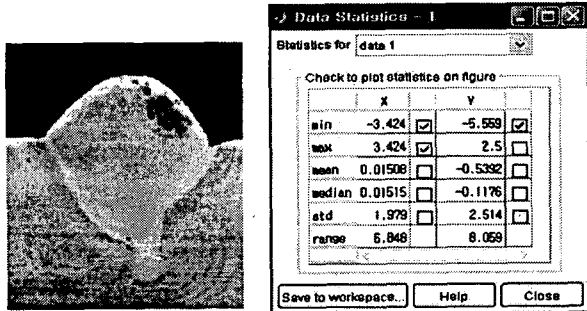


Fig. 5 (a) Macro-photograph of 4kW-420A-2.0m/min (b) result of data statistics

실험 결과를 바탕으로 실측된 비드 단면의 형상을 좌우대칭의 형상으로 보정하였기에 실제 단면(Fig. 5(a))과는 중심축의 위치차이가 발생하지만 이는 의도적으로 수정한 것이고 실험결과를 바탕으로 가시화하였기에 결함은 존재하지 않을 것이라 판단된다. 본 연구를 기초로 보다 다양한 재질과 용접자세에 대한 용접실험과 데이터 획득을 통하여 용접비드 형상 구현에 응용한다면 지금보다 다양하고 안정된 용접결과를 얻을 수 있을 것이라 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 실험 결과를 기반으로 하여 하이브리드 용접부의 비드형상을 구현하는 방법에 대한 기초 연구를 수행하고자 하였으며 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 용접하고자 하는 판재의 두께와 속도를 입력할 경우, 실험결과를 바탕으로 결함이 존재하지 않는 용접조건을 제시하였다.
- 2) system이 제시한 조건으로 용접하는 경우, 예상되는 용접부의 단면형상을 가시화하고, 비드 폭, 비드높이 및 용입깊이를 제시하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부 2010 생산기반혁신 기술 개발사업의 일환으로 수행되었으며 많은 도움을 주신 한국생산기술연구원 관계자 분들께 감사드립니다.

1. M. EL. Rayes, C. Welz and G. Sepold, The influence of various hybrid welding parameters on bead geometry, *Welding Journal*, May. 2004, p.147-153.
2. Z. Cao, Z. Yang and X. L. Chen, Three dimensional simulation of transient GMA weld pool with free surface, June. 2004, p.169-176
3. H.-B. Chae, C.-H. Kim, J. -H. Kim and S. Rhee, The effect of process parameters on the gap bridging capability for CO2 Laser-GMA hybrid welding, *International conference on Application of Lasers & Electro-Optics*, Miami, 2005
4. C.-H. Kim, H.-B. Chae, J. -H. Kim and S. Rhee, Development of CO2 Laser-Arc hybrid welding technology in KITECH, *KWS-JWS Joint Symposium of Young Researchers*, Seoul, 2005
5. Y. Kim, J.-W. Jo, J.-S. Kim, D.-H. Ryu, B.-Y. Lee, A fundamental study on simulation for quality estimation of hybrid weld bead geometry, *Proceedings of the 2004 Autumn Annual Meeting of KWS*, 2004