

로봇 레이저 용접기술 개발

Development of Robot based Laser Welding Technology

강희신*, 서정, 이제훈, 김정오

한국기계연구원 정보장비센터 레이저공정장비팀

Key Words : laser, welding, plasma, robot, quality, defect, seam, gap

1. 서론

자동차 차체 용접에 사용되고 있는 저항 점용접은 자동차 설계 및 생산방식이 점차 개발되면서 저항 점용접기의 기하학적 구조와 용접특성으로 인해 적용범위가 한정적이며, 용접효율이 낮음에 따라 경제적·기술적 한계에 도달하였다. 따라서 자동차의 경량화, 안전도 향상, 생산성 향상을 달성하기 위하여 차체 레이저 용접기술이 자동차업계의 핵심기술로 대두되고 있다. 선진국에서는 기존의 저항 점용접의 차체 조립공정을 레이저 용접으로 대체하여 차체 경량화 및 생산성 향상을 달성하고 있으므로 국내 자동차 업계에서도 고출력 Nd:YAG 레이저와 6축 로봇을 접목한 3차원 대량 용접 생산기술 개발의 필요성이 요구되고 있다^{1,2}. 레이저를 이용한 비선형 TB 레이저 용접 기술과 병행하여 3차원 차체 레이저 용접기술을 확보하여 기존의 저항 점용접의 한계성을 극복하고 그에 따른 핵심기술을 확보함으로써 일부 단순 TB 시작품 제작수준에 있는 레이저 용접기술이 선진국 수준으로 도달할 수 있을 것으로 판단된다. 레이저 및 로봇과의 인터페이싱을 토대로 3차원 레이저 용접 시스템을 구축하고, 용접선 추적기술, 용접품질 평가기술, CAD/CAM 기술에 대해 연구하였다. 시작품 제작용 용접지그를 설계 제작하여 레이저 용접 시스템에 대한 성능시험 및 평가를 실시하였다.

2. 실험 방법

Fig. 1은 본 연구를 통하여 구성된 3차원 레이저 용접시스템이다. 레이저 발전기는 TRUMPF사 4kW급 Nd:YAG(HL 4006D) 시스템이며, 로봇은 ABB사의 IRB 6400R을 활용하였다. 또한, 용접선 추적을 위한 장치는 Servo-Robot사의 SMART-20LS를 사용하였다. 용접선 추적 장치는 시각센서로부터 입력된 데이터로부터 용접헤드를 정밀하고 신속하게 용접선으로 이동시키게 된다. 이 시스템은 먼저 피조사면을 실시간 조사하여 반사된 화상 자료를 피드백하여 데이터 처리 및 제어 공정을 수행하도록 고속 이미지 처리기와 모션 제어기로 구성되었다.

레이저 및 로봇과의 인터페이싱을 토대로 3차원 레이저 용접 시스템을 구축하고, 시작품 제작용 용접지그를 설계 제작하여 레이저 용접 시스템에 대한 기초 성능시험 및 평가를 실시하고자 하였다. 비선형 용접을 위해 Seam Tracker를 설치하여 이에 대한 제어기술을 개발하고자 하였다. 비선형 태일러드 블랭크 및 차체 부품 용접을 위한 3차원 레이저 용접시스템은 레이저와

로봇을 이용하여 구성될 수 있다. 레이저 발진기로부터 나온 레이저 빔은 광파이버를 통해 로봇 암(arm)의 끝단에 부착된 용접헤드까지 전송되므로 로봇의 각 축을 움직임으로서 3차원 용접을 수행하게 된다. Fig. 2는 용접선 추적장치와 캐드캠 인터페이스 기술을 보여주고 있다.

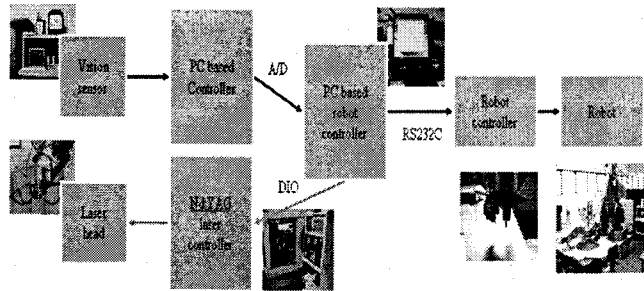


Fig. 1 Robot based laser welding system

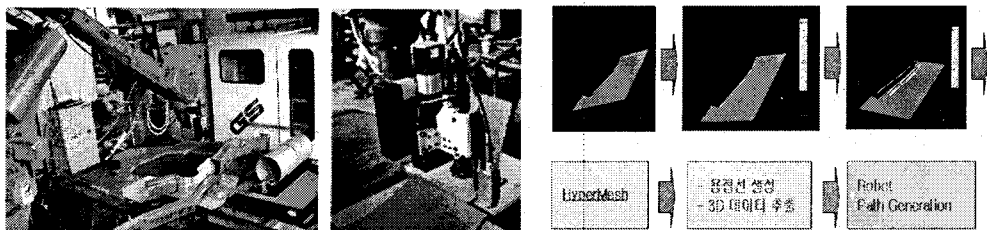


Fig. 2 Seam-tracking and CAD/CAM Interfacing

레이저 용접 공정 중 실시간으로 용접 품질을 확인하려면 용접 품질을 모니터링할 수 있는 시스템을 필요하다. 용접 품질 모니터링 시스템을 이용하여 제품의 품질을 정량적으로 평가하고 자동으로 제품의 양성 여부를 분류하면 작업의 효율을 높일 수 있고 전체 작업 공정의 생산성 향상을 가져올 수 있다. 레이저 용접 품질을 생산 현장에서 모니터링하기 위해 주로 레이저 유도 플라즈마 광 측정³ 음향 신호 측정⁴ 레이저의 반사광 강도 측정과⁵ 플라즈마 전계 강도 측정⁶ 등에 대한 연구가 수행되어 왔다. Fig. 3은 플라즈마 측정장치와 실험장면을 보여주고 있다.

본 연구에서 CO₂ 레이저와 Nd:YAG 레이저의 플라즈마를 측정하기 위하여 독일 JURCA사의 LWM900과 CNK사의 플라즈마 측정기를 사용하였다. CO₂ 레이저 실험 시 시편으로부터 센서까지의 거리는 26mm이며, 용접시편과의 이루는 각은 60°이다. 또한 CO₂ 레이저 출력 3kW, 용접속도 3m/min, 보조가스로 아르곤 가스를 사용한 조건에서 자동차용 고장력 강판의 용접 시 플라즈마 특성을 조사하였다. Nd:YAG 레이저의 경우 파워가 60W, 250W, 4kW를 병행해서 실험했으며 시편은 일반 스테인레스 시편을 사용하였다. CNK 시스템은 플라즈마 감지 센서로 UV용 1종과 IR용 2종을 사용되었다. 센서로부터 얻은 신호를 처리하는 계측기는 마이콤을 이용하여 소형으로 모듈화하였다.

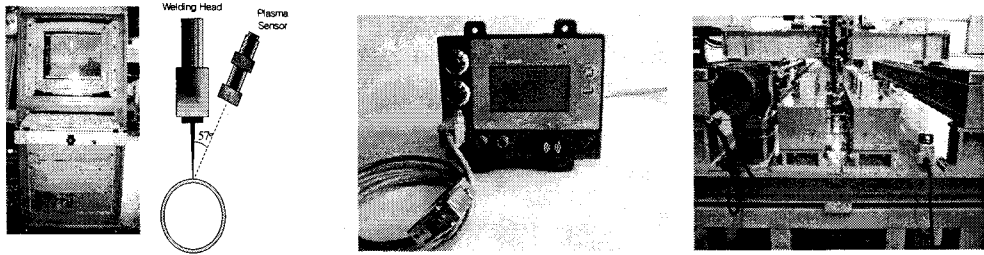


Fig. 3 Plasma detecting system of LWM900 and CNK

3. 실험결과

Fig. 4는 용접선 추적을 위한 장치인 Servo-Robot사의 SMART-20LS를 사용하여 검출한 용접선 정보와 카드캠 인터페이스 실험결과이다. 용접선 추적 장치는 시각센서로부터 입력된 데이터로부터 용접헤드를 정밀하고 신속하게 이동시켜 위치오차를 보정한다. 이 실험에서 100 μ m의 정밀도로 6m/min 용접속도에서 용접선을 잘 추종함을 알 수 있었다.

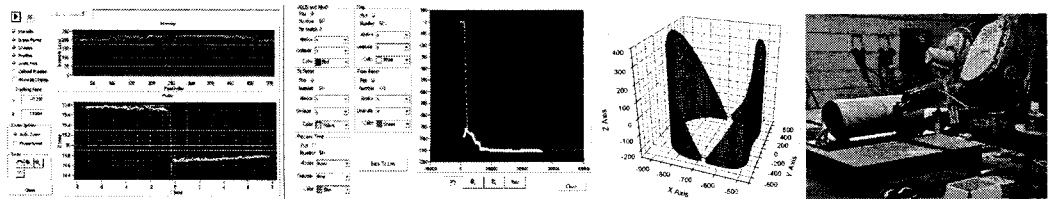


Fig. 4 The results of seam tracking and CAD/CAM Interfacing

Fig. 5는 3차원 레이저 용접 시스템을 이용한 용접시편의 조직사진이다. 그림에서 보는 것과 같이 본 레이저 용접시스템에서 실시한 레이저 용접 결과가 양호하며, 겹쳐진 면의 정도에 따라 용접품질이 좌우되는 것을 알 수 있다. 용접지그의 간극 문제를 해결하기 위해 고출력 레이저와 MIG (또는 TIG)용접을 결합한 하이브리드 용접을 적용함으로써 프레스폼 간의 간극을 극복하려는 노력이 이루어지고 있다.

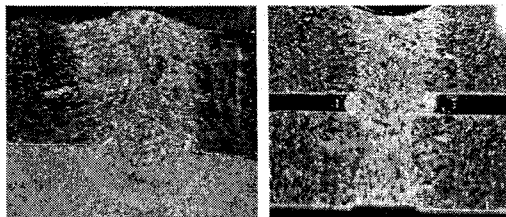


Fig. 5 Cross-section of laser welding parts

Fig. 6은 용접품질을 모니터링하기 위해 실험한 시편과 플라즈마 검출신호를 보여 준다.

신호에 의해 인위적인 결함을 판별할 수 있었다. 레이저 용접 시 플라즈마를 이용한 용접 품질 모니터링을 위해서는 먼저 용접품의 양성을 여부를 판단하기 위해 플라즈마 강도의 초기 기준값을 설정하여야 한다. 용접 중 발생하는 플라즈마 강도가 최대 및 최소값 영역 내에 존재하면 양호한 용접이며 실시간으로 용접자가 모니터 상의 데이터를 확인함으로써 용접품의 양성 여부를 결정할 수 있다.

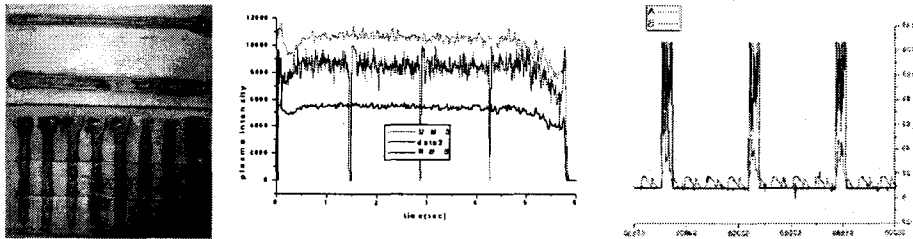


Fig. 6 The results of Plasma intensity detecting

구성된 레이저 용접시스템을 이용하여 프레스 품을 고정할 수 있도록 간단한 시험용 지그를 제작한 후 차체부품에 대하여 레이저용접을 위한 용접선 자동추적 실험을 하였다. Fig. 7은 로봇 레이저 용접 시스템을 이용한 용접 실험 결과물이다.

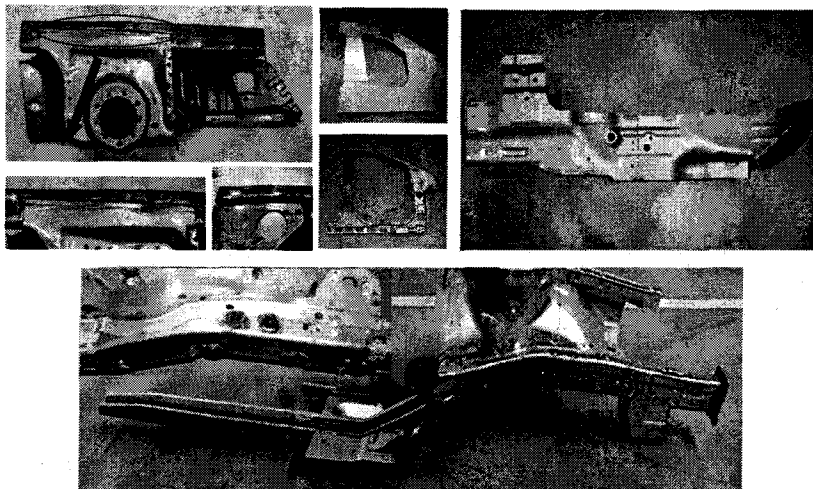


Fig. 7 Laser welding samples

4. 결론

레이저 및 로봇과의 인터페이싱을 토대로 3차원 레이저 용접 시스템을 구축하고, 시작품 제작용 용접지그를 설계 제작하여 레이저 용접 시스템에 대한 성능시험 및 평가를 실시하고 CO₂ 레이저와 Nd:YAG 레이저의 용접 공정 중 용접부의 용접 건전성을 판단할 수 있는 용접 품질 모니터링에 관하여 연구하였다.

- 1) 비선형 용접을 위한 용접선 추적 장치를 설치하고 추적을 위한 제어기술을 개발하였다.
- 2) 금속에 대한 접합연구를 실시하여 용접조인트 및 결함부를 분석하였으며, 비선형 TB용 지그를 설계하여 그 시작품을 제작하였다.
- 3) 차량경량화 및 기존 용접공정을 대체할 수 있는 레이저 용접기술의 기반을 구축하였다.
- 4) 레이저 용접 중 발생하는 플라즈마 신호를 계측하고 신호 처리를 통해 레이저 용접의 품질 판별 기법을 연구하여 레이저 용접 공정 중 실시간으로 용접부의 건전성을 판별할 수 있다는 결론을 얻었다.

후기

본 연구는 산업자원부의 성장동력사업의 지원을 받아 수행되었고 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Graaf M. W. de, Aarts R. G. K. M., Meijer J., Jonker J. B., "Robot-sensor synchronization for real-time seam-tracking in robotic laser welding," Proc. 23rd Int. Cong. On Applications of lasers and Electro-Optics, pp. 1301, 2004.
2. Aubry P., Coste F., Fabbro R., Frechett D., "2D YAG welding on non-linear trajectories with 3D camera seam tracker following for automotive applications," Laser Appls. Auto Industry, Section F-ICALEO, pp. 21, 2000.
3. Beyer, E. , and Abels, P., 1992, "Process Monitoring in Laser Materials Processing, "Laser Advanced Materials Processing(LAMP92)," pp. 433-438.
4. Li, L., Steen, W. M., 1992, "Non-Contact Acoustic Emission Monitoring During Laser Processing," ICALEO '92, Laser Institute of America, pp. 719-728.
5. Ishide, T., 1994, "High Power YAG Laser Welding and Its In-Process Monitoring Using Optical Fibers," Proc. ECLAT, pp. 183-192.
6. Watanabe, M., Okado, H., Inoue, T., Nakamura, S. and Matsunawa, A., 1992, "Features of Various In-Process Monitoring Methods and Their Applications to Laser Welding," ICALEO '95, Laser Institute of America, 80, pp. 719-728.