

화이버 레이저 원격용접 기술개발

김기순* · 정창호* · 김인호** · 장인성* · 이희범*

*현대자동차 생산기술개발팀

**한빛레이저

Development of remote welding system using fiber laser

K. S. Kim*, C. H. Jung*, I. H. Kim**, I. S. Chang* and H. B. Lee*

*Manufacturing Engineering Development Team, Hyundai Motor Company, Korea

**Han Bit Laser, Korea

Abstract

Nowadays, most automotives companies are making use of laser welding in car body assembly shop. But even though laser welding is better than resistance spot welding in many points, its application has been limited to special technology for manufacturing. The paper introduces in the field of remote welding system (RWS) to improve the process efficiency of laser welding. Positioning time of RWS between welding stitches is dramatically reduced to zero. It is a kind of solutions to generalize laser welding in mass production. This RWS consists of fiber laser, industrial robot and 3-axis scanner.

Key words : Remote Welding System (RWS), Fiber Laser, Laser welding

1. 서 론

오늘날 레이저 용접(laser welding)은 자동차 차체공장의 중요한 생산 방식의 하나로 자리잡아 가고 있다. 저항 점 용접(resistance

spot welding)을 대체할 수 있는 혁신적인 생산 방식으로 등장한 레이저 용접은 비접촉 용접이 가능하기 때문에 저항 점 용접으로 접근이 불가능한 차체 구조의 접합이 가능하며, 고속 용접을 통한 생산성 극대화

및 충돌안전성에 대한 상품성을 향상시키기 위한 방법으로 확대 적용 되고 있다.

하지만, 현재 차체 용접을 위하여 적용중인 레이저용접 공법은 용접 작업 시간 중의 실제 용접 시간이 약 41%이며 비용접 시간인 작업준비 및 용접점 사이의 피치이동 시간이 59%를 차지한다. 따라서, 비용접 시간을 최소화 할 수 있어야만 레이저 설비의 가동률을 향상시킬 수 있다.

본 연구에서는 59%를 차지하는 비용접 시간중의 생산라인의 구성과 관련된 작업준비 시간을 제외한 피치 이동 시간을 최소화하여 용접 시간을 최대한 확보함으로써 레이저 설비 가동률을 획기적으로 향상시키고자 한다. 이를 위해, 3축 원격용접 시스템(3-axis remote welding system)을 개발하고, 화이버 레이저(fiber laser) 및 6축 산업용 로봇(6-axis industrial robot)과 통합 시스템을 구성하여 자동차 차체공장 내에서 실용화가 가능하도록 하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 레이저 원격 용접의 원리

Fig. 1에 레이저 원격 용접의 원리도를

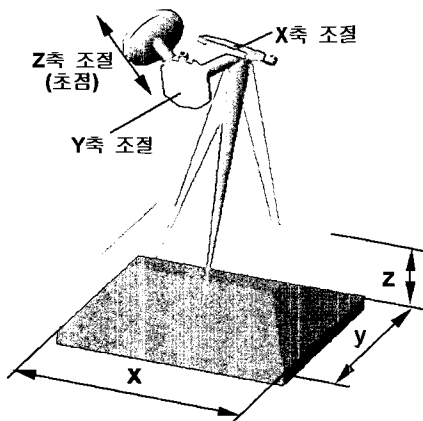


Fig. 1 Principle of remote laser welding system

나타내었다. 원격용접은 입사된 레이저 빔을 고정된 초점광학계를 통해 초점거리만큼 떨어진 지정된 위치에만 레이저 빔을 조사하여 용접을 실시하는 기존의 용접헤드 대신에, 입사된 레이저 빔을 회전운동이 가능한 구동 초점광학계를 통해 원하는 위치로 레이저 빔을 고속 조사할 수 있는 기술이다. 작은 각도의 회전 운동을 큰 거리의 직선 운동으로 변환하기 위해서는 상대적으로 기존 용접헤드에 비해 긴 초점 거리를 가져야 하는 제약 조건이 발생한다. 긴 초점 거리를 가지기 위해서는 레이저 빔의 품질이 좋은 레이저가 필요하다. 원격용접의 경우에는 최소 500mm이상의 긴 초점거리를 가진 고품질의 고출력 레이저가 필요하며, 현재 상용화된 고출력 레이저의 종류 중에서는 화이버 레이저, 디스크 레이저(disk laser), CO₂ 레이저만이 요구 기준을 만족시킬 수 있다.

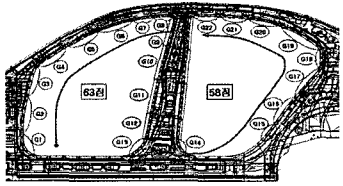
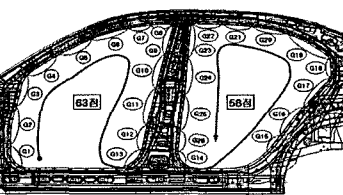
2.2 화이버 레이저 원격용접 시스템

2.2.1 화이버 레이저

지난 20여 년간 광화이버 케이블로 전송 가능한 고출력 레이저는 Nd:YAG 레이저가 시장을 독점해왔다. 하지만, 3%에 불과한 에너지 효율, 비대한 장비 규모, 전기, 용수의 대용량 요구 및 레이저 빔 품질의 한계 등의 문제점을 가지고 있었다. 화이버 레이저의 개발 및 출시는 이러한 많은 문제점들을 해결한 것으로 평가 받고 있다.

2.2.2 원격용접 헤드

원격용접 시스템의 핵심 기술은 헤드를 얼마나 소형화 및 경량화 하여 구성할 수 있는지 여부에 달려 있다. 본 연구는 자동차 차체 공장 내에서 실용화가 가능하도록 신뢰성 및 유연성의 확보에 역점을 두어 헤드를 개발하였다. 3축 구동 광학계, 교시 편의성, 체적 최소화 등에 목표를 두어 설계

구분	용접속도(mm/sec) 별 점당 작업시				작업레이아웃
	30	40	70	80	
비동기	0.875 전체용접 소요시간 =105.9초	0.708	0.493	0.458	
동기	0.766 전체용접 소요시간 =92.7	0.5995	0.374	0.337	

- 용접점수 : 121점
- 용접점간 피치 이동 속도 : 1,500mm/sec
- 레이저 빔 ON 대기시간 : 30msec

Fig. 6 Result of cycle time test on side outer panel

하였으며, 시스템 통합을 위해 공정 제어반

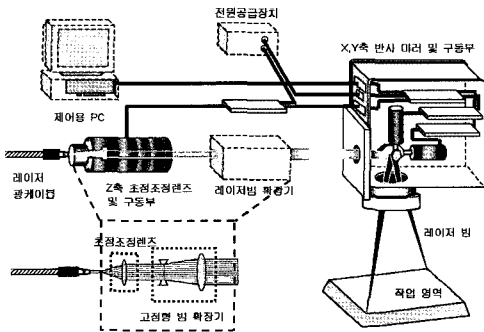


Fig. 2 Schematic of remote welding head

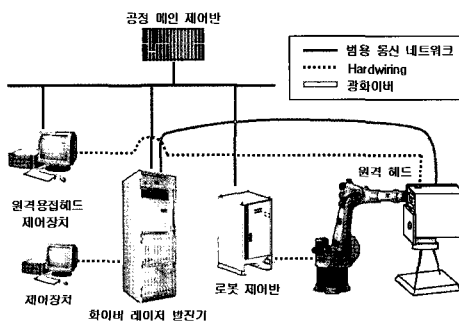


Fig. 3 Schematic of fiber laser remote welding system

및 로컬 제어반과의 범용 통신으로 상호 유연한 정보 전달, 사용자 편의성 등을 고려한 운영화면 구성에 역점을 두었다.

Fig. 2에 원격용접 헤드의 작동 개념도를 나타내었다. 광화이버 케이블을 통해 입사된 레이저 빔은 Z축 초점 렌즈를 구동하여 높이 방향의 조절이 가능하며, 초점이 조정된 빔은 X, Y축 반사 미러(mirror)의 구동

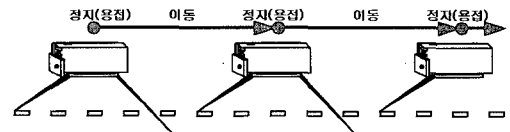


Fig. 4 Schematic of asynchronism control process



Fig. 5 Schematic of synchronization control process

으로 평면 조사 위치를 조절한다. 개발된 헤드의 초점거리는 500mm이며, 작업 영역은 200mm(X)×200mm(Y)×100mm(Z)이다.

2.2.3 시스템 통합

공정 메인 제어반, 화이버 레이저 발전기, 로봇, 원격 헤드 등의 설비를 통합하기 위하여 Device Net 범용 통신을 사용하였으며, 그 구성은 Fig. 3과 같다.

2.3 화이버 레이저 원격용접 적용 결과

2.3.1 비동기 및 동기 제어실험 결과

로봇을 기반으로 하는 레이저 원격용접은 두 가지의 작업 패턴을 구현할 수 있다. 첫 번째 방식은 로봇이 정지된 상태에서 원격 헤드의 구동으로만 용접 하는 비동기 방식(asynchronism control process)이며, 두 번째 방식은 로봇 구동 중에 원격헤드도 동기 구동하여 용접하는 동기 방식(synchronization control process)이다.

Fig. 4와 Fig. 5에 비동기 및 동기 작업 개념도를 나타내었다. 작업 시간을 절감하기 위해서는 동기 방식이 최적의 조건이나 동기 방식은 로봇의 등속 운동 조건을 요구하기 때문에 용접부의 단면 변화가 급격한 영역, 즉 등속 운동이 어려운 영역에서는 신뢰성 있는 용접 품질을 확보하기 힘들다. 따라서, 하나의 작업 프로그램에서 급격한 단면, 코너부 및 좁은 폭에서 2열 이상의 용접이 가능한 부위는 Fig. 4과 같이 비동기로 용접하고 그 밖의 부위는 동기용접 하도록 혼합 패턴을 구현하였다.

2.3.2 점당 용접시간 절감 효과

로봇 이동 최적 속도를 반영한 후 작업시간을 측정한 결과, Fig. 6와 같이 비동기의 경우는 3겹 점당 용접 속도는 0.875초이며, 동기의 경우는 0.766초이다. 이 결과는 기존 저항 점 용접의 점당 용접속도인 2.5초나 기존 레이저용접 점당 용접속도인 1.2초에

비해 크게 향상 되었음을 보여준다.

3. 결 론

자동차 차체 레이저용접 가동률 향상을 목적으로 개발한 화이버 레이저 원격용접 기술을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 기존 레이저용접 공법대비 30%이상의 속도향상을 얻을 수 있었으며, 차체 공장 내에서 저항 점 용접으로 실시중인 증타 용접 공정을 대체할 경우, 용접 공정수 및 용접 로봇의 대수를 대폭 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

(2) 세계최초로 원격헤드 및 설비 통합에 대한 원천 기술을 확보하였으며, 차체 공장의 특성에 맞도록 실용화를 완료하여 양산 적용이 가능토록 하였다.

참고문헌

1. W. M. Steen, "Laser material proceeding", Second Edition, Springer, p.108~144, 1998.
2. A. Ostendorf, "Laser Remote Welding - From Development to Application", EALA 2005, p.195~229, 2005.
3. E. Beyer, L. Morgenthal, "Project of Remote Laser Welding with YAG-scanner", EALA 2005, p.230~244, 2005.
4. K. D. Debschutz, W. Becker, "Remote Laser Welding of Robot", EALA 2005, p.258~272, 2005.
5. P. Ripple "Remote Welding of Robot PFO", EALA 2005, p.281~309, 2005.
6. L. Rauschdorf, M. Lingner, "Remote Welding in the industrial manufacturing", EALA 2005, p.310~330, 2005.