

# 화이버 레이저 원격용접 기술개발

## Development of remote welding system using fiber laser

현대자동차 생산기술개발팀 이희범, 장인성, 정창호, 김기순  
한빛레이저 김인호

### I. 서론

오늘날 레이저용접은 자동차 차체공장의 중요한 생산방식의 하나로 자리잡아 가고 있다. 저항 점 용접을 대체할 수 있는 혁신적인 생산 방식으로 등장한 레이저용접은 비접촉 용접이 가능하기 때문에 저항 점 용접으로 접근이 불가능한 차체 구조의 접합, 고속 용접을 통한 생산성 극대화 및 충돌안전성에 대한 상품성을 향상시키기 위한 방법으로 레이저용접이 확대 적용되고 있다.

하지만, 현재 적용중인 레이저용접 공법은 전체 작업 시간중의 용접구간에 소요되는 용접시간에 대비 비용접 구간인 피치 이동 시간이 차지하는 비중이 크기 때문에 이동 시간을 최소화할 수 있어야만 레이저 설비의 가동률을 향상시킬 수 있다

차체 레이저 용접 작업 시간 중의 실제 용접은 약 41%이며 비용접시간인 작업준비 및 용접점 사이의 피치이동 시간이 59%를 차지한다 본 연구는 59%를 차지하는 비용접 시간중의 생산라인의 구성과 관련된 작업 준비 시간을 제외한 피치 이동 시간을 최소화하여 용접 시간을 최대한 확보함으로써 레이저 설비 가동률을 획기적으로 향상 시키고자 한다

### II. 본론

#### 1. 레이저 원격용접의 원리

Fig 1에 레이저 원격용접의 원리도를 나타내었다  
원격용접은 입사된 레이저빔을 고정된 초점광학계를 통해 초점거리 만큼 떨어진 지정된 위치에만 레이저 빔을 조사하여 용접을 실시하는 기존의 용접헤드 대신에, 입사된 레이저 빔을 회전운동이 가능한 구동 초점광학계를 통해 원하는 위치로 레이저빔을 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 레이저빔의 품질이 좋은 레이저가 필요하다 원격용접의 경우에는 최소 500mm이상의 긴 초점거리를 가진 고품질의 고효율 레이저가 필요하며, 현재 상용화된 고효율 레이저의 종류 중에서는 화이버 레이저, 디스크 레이저, CO<sub>2</sub> 레이저만이 요구 기준을 만족시킬 수 있다

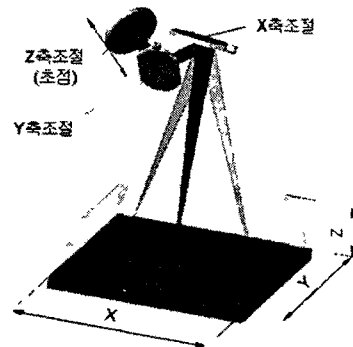


Fig 1 레이저 원격용접 원리도

## 2. 화이버 레이저 원격용접 시스템

### 2.1 화이버 레이저

지난 20 여 년간 광화이버 케이블로 전송 가능한 고풍력 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 Nd YAG 레이저의 많은 문제점들을 해결한 것으로 평가 받고 있다

### 2.2 원격용접 헤드

원격용접 시스템의 핵심 기술은 얼마나 콤팩트한 헤드를 구성할 수 있는지 여부에 달려 있다 본 연구는 자동차 차체 공장 내에서 실용화가 가능하도록 신뢰성 및 유연성의 확보에 역점을 두어 헤드를 개발하였다 3 축 구동 광학계, 티칭 편이성, 체적 최소화 등에 목표를 두어 설계하였으며, 시스템통합을 위해 공정 제어반 및 로컬 제어반과의 범용 통신으로 상호 유연한 정보 전달, 사용자 편이성 등을 고려한 운영화면 구성에 역점을 두었다.

Fig 2 의 5 번의 레이저 광케이블을 통해 입사된 레이저 빔은 Z축 초점 렌즈를 구동하여 높이 방향의 조절이 가능하며, 초점이 조정된 빔은 2번의 X,Y축 반사 미러의 구동으로 평면 조사 위치를 조절한다. 개발된 헤드의 초점거리는 500mm 이며, 작업 영역은 200X 200X100 이다

### 2.3 시스템 통합

공정 메인 제어반, 화이버 레이저 발전기, 로봇, 원격헤드 등의 설비를 통합하기 위하여 DeviceNet 범용 통신을 사용하였으며, 그 구성은 Fig 3 과 같다.

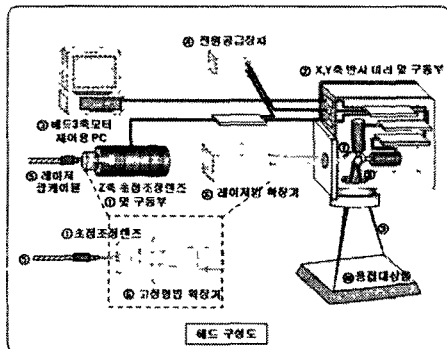


Fig 2 원격헤드 작동 개념도

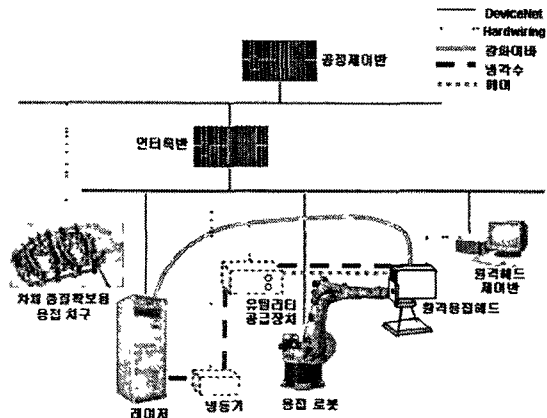


Fig 3 시스템 통합 구성도

## 3. 화이버 레이저 원격용접 적용 결과

### 3.1 비동기 및 동기 제어실험 결과

로봇을 기반으로 하는 레이저 원격용접은 두 가지의 작업 패턴을 구현할 수 있다 첫 번째 방식은 로봇의 정지 상태에서 원격헤드의 구동으로만 비동기 용접 하는 것이며, 두 번째 방식은 로봇 구동중에 원격헤드도 동시 구동하여 동기 용접하는 것이다.

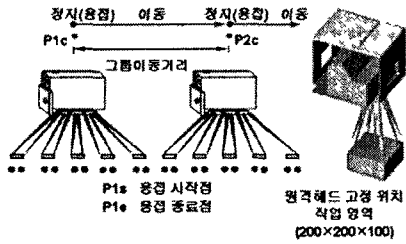


Fig 4 비동기 작업 개념도

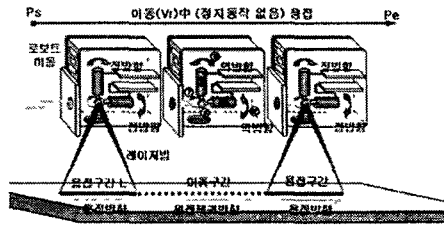


Fig 5 동기 작업 개념도

Fig 4 와 Fig 5 에 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 2 열 이상의 용접이 가능한 부위는 Fig.4 과 같이 비동기로 용접하고 그밖의 부위는 동기로 용접하도록 혼합 패턴을 구현하였다.

### 3.2 점당 용접시간 절감 효과

로봇 이동 최적 속도를 반영한 후 작업시간을 측정한 결과, Fig 6 와 같이 비동기의 경우는 3 겹 점당 용접 속도는 0.875초 이며, 동기의 경우는 0.766초이다. 이 결과는 기존 저항 점용접의 점당 용접속도인 2.5초나 기존 레이저용접 점당 용접속도인 1.2초에 비해 크게 향상되었음을 보여준다. Fig 7 은 사이드 판넬에 적용한 결과이다

용접점대수	용접속도(mm/min)별 허용 작업시간			작업 전/후 [정지동작 여부] [용접 패턴]	
	30	40	70		
1 (비동기)	0.875 전체용접 소요시간 =105.9초	0.706	0.493	0.458	
2 (비동기)	0.779 전체용접 소요시간 =88.2초	0.562	0.348	0.315	
1 (동기)	0.766 전체용접 소요시간 =82.7초	0.595	0.374	0.337	

Fig 6 작업 방식별 소요시간 분석결과

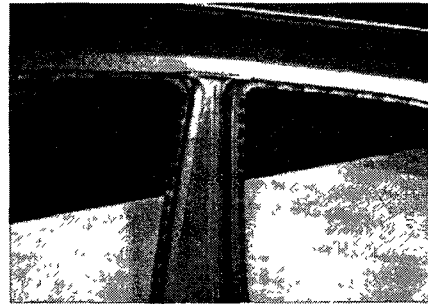


Fig 7 사이드 판넬 적용 결과

### III. 결론

자동차 차체 레이저용접 가동을 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 중타 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.

#### IV 참고 문헌

- 1 W M Steen, "Laser material proceeding ", Second Edition, Springer, 1998, p 108~144
- 2 Madhav S Phadke, "Quality engineering using robust design", Prentice Hall, 1989, p 97~132
- 3 A Ostendorf, "Laser Remote Welding - From Development to Application", EALA 2005, p 195~229, 2005
- 4 E Beyer, L Morgenthal, "Project of Remote Laser Welding with YAG-scanner", EALA 2005, p 230~244, 2005
- 5 K D Debschutz, W Becker, "Remote Laser Welding of Robot", EALA 2005, p 258~272, 2005
- 6 P Ripple " Remote Welding of Robot PFO", EALA 2005, p 281~309, 2005.
- 7 L Rauschdorf, M Ingner, "Remote Welding in the industrial manufacturing", EALA 2005, p 310~330, 2005