

Flying Optic형 CO₂레이저 가공기 개발

(Development of CO₂ Laser Cutting Machine with Flying Optics Type)

글/(주) 한광 기술연구소 신홍철, 이경한, 이순택, 이차열

서론

가공물 표면에서의 에너지밀도와 어시스트가스의 작용에 의해 각종 가공이 이뤄지는 레이저 가공은 일반적인 금속의 절단, 천공, 용접, 열처리는 물론이고 세라믹, 유리와 같은 고경취성 재료 등의 가공이 용이하다. 또한 비접촉 가공이 갖고 있는 다양한 장점들을 갖고 있어 그 가공영역이 확산되고 있는 것이 현실이다. 최근에는 생산제품의 다양화·다변화에 따라 레이저 가공기의 성능향상에 대한 요구는 해를 거듭할수록 더해가고 있으며, 그에 따른 NC산업의 발전은 고속화·고정도화·다기능화로 급격한 변화를 거듭하고 있다.

이러한 다양한 요구에 부응하기 위하여 당사에서는 고속, 고정도의 Flying Optics형 고출력 CO₂레이저 가공기를 개발하였기에 그 특징 및 성능에 대해서 논하겠다.

본론

1. Laser System 구성

본 Flying Optics형 레이저 가공기의 기계부 구성은 그림 1에 나타난 것과 같이, X축/Y축의 구동은 Rack & Pinion을 채용하여 90m/min

를 구현하였으며, 상대적으로 높은 속도를 요구하지 않는 Z축은 Ball screw를 채용, 20m/min을 실현시켰다. 제어부는 (주)Fanuc의 레이저 전용 최신 기종인 Fanuc160i-LA를 사용함으로써 각종 고급 제어알고리즘을 적용하여 최적의 운동제어를 구현시켰으며, 레이저발진기는 Fanuc의 RF타입의 고출력 레이저를 탑재, 고품질의 빔으로 가공을 할 수 있는 시스템 구성을 하였다.

가공소재를 반출입하는 Shuttle Table 교환 속도는 30m/min의 고속성을 실현시켰으며, Up-down System은 Cylinder방식으로 설계하여 안정화 및 신뢰성을 추구하였다.

표 1에서는 레이저 가공기의 일반적인 사양을 정리한 것이다.

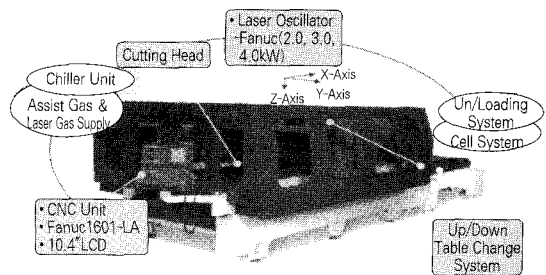


그림 1. 레이저 가공기 시스템의 구성

〈표1〉 레이저 가공기의 사양

Max. Work Piece Size	3048 * 1524(mm)
Rapid Feed Rate (X/Y/Z(m/min))	90/90/20
Max. Stroke (X/Y/Z(mm))	3000/1500/150
Positioning	±0.02/500
Repeatability	±0.01/500
Roundness	50μm/φ 10
Weight	5,500kg

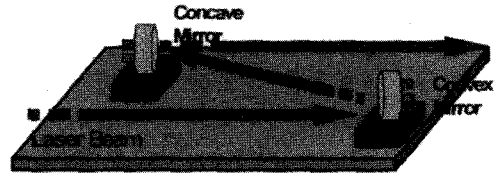


그림 2. Collimator System의 구성

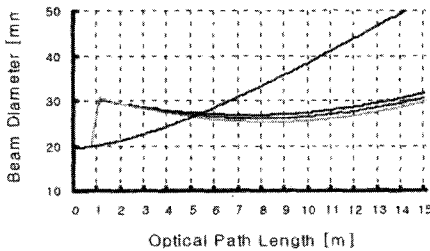


그림 3. 시뮬레이션 결과

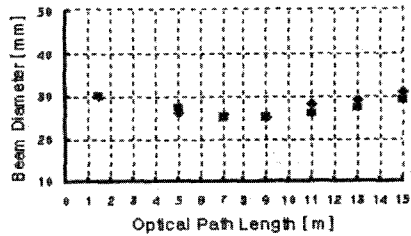


그림 4. 레이저 빔 직경 측정결과

2. Collimator 개발

레이저 가공에 있어서 고품질의 가공을 얻기 위한 방법 중에 하나로, 전 가공영역 내에서의 빔직경을 일정하게 유지시켜 주어야만 한다. 즉 가공헤드부의 집광렌즈와 레이저발전기의 Output Mirror사이의 거리가 멀어질수록 레이저의 빔 직경은 확대되어 가공품질에 악영향을 주게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 연구에서는 레이저 가공기의 전 가공영역에서 일정한 빔 직경을 유지해줄 수 있는 장치를 개발하여 가공품질 향상을 도모하였다.

개발한 Collimator는 각종 고출력의 레이저에 사용이 가능할 수 있도록 미러의 거리와 높이, 각도조절이 용이하게 설계하였다.

장치의 구성은 그림 2에 나타난 것과 같이 간단한 구조로 설계하여 손쉽게 제작, 조립할 수 있게 하였으며, 미러의 냉각은 수냉식을 채용하였다. 우선 각 미러 등의 광학적 특성을 고려한 시뮬레이션을(그림 3) 통하여 사양을 확정하

였다. 시뮬레이션을 근거로 개발한 장치의 레이저 빔 직경을 측정된 결과, 그림 4에서와 같이, 시뮬레이션 한 결과와 동일함을 확인, 시뮬레이션의 가능성을 확인하였다. 실질적으로 실 가공에서 사용하는 빔 거리구간인 4.5-9.5(m)에서 약φ 29mm이하로 1.5"의 렌즈에 충분히 이용 가능하며, 양질의 빔을 가공에 직접이용 가능하다는 것을 알 수 있다.

3. 비절삭 시간 저감을 위한 모션제어

부품가공의 생산성을 높이기 위해서는 1)가공 프로그램 작성시간 단축 2)가공 준비 및 가공완료시에 소요되는 시간 단축 3)가공에 소요되는 시간을 단축시켜야 한다. 여기서 레이저가공기의 성능과 직결되는 실 가공에 소요되는 가공시간의 대부분은 축 이송시간이 차지하고 있어, 이를 단축시키기 위한 가공기의 고속화는 이송축의 경량화·고강성화를 꾀하고 있으며, CNC 장치의 고속, 고정도 제어 기능을 최대로 적용하고 있는

추세이다.

가공시간에 영향을 주는 요인을 다시 살펴보면, 크게 절단 시간, 절단준비 시간, 급이송 시간 등으로 구분할 수 있다. 우선 절단 시간을 줄이기 위해서는 절단이송속도를 높여야 하나 축이송시 추종오차의 증대를 수반함으로써 형상오차를 크게 하는 단점이 있고 아울러 레이저 발전기의 성능이 동반되어야 하는 제약이 있다. 절단 준비 시간에는 Piercing, Gap Sensing On/Off, GAS On/Off 등의 기능을 수행함으로써 Sensing 감도 및 On/Off Actuator의 지연시간에 따라 그 소요 시간이 결정된다. 한편 급이송 시간은 기계 허용 가속도 범위 내에서 사양상 정해진 최대속도로 이송하게 되므로 기존 CNC의 기능으로는 가공시간을 단축시키는데 한계가 있었다. 하지만 기존 CNC에서 제공하는 G00 지령을 사용한 급이송 경로 대신 자사 독자의 기능을 개발하여 경로의 최적화를 이룸으로써 생산성을 높일 수 있었다.

기존 CNC에서 제공하는 G00 지령을 사용하여 수행하는 일반적인 비절단이송(급이송)의 경로는 그림5와 같다. 그림에서와 같이 급이송으로 레이저 헤드가 부착된 Z축을 안전 위치로 상승시킨다음 목표점의 수직선상에 X,Y축을 동시 이송시킨 후 Z축을 하강시킨다. 여기서 시작점에서 목표점으로 직접 이송시키지 않는 것은 급이송시 Z축의 높이를 어느 정도 유지하지 않으면 가공품과 헤드와의 접촉에 의한 기계 파손 및 알람이 발생될 가능성이 있기 때문이다.

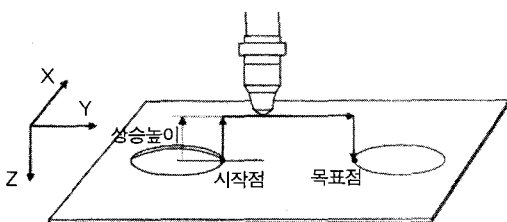


그림 5. 기존 비절단이송 경로

본 시스템의 경우 Fanuc CNC에서 지원하는 Macro 프로그램을 활용하여 상기 이송경로를 그림 6과 같이 단축시켰다. 헤드를 Z축의 안전 위치까지 상승시킬 경우 Z축의 이송뿐만 아니라 X, Y축의 이송도 동시에 수행시킴으로써 전체 경로의 단축을 실현하였다. 이때 가공품과 헤드와의 접촉을 피하기 위하여 사선 대신 원호에 근사한 궤적을 그리도록 알고리즘을 구현하였다. 그림에서와 같이 이송거리가 긴 경우 시작 원호 궤적의 끝점(a)과 종료 원호 궤적의 시작점(b)을 구하고 a-b 구간은 직선 이송하도록 하였으며 이송거리가 짧은 경우에는 직선 이송구간이 없도록 중간 점을 계산하여 이송 궤적을 이루도록 하였다.

단축된 가공시간을 확인하기 위해 그림 7과 같은 Sample가공 형상을 가공하여 그 소요시간의 차이점을 비교·분석하였다. 가공조건으로 철판두께 1mm, 절단이송속도는 7,000mm/min, 급이송속도는 80,000mm/min으로 가공을 수행하였으며 원장의 크리는 3048 * 1524(mm)이다. 표 2에 나타난 것과 같이 각 항목별 소요시간을 비교한 결과, 총 급이송시간의 약 28%이상의 가공시간 단축을 확인할 수 있었다.

4. Laser Cutting Database System 구축

본 시스템은 Custom Macro기능을 이용하여 레이저 가공시 필요한 Cutting Database를 확장 구축함으로써 사용자들이 소재별로 입력된 가공 조건들을 손쉽게 사용할 수 있도록 하였으며, 특히 사용자의 가공 Know-how를 반영하여 특

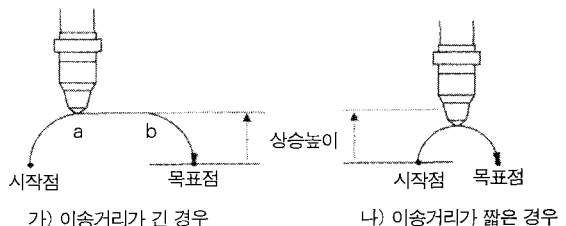


그림 6. 개발된 비절단이송 경로

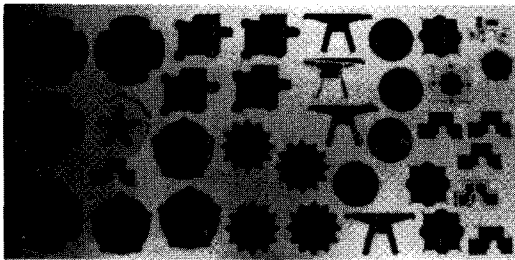


그림7. Sample 가공 형상

화된 기능을 추가로 구축하여 조작 용이성 및 데이터 관리의 효율성을 확보하였다.

개발된 Cutting Database System은 총 8종의 화면으로 구성되어 있으며 'MATERIAL LIST'를 메인 화면으로 하여 Material Edit 영역, 절단조건 화면('CUT', 'PIERCE', 'EDGE'), Z축 이송에 관련된 데이터 설정용 'SUB PARAMETER' 영역, Center Punch Mark용 데이터 설정영역으로 구분된다. 특히 'SUB PARAMETER' 영역 설정된 파라메타에 의해 전절에서 서술한 자동운전 중 급이송시의 Z축의 높이가 결정된다.

그림8은 Cutting Database의 호출 구조를 나타낸다. 총 60종까지 저장할 수 있는 소재 목록에서 선택할 소재를 가공 프로그램상에서 주석문으로 호출한 후



그림 8. Cutting Database 기본 구성

석문으로 호출한 후 절단 조건 지정용 E코드로 해당 조건을 선택하게 된다.

5. 기계성능 분석

레이저 가공기의 성능분석을 위해 가공기의 정·동적 성능분석이 가능한 DBB측정을 하였다. 측정은 이송 속도 1,000mm/min의 속도로 시계·반시계 방향으로 각각 회전시켜 데이터를 기록하였다. 측정결과 그림9에 나타낸 것과 같이, 진원도가 약 22 μ m의 결과를 얻었으며, ϕ 10dml 구멍 가공에서도 동일한 결과를 얻어, 기

〈표2〉가공 시간 비교

구분	기준방법	개발방법	단축률(%)	
총가공시간(초)	646.10	637.80	1.3	
항목별	총 급이송시간	29.40	21.10	28.2
소요시간	총 Piercing 시간	144.70	144.70	-
(초)	총 절단시간	472.00	472.00	-

계성능사양 상으로 제시하는 50 μ m보다 더 높은 기계성능을 발휘하는 만족한 결과를 얻었다.

결론

Flying Optics형 레이저 가공기 개발함에 있어 얻어진 결과를 정리하면 아래와 같다.

- 1) 최고속도 X축, Y축 공회 90m/min의 고속성을 구현함과 동시에 DBB측정결과 22 μ m의 고속, 고정도의 레이저 가공기 시스템 개발을 하였다.
- 2) 가공품질 향상을 도모하기 위한 Collimator를 개발에 성공하였다.
- 3) 실가공시간을 단축하기 위한 이송 경로의 최적화 시스템을 개발, 약28%이상의 생산성 향상을 도모하였으며, Cutting Database를 구축하여 풍부한 가공조건을 사용할 수 있는 시스템 구축을 하였다.

—본 개발은 산업기반기술개발사업 중기거점과제(공고번호:990-01-04)의 지원으로 연구·개발하여 얻어진 성과이다.—

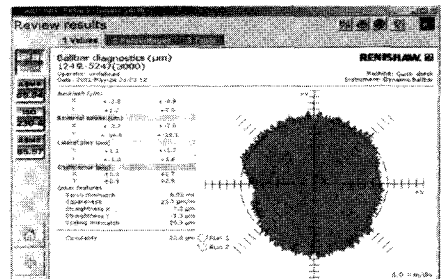


그림 9. DBB측정 결과