

3 차원 레이저 가공에서 기상 측정을 이용한 가공 오차 보정 알고리즘

Machining Error Compensation Algorithm Using OMM for 3D Laser Beam Machining

*김형중¹, 윤해성¹, #전차수², 안성훈³

*H. J. Kim¹, H. S. Yoon¹, #C. S. Jun(csjun@gnu.kr)², S. H. Ahn³

¹서울대학교 기계항공공학부 대학원, ²경상대학교 산업시스템공학부&공학연구원, ³서울대학교 기계항공공학부&정밀기계공동설계연구소

Key words : Laser beam machining, Machining error compensation, and Tool-path planning

1. 서론

최근 다양한 산업군에서 제품의 소형화, 경량화의 필요성이 증대되면서, 미세가공이 가능한 레이저 빔(laser beam) 기술 또한 많은 관심을 받고 있다. 레이저 빔은 다수의 렌즈로 에너지를 집중시켜 고온의 열가공이 가능하며, 주로 2.5 차원의 층(layer) 형태로 빠르고 정확한 가공이 가능하다. 일반적인 적층 공정은 형상을 이루는 재료를 층별로 쌓아올리는 방식으로 진행되기 때문에, 높이 방향으로 가공오차가 누적될 여지가 크다. 이로 인해, 사전에 충분한 가공이 이루어진 한정된 재료만을 사용하는 한계가 있다. 반면, 레이저 빔 가공은 증분식 가공으로 일정한 두께를 제거하기 때문에, 일반적인 기계식 가공에서 고려되지 않았던 가공오차의 누적이 발생할 수 있다. 따라서, 가공오차가 누적될 가능성을 사전에 고려하여 일관성 있는 가공 결과를 보장해 줄 수 있는 예러 보정가공 알고리즘이 연구되어야 함은 필연적인 가공 공정의 개선의 한 부분이라고 할 수 있다.

본 논문에서는 3 축 레이저 가공 장비에서 기상측정(On-Machine Measurement, OMM) 기술을 이용하여 가공오차를 평가하고 이를 보정할 수 있는 가공 경로를 생성하는 알고리즘에 대해서 논하였다. 그리고 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해, 가공 테스트를 수행하고 그 결과를 정리하였다.

2. 오차 보정가공 알고리즘

기상측정 기술은 가공 장비의 공정 내(in process)에서 유기적으로 작동하여 일반적인 가공 장비에서 얻을 수 없는 높은 수준의 가공 정밀도를 제공할 수 있다.

레이저 가공용 기상측정을 이용한 오차 보정가공은 크게 가공오차과 보정가공 경로계획으로 나누어진다.

가공오차는 접촉 및 비접촉식 기상측정 방법에 모두 사용이 가능하도록 정리되었다. 오차측정은 사전에 지정된 깊이(n 개 층)를 가공한 후 이에 대한 오차를 평가함으로써 보정가공을 위한 정보를 공정 상에서 직접 업데이트 할 수 있다. Fig. 1 은 예상 가공 깊이(=d₀×n)와 실제 가공 깊이(D_{Actual})의 차이를 평가하여 가공오차(E_{Mach})를 계산하는 과정을 보여준다. 이를 통해 1 회 실제 가공 깊이(d_{Actual})를 계산할 수 있다(Eq. 1).

$$d_{Actual} = D_{Actual} / n \quad (Eq. 1)$$

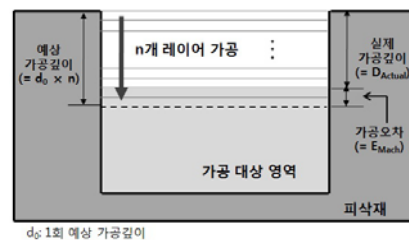


Fig. 1 Schematic diagram of measuring machining error using OMM

보정가공은 가공오차를 통해 계산된 1 회 실제 가공 깊이 정보를 기반으로 이후 가공될 깊이(n 개 층)에 대해 가공 경로를 업데이트 하는 것으로 이루어진다(Fig. 2). 이를 통해, 재료의 가공 특성에 대한 사전 분석이 부족할 경우에도 반복적인 보정가공을 통하여 우수한 가공 정밀도를 달성할 수 있다.

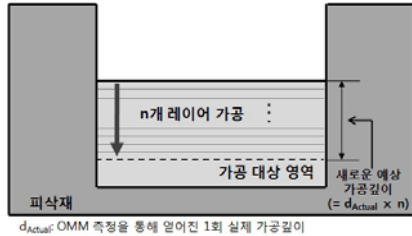


Fig. 2 Schematic diagram of laser beam machining for compensating the machining error

이러한 가공오차와 보정가공을 포함하는 세부적인 기상측정 기반 레이저 빔 가공오차 보정가공 알고리즘은 다음과 같다.

1. STL(Stereolithography) 모델 슬라이싱 및 가공 경로 생성
2. n 개 층 가공
3. OMM 기반 가공 형상 측정: 깊이 및 수평 평가
4. 측정면이 수평일 경우,
 - A. 가공 공차 보다 작은 오차일 경우, 오차 보정 불필요
 - B. 가공 공차 보다 오차가 클 경우, 가공 깊이 업데이트(d_{Actual})
5. 측정면이 수평이 아닐 경우
 - A. 장비 불량으로 오류 발생 처리
6. 미가공 영역에 대해, 2~5 단계 반복
7. 가공 종료

3. 구현 및 평가

제안된 알고리즘을 평가하기 위해 기상측정 및 여러 보정가공 경로생성 프로그램을 구현하고 평가하였다. 입력된 STL 모델에 대해 가공 경로생성 모듈, 기상측정을 수행 및 가공오차 평가 모듈, 보정가공용

경로를 업데이트하는 모듈로 구현되었다.

Fig. 3(a)와 3(b)는 3 축 CO₂ 레이저를 이용하여 PMMA(Poly Methyl Methacrylate)를 가공하고, 비접촉 측정 방식인 레이저 변위 센서를 이용한 기상측정 장비에 제안된 알고리즘을 적용한 결과를 보여준다. Fig. 3(a)는 첫 4 개의 층을 250 μm 깊이로(총 1 mm) 가공하는 경로를 사용한 후 1.4 mm 깊이가 가공된 결과를 보여준다. Fig. 3(b)는 측정된 결과를 바탕으로 한 층의 가공 깊이를 350 μm로 수정하여 2.0 mm를 달성한 결과이다.

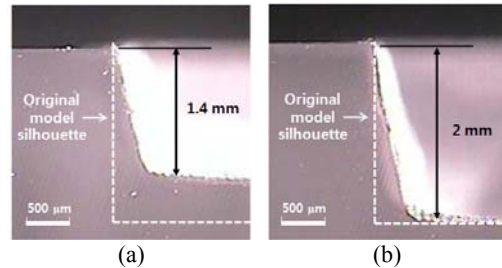


Fig. 3 Test results of error compensation machining

4. 결론

본 논문에서는 증분식 가공을 수행하는 레이저 빔 가공에서 오차누적의 문제를 해결하기 위하여 기상측정을 포함하는 오차평가 및 보정가공 경로생성 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘을 구현하고 이를 평가하기 위하여 CO₂ 레이저와 비접촉 레이저 변위 센서를 갖춘 가공기에서 PMMA 가공에 적용하여 그 효과를 확인하였다.

후기

본 연구는 한국과학재단의 기초연구사업 핵심과제(No.20090081391)와 서울시 산학연 협력사업(No.TR080578)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김형중, 위경훈, 안성훈, 전차수, 이상훈, 이정근, 조현욱, 박정환, "5 축 가공의 응용 - 레이저 가공, 사출금형 가공," 한국정밀공학 회지, **26**, 25-31, 2009.