

듀얼 레이저를 이용한 산업용 SFF 시스템의 개발

김동수*, 배성우, 김충환, 최병오(한국기계연구원), 최경현(제주대 기계공학과)

Development of Industrial SFF System using Dual Laser

D. S. Kim*, S. W. Bae, C. H. Kim, B. O. Choi(IT Machinery Research Center, KIMM)
K. H. Choi(Mech. Eng. Dept., CJU)

ABSTRACT

A solid freeform fabrication (SFF) system using selective laser sintering (SLS) is currently recognized as a leading process and SLS extends the applications to machinery and automobiles due to the various materials employed. In order to develop a more elaborate and rapid system for fabricating large objects compared to existing SLS, this study employs a new selective dual-laser sintering (SDLS) process. Also, this paper will address development of an SFF system which employs the dual laser system and the unique scanning device. Experiments were performed to evaluate the effect of a scanning path and fabrication parameters on sintering process and to fabricate the various 3D objects using polymer powder.

Key Words : Solid Freeform Fabrication (SFF, 임의형상제작), Selective Laser Sintering (SLS, 선택적 임의 소결), Optimal Sintering (최적 소결), 3D Scanner System (3차원 스캐너 시스템)

1. 서론

제품 개발 과정에서 이루어지는 시제품의 빠른 제작 및 수정은 제품 개발기간 단축에 따른 제품의 시장경쟁력과 밀접한 관계를 가지고 있으며, 다양한 공정 및 소재를 이용한 임의형상제작 시스템 (SFFS: Solid Freeform Fabrication System)의 수요가 지속적으로 증가하고 있다.

SLS의 시스템은 분말 적층을 위한 피드룸과 빌드룸의 위치제어 및 롤러의 속도제어, 분말의 소결을 위한 온도제어 및 질소 분위기 조성, 레이저의 궤적 생성 및 제어 등 다양한 요소기술들로 이루어져 있다.

본 연구에서는 대면적의 실물복제가 가능하도록 듀얼 레이저 시스템을 채택하였으며, 기존의 SLS 공정에서 사용하고 있는 $f\theta$ 렌즈 대신에 3축 다이나믹 초점 스캐너(3-axis dynamic focusing scanner)를 적용하였다. 또한, 폴리아미드 파우더 (Polyamide powder)를 출발원료로 선정하여 CO₂ 레이저를 이용한 싱글 및 듀얼 레이저 소결 실험을 수행하고 소결 특성을 고찰하였다.

2. 산업용 임의형상 제작 시스템

산업용 임의형상 제작 시스템은 Fig. 1과 같이 파우더의 공급 및 이송을 담당하는 적층부, 파우더의 예열을 위한 히팅부, 워크룸의 질소분위기를 형성하기 위한 질소 공급부, 대면적에 레이저를 조사

하기 위한 듀얼 레이저부, 레이저 유닛 및 전체 시스템을 제어하기 위한 제어부 등으로 구성된다. 파우더의 적층을 위한 z구동을 위해 스텝모터를 사용하였으며, 롤러의 정확한 수평운동을 위해 AC 서보모터를 이용한 LM가이드를 사용하였고 롤러가 역회전하여 고르게 적층하는 롤러 메커니즘을 적용하였다. 한편, 파우더의 예열(150°C 이상)은 복사열을 이용한 히터 시스템 및 PID 제어방법을 적용, 1°C 이내의 온도제어가 가능하도록 제작하였으며, 파우더 표면온도와 내부 온도 차를 최소화 하기 위해 빌드룸에 판형히터(piston heater)와 실린더형히터(cylindrical heater)를 설치하여 소결 시 발생할 수 있는 커링(curling)을 방지 할 수 있도록 하였다. 소결 시 95% 이상의 질소분위기 조성을 위해 산소센서를 이용하여 5%이하의 산소를 검출함으로써 질소분위기 조성여부를 확인 할 수 있도록 하였다.

Fig. 2는 본 연구에 사용된 레이저부의 개략도로 500×800 ×500 (mm³, W×D×H) 크기의 시제품을 제작할 수 있도록 레이저부를 3축 다이나믹 초점 렌즈를 이용하여 제작하였으며, 소결을 위한 레이저빔의 스팟 크기 (spot size)인 0.5mm를 얻기 위해 빔 익스펜더를 이용하여 증가 시켰다.

3. 임의형상 제작 실험

싱글레이저를 이용한 소결 변수 실험을 통하여 얻은 변수 값들을 이용, CAD 데이터로부터 Fig.3(a)와 같은 피라미드 형태의 간단한 1차 모델을 제작하

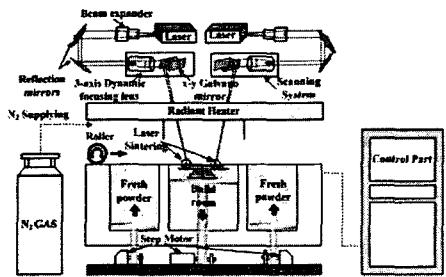


Fig.1 Schematic diagram of industrial SFF system

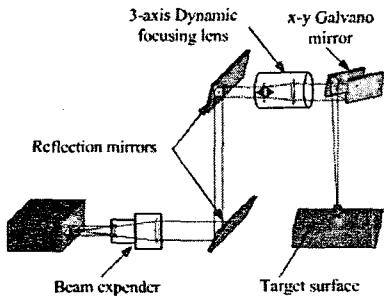


Fig.2 Schematic diagram of laser part

였다. 넓은 면적에 대한 커링률을 줄이고 각 층간의 결합 강도를 높이기 위한 레이저 주사 경로를 생성하였으며, 좀더 복잡한 모델에서의 소결 특성을 고찰하기 위해서 Fig.3(b)와 같은 2차 모델을 제작하였다. Table.3은 1,2차 모델의 소결 조건을 나타내며, 실험 결과 각 형상에 대해 3%이내의 오차율을 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

듀얼레이저를 이용하여 임의형상을 제작할 경우 두 개의 레이저 빔이 만나는 부분의 겹침 정도(overlap rate), x-y 좌표의 정확도 및 레이저 주사 경로 생성방법에 따라 소결 정도와 기계적 특성이 결정되게 되며, Table.4, Fig.4에 기초 실험에 대한 소결 조건 및 그 샘플 결과를 나타내었다. Fig.5(a)와 같이 스캔 패스를 생성하여, Fig.5(b)와 같은 임의형상을 제작하였다. 제작된 시편의 관찰결과 스캔된 데이터와 동일하게 복제되었음을 확인할 수 있었다.

Table.3 Sintering conditions of sample

	1 st sample	2 nd sample
Temp. (°C)	155	155
Scan speed (m/s)	5	6
Scan space (mm)	0.3	0.4
Laser power (Watts)	15.4	17.2
Layer thickness (mm)	100	100

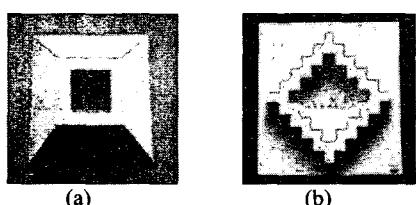


Fig.3 1st and 2nd sample

Table.4 Sintering condition of dual laser sample

	Sintering condition
Temp. (°C)	165
Scan speed (m/s)	4.5
Scan space (mm)	0.4
Laser power (Watts)	16
Layer thickness (mm)	100
Overlap ratio (mm)	0, 3, 6, 9, 12

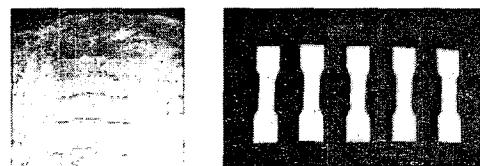


Fig.4 Fabrication sample from dual laser

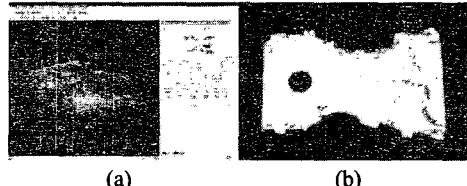


Fig.5 Duplicated 3D object through the 3D Scanning file

4. 결론

본 논문에서는 듀얼레이저를 이용한 SLS 공정 기반의 임의형상제작 시스템 제작하고, 산업용 임의형상 제작 시스템의 요소기술을 개발하기 위한 연구를 수행하였다.

1) 산업용 임의형상제작 시스템의 각 파트에 대한 해석과 실험을 통하여 시스템의 요소기술을 개발하고 CAD 파일과 3D 스캔 데이터로부터 임의형상을 제작하였다.

2) 대 면적 제작이 가능한 듀얼레이저 시스템을 구축하고 소결공정 및 소결특성을 고찰하였다.

후기

본 연구는 산업자원부의 “디지털 3차원 실물복제기 개발” 과제 지원으로 이루어졌으며, 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- James, C.N., "Selective Laser Sintering: A Definition of the process and an Empirical Sintering Model", *PhD Thesis, The University of Texas at Austin*, May 1993
- John, D.W. and Carl, R.D., "Advances in Modeling the Effects of Selected Parameters on the SLS process", *Rapid Prototyping Journal*, Vol.4, pp.90-100, 1998
- Benda, J., "Temperature Controlled Selective Laser Sintering", *Proceeding of the Solid Freeform Fabrication Symposium*, University of Texas at Austin, TX, Vol.5, pp.277-284, 1994