

CO₂ Laser에 의한 Polyamide-6 소결과 그 영향에 관한 연구

배성우*, 김동수, 안영진(한국기계연구원), 김형일(충남대 정밀공업화학과), 최기섭(㈜라이온켄텍)

A Study on Polyamide-6 Sintering and Effect by CO₂ Laser

S. W. Bae, D. S. Kim, Y. J. Ahn(IT Machinery Research Center, KIMM),
H. I. Kim(Department of Fine Chemical Engineering, Chungnam National University),
K. S. Choi(Lion Chemtech Corp.)

ABSTRACT

In the solid freeform fabrication (SFF) system using selective laser sintering (SLS), polyamide-12 powder is currently recognized as general material. In this study, some kinds of polyamide-6 powders with different shape and particlesize were fabricated to investigate the formability, the microstructure and mechanical properties. Also, to develop a more elaborate and rapid system, this study employs a new SLS device with a 3-axis dynamic focusing scanner system instead of the existing $f\theta$ lens used in commercial SLS. Polyamide-6 powders having the average size of 100 μ m were treated thermally in order to keep the spherical symmetry in shape. These polyamide-6 powders were mixed with polyamide-12 powders having the average size of 50 μ m to give the bimodal distribution of size. These mixed powders showed the better fabrication in the selective laser sintering process because the smaller particles of polyamide-12 played an important role in the compact packing of powders by filling the void space between the large particles of polyamide-6. Also, Experiments have performed to evaluate the effect of a scanning path and sintering parameters by fabricating the various 3D objects.

Key Words : Solid Freeform Fabrication (SFF, 임의형상제작), Selective Laser Sintering (SLS, 선택적 임의 소결), Polyamide-6(폴리아마이드-6), 3D Scanner System (3차원 스캐너 시스템)

1. 서론

SLS(Selective Laser Sintering)공정의 3차원 임의형상제작(SFF) 장비를 사용하여 시제품을 제작하려면 복사기의 토너 역할을 하는 레이저 소결용 분말재료가 필요하다. SLS방법을 이용하는 디지털 3차원 SFF(Solid Freeform Fabrication) System에서 복제 성형을 하기 위해서는 파우더 폼에 있는 고분자 및 메탈 분말재료를 물러를 이용하여 평평하게 펼친 후, 이 위에 레이저를 이용하여 소결시켜 성형하게 되는데, 레이저 소결 성형에 적합한 재료를 만들기 위해서 여러 재료를 대상으로 다양한 분말 소재가 개발되고 있다. 레이저를 이용하여 소결될 수 있는 재료의 종류는 다양하지만, 만들고자 하는 제품의 기능이나 SFFS 장치의 특색에 따라 적합한 물질을 사용하여야 최적의 SFFS 성능을 발휘 할 수 있게 된다. 그러나 3차원 SFFS 장치가 국산화가 되어 있지 않기 때문에 외국에서 수입해 온 분말재료의 경우, 현재 개발하고 있는 디지털 3차원 SFFS 특성에 적합하도록 설계된 재료가 아니면서 가격이 매우 고가인 것

에 비해 만족할만한 성능을 발현시킨다는 보장도 없고 또한 전체 시스템의 시장 경쟁력 결정에도 중요한 문제점으로 작용하고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하고자 쉽게 구할 수 있고 저렴한 가격의 Polyamide-6를 SLS 공정에 사용하고 있는 CO₂ 레이저에 의한 소결 특성을 현재 사용되고 있는 분말재료와 비교 검토하여 최적의 SFFS 특성에 충족될 수 있는 분말재료를 찾고자 하였다.

2. Polyamide-6 파우더 제조

파우더의 열적 특성, 입자 크기, 분산성 및 모양 등은 SLS 공정에서 고려되어야 할 파우더의 매우 중요한 요소이다.

Polyamide-6의 성질은 열에 의해 유연해 지기 때문에 분쇄를 하는데 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 열에 의해 연화되지 않도록 Polyamide-6를 액체 질소로 급냉 시킨 다음 분쇄기를 통해 분쇄시킨 건식 저온 분쇄방법을 이용하였다. 분말을 분석한 결

과 입자 사이즈가 서로 다르고 입자 모양이 뾰족한 모양을 띠는 것을 알 수 있었다. 일단 모양을 구형으로 만들기 위해 분쇄된 Polyamide-6 파우더를 오븐을 이용하여 분자가 녹지 않고 유연성이 있을 때 stirring을 하여 구형으로 만드는 방법과, 물과 Polyamide-6 사이의 성질을 이용하여 분자를 구형으로 만드는 실험을 실시하였는데, 물과 Polyamide-6를 넣고 온도를 120℃~140℃로 가열하여 실험을 하여 제조하였다. 열처리한 파우더의 SEM 결과를 Fig.1에 나타내었다.



Fig. 2 SEM of Polyamide-6 on thermal treatment

3. Polyamide-6 파우더 소결 실험

실험은 현재 SLS 공정에서 사용되고 있는 외국 샘플(Polyamide-12)과 제조된 Polyamide-6에 대해 소결 과정에서 영향을 줄 수 있는 여러 요인들을 분석하고 비교하였다. 또한 실험은 Polyamide-6 제조 공정의 어려움에 의해 CO₂ 레이저에 의한 소결이 이루어지는 점에 주안점을 두었으며, 제품 제작에 의한 적층은 이루어지지 않았다.

한편, CO₂ 레이저 소결시 파우더의 평균 입자 크기(Particle size average) 및 용융점(Melting point)은 SLS 공정에서 적용 가능 여부를 가늠할 수 있는 매우 중요한 요소이다. Table. 1 및 Table. 2에 각각 제조된 Polyamide-6의 Specification과 실험조건을 나타냈으며, Fig. 1에 소결 실험을 통해 얻은 SEM 결과를 나타내었다.

Table. 1 Specification of Polyamide-6 powder

	Particle size average(um)	Melting point(°C)
value	80~90	233

Table. 2 Sintering condition of an experimental

Variable	Polyamide-12	Polyamide-6
Temp.(°C)	178	195
Scan speed(m/s)	6	6
Scan space(mm)	0.3	0.3
Laser power(W)	18	18
Layer thickness(mm)	100	100

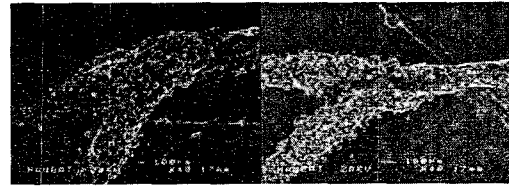


Fig. 2 SEM of Polyamide-12(a), Polyamide-6(b)

4. 결론

본 연구에서는 제조된 Polyamide-6 파우더를 SLS 공정에 적용하였을 때 소결 특성 및 그 영향에 대해 고찰하고자 하였다.

- 1) CO₂ 레이저를 이용 소결시 Polyamide-6의 소결 온도를 확인 할 수 있었다.
- 2) Polyamide-6를 SLS 공정에 적용 가능함을 확인할 수 있었다.

Polyamide-6를 이용한 SLS 공정 개발 및 샘플 제작에 대한 연구는 차후의 과제로 남기기로 한다.

후기

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

참고문헌

1. 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
2. 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
3. Aref-Azar, A, Hay, J.N., Marden, B. J. and Walker, N. *J. Polym. Sci., Polym. Phys. Edn* 1980, **18**, 637
4. Ghijssels, A., Groesbeek, N. and Yip, C.W. *Polymer* 1982, **23**, 1913
5. Orientation of the lamellar crystals in polyamide 12/ Dosiere, M. (*Polymer*, v.34 no. 15, 1993, pp.3160-3167)