

선택적 레이저 소결을 이용한 임의형상제조용 금속분말의 제조 Preparation of metal powders for SFF system by using selective laser sintering

*임병석¹, #김형일¹, 방영길², 김동수³

*B. S. Lim¹, #H. I. Kim¹ (hikim@cnu.ac.kr), Y. K. Bang², D. S. Kim³

¹충남대학교 공업화학, ²(주) 라이온캡텍, ³한국기계연구원

Key words : polymer-coated metal powder, wet process, selective laser sintering, solid freeform fabrication

1. 서론

임의형상 제작 시스템(SFF: Solid Freeform Fabrication)은 성형 장치를 이용한 물리적인 모형제작 방법을 말한다. SFF는 형상을 자기공명단층촬영 등으로 촬영한 자료를 컴퓨터 자료화 하고 이를 3차원화 하는 기술을 바탕으로 3-D CAD (computer-aided design)로부터 모형이나 원형을 신속히 제조할 수 있다. 3차원 임의 형상 제작 시스템은 제조 공정에 따라 SLA(Stereo Lithographic), SLS(Selective Laser Sintering), 3DP(Three Dimensional Printing), LOM(Laminate Object Manufacturing) 등으로 나뉘며, 그 중 SLS는 정밀도가 우수하고 공정 중에 지지대를 사용하지 않는 특징을 가지고 있다.

SLS는 분말 재료의 형태와 더불어 분말의 적층을 위한 빌드룸(build room)과 피드룸(feed room)의 위치제어 및 롤러의 속도제어, 분말의 소결을 위한 질소 분위기 조성 및 온도제어, 레이저의 궤적 생성 및 제어 등 다양한 요소기술을 필요로 한다.

상기와 같은 SLS의 요소들을 제어하여 분말을 소결 성형하기 위해서는 파우더 룸에 있는 고분자 또는 메탈 분자를 롤러를 이용하여 평탄하게 펼친 후 CO₂ 레이저를 이용하여 소결하게 된다. 분말의 경우 layer-by-layer의 방법으로 제작된다. 임의 형상 제작 시스템에 사용되는 재료는 플라스틱, 나무, 세라믹, 금속, 복합형 등이 있고 형태는 액상형, 분말, 판상형 등이 있으나 일반적으로 사용되는 형태는 고분자 분말 형태이다. 소결에 적합한 재료를 만들기 위해서 여러 재료를 대상으로 다양한 분말 소재가 개발되고 있다.

본 연구에서는 단순한 고분자 분말이 아닌 금속을 이용한 소결, 정확히 말하면 고분자가 코팅된 금속 복합분말형태를 만들어 소결시 고분자가 바인더 역할을 하여 성형이 되는 분말을 제조하고자 하였다. 현재 국내에 보급되는 메탈복합분말의 대부분은 고가에 수입에만 의존하고 있는 실정이기 때문에 현재 개발하고 있는 금속복합분말을 사용할 경우 재료비 절감과 그를 사용하는 장비의 활용도 또한 증대될 것으로 기대된다.

현재 수입되어 있는 메탈복합분말을 분석하고 이를 토대로 입자크기와 밀도가 균일하면서도 메탈표면에 고분자가 균일하게 코팅된 금속복합분말을 개발하고자 하였다. 일반적으로 금속복합분말의 core로 작용하는 금속은 iron, copper, bronze, stainless steel 등으로 다양하며 기본적으로 분말의 형상에 가장 크게 영향을 미치기 때문에 균일한 입도와 우수한 완구율을 가져야 한다. 바인더 역할을 하는 고분자의 경우 소결이 용이하게 이루어질 수 있는 소결성과 열에 잘 견디는 열 안정성, 성형 후 뒤틀림이 생기지 않는 치수 안정성, 금속에 잘 코팅이 될 수 있는 계면상용성을 가지고 있어야 한다. 사용 가능한 열가소성 고분자로는 PE(polyethylene), PP(polypropylene), 아크릴 수지인 PMMA(poly(methyl methacrylate)), PS(polystyrene) 및 각종 공중합체가 가능하다. 그러나 PE 및 PP의 경우에는 극성기가 없기 때문에 금속표면에 제대로 코팅이 이루어지지 않는 단점이 있다. 따라서 원하는 물성을 얻기 위하여, 본 연구에서는 PP와 MAH(maleic anhydride)를 그래프트형태의 공중합체로 만들어 극성기가 있는 PP-co-MAH를 합성하였

고 이를 사용하여 습식법을 통해서 금속복합분말을 제조하였다. 또한 유동조절제를 첨가하여 소결 공정시 롤러에 의해 금속분말이 평탄하게 펼쳐질 수 있도록 보완처리하였다.

2. 실험

2-1 시제품 분석

시제품 분석을 위해 현재 보급되고 있는 금속복합분말 중에서 3-D Systems사의 것을 분석하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 3-D Systems사의 morphology를 측정하기 위하여 SEM을, 성분을 분석하기 위하여 원소분석(Energy dispersive spectroscopy)을 실시하였다.

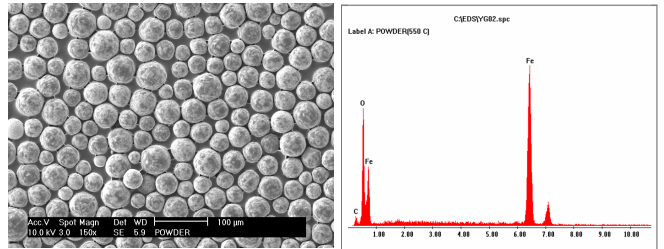


Fig. 1. Analyses of morphology and components of the metal powders from 3-D Systems.

분석결과 평균입도는 50 μm, core로 작용하는 금속은 iron이었으며 바인더용 고분자는 탄소(C)와 산소(O)가 대부분인 것으로 밝혀졌다. 탄소성분의 함량으로 보아 PE 혹은 PP 계열인 것으로 추정되었다. 이를 바탕으로 본 연구의 고분자 기본물질을 PP로 정하고 실험을 진행하였다.

2-2 Materials

Metal: 시제품 분석을 통하여 core 물질이 iron이라는 것을 확인하였지만, 입자가 균일하고 완구율이 높은 재료를 구하기 어려웠기 때문에 bronze(SK-엠펜)를 사용하여 실험을 하였다.

Polymer: PP와 MAH로 graft 공중합하여 PP-co-MAH의 형태로 사용하였다. Fig. 2에 공중합 방법을 나타내었다.

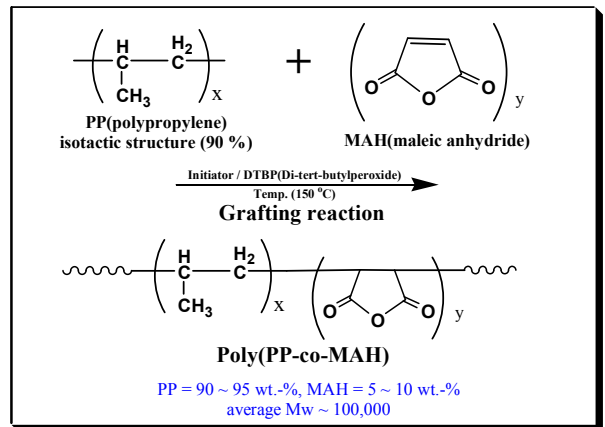


Fig. 2. Manufacture of PP-co-MAH.

Solvent: 고분자를 용해시키는 용매로 Xylene을 사용하였다.

Additive: 금속끼리 접촉하던 금속분말과는 달리 고분

자가 코팅된 금속복합분말의 경우 평활도가 떨어지기 때문에 유동조절제인 amorphous silica dioxide 를 첨가하였다.

2-3 금속복합분말제조

금속(bronze, 970~1000g), 고분자(PP-co-MAH, 0~30g) 과 용매(xylene, 200g)을 반응기에 넣고 온도를 95°C 까지 가열해 주면서 교반하였다. 승온 후 고분자의 완전한 용해와 균일한 혼합을 위하여 30~60 분간 계속적으로 교반하고 vacuum pump 를 이용하여 용매를 제거하였다. 용매제거 중 고분자끼리 aggregation 이 일어나 입자간에 뭉침현상이 일어나지 않도록 용매제거 속도를 조절하였다. 건조 완료후 유동조절제(amorphous silica dioxide, 0~5g)를 넣어주고 30 분간 균일하게 혼합하였다.

2-4 레이저 소결

제조된 금속복합분말을 Table 1 의 조건으로 소결성형하였다.

Table 1. Parameters used for the selective laser sintering process

parameter	value
Layering thickness (μm)	100
Temp., in the build room (°C)	160~165
Temp., in the feed room (°C)	125
Roller speed (mm/s)	100
Roller rotary speed (rpm)	100
Interval of laser (mm)	0.3
Laser speed (m/s)	6
Laser powder (watt)	18

2-5 분석

제조된 금속복합분말의 morphology 를 확인하기 위하여 SEM, 입자분포를 확인하기 위하여 size distribution, 평활도를 확인하기 위하여 flow index(직경 4mm 의 dropping funnel 을 통하여 시간당 떨어진 무게를 측정)를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

금속분말에 극성기 성분 MAH 가 5 wt% 함유된 PP-co-MAH 의 고분자를 1, 2, 3 wt% 첨가하여 각각 금속복합분말(a), (b), (c)를 제조 후 소결성형 하였다. Fig. 3 에 이들 금속복합분말의 morphology 를 비교하였다.

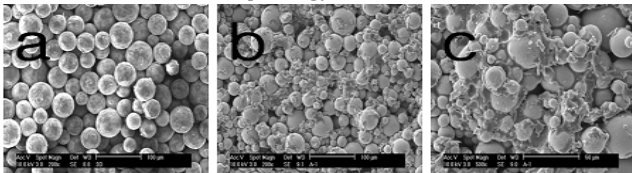


Fig. 3. Morphology of metal compound powders coated with PP-co-MAH.

Fig. 4 에 PP-co-MAH 함량에 따른 금속복합분말의 morphology 변화를 나타내었다.

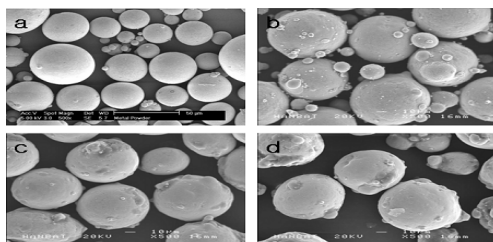


Fig. 4. Morphology of metal compound powders depending on the content of PP-co-MAH.

- (a) metal powder, (b) metal powder + PP (1 wt%)
- (c) metal powder + PP (1 wt%, PP : PP-co-MAH = 95 : 5)
- (d) metal powder + PP (1 wt%, PP : PP-co-MAH = 90 : 10)

PP-co-MAH 를 포함하는 경우 계면접착성이 있어 금속표면에 고르게 코팅이 되었다. 그러나 MAH 를 함유하지 않은 PP 의 경우, 극성이 없기 때문에 금속표면에 균일한 코팅이 이루어지지 않고 상분리 되어 별도의 영역을 이루고 있었다.

제조된 금속복합분말에 유동조절제인 amorphous silica dioxide 를 첨가 후 유동성의 변화를 확인하기 위하여 flow index 를 측정하였고 그 분석결과를 Fig. 5 에 나타내었다. Flow index 결과 유동조절제를 2%첨가할 때까지 유동성은 향상되었으나 그 이상에서는 큰 변화가 없었다.

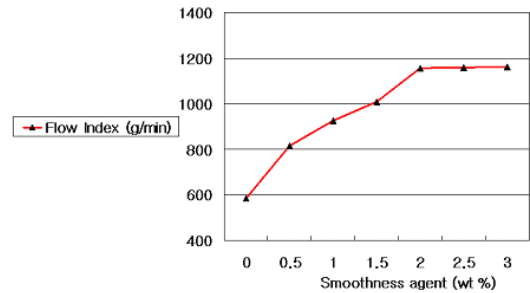


Fig. 5. Flow index of metal compound powders compounded with the smoothness agent.

4. 결론

본 연구에서 제조한 금속복합분말의 특성과 소결성형에 미치는 영향은 다음과 같다.

1. 금속복합분말의 경우 고분자의 양이 증가할수록 코팅되는 양이 많아져 소결성형시 1 차 성형품의 강도가 증가하였다. 그러나 2 차 공정에서 고분자가 제거되므로, 과도한 고분자의 양은 오히려 2 차 공정에서 성형품의 치수 안정성에 악영향을 미치므로 최소한의 고분자 양(1~2wt%)을 사용해야 한다.
2. 바인더인 고분자의 경우 극성기가 많을수록 금속과 고분자간의 결합이 잘 이루어지지만, 금속복합분말 제조공정에서 조성물중 극성기가 많을수록 분말 간에 aggregation 이 증가하는 것을 확인하였다.
3. 금속복합분말의 경우 소결공정 시 롤러에 의해 균일하게 펼쳐지도록 하기 위하여 유동조절제를 첨가한 결과 2 wt %까지는 유동도가 증가하였으나 그 이상에서는 변화가 없는 것을 확인하였다.

후기

본 연구 논문은 2006 ~ 2007 년 산업자원자원부 중기거점 기술개발사업 지원의 "디지털 3 차원 실물 복제기개발" 연구과제로 수행되었습니다.

참고문헌

1. M. Alida, G. Moriconi, and M. G. Pauri, *Material and Design*, **28**, 993 (2007).
2. "Laser sinter powder with metal soaps, process for it's production, and moldings produced from this laser sinter powder", *US Patent 20040106691 A1* (2004).
3. "Laser-sintering powder with PMMI, PMMA, and/or PMMI-PMMA copolymers, process for its preparation, and moldings produced from this laser-sintering powder", *US Patent 7,135,525 B2* (2004)
4. "Use of nylon-12 for selective laser sintering", *US Patent 6,245,281 B1* (2001)