

금속 분말의 용융에 의한 레이저 금속 조형법

Laser Rapid Prototyping by Melting Metallic Powder

고려대학교 기계공학과 최우영, 최우천

국민대학교 기계자동차공학부 이건상

I . 서론

3차원 금속 조형법(3D rapid prototyping technique)은 초기에 시작품의 디자인 검증과 조립성 평가를 위해 사용되어 왔다. 최근에는 이러한 기능 뿐 아니라 원하는 강도나 인성을 갖춘 금형을 만들기 위해 SLS(selective laser sintering) 방식에 의한 금속 조형에 대한 연구가 진행되고 있다⁽¹⁾. 여러 금속 분말에 대한 SLS 가공에 대한 실험이 이루어지면서 유한요소법을 이용하여 열전달 해석을 통한 형상 예측의 시도가 이루어져왔다. 이러한 열전달 해석을 통해 레이저 출력, 이송 속도, 줄간의 거리 등의 공정 변수에 대한 형성 두께 및 폭을 미리 예측하고, 적절한 공정 변수와 분말 재료의 선정, 도포 두께를 결정할 수 있다. 폴리카보네이트 분말의 층간의 용융에 대한 SLS 가공 모델이 제시되어, 이송 속도, 빔 조사 간격, 레이저 출력 등과 같은 가공 변수들이 용융 깊이에 미치는 영향을 예측하였다⁽²⁾.

본 연구에서는 황동 분말에 대하여 Nd-YAG 레이저의 단속빔을 사용하여 금속 조형 여부를 연구한다. 레이저 출력과 이송속도를 변화시켜, 형성되는 용융선의 두께와 폭에 미치는 영향을 알아본다. 그리고 실험과 동일한 조건을 적용하여 유한요소 열전달 해석을 수행하고, 해석 결과와 실험 결과를 비교하여 형성된 용융선의 치수가 예측 가능함을 보여준다.

II . 실험방법

사용된 레이저는 평균 출력 50W의 Nd-YAG 고체 레이저(Lumonics LuxStar™)이다. Fig. 1은 실험 장치의 개략도를 보여주고 있다. 작업 경로와 작업 조건이 프로그래밍된 NC 기계의 명령에 따라 레이저의 on/off, 이송장치의 3축 운동과 분말 층의 도포 두께를 조절하는 조절장치의 운동이 이루어진다. 조사되는 레이저 빔은 TEM₀₀ 모드이고 에너지 강도는 가우스(Gaussian)분포이다. 초점거리가 60mm인 집속 렌즈를 사용하였고, 집속된 빔의 직경은 0.5mm이다. 그러나 넓은 폭을 조사하기 위해 직경이 1.85mm인 초점이 맞추어지지 않은 빔을 사용하였다.

실험은 두가지 조건으로 수행하였다. 첨두출력(peak power)을 100W로 일정하게 유지하고, 이송속도는 5-60mm/min로 변화시키면서 분말의 용융 여부를 실험하고, 이송속도를 15mm/min로 고정하고, 출력을 100-200W로 변화시키면서 실험하였다.

III . 결과 및 고찰

레이저 빔을 조사시켜 분말을 녹여 한 줄을 용융시키는 실험을 수행하였다. Fig. 1은 첨두출력을 100W, 주파수를 10Hz, 한 펄스의 지속시간을 10ms로 고정시키고, 이송속도를 5-60mm/min로 변화시키면서 반경 1.85mm인 빔을 주사하였을 때 형성된 용융선을 보여준다. 이송속도 20mm/min보다 빠른 경우에는 완전한 선이 형성되지 않고 부분적으로 용융된 분말들이 용융선을 형성하고, 이송속도가 15mm/min 이하일 때만 완전한 용융선이 형성되었다.

Fig. 2에는 이송속도 변화에 대한 두께 및 폭의 변화가 나타나있다. 이 그림에서 이송속도가 낮아질수록 깊이 방향으로 용융되는 양이 많아져 용융선의 두께가 커진다. 이에 반해 폭은 두께에 비해 변화가 적은 것으로 나타났다.

Fig. 3은 빔 출력의 변화에 대한 두께 및 폭의 변화를 보여준다. 이송속도를 일정하게 두고 출력을 높이면 빔의 에너지 강도가 커지게 되므로 가장자리의 용융되는 양이 많아져 폭이 넓어지고 두께도 증

가하게 된다.

Fig. 4는 일정한 이송속도(15mm/min) 조건 하에서 출력의 변화에 대하여 해석과 실험의 결과를 비교한 것이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 실험결과와 해석결과가 서로 잘 일치한다. 이 그림에서 해석의 결과는 최고온도가 900 °C와 920 °C에 이른 부분까지를 깊이로 취급한 것으로, 실험결과는 최고온도가 900 °C인 해석결과와 잘 일치하고 있다. 900 °C는 용융은 시작되지 않으나 분말입자간의 결합이 이루어지는 온도이므로 분말이 완전 용융된 부분에 약한 결합을 이루게 된다.

IV . 결론

금속 분말을 완전 용융시켜 원하는 3차원 형상을 만들기 위한 기초 단계로서 한 줄 용융을 실험하였고, 실험조건과 동일한 조건을 적용하여 열해석을 수행하였다. 용융선의 폭은 레이저빔의 이송 속도에 크게 영향을 받지 않으나, 용융선의 두께는 이송 속도가 느릴수록 커진다. 그리고, 레이저빔의 출력이 커질수록 용융선의 두께와 폭이 커진다. 이와 같이 레이저빔 출력, 이송 속도와 같은 변수를 제어하면 금속 분말의 완전 용융에 의한 형상 제어가 가능하다. 또한 열전달 해석을 통해 금속 분말의 용융 두께를 예측하였고, 이는 실험결과와 잘 일치하였다.

V . 참고문헌

1. Kruth. J. P., "Material Increase Manufacturing by Rapid Prototyping Techniques", Annals of the CIRP, Vol. 40, No. 2, pp. 603-614, 1991.
2. J. Christian Nelson et all, "Selective Laser Sintering of Polymer Coated Silicon Carbide", Ind. Eng. Chem. Res., 34, pp. 1641-1651, 1995.

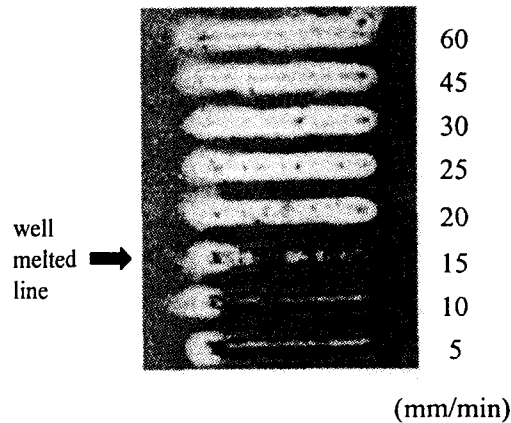


Fig. 1 Lines produced for various scanning speeds.

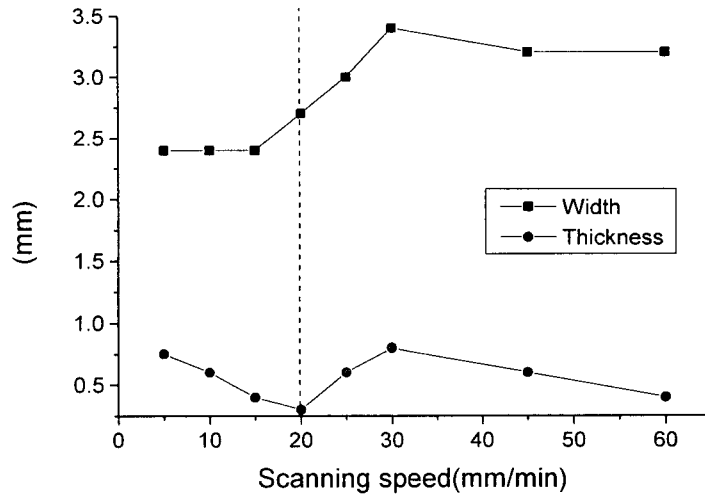


Fig. 2 Thickness and width of a line for various scanning speeds(100W, 10Hz, 10ms).

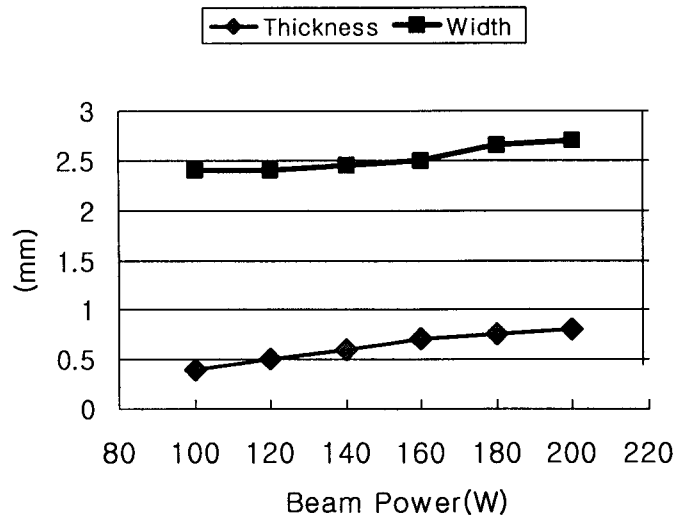


Fig. 3 Thickness and width of a line for various beam powers(15mm/min, 10Hz, 10ms).

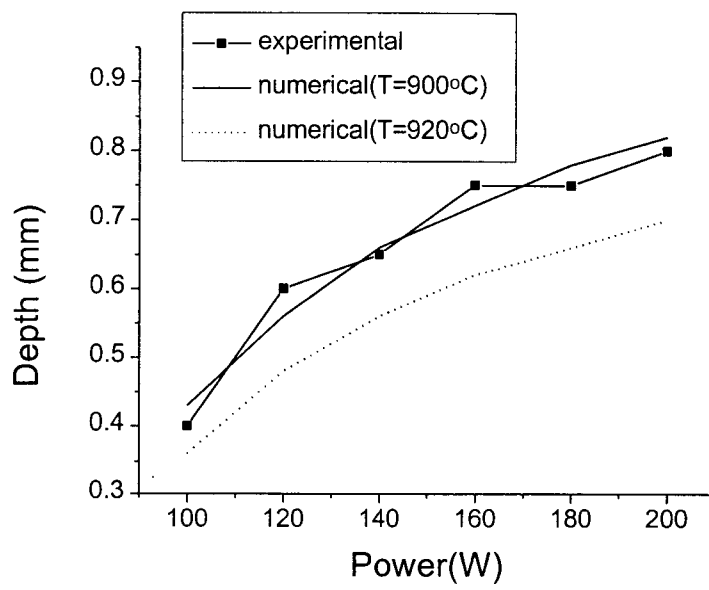


Fig. 4 Comparison between experimental and numerical results.