

## 금속부품 쾌속제조를 위한 SLS RP의 왁스형 개발

주영철·김태완\*

순천대학교 기계공학과, \*순천대학교 화학공학과

### Development of Wax Types Using SLS RP for Rapid Manufacturing of Metal Parts

Youngcheol Joo, Tewan Kim\*

Department of Mechanical Engineering, Soonchunhyang University

\*Department of Chemical Engineering, Soonchunhyang University

#### 요 약

정밀주조에 사용되는 왁스형을 기존의 수작업과 금형을 이용하는 방법으로 제작하지 않고 SLS형 RP로 캐스트폼형을 만들고 여기에 왁스를 합침시켜 왁스형을 제작하는 공정을 제안하였다. 왁스형의 정밀도를 향상시키기 위해 캐스트폼형 예열시간, 왁스 합침시간, 왁스 합침 회수 등 중요한 공정변수를 변화시켜 가며 왁스형을 만들었다. 왁스형의 정밀도를 측정된 결과 예열시간이 적어도 30분 이상일 때 정밀도가 우수한 제품을 얻었으며, 왁스를 두 번이상 합침할 때 정밀도가 우수하였다. 왁스형의 표면거칠기는 예열시간이 늘어날수록 향상된 표면조도를 얻을 수 있었다.

#### 1. 서 론

Rapid Prototyping(RP, 쾌속조형기)이 산업현장에 도입된 이후 폴리머 소재를 활용한 형상확인용으로 널리 사용되고 있다. 그러나 산업 전반에 널리 활용되고 있는 금속 부품을 RP를 이용하여 제작하고자 하는 요구가 꾸준히 제기되고 있어서 이에 대한 연구가 활발히 진행되어왔다.

RP를 이용하여 금속 부품을 만드는 연구로서 가장 앞선 방법은 금속 분말에 폴리머 분말을 혼합하고 단면형상에 따라 레이저를 조사하면 폴리머가 용융되면서 금속 분말과 함께 일정한 형태를 이루게 된다. 레이저 출력이 충분치 않으므로 금속 분말은 상변화 없이 원래의 형태를 그대로 유지하게 되고 금속 분말을 묶어주는 용융된 폴리머는 아직 강도가

충분하지 않아서 조그만 충격에도 부서지기 쉬운 상태이다. 전기로에서 용융점이 금속 분말보다 낮은 제2의 금속 소재로 용탕을 만들고 여기에 폴리머와 금속 분말이 결합된 부품을 넣으면 폴리머는 노내의 고열로 소결되고 폴리머가 있던 빈 공간에 제2의 금속 소재 용탕이 삼투압의 원리로 채워 넣어져서 금속 부품을 완성하게 된다. 이 방법은 금속 분말을 직접 녹일만한 고출력의 레이저 없이도 금속 부품을 제작할 수 있는 장점이 있으나 온도변화가 큰 여러 번의 공정을 거치면서 부품의 치수가 크게 변하기 때문에 정밀한 부품을 만들기에는 어려움이 있다. 제작 시간을 단축하기 위하여 금속 분말과 폴리머 분말을 섞은 혼합 분말을 사용하는 대신 미리 금속 분말에 폴리머 바인더를 섞어서 얇은 테이프 형태의 재료로 만들고, 제작하고자 하는 부품의 단면 형상을

잘라내어 적층해서 금속 분말을 제작하는 방법에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다[1-3].

주영철 등은 RP로 폴리머 재질의 몰드를 직접 만들고 여기에 폴리머보다 용점이 낮은 저융점 합금의 용탕을 부어넣어 금속 부품을 만드는 방법을 제시하였다[4, 5]. 이 방법은 정밀금속부품의 제작에 널리 쓰이고 있는 정밀주조법을 RP와 결합하여 금속 제품의 제작기간을 획기적으로 단축시킨 방법이나, 저융점합금의 내구성이나 강도에 한계가 있어서 적용할 수 있는 범위에 제한이 있다.

RP를 이용하여 금속 부품을 만드는 방법 중 가장 신뢰성있는 방법은 SLS RP로 캐스트폼 소재의 부품을 만들고 여기에 왁스를 함침시켜 왁스형을 만든 후 정밀주조법으로 금속 부품을 만드는 방법이다[6]. 이 방법은 왁스형을 만드는 과정까지만 신기술이 적용되고 그 이후의 공정은 신뢰성이 검증된 기존의 정밀주조법을 이용하므로 부품의 크기나 재질의 한계 등 제한이 없이 다양한 형태의 금속 부품을 만들 수 있다. 이 공정을 이용하여 정밀한 금속 부품을 제작하기 위해서는 무엇보다도 정밀한 왁스형을 제작하여야 한다. 본 연구는 왁스형의 정밀도를 높이고자 여러 가지 공정변수를 변화시켜가며 여러 형상이 형상이 포함되어 있는 시편을 만들어 정밀도를 측정하고 최적의 공정조건을 제시하였다.

## 2. 왁스형 제작

금속 부품 제작 과정에서 여러 가지 형태의 기계요소들의 정밀도를 분석하기 위하여 그림 1과 같은 시편을 설계하였다. 이 시편에는 다양한 지름의 원

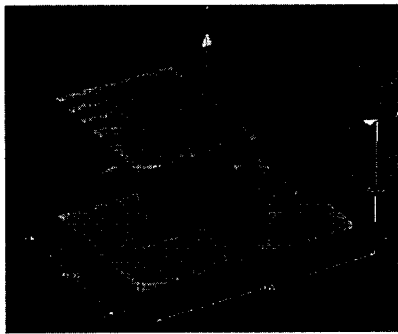


그림 1. 시편의 CAD 설계

통, 구멍, 반구 등이 있으며 평평한 면과 오목하게 직각으로 접착한 면, 볼록한 직각 면, 삼각형 등 여러 가지 형태 요소를 포함하고 있다.

그림 1의 CAD 데이터를 SLS형 RP 장비를 이용하여 그림 2와 같은 캐스트폼형을 만든다. SLS RP와 캐스트폼 분말에 대한 자세한 사양은 주영철, 김태완의 연구[6]에 자세히 나와 있다.

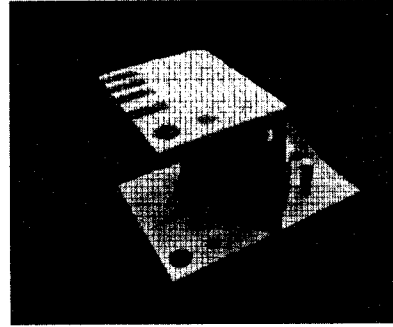


그림 2. 캐스트폼 형

캐스트폼 형을 왁스가 녹아있는 오븐에 넣어 왁스가 함침되게 한다. 이때 대기중에 있던 캐스트폼 형을 뜨거운 왁스 용액에 갑자기 넣으면 열충격으로 부품에 변형이 생기고 왁스가 깊이 함침되지 않기 때문에 미리 오븐에서 넣고 왁스의 온도와 같게 예열을 한 후에 왁스 용액에 넣는다. 부품의 크기와 형상에 따라 예열하는 시간이 틀려지나 본 연구에서는 5분, 15분, 30분, 60분으로 하여 차이점을 비교하였다.

캐스트폼 형을 왁스에 얼마나 오래 동안 넣는지도 중요한 변수이다. 왁스 함침 시간이 너무 짧으면 왁스가 캐스트폼에 충분히 스며들지 않아 왁스형으로서의 충분한 강도와 성능을 가질 수 없고, 반대로 함침 시간이 너무 길면 왁스가 제품에 눌러 붙어서 형상 정밀도가 떨어진다. 이를 방지하기 위해서 짧은 시간동안 왁스에 담갔다가 꺼낸 후 다시 담그는 과정을 2~3회 되풀이하면 좋은 결과를 얻을 수 있다. 그림 3은 이러한 과정으로 제작한 왁스형 시편이다.

이런 과정을 거쳐서 제작한 시편을 디지털 버어니어캘리퍼스를 이용하여 주요 치수를 측정하였다. 또한 surface roughness meter를 이용하여 표면거칠기도 측정하였다.

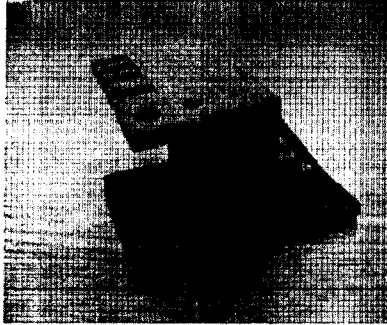


그림 3. 왁스형 시편

### 3. 실험 결과 및 고찰

시편의 CAD 설계치는 x 방향 길이 81.28mm, y 방향 폭 55.88mm, z 방향 높이 48.26mm이다. RP로 제품을 만드는 과정에서 약간의 치수변형이 일어나므로 이를 보상하기 위해 3D 데이터에 각각의 방향으로 scale과 offset 값을 보정한다. 그림 4에 여러 가지 제작조건에서의 x축 길이의 측정값을 나타내었다. 왁스에 1회 함침한 것 보다는 2회 함침했을 때 전반적으로 좋은 결과를 얻었다. 예열 시간은 60분 예열했을 때 정밀도가 가장 우수했으며 그 이하로 예열시간이 줄어들수록 정밀도가 떨어졌다. y축과 z 축도 비슷한 결과를 보였다.

표면 거칠기 측정 결과는 예열 시간이 증가할수록 표면거칠기가 작아져 거칠기는 개선이 되었다. 그러나 왁스 함침 횟수와는 큰 상관관계를 보이지는 않았다.

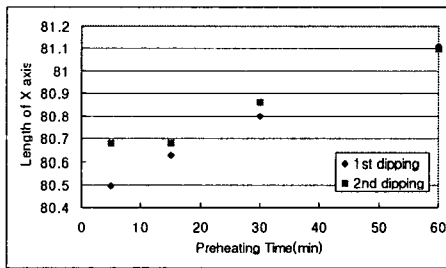


그림 4. 여러 제작조건으로 제작한 시편의 x축 정밀도 측정결과

### 4. 결론

SLS RP를 이용하여 제작하는 금속부품의 정밀도를 향상시키기 위해 여러 공정조건을 변화시켜가며 왁스형의 정밀도 향상에 대하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 캐스트품을 왁스에 넣기 전에 오븐에서 예열하는 시간이 적어도 30분 이상일 때 정밀도가 우수한 제품을 얻었다.
- 2) 캐스트품을 왁스에 한번 함침하는 것보다 두 번 이상 함침할 때 정밀도가 우수하였다.
- 3) 왁스형의 표면거칠기는 예열시간이 늘어날수록 향상된 표면조도를 얻을 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 순천향대학교 차세대 BIT 무선부품 연구센터 (과제번호: R-12-2002-052-04003-0)의 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

- [1] 주영철, 임태준, 이창훈, 공용해, 천인국, 김승우, 방재철, "임의형상가공시스템을 위한 레이저 5축 경사절단기 및 궤적생성 알고리즘의 개발," 한국산학기술학회논문지, Vol. 4, No. 1, pp.1-6, 2003.
- [2] 임태준, 주영철, 민상현, "패속제작을 위한 적층 및 이송장치 개발," 산학기술성공학회논문지, Vol. 3, No. 2, pp.126-130, 2002.
- [3] 임태준, 주영철, 김승우, 공용해, 천인국, 방재철, "임의형상가공시스템의 적층 및 이송장치 동특성 연구," 산학기술성공학회논문지, Vol. 3, No. 4, pp.280-284, 2002.
- [4] 주영철, 송오성, "패속조형 듀라폼 성형체에서 배치각 변화에 따른 주얼리 주조모형의 형상요소 변화," 한국주조공학회지, Vol. 21, No. 5, pp.290-295, 2001.
- [5] 주영철, 이창훈, 송오성, "주얼리용 마스터패턴의 패속제작에 관한 연구," 산학기술성공학회논문지, Vol. 3, No. 2, pp.110-114, 2002.
- [6] 주영철, 김태완, "패속조형기를 이용한 정밀주조물의 패속제작에 관한 연구," 산학기술성공학회논문지, Vol. 3, No. 2, pp.136-140, 2002.