

SLA 쾌속조형 패턴에 의한 직접 주조에 관한 연구

이승채*, 김우순+, 김동현+

A Study on the Direct Casting from SLA RP Patterns

S. C. Lee*, W.S. Kim+, D.H. Kim+

Abstract

Rapid prototyping technologies have been widely used to reduce the development cost of new products. Manufacturing industries are nowadays characterized by the flexibility and complexity of products. This is due to the rapid development of manufacturing technology and diverse needs of customers. In this paper, the burning condition for getting casting product of resin pattern have been examined experimentally. In general, the burning conditions have effect on the casting products. Using the direct casting, we directly produced the jewelry.

Key Words : Rapid Prototyping (쾌속조형) , Direct Casting(직접주조)

1. 서론

오늘날 쾌속조형기술은 수요자의 요구에 따라 다양화되고, 국내외 시장에서 경쟁이 치열해지고 있는 가운데 설계형상의 확인, 시작품의 제작, 금속에 응용, 동시공학등 제조업 분야에 많이 사용되고 있다. 최근에는 여러 가지의 제품에 대응하는 기술들이 개발되고 이를 응용한 장비들이 생산보급됨에 따라 산업분야에 적용범위는 점점 확대되고 있다. 특히, 귀금속산업에의 적용을 위한 쾌속조형기술은 장비기술의 발달과 함께 정교한 디자인을 실현할 수 있게 되었으며 단순한 시작품을 만드는 한정적 범주에서 벗어나 실질적이고 상업적인 활용 측면으로 그 응용 범위를 확대해 나가고 있다.

이런 추세를 더욱 발전시키기 위해서는 귀금속 제품 생산의 핵심인 레진의 직접 주조를 실현하는 것이 중요하다. 직접주조(Direct Casting)란 쾌속 조형물을 직접 주조하는 방법을 말한다. 일반적인 Lost Wax Investment Casting에서는 완전 연소재인 Wax를 소재로 사용하기 때문에 주조에 노하우를 갖춘 기술자라면 업종 특성에 맞는 주조 프로세스를 파악하면 어렵지 않게 주조 기술을 습득할 수 있으나, 레진(Resin)의 경우에는 연소 조건이 까다롭고 완전 연소가 되지 않을 뿐만 아니라 레진이 연소 임계 온도에서의 열팽창에 대한 고려, 최적의 연소 온도, 최적의 연소 온

* 이승채, 유진(주) (sclee@jewelryline.co.kr)
주소: 전북 익산시 영동동 215-5
+ 원광대 기계자동차공학부

도에 알맞은 매물제, 최적의 연소 조건을 만족 시키는 가열로등이 복합적으로 고려되어야 최상의 결과물을 얻을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 패속조형기를 이용하여 귀금속 제품을 조형하고 직접주조를 통해 생산함으로써 실제 산업 현장에 적용하고자 하였다.

2. 직접 주조 공정

2.1 패턴 생성

Photo. 1은 귀금속 설계 프로그램을 이용하여 3D설계하여 패속조형기를 이용하여 반지 패턴 조형물을 제작한 사진이고, Photo. 2는 각각의 조형물에 붙어 있는 서포터를 나타낸 것이다.

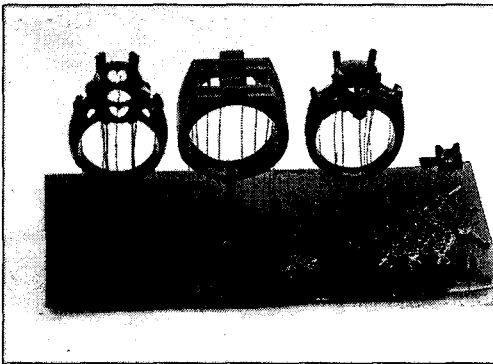


Photo. 1 Photograph of resin patterns

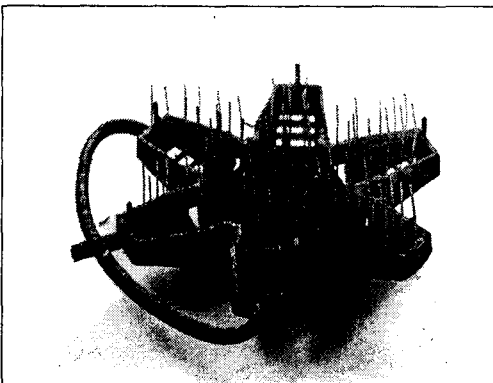


Photo. 2 Photograph of support

광조형 방식의 RP는 광경화성 소재인 레진에 레이저 단층을 조사하여 적층하는 방식을 택하고 있어 조형물의 최저 점을 지지할 수 있는 서포터(Supporter)의 부착이 필수적이다. 서포터를 세우는 방법은 업체에서 제공하는 소프트웨어의 자동 서포팅과 제품의 특징을 이해하고 수작업으로 서포터를 세우는 방법이 있는데 본 연구에서는 수작업에 의한 서포터 작업 방식으로 샘플을 제작하였다.

필요에 따라 사포, 다이아몬드 바, 기타 도구를 활용하여 하여 깔끔한 마무리를 하는 것이 케스팅 품질을 높이는 기본이 된다. 또한, 잔여물 제거 및 후처리 작업후에는 알콜과 압축 공기를 사용하여 표면에 붙어있는 이물질들을 최대한 제거하는 것이 좋다.

2.2 주형 작업

인베스트먼트법(Investment Casting)을 이용한 방식과 비슷한 방법을 사용하고 있지만 귀금속에서는 트리(tree)구조로 여러 패턴들을 한꺼번에 처리하도록 주형을 구성한다. 이 작업은 매우 경험적 기술을 바탕으로 탕구(Sprue)와 탕도(runner) 및 게이트(gate)를 잘 연결해야 한다. 또한 부피가 큰 제품의 경우에는 게이트(gate)와 탕도(runner)를 잘 연결하여 용융 합금의 유동성뿐만 아니라 잔여물의 제거에 도움이 될 수 있는 방향으로 구성하여야 한다. 또한 매물시에 유입되는 공기의 탈포 및 플로오프(flow off)까지 고려한 트리(Tree)구조를 만들어야 하므로 이는 매우 경험이 많은 경험 기술이 요구된다.

또한 레진은 재료의 고유의 특성상 트리(Tree)구조로 사용되는 Wax와는 다른 성질을 갖고 있기 때문에 패속 조형물에 손상을 주지 않고 양질의 완제품을 얻기 위해서는 CAD 디자인에서부터 추가하여 정교한 작업을 하는 것이 필요하다.

2.3 매물작업

레진을 직접 주조하기 위해서는 금이나 은 합금을 사용하더라도 레진의 연소 특성상 700℃ 정도에서 균열이 생기는 석고계 매물제는 제외되어야 한다. 본 실험에서는 신속한 매물과 귀금속 디자인이라는 섬세함을 동시에 만족시킬 수 있는 실리카계 매물재를 조합하여 1100℃까지의 내열성과 우수한 표면 조도를 갖을 수 있는 매물재를 만들어 사용하였다.

이 새로운 매물재는 매우 점도가 강하고 유동성이 적어서 매물에 많은 신경을 쓰지 않으면 안된다. 또한 매물시 유의

하지 않으면 탕도(runner)와 게이트(gate)에 부착된 레진 파
트가 매물 과정에서 이탈되어 불량이 발생하기가 쉽다.

2.4 주조

금이나 은을 주조하는 데 사용하는 석고계 매물재와는 달
리 레진용 매물재는 매물재의 통기도 및 강도가 매우 다르
기 때문에 경험적으로 통상 석고계 매물재 온도보다 약
50-100℃ 정도 높은 온도에서 주조를 하는 것이 좋은 결과
를 얻었다.

2.5 매물재의 제거

레진 매물재의 제거는 소형 착암기를 이용하여 외부 매물
재를 제거하고, 샌드블라스터를 사용하여 세부 부분을 제거
하는 작업으로 매물재를 제거할 수 있으나, 기존 케스팅 작
업과는 달리 매우 조심스럽고 신중하게 작업하여야 또 다른
불량을 방지할 수 있다.

3. 실험 및 고찰

레진은 사용 목적에 따라 각기 다른 특성으로 그 혼합물
이 결정되어 있고, 현재 개발된 레진의 종류가 약 600여종
에 달 하는 것으로 알려져 있다. 또한 복합 화합물로 구성되
어 있어 wax와는 달리 필연적으로 잔여물(ash)가 남고, 이
잔여물은 주조물에 치명적인 결합 또는 표면 거칠기를 극대
화시키는 요인으로 작용하므로 이 잔여물을 최소화 시키는
것이 직접주조(Direct Casting)의 관건이라고 할수 있다.

직접주조에 있어서 가장 중요한 부분은 용해작업으로서
제품에 가장 큰 영향을 줄것으로 사료된다. 따라서, 본 연구
에서는 온도 변화에 따른 잔여물의 정도를 측정하기 위하여
전기로를 사용하였다. 이는 다른 용해로에 비해 필요한 고
온도를 용이하게 얻을수 있으며 조작이 간단하고 온도조절
이 정확하기 때문이다. 또한, 성분 조정이 확실하고 용융금
속의 불순물 흡수도 적으며 산화작용에 의한 용융금속의 손
실이 적은 장점이 있다.

본 실험에서 사용한 3D Systems의 Amethyst 레진의 물
리 화학적 특성은 발화점(Flashpoint) 183℃, 끓는점
(Boiling Pont) >200℃, 점화점(Iginition) >360℃이다.

Photo. 3과 같이 전기로에 직접 노출시킨 상태에서 온도
변화에 따른 잔여물의 량을 관측하는 것이다.

Photo. 4는 온도 175℃로 가열하였을 때의 결과이다.
레진은 색상의 변화만 있을 뿐 연소가 되지는 않은 상태를

보여주고 있다.

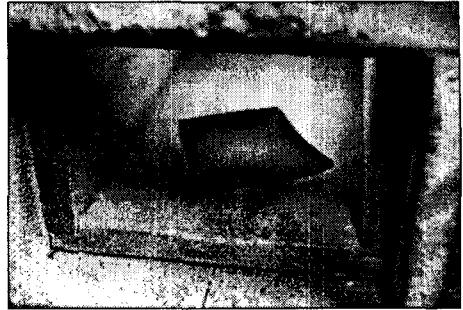


Photo. 3 A view of burning

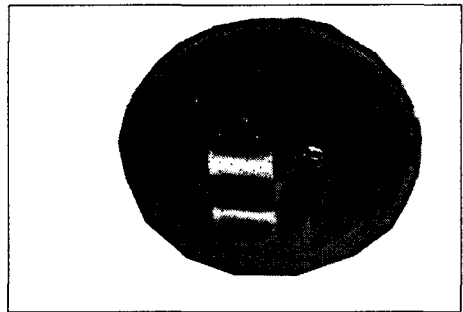


Photo. 4 A view of burning at 175℃

Photo. 5는 온도 온도 175℃에서 400℃로 가열하였을 때
의 결과이다.

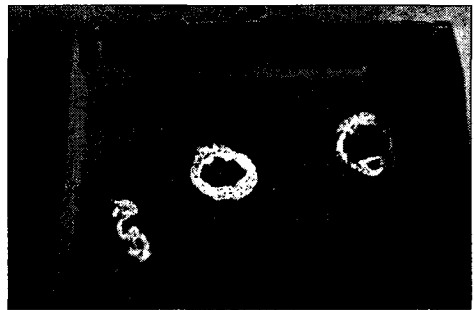


Photo. 5 A view of burning at 175℃→400℃

이 온도 범위에는 레진의 끓는 점과 발화점이 존재하는
구간으로 183℃로 제시되어 있는 발화점(Flash Point)과는
달리 발화가 되지 않고 레진이 끓으면서 많은 가스가 발생
되었다. 또한 연소가 되면서도 많은 불연소 가스가 발생하
였다. 매물재에 묻혀 있을 때는 매물재 내에서 레진이 끓거
나, 불연소 가스가 매물재내에서 열팽창 원인이 되는 것으로

로 판단된다. 또한 이 과정에서 충분한 산소가 공급되지 않거나, 충분한 연소 시간을 갖지 않으면 매몰재내에 다량의 잔여물이 남는 결과를 초래할 것으로 예측된다. 이 온도 영역에서 대부분의 레진은 산화되며, 소량의 잔여물만이 남는 것을 확인할 수 있었다.

Photo. 6과 Photo. 7은 온도 400℃에서 870℃로 가열하였을 때의 결과와 온도 870℃에서 1000℃로 가열하였을 때의 결과를 나타낸 것이다.

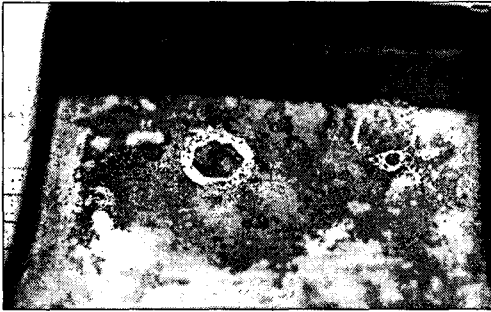


Photo. 6 A view of burning at 400℃→870℃

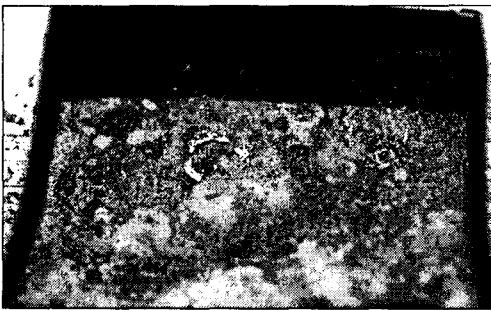


Photo. 7 A view of burning at 870℃→1000℃

온도 400℃에서 870℃의 영역에서는 잔여물의 재연소가 일어난다. 이러한 재연소는 잔여물에 남아 있는 화합물중에 온도 상승에 따라 재연소가 가능한 화합물이 존재함을 의미한다. 이때의 특징은 잔여물이 용기와 밀착된 상태로 압축 공기나 기타 방법으로 잔여물을 제거하기에는 부적합한 상태인 것으로 판단된다.

온도 870℃에서 1000℃로 가열하였을 경우, 1000℃까지 가열 후 관측된 잔여물의 양도 현저히 작을 뿐만 아니라 아주 소량의 잔여물이 남아 있었으며 용기 표면과는 격리되어 있는 상태인 것으로 판단된다. 또한 1000℃에서 2시간

이상을 유지하고 그 결과를 관측하였으나 별 다른 변화를 나타내지 않았고 매몰재내에서의 연소는 개방된 용기 구조와는 다른 특성을 나타낼 것으로 사료되어 이 실험 데이터를 실제 귀금속 주조작업에 적용하는 것이 유리할 것으로 사료된다. Fig. 1은 연소 온도와 잔여량과의 관계를 나타낸 것이다.

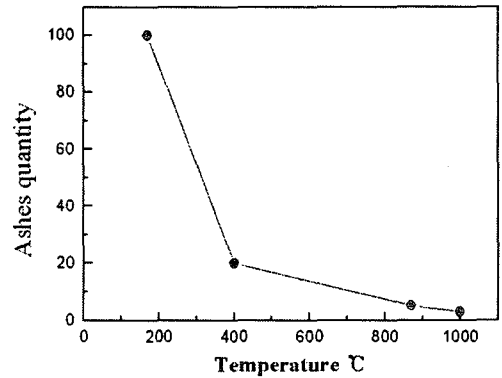


Fig. 1. Relation of temperature and ashes quantity.

한편, 적층조형 방식으로 제작되는 쾌속조형물은 필연적으로 계단 현상이 발생한다. 이는 적층 레이어의 두께에 따라 더욱 확실하게 구분되어 나타나며 귀금속 제품의 품질에 악영향을 준다. 우수한 표면 품질을 유지하기 위해서는 레진의 후처리 공정을 통하여 표면의 거칠기를 최소화 하고, 주조품을 세공하여 최고의 품질을 얻는 방법을 병행하여 처리하는 것이 최상의 품질을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

Photo. 8은 쾌속 조형물(pattern)의 원본 상태로서 적층시에 발생하는 계단 현상이 확연히 나타나 있음을 보여준다. 이러한 계단 현상이 나타난 조형물을 직접 주조하면 주조 표면에도 거칠기가 나타나므로 주조품을 가공해야 하는 어려움이 발생한다.

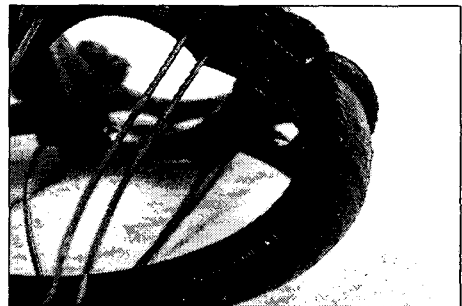


Photo. 8 Shape of original pattern

Photo. 9은 1차 후처리공정과 2차 광택을 한 후의 원형패턴의 상태를 보여준다. 1차 후처리 상태는 계단 현상을 후처리하여 비교적 양호한 품질을 갖고 있다. 이 정도의 품질은 매몰재의 거칠기와 비슷하여 직접 주조를 하는데 아주 좋은 상태라고 할 수 있다.

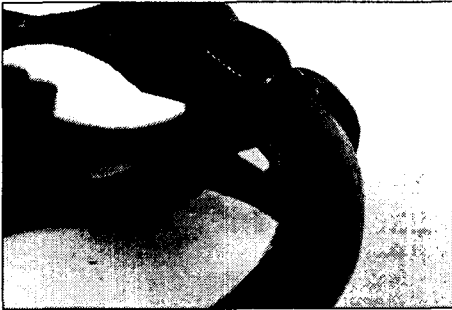


Photo. 9 Shape of treated pattern

2차 광택 상태는 1차 후처리 공정뒤에 유리면 광택을 유지할 수 있도록 버핑과정을 거친 단계로써 출력물을 완품으로 활용하고자 할 때 사용하면 좋다.

Photo. 10은 후처리를 한 후에 직접주조하여 얻은 은반지를 보여주고 있다.



Photo. 10 Produced Silver ring

이러한 직접주조를 하는데 있어서 가장 중요한 것은 레진의 완전 연소를 통하여 잔여물의 양을 최소화하는 것이 중요하고, 레진의 잔여물은 레진의 연소 온도와 직접적인 상관 관계를 갖고 있음을 알 수 있다. 레진을 직접 주조하기 위해서는 최소한

레진 연소 온도를 870℃ 이상으로 유지하여 레진 연소 잔여물을 최소화하는 것이 중요하다. 그러나 주얼리와 같은 정교한 제품의 경우에는 레진 연소 온도를 1000℃ 까지 올려 잔여물을 최소화 하는 것이 중요하다.

또한 패속조형물 자체의 표면 품질 그대로 직접 주조를 하는 것 보다는 조형물 표면의 계단 현상을 제거하는 1차 후가공 공정을 거친 후에 직접 주조를 하는 것이 주조 품질을 유지하는데 더욱 효과적이라고 할 수 있다.

이러한 기술을 바탕으로 산업적 활용 범위를 넓히면 의료항공, 정밀전자, 반도체등에서 필요한 많은 금속 및 비철 금속 제품에 RP를 폭 넓게 적용 할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

귀금속 디자인은 패속조형기로 제작될 수 있는 최고의 난이도를 갖춘 제품이라고 할 수 있다. 1mm의 보석을 정확히 셋팅하기 위해서 4개의 발이 필요하고, 보석을 받쳐주는 난집이 있어야 하고, 보석 배열의 정확성과 미적 아름다움을 유지하기 위한 자유로운 선을 갖춘 디자인이어야 하는 복잡성을 갖춘 최적의 상품이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 패속조형기를 이용하여 귀금속 제품을 생산하는 프로세스를 구축하고 패속 패턴을 직접주조하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 레진의 잔여물은 레진의 연소 온도와 직접적인 상관 관계를 갖고 있고 직접주조를 위해 연소온도는 870℃ 이상을 유지하여야함을 알았다.

(2) 적층된 패속조형물의 계단을 후처리하여 직접주조하였을 경우 더욱 양호한 면을 얻을수 있었으며, 주얼리 제품인 경우는 1000℃ 정도가 가장 우수한 양상을 보였다.

참고문헌

(1) D. F. Walczyk, and D. E. Hardt, "A new rapid tooling method for sheet metal forming dies", proceeding of 5th International Conference Rapid Prototyping, 275-289, 1994

(2) Ransom & Randolph, "Application Instructions R&R Platinum Investment & Binder", 2001

(3) 3D Systems, "Material Safety Data Sheet", 2003