
주얼리CAD와 RP 장비를 이용한 주얼리제작 활용방안

Plan of Jewelry Product Application Using Jewelry CAD and RP Equipment

김문배
인덕대학 주얼리디자인과

Moon-Bae Kim(artcam@hanafos.com)

요약

주얼리 관련 산업은 국내 시장의 불황, 디자인 개발 부재, 기능 인력의 부재와 높은 인건비 부담으로 고민에 처해 있다. 또한 소비자들의 가격대비 최대한의 가치를 가진 차별화된 제품을 원하고 있다.

주얼리 CAD와 RP 장비는 수작업에 의존했던 주얼리 제조업체에게 생산성을 단축시켜주고 다양한 디자인과 빠른 신제품을 제공해 줄 수 있다. 하지만 아직까지 RP에서 출력된 합성 수지의 직접 주조의 어려움으로 원본 작업에 필요한 만큼의 최상의 주조 소환 사이클을 알지 못하는 상태이다.

이에 본 연구자는 CAD의 활용성과 RP 장비에 관하여 분석하고, 주얼리 CAD 작업과 RP 작업을 통하여 직접 주조가 가능하도록 주조 소환 사이클을 분석하여 원본 제작에 적합한 제품을 제작할 수 있었다. 이 논문을 통해 주얼리 제품의 질적 향상과 차별성을 확보하여 다양하고 경쟁력 있는 디자인과 제품 생산에 새로운 기반을 제공하는 것에 의의를 찾고자 한다.

■ 중심어 : | 주얼리 | 주얼리카드 | 쾌속 3차원 조형기술 |

Abstract

The Jewelry-relation industry is being placed in the crises which are serious with depression of domestic market, design development and a major force absence also high labor cost charge. The consumers have the value of the price preparation maximum and product differentiation which they want. The Jewelry CAD and RP equipment shorten cost of production enterprise which depended hand-metal work provided for the various design and a rapid new product. But until now, it was necessary to the original work of best condition casting vacuum cycle as difficult with direct casting of synthetic resin from RP equipment.

I intend to imply significance about through the CAD and RP equipment application result with it analyzes, after jewelry CAD and RP work applicable to direct casting will be possible and able to through the casting vacuum cycle produce the product which is suitable in the original production.

Through the this paper jewelry secures a quality improvement of the product and discrimination characteristic being various competitive power of design and provide a new base in product production.

■ keyword : | Jewelry | Jewelry CAD | RP(Rapid Prototype) |

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

현재 국내 주얼리 산업은 2002년 하반기부터 시작된 업계의 불황이 올해로 5년째로 접어들고 있다.

2003년부터 2005년 사이에 벌어진 면세금과 불법 가공자료 문제로 많은 도소매상들과 제조업자들이 세금 추징을 당하면서 업계는 더욱더 힘들어졌다.

이로 인한 주얼리 업체들의 사업 의욕 상실과 구매력 약화는 결국 제조업계를 더욱 힘들게 하는 원인이 되었다.

더욱이 소비자들이 가격 대비 최대한의 가치를 가진 제품을 원하기 시작하였고, 다른 사람과 차별화 되고 품질이나 디자인 측면이 좋은 특별한 느낌을 주는 제품을 선호하기 시작하였으며, 좀더 다양하고 합리적인 가격대의 주얼리 상품을 원하고 있다.

이러한 소비자들의 욕구는 소품종 대량 생산이 아닌 다품종 소량 생산의 체계로 생산구조의 변화와 제품의 다양화와 복잡화, 단축된 디자인 수명에 대하여 국내 주얼리 업체들이 다양한 변화를 시도하고 있지만, 아직 수작업에 의존하여 생산하기 때문에 생산 시간과 비용이 비효율적으로 경연되고 있는 실정이다.

이러한 상황에 주얼리 업체들은 높은 인건비 부담과 다양한 디자인 개발 부담, 생산 소요 시간의 단축을 위하여 1997년 CDA/CAM 소프트웨어인 Jewel CAD와 JCAD CAD PRO의 도입을 시작으로 현재는 RHINO 3D와 3DESIGN JEWEL (이하 주얼리 CAD로 칭함) 등 다양한 소프트웨어와 RP(Rapid Prototyping system) 장비가 보급되었다.

CAD/CAM 방식을 도입한 초창기에는 고가의 RP장비보다 우선적으로 소프트웨어 중심의 발전이 이루어졌고, 현재에는 RP 작업이 전문 용역업체에서 개인 용역으로 이루어지기 시작하였으며, 장비의 효율성이 입증되면서 주얼리 제조업체들이 RP 장비를 도입하여 주얼리 제조 산업의 고질적인 문제를 해결해 나가고 있다.

국내 주얼리 제조 산업의 디자인개발과 제품 생산 응용범위를 확대할 수 있도록 국내에 유입된 주얼리CAD Software와 RP 장비에 대하여 분석하고, 활용 방향을 제시하고자 한다.

2. 연구 내용 및 방법

본 연구는 국내 주얼리 회사에 보급된 RP 장비에 대한 분석을 하고, 최근 독일 Envision TEC사의 Perfactory의 DLP 방식 장비를 중심으로 Jewelry CAD/CAM 시스템의 전개 과정을 실험하고, 직접 주요 작업을 실시하여, 원본 작업의 방향을 제시하여 주얼리 CAD/CAM 시스템을 이용한 작업 방향을 제시하고자 한다.

본 연구의 내용과 방법은 살표보면 다음과 같다.

- 1) 주얼리 CAD의 활용성에 대하여 알아본다.
- 2) RP 장비의 특성에 대하여 알아본다.
- 3) Jewelry CAD 작업과 RP작업을 통하여 작업 방향을 제시한다.

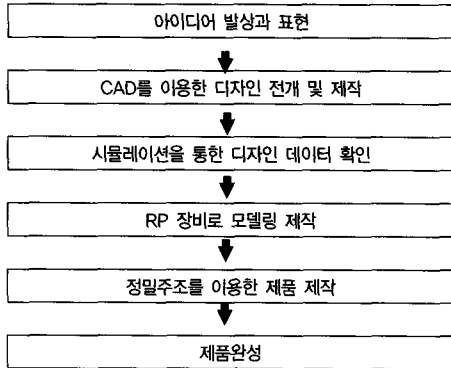
II. 주얼리 CAD의 활용성 및 RP 분석

1. 주얼리 CAD의 활용성

주얼리 제품을 생산하기 위해 디자이너가 제도한 도면을 통한 디자인 개발을 시작으로 세공 기술자에 의한 원본 제작으로 이루어지고 있으나, 컴퓨터 프로그램을 이용한다면, 데이터베이스 활용에 따른 디자인의 다양화와 신속성, 정확한 도면 제작, 원본 제작 시간 단축, 정확한 치수에 의한 작업이 가능하며, 디자이너 중심의 회사 운영이 가능하다. 그리고 가장 큰 부분인 인건비와 생산 경비를 절약할 수 있다.

즉 CAD를 이용하여 컴퓨터 화면에서 디자인 하여 정확한 치수와 다양한 재질과 색상 표현으로 좀더 실물에 가까운 출력물을 얻을 수 있으며, 이 시뮬레이션은 디자이너뿐만 아니라 고객들에게 생산될 실물을 이해할 수 있어, 제품에 대한 만족감을 증대시킬 수 있다. CAD 상에서 보여준 결과물이 확정되면 RP 장비를 이용하여 좀더 주얼리 제품을 과거에 비해 비용 절감 효과는 물론 단순한 시스템 과정으로 고품질 제품들을 생산할 수 있다.

표 1. 주얼리 CAD Process



2. RP (Rapid Prototyping) 장비 분석

RP 장비는 3차원 CAD Modeling Data로부터 별도의 추가 작업 없이 간단한 데이터 변환을 한 다음에 작업자가 지정한 두께로 연속적으로 적층하여 CAD 모델링 형상과 동일 형상의 제품을 제작하는 기술을 말한다. 이 기술은 1986년 미국 3D Systems 사로부터 상용화된 SLA(Stereo Lithography Apparatus) 방식을 시작으로 급속히 발전하기 시작하였다.

현재 상용화 되고 있는 모든 RP시스템은 Layer by Layer에 의한 적층 방식의 제작 원리를 채택하고 있으며, 이때 사용하는 재질은 왁스, 종이, 광경화성 수지, 세라믹 등의 다양한 재료를 사용하고 있으며, 수지의 종류 및 고형화 방식등에 따라 다소 약간의 제작상의 차이가 있으며, 이와 같은 기술적 제작 프로세스의 차이에 의하여 완성되는 시제품의 물리적, 공학적 특성에 차이를 보이고 있다.

RP장비의 가장 큰 특징은 제품 개발 기간과 제작 시간을 대폭 단축시킬 수 있어, 보다 저렴한 비용으로 고품질 제품을 만들 수 있다는 점이다[1].

2.1 RP 장비의 종류와 원리

먼저 RP 장비의 제작 방식에 따른 분류와 특성을 조사해 보았다.

- SLA (StereoLithography Apparatus)
모델링 데이터로부터 얻어진 미세 두께의 단면에 해

당하는 영역을, 특정과장의 UV레이저 빛을 광경화성 수지의 액면에 Scan-Hatching(X-/Y-축)하여, 해당 미세 두께를 연속으로(Z축) 고형화/적층하여 원하고자 하는 3차원 입체 형상을 얻는 방식이다.

- FDM (Fused Deposition Modeling)

가는 실(Filament) 형태의 열가소성 소재를 용융점 바로 위 온도까지 가열하여 노즐을 통해서 분사한다. 분사한 층이 고화되면 그 위로 노즐을 이동시키고 소재를 다시 분사하여 다음 층을 만든다. 이 공정은 왁스, 나일론, 플라스틱 등의 소재를 사용할 수 있다.

- SLS (Selective Laser Sintering)

부품의 층을 연속적으로 생성하기 위해 CO2 레이저 광선을 분말 형태의 소재의 표면에 주사하여 소재를 융합시키거나 소결시켜 결합시킨다. 한 층이 완성되면 제작 받침대가 내려가고 새로운 분말층을 롤러를 사용하여 균일하게 도포한다. 이 공정은 분말 형태의 왁스, 나일론, 메탈 등을 사용할 수 있다.

- SGC(Solid Ground Curing)

액상 수지를 자외선으로 경화시킨다는 점은 SLA와 유사하나 이 공정은 한 층씩 한꺼번에 레이저 광선을 주사하는 방법을 사용한다. 부품의 한 층을 나타내는 건식 인쇄 음화(Xerographic negative)가 덮여 있는 유리판을 액상 수지면 바로 위에 놓고 그 위로 고강도의 자외선을 주사하여 단면 한 층을 만든다.

- LOM(Laminated Object Manufacturing)

한쪽 면에 접착제가 입혀진 종이를 가열된 롤러를 사용하여 이전 종이 층 위에 눌러 붙인 다음, 부품 단면 층의 외곽선을 따라 레이저 광선을 주사한다. 각 층에서 부품 단면이 아닌 곳은 제작 후 쉽게 떼내기 위해서 적당한 크기의 격자 형태로 레이저를 주사한다.

- DLP(Digital Light Processing)

130만개 정도의 미세한 DMD(Digital Micromirror Device) Chip의 표면에 거울의 반사 원리를 사용하여

신호에 따라 반사 각도를 조절하면서 이미지를 구현하는 방식으로 광경화성 수지를 일정한 양만큼 분사하여 원하는 형상을 경화시킨다.

2.2 국내 주얼리 업체에 보급된 RP 장비 분석

현재 국내 주얼리 업체에 도입된 RP 장비는 미국 Solidscape의 T66, 미국 3D Systems의 InVision HR, 일본 Meiko사의 LC 520, LCV-810, 독일 Envisiontec사의 Perfactory 제품이 대표적이다. 위 장비들을 비교 분석하면, 미국 3D Systems의 InVision HR은 3D Systems의 Multi Jet Modeling 프린트 기술과 아크릴 광중합체 기술을 결합한 방식으로 프린터 헤드로 형상 재를 젤 상태로 녹여 제트분사하고 동시에 지지대로 왁스를 분사 경화하여 파트를 조형하는 방식으로 시간당 6mm를 적층 할 수 있는 빠른 제작 속도를 가지고 있다. 또한 지지대를 녹여서 제거하기 때문에 복잡한 구조나 내부 형상을 가진 제품 제작에 효과적이다.

하지만 적층 두께 해상도가 거칠다는 점과 정밀주조 작업에서 불완전 연소로 인하여 원본 제작에 필요한 정밀한 완성도가 떨어진다는 단점을 가지고 있어 직접 주조 작업은 의미가 없으나, 고무 몰드 작업은 가능하다. 따라서 고무 몰드 작업이 불가능한 제품은 제작을 부분별 파트로 나누어 작업을 실시하여 제작한다는 또 하나의 단점을 가지게 된다.

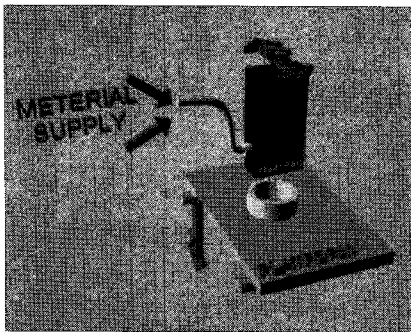


그림 1. InVision HR Multi Jet Modeling 방식[3]

미국 Solidscape의 T66은 잉크젯 방식과 비슷한 FDM 방식과 3-D Plotting 개념으로 프린터 헤드에서 주왁스 재질과 보조 왁스 재질을 분사하여 파트를 보형

하는 방식으로, 표면이 거칠고 제작 속도가 느리다는 단점이 있으나, 재료가 왁스 재질로 되어있고 보조 왁스를 솔벤트로 녹여 제거하기 때문에 내부 형상을 가지고 있는 제품의 정밀 주조 작업이 양호하다는 장점을 가지고 있다.

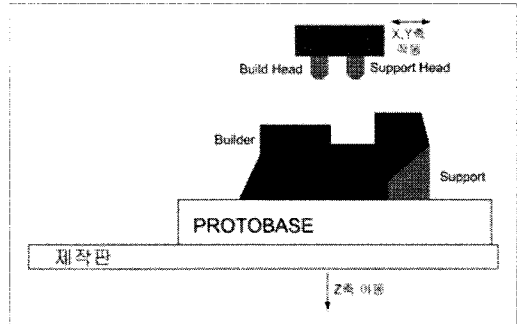


그림 2. Solidscape의 T66 제작 방식[4]

독일 Envisiontec사의 Perfactory는 DLP 방식으로 한 층 전체를 가시 광선으로 한번에 경화시킨다. 반지 15~30EA 제작 시간이 해상도를 조절함에 따라 4~8시간 정도가 소요되며, 0.015mm~0.05mm로 적층 가능하여 정밀한 제품 생산에 적합하다. 왁스 성분이 많은 열경화성 수지를 사용하여 정밀 주조작업에서 완전 연소로 인하여 정밀한 주조 작업이 가능하다.

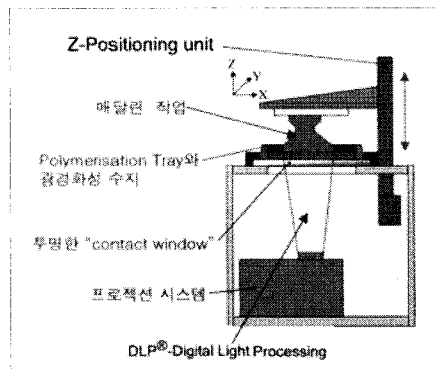


그림 3. Envisiontec사의 Perfactory 제작 방식[5]

이에 본 연구자는 주얼리 CAD 프로그램인 Rhino 3D 와 독일 Envisiontec사의 Perfactory를 사용하여 주얼

리 디자인 작업 후 RP 장비의 열경화성 수지가 완벽한 정밀 구조로 완성하여 주얼리 업체에서 원하는 주얼리 제작 과정을 모색하고자 한다.

2.3 CAD 소프트웨어와 RP 작업 과정

현재 국내 주얼리 관련 CAD 프로그램은 Jewel CAD, JCAD-PRO, Rhino-3D를 대표적인 소프트웨어로 사용하고 있다.

초창기 소프트웨어의 상태에서는 각 소프트웨어간의 호환이 힘들었으나, 현재 각 소프트웨어의 업그레이드를 통하여 대표적인 파일 유형인 STL 파일로 소프트웨어간의 호환이 가능해 졌다. 따라서 소프트웨어의 우월성을 따지는 것보단 사용자의 숙련도에 따라 제품 완성도의 차이가 날 뿐 차이가 거의 없어졌다.

STL 파일 형식은 본래 3D시스템사에서 개발된 형식으로 부품의 실제 면을 수많은 삼각형 면들로 근사화하여 나타낸 것이다. 각각의 삼각형은 X, Y, Z 공간상의 세 점과 하나의 법선 벡터(Vector)로 표현되는데, 이 법선 벡터는 면이 부품의 안쪽을 향하는지 바깥쪽을 향하는지 구분하기 위한 것이다. STL 파일에서 삼각형의 크기는 CAD 시스템 내에 설정된 분해능을 기준으로 하여 생성되며, 원하는 크기로 크거나 작게 할 수 있다.

Envisiontec사의 Perfactory는 STL 파일 형식을 호환하며, 완벽한 제품 출력 작업이 가능하다. RP 작업시 CAD 모델링에서 Support를 작업해 모든 부분이 완벽히 형성될 수 있도록 작업해 줘야 한다.

Support간의 두께는 0.6mm~0.8mm의 두께 정도로 수평을 유지하여 형성하여 주며, 거리는 3mm 정도를 유지 하여야 한다. 모델링 물체에 따라 Support의 두께를 더욱 두껍거나 얇게 작업해야 하는 경우도 있으며, 거리를 3mm 이상으로 간격을 벌릴 경우 RP 작업시 적층면이 늘어져 물체의 형상이 변형되는 경우가 생길 수 있다. 따라서 3mm의 간격으로 Support 작업을 실시해야 하며, 평면상에서 3mm 이하의 넓이는 RP 장비에서 자동적으로 면의 형성이 가능하기 때문에 Support를 만들어 주지 않아도 가능하다.

Support 작업 후 STL 파일로 변환하여 RP 작업을 실시하여, 0.015mm~0.05mm 사이의 적층 두께 중 적

당한 적층 두께를 선택하여 조형 한다.

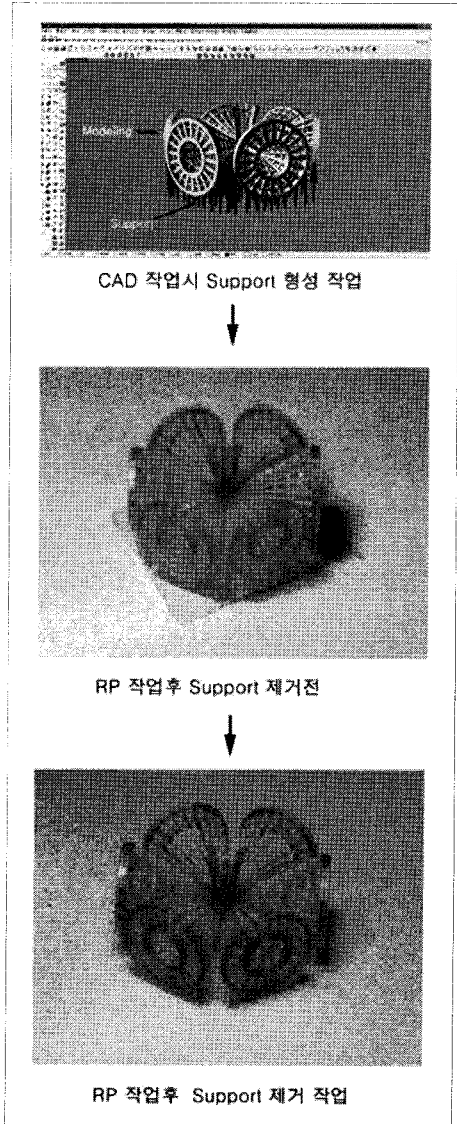


그림 4. CAD 작업시 Support 형성 및 RP 작업후 Support 제거 작업

완료된 모델링은 고무 몰드와 직접 구조에 의하여 작업이 이루어질 수 있는데, 고무 몰드의 경우 모든 작업이 가능하지만, 직접 구조의 경우, 불완전 연소의 상황이 발생하여 완벽한 구조가 이루어지지 않고 있다.

이에 열경화성 수지의 성분을 분석하고, 분석 결과를

토대로 주조 테스트를 하여 완벽한 연소를 이루어 주조를 할 수 있는 주조 소환 사이클을 얻을 수 있었다.

지를 거의 완전 연소시켜 원본 작업에 적합한 결과를 얻을 수 있었다.

표 2. 열경화성 수지 성분 분석

Chemical composition	Percentage
Methacrylate monomer	60~90%
Acrylate monomer	0~30%
Photoinitiator	0.1~5%

- 왁스 주조 소환 사이클로 주조 실시할 경우
- ① 일반적인 주조 방법과 같이 모델링 물체를 플라스틱에 매몰 한 후 플라스크를 전기로에 넣는다.
- ② 전기로의 온도는 실온에서부터 시작한다.
- ③ 실온 ~ 200°C : 첫시간
- ④ 200°C~400°C : 두째시간
- ⑤ 400°C~600°C : 세째시간
- ⑥ 600°C~700°C : 네째시간
- ⑦ 700°C 유지 : 나머지 두시간
- ⑧ 주조 대기온도 426°C : 정온의 경우[2]

결과 : 열경화성 수지가 완전 연소되지 않아 표면에 많은 기포와 정밀한 부분의 상태가 좋지 않았다.

- 열경화성 수지 주조 소환 사이클
- ① 일반적인 주조 방법과 같이 모델링 물체를 플라스틱에 매몰 한 후 플라스크를 전기로에 넣는다.
- ② 전기로의 온도는 실온에서부터 시작한다.
- ③ 실온 ~ 50°C : 30분
- ④ 150°C~200°C : 2시간 후 지속 1시간
- ⑤ 400°C~450°C : 2시간 후 지속 1시간
- ⑥ 550°C~600°C : 2시간 후 지속 1시간
- ⑦ 600°C~780°C : 2시간 후 지속 2시간
- ⑧ 주조 대기온도 630°C : 1시간 후 주조를 실시한다.

결과 : 일반 주조시 합성수지를 완벽하게 연소시키기 위해서는 800°C 이상으로 전기로의 온도를 상승시켜야 하나 일반 주조 매물체는 온도를 유지 못하고 파괴되는 문제를 발생 시킬 수 있으나 본 연구자가 연구한 주조소환 사이클에 의한 작업을 한 결과 합성수

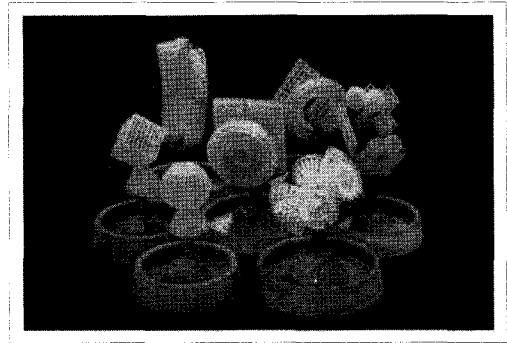


그림 5. 매물전 모델링 물줄 부착 작업

주얼리 CAD 작업과 RP 작업을 실시해 본 결과 CAD 작업시 모델링의 STL 파일 변환시 Tolerance (허용오차 : Surface 또는 Solid와 STL 파일용으로 만든 다각형 Mesh 사이의 최대거리)를 어느 정도로 작업해 주느냐에 따라 물체 표면조도 정도가 달라졌으며, RP 작업 후 주조 작업은 수지의 상태와 같은 표면 조도를 유지되는 거의 완전 연소되어 나오는 금속의 상태를 얻을 수 있었다.

따라서 이제는 고무 몰드 작업이 가능한 작업만이 아니라 내부 구조가 형성 되어 있거나, 얇은 선재로 이루어져 있는 고무 몰드 작업이 불가능한 형태들도 주조에 의해서 금속 작업이 가능하기 때문에 다양한 형태의 디자인 작업과 제품이 가능해 질 것이다.

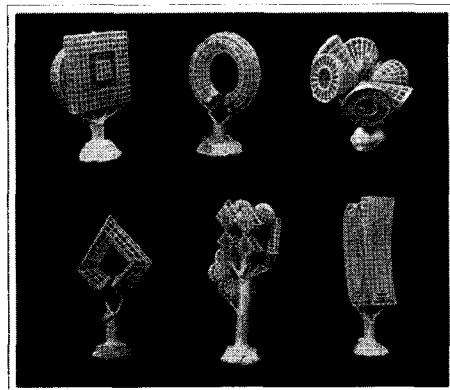


그림 6. 주조 후 원본 상태

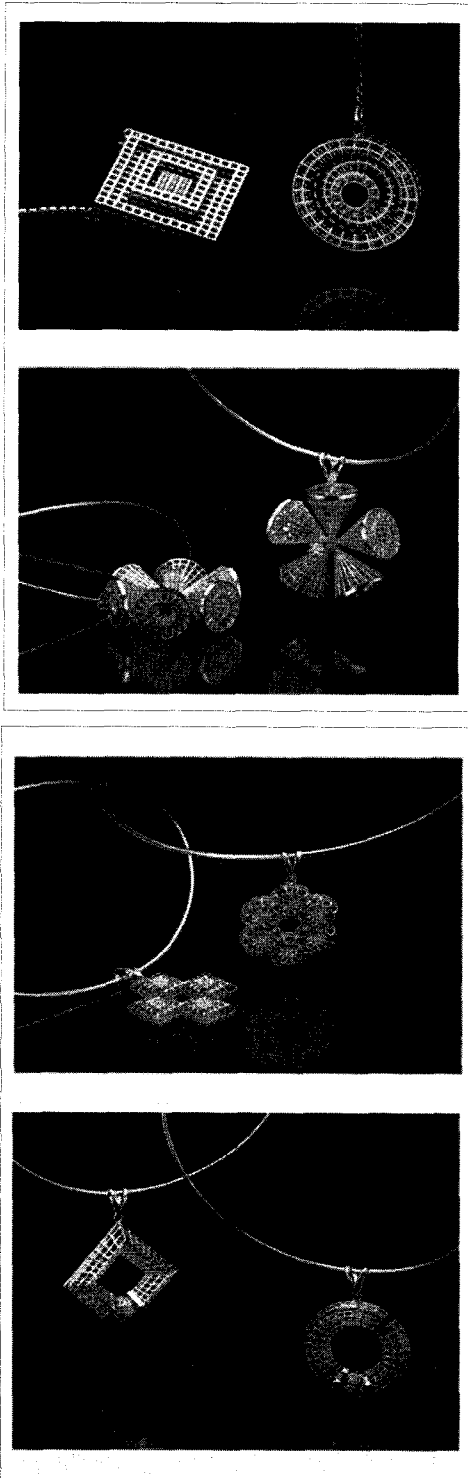


그림 7. 완제품

III. 결 론

주얼리 업계는 CAD와 RP 장비라는 주얼리 디자인과 제작에 용이한 소프트웨어와 하드웨어가 준비되어 있지만, 아직까지도 100% 활용을 잘하지 못하고 있는 실정이며, 주조 작업 과정에서 품격있는 제품이 불가능했었기 때문에 많은 업체들이 장비 도입을 망설이고 있다.

주얼리 CAD와 RP 장비를 이용한 주얼리 제작 활용 방안으로 다음과 같은 몇 가지 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 주얼리 CAD를 이용하여 차별화 되고 미래지향적 주얼리의 제품 생산을 기대할 수 있다.

둘째, 빠른 시간에 다양한 디자인과 시제품을 제작할 수 있으며, 인건비와 생산 경비의 절감을 기대할 수 있다.

셋째, 주조 문제점 해결로 대량의 원본 작업에 적합한 작업이라는 것을 확인 할 수 있었다.

넷째, 지금까지 수작업으로 불가능했던 작업을 CAD와 RP 장비를 사용하여 해결할 수 있었다.

본 연구를 통해 주얼리업계에 제품의 디자인과 제품의 질적 향상, 각 업체간의 차별성을 유도하며, 경쟁력 있는 디자인 제품 생산이 가능해져, 디자인과 제품 개발에 투자되는 시간과 비용 절감에 많은 역할을 할 것이라 생각한다.

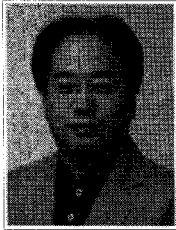
참 고 문 헌

- [1] 정용진, 김태환, 조형분야의 RP기법과 활용, 국민대학교 출판부, pp.12-28, 2005.
- [2] 전용일, 금속공예기법, 디자인하우스, p.153, 1994.
- [3] <http://www.ktech21.com>
- [4] <http://www.sjit.co.kr>
- [5] <http://www.prototyping.co.kr>

저자 소개

김 문 배(Moon-Bae Kim)

정회원



- 1997년 2월 : 서울산업대학교 금속공예디자인학과(미술학사)
- 2000년 2월 : 서울산업대학교 산업대학원 산업공예학과 금속공예전공 (미술학석사)
- 2005년 4월 ~ 현재 : 인덕대학교 주얼리디자인과 겸임교수

<관심분야> : 주얼리, 주얼리CAD, 캐속3차원조형기술