쾌속조형기술을 이용한 전통상감 베이스 개발

Development of Traditional Inlaying Base Using Rapid Prototyping Technique

장운근

영남이공대학교 기계계열

Woongeun Jang(baja2000@ync.ac.kr)

요약

오늘날 소비자의 요구가 점점 다양해지고 신제품 개발 사이클이 짧아짐에 따라 쾌속조형기술이 점차로 광범위하게 사용되고 있다. 본 연구에서는 일반적으로 CAD/CAM기술의 활용도가 점차 증대되고 있는 귀금속분야에 사용되는 쾌속조형기술을 전통상감기법을 사용한 공예상품의 상감베이스를 제작하기 위하여 적용하였다. 쾌속조형기술은 상감베이스를 제작하는 데 있어 기존의 전통수공예 기법으로 제작된 상감베이스보다 정밀하고 균일하며 다양한 입사 홈을 제작 할 수가 있어 보다 정교한 언더컷 형상과 균일한 상감디자인을 형상화 할 수가 있었다. 따라서 본 연구에서는 쾌속조형기술을 통하여 상감베이스 입사홈 가공에 있어 보다 단시간에 작업자의 숙련도에 크게 좌우되지 않고 균일한 문양과 다양한 곡선 상에 입사홈을 가진 상감베이스를 제작할 수가 있었고 이는 품질, 비용, 납기 측면에서 보다 개선된 상감베이스를 제작 할 수가 있었다.

■ 중심어 : | 쾌속조형기술 | 상감기법 |

Abstract

RP(Rapid prototyping) technology is widely used to reduce the cost and cycle time of new prototypes in industries as new product development cycle time currently shortened and the voice of customers also become to be diversified. In this study, RP skill used in making jewelry products was adapted to develop the metallic inlaying base of traditional handicraft products as the significance of CAD/CAM technologies was increased. The RP technology showed that it helped the handicraftsman to cut the groove for inlaying metallic wire more easily, uniformly and diversely than conventional handicraft technique in making the groove with undercut shape. Therefore this study showed that RP technology applied for the metallic inlaying base achieved more elaborate, intricate and uniform patterns, not depending on craftsmanship ,compared with conventional handicraft skill in terms of quality, cost and delivery.

■ keyword : | Rapid Prototyping | Metallic Inlaying |

I. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

최근 들어 한류의 영향으로 인해 한국문화에 대한 관

심이 점점 더 고조되고 있다. 이러한 시류에 편승하여 한국을 방문하는 관광객의 수가 증가함에 따라 한국전통공예문화상품에 대한 관심도 점차로 증대되고 있다. 특히 주얼리상품과 같은 공예문화상품은 관광객들이

* 본 연구는 2012년 중소기업기술개발 지원사업[00041151], 산학연공동기술개발 지역사업의 지원으로 이루어졌음.

접수일자 : 2013년 11월 22일

수정일자 : 2013년 12월 18일

심사완료일 : 2013년 12월 19일

교신저자 : 장운근, e-mail : baja2000@ync.ac.kr

주로 선호하는 기념품으로 그 시장이 점점 성장하는 있는 상황이며 전통문화를 응용한 주얼리상품 개발 또한 활발히 전개되고 있다.

일반적으로 공예문화상품은 민간에 의해 전승되어 오고 있는 기능, 기술, 기법 및 전통재료들을 근간으로 하여 생산되는 조형제품으로 주로 수공예적인 기법으로 제작되어 그 지역의 특색과 문화를 반영하는 제품들이라고 할 수가 있다. 이러한 환경에서 태생한 전통공예문화상품은 민간전승으로 기술전파가 되기에 주로 수공예형태의 공방과 같은 소규모의 제조업단위로 생산제조되고 있다. 일반적으로 공예문화상품이라는 것 자체가 민간전승기술을 토대로 생산되는 관계로 그 나름의 독특한 지역색을 띠고 있는 장점이 있으나 한편으로는 이러한 환경적 패쇄성으로 인해 새로운 기술의 도입이나 새로운 디자인 개발에 어려움을 야기하기도 한다[1].

특히 국내시장에는 투자규모의 영세성, 전문 기능인력 양성과 질적 수준의 부진으로 인해 창의적이고 다양한 신제품 개발에 어려움이 존재하고 있다. 이는 오늘날과 같이 다양한 소비자의 요구가 존재하는 관광상품 시장에서 단순한 토속공예문화상품으로는 시장의 요구에 부응하기에는 여러 가지 한계점을 지니고 있다는 것을 의미한다. 국내의 주얼리 제품군들도 이러한 전통문화상품 개발환경과 같이 금은 세공 기술자에 의한 수공업 방식으로 제작되고 있는데 한국 주얼리 시장의 환경적 제약으로 인해 체계적인 시장 성장에 한계가 따르고 있는 실정이다. 특히 이러한 국내시장의 투자규모의 영세성으로 양산화에 한계가 있으며 소규모의 자본과 고용형태 그리고 투자로 인해 가내 수공업적인 생산형태를 벗어나지 못하고 있으며 무질서한 가내수공업 형태의 업체의 난립과, 가내수공업적인 기술의존도가 높기 때문에 제품으로의 특성 즉, 디자인 규격, 품질 등의 표준화를 이루기가 매우 어려운 실정이다. 또한 제도적인 지원 측면에서도 품질인증에 대한 국가제도의 미흡과 전문인력도 부족하여 새로운 디자인 개발 및 신기술을 적용한 제품 개발이 어려운 것이 현실이다[2].

이렇듯 주얼리나 공예품 등이 한류 문화상품으로 성공을 거두기 위해서는 글로벌적인 보편성과 한국문화

의 속성을 잘 살려 보다 다양한 형태의 디자인과 기법들을 현대적인 감각으로 재창조하고 경제성을 고려한 상품개발이 이루어져야한다. 이렇듯 관광문화상품으로의 주얼리 시장과 공예품시장의 활성화를 위해서는 보다 체계적인 제조기술의 개발, 제조관리 및 유통관리 등이 필요하다고 볼 수가 있고 우리고유의 기술과 현대적 기술을 융합한 공예상품의 개발로 새로운 창조경제적 발상이 요구된다고 할 수가 있다.

따라서 본 연구에서는 주얼리 및 공예문화상품에 사용되는 전통기법 중의 하나인 상감기법을 기계기술 분야에서 활발히 사용되고 있는 3D CAD와 최근 3차원 디지털프린터 기술로 일반적으로 불려지고 있는 쾌속조형기술(Rapid Prototyping)을 상감기법에 적용하고자 한다. 이를 통하여 기존상감기법과 비교검토하기 위한 평면 상감베이스를 개발하고 기존상감기법으로는 표현하기 어려운 입체적인 곡면, 곡선이 존재하는 디자인을 쾌속조형기술을 이용하여 실험적으로 구현하고, 상감베이스의 재현성, 정밀도를 향상시키고 작업시간과 숙련의존도를 낮추어 기존의 전통적인 상감기법의 한계점을 극복하여 상감기법의 공정능력을 향상시켜 QCD(Quality, Cost, Delivery) 측면에서 제품으로써의 가치를 높이하고자 한다.

II. 본 론

1. 공예품에서 상감기법의 적용

상감(象嵌)이란 용어의 어원을 살펴보면 인도의 코끼리 상아를 목재에 감입하는 데에서 유래되었다. 상감이란 용어 자체가 코끼리 상아를 박아 넣는다는 것을 뜻하는데 넓은 의미에서는 나무, 돌, 도자기, 금속의 바탕 재질물 위에 특정한 문양의 흙을 파내어 색상 및 재질이 다른 상아, 자개, 금, 은, 돌가루 등의 재료를 감입시켜 재질물의 표면을 보다 더 심미적으로 보이도록 하는 기법이라고 할 수가 있다. 공예제품의 제작기법으로 오래전부터 사용되어온 상감기법은 고대 서양의 오리엔트에서부터 시작되었다고 전해지며 동·서양으로 전파, 발달하면서 한반도에도 상감기술이 전파되어 발전

하게 되었다[3]. 특히나 귀금속 및 일반금속공예에서 상감기법은 물형을 이루는 바탕면에 흠을 파고 색이나 질감이 다른 재료를 그 안에 끼워 넣어서 장식하는 기법으로 상감이란 용어와 함께 ‘입사’라는 용어도 많이 쓰고 있다. 입사란 금속의 표면장식 기법 중의 하나로 바탕이 되는 금속에 문양을 연속된 흠으로 음각 한 후 금, 은 등의 선재를 밀어 넣어 색상의 차이를 이용하여 문양을 나타내는 기법을 말한다. 즉 상감베이스를 이루는 베이스금속에 특정한 흠을 파고 기타 다른 접착제등의 매개물이 없이 서로 다른 금속을 입사하고 장식하여 디자인적인 요소를 표현하는 금속표면 장식기법이다.

금속상감기법 중 가장 많이 사용하고 있는 상감기법으로는 선상감과 포목상감이 있으며, 선상감기법은 주로 청동베이스에 흠을 파서 금·은선을 감입시켰던 기법이 주로 사용된데 반해 포목상감은 조선시대 유물에서 많이 볼 수 있는 기법으로 바탕금속의 표면에 실을 찌듯이 철필 등으로 바탕금속을 포목처럼 흠을 낸 다음 이 바탕금속에 순금, 순은 적동 등의 금속선을 이용하여 무늬를 새겨 넣는 기법을 말 한다[4]. 이처럼 상감기법은 예전부터 주로 단검, 보검 등의 도검류와 종교적 의식에 사용되는 제기 및 생활용품 등의 제작에 사용된 전통 금속공예기법이지만 근래에 이르러 제조공정의 복잡성과 한계성으로 인해 장신구 등에 활용이 되고는 있으나 활발하게 적용이 되지 않는 실정이다.

2. 귀금속공예분야에서의 CAD/CAM 기술의 적용

2.1 일반적인 CAD/CAM기술의 활용

제품에 대한 소비자들의 요구와 다양한 형상의 디자인이 요구됨에 따라 컴퓨터의 비약적인 발전에 힘입어 오늘날 CAD/CAM(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)기술은 여러 분야에서 폭넓게 활용되고 있다. CAD/CAM기술은 컴퓨터와 관련된 디지털 기술을 기반으로 하여 제품의 디자인과 생산 등에 컴퓨터를 이용하여 보다 쉽고 다양하게 제품을 설계, 제조하는 것을 말한다. 이는 단순한 설계 제작 작업뿐만 아니라 복잡하고 정교한 3차원 형상의 생성, 수정 등이 가능한 다양한 CAD 소프트웨어들의 등장으로 더욱 가속화되고 있다. 또한 3차원 CAD데이터를 이용하여 3

차원 형상을 가공할 수 있는 CAM기술의 등장으로 보다 신속하고 모델링뿐만이 아니라 정확한 제작까지도 가능하게 되었다. 현재 귀금속 디자인분야에서는 3차원 주얼리 디자인을 위한 범용디자인 모델러 인 Rhino 3D와 귀금속 전용의 Jewel CAD 등이 주로 활용되고 있는데 이들은 3차원을 기반으로 하여 다양하고 복잡한 형태의 디자인도 정확하게 표현할 수 있어 디자인작업에 적합한 소프트웨어로 인식되어 현재 산업디자인분야뿐만이 아니라 금속공예분야와 귀금속 분야에서도 많이 사용되고 있다. 국내 주얼리 산업도 제품생산 방법의 다양화를 시도하며 소비자들의 만족도를 끌어내기 위하여 많은 노력을 기울이고 있으며 2000년대 이후 큰 규모의 귀금속제조 업체들의 CAD/CAM을 이용한 제조 방식의 도입과 CAD/CAM을 활용한 용역 업체들의 증가로 인하여 제품의 디자인과 제품생산방식에 많은 변화를 가져 오게 되었다[2].

따라서 주얼리 산업에서도 여러 가지 디자인 시안을 3D CAD를 통해 구현함으로써 숙련공이 아니더라도 디자인 시안을 개발 할 수가 있게 되었으며 디자인을 손쉽게 편집하여 완성 할 수 있는 장점을 통해서 보다 참신하고 다양한 디자인을 실현할 수가 있게 되었다[5].

2.2 쾌속조형(Rapid Prototyping)기술의 활용

오늘날 제품경쟁력 강화의 핵심 중 하나는 빠른 시장 대응력이라고 할 수 있을 만큼 제품개발 사이클이 급속도로 빨라지고 있다. 따라서 개발초기 단계에서부터 제품에 대한 많은 정보를 바탕으로 설계의 시행착오를 줄이기 위한 많은 시도가 전개되고 있다. 그 중 제품을 검증하기 위한 효율적인 시작품 제작방법으로 쾌속조형 기술 또는 신속조형기술이라고, 본 연구에서는 일반적인 기계CAD/CAM분야에서 보편적으로 사용하는 쾌속조형기술로 표현함, 하는 RP(Rapid Prototyping)기법이 점점 보편화 되고 있다. 1987년 미국의 3D System사에서 처음으로 개발된 쾌속조형기술은 제품의 3D CAD 데이터로부터 광경화성 수지 등의 재료를 적층하여 제품을 직접 만들 수 있는 새로운 개념으로 이를 통하여 설계 및 개발의 동시공학기술 적용이 가능하고, 소요 비용 및 시간을 획기적으로 단축함으로써 제품의 다양

성, 납기 등과 같은 시장의 요구를 만족시키고, 제품 적응력을 제고할 수 있는 시제품 제작기법으로 많이 활용이 되고 있다. 이 기술은 초기에 주로 자동차 항공 산업 및 의료기기 분야에 활용이 되다가 오늘날에는 점차로 정밀도와 표현능력이 발전하게 되어 정밀하고 복잡한 형상이 주를 이루고 있는 제품 디자인, 귀금속 주얼리 디자인에도 널리 활용이 되고 있다. 대략 그 기술들을 분류해보면 액상의 광경화성 수지에 레이저광을 선택적으로 조사하여 한층 씩 적층해나가면서 광경화성수지를 이용하는 광조형법(SL: Stereolithography)방식과 선형태의 수지 재료가 가열된 노즐을 통과하는 동안 용융되어 이때 노즐이 제품의 3D CAD 모델 단면 데이터를 따라 이동하면서 용융재료를 압출하여 융착시키는 용착조형공정방식인 미국 Starasys사의 FDM(Fused Deposition Modeling)방식, 그리고 분말재료 소결을 이용하는 공정으로 균일한 크기의 고체분말을 한 층씩 균일하게 도포한 후 제품의 단면의 형상대로 레이저 광선을 조사하여 고체분말을 용융결합시켜 3차원 형상을 얻는 SLS(selective Laser Sintering)방식 등이 대표적이다. 이외에도 3차원 프린팅 방식, 직접식 금속레이저 소결방식(DMLS:Direct Metal Laser Sintering), DLP(Digital light Processing)방식 등이 주를 이루고 있다[6]. 그중에서 독일 Envisiontec사에서 개발한 RP시스템인 Perfactory 기종은 디지털 광처리 프로젝트 DLP(Digital Light Processing)방식으로 복잡한 곡선 작업에 따르는 많은 지지대의 사용으로 표면처리가 어려울 수 있으나 세밀한 표현과 출력 속도가 상대적으로 빠르며 제작이 편리하며 섬세하고 매끈한 표면의 표현이 가능하여 귀금속 산업에서 활용도가 높은 기종 중의 하나이다. 본 개발과제에서는 DLP 시스템을 이용한 독일 Perfactory사의 RP기계를 사용하여 상감베이스를 출력하였다. 기계제작 분야 뿐 만이 아니라 CAD/CAM기술의 귀금속주얼리 분야로 확대 적용되면서 최근 활발하게 연구가 진행이 되고 있다. 그중 선행연구들을 살펴보면 3차원 귀금속 전용 프로그램인 Jewel CAD와 패속조형기술을 이용한 귀금속의 3차원 디자인 시안과 패턴 제작을 제작기술이 제작 용이성과 품질의 균일성측면에서 기존 대비 디자인개발비 및 납

기를 대폭 단축하기도 하였고[5] SLA 패속조형방식을 귀금속 주얼리 디자인 패턴 제작을 통한 직접 주조에 활용을 하였고[7] 주얼리 CAD 작업과 패속조형 작업을 통하여 보다 빠른 시간에 다양한 디자인 시제품을 제작하여 귀금속 구조에서 대량의 원본 작업에 적합한 작업이라는 것을 확인 할 수 있었다[8].

3. 패속조형기술을 적용한 상감베이스개발연구

3.1 기존상감기법의 제작상의 문제점

전술 한 바와 같이 국내 공예제품 시장의 환경적인 요인과 기술개발 투자의 미흡으로 인해 공예제품시장의 경쟁력이 점차 약화되고 있는 실정이다. 본 연구의 주제인 상감기법은 여러 귀금속 및 공예작품에 활용이 되고는 있으나 장인에 의한 수공예적인 공정이 주를 이루고 있는 터라 숙련공에 따른 균일성의 문제, 제작시간의 장기화 그리고 그로인해 가격 또한 일반적으로 고가로 형성된다고 할 수가 있다. 따라서 그 표현의 우수성과 작품성에도 불구하고 제작공정의 복잡성과 비용적인 문제로 인해 일반 공예 상품과 보급형 귀금속상품에 사용하기에는 많은 제약이 따르고 있다. 그중에서 상감베이스 개발이 가장 큰 부분을 차지하고 있는데 본 연구에서는 디자인의 독창성 연구는 제외하였으며 상감기법을 위한 상감베이스의 효율적인 개발에 대해 주안점을 두었다. 먼저 상감기법을 적용하기 위해서는 일반적으로 문양을 디자인하고 입사가 되는 바탕금속에 홈처리를 하여 금속선을 입사하여 완성을 하게 된다. 이때 [그림 1]과 같이 바탕금속에 홈처리를 하여 입사물이 탈거되지 않도록 하고자 하는데 이는 다년간의 경험을 가진 입사장인이라 할지라도 균일한 문양과 깊이를 유지하면서 입사선이 빠지지 않게 하기위하여 언더컷 형상을 가지게 작업하는 데에는 많은 노하우와 시간이 소요되게 된다. 바로 이러한 과정에서 가장 많은 시간과 기술이 요구되며 이는 제품으로써의 경쟁력에 매우 불리하게 작용을 한다. 이러한 수공예적인 작업은 품질, 비용, 시간적인 측면에서 매우 불리하며 단순한 직선 또는 평면작업이라 할지라도 언저컷의 형상을 가공하기 위해서는 일반적인 CAM기술을 응용하여 절삭

가공하기에도 여러 가지 공정 상 매우 복잡하게 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 언더컷의 표현이 가능하도록 하기 위하여 쾌속조형기술을 이용하여 상감베이스에 적합한 입사홈을 형성할 수 있는 기법을 개발하였고 기존 상감기법의 표현적인 제약과 품질의 비균일성, 공정시간의 장기화 및 비경제성을 극복하고자 하였다.

그림 1. 상감베이스에 요구되는 홈의 형상

기존의 수공예적인 상감베이스 제작기법과 쾌속조형을 이용한 상감베이스 제작기법을 비교분석하기 위하여 기본적인 직선과 곡선을 가진 평면 상감베이스를 개발하였다[그림 2].

일반적으로 활용되고 있는 기존의 상감기법의 공정은 [그림 2]와 같으며 본 연구의 비교검토를 위한 전통적인 상감공정이 적용된 시료는 3년 정도 상감관련 분야의 유경험자가 직접 상감을 하도록 하였다. 비교를 위한 선상감은 금속표면에 홈을 파낸 다음 그 홈에 금속선을 채워 입사작업을 수행하였다. 도구는 해머와 금속선을 박을 정과 바탕금속을 고정시키는 감탕이 사용되었다. 기존의 상감기법은 상감을 적용하기 위한 기본 문양을 디자인 한 후 상감을 하기 위해 손작업으로 도면을 그리거나 CAD를 이용하여 도면을 출력한다. 출력된 도면을 이용하여 먹지로 바탕 상감베이스금속에 본을 뜬 후 상감 정을 이용하여 홈을 파내고, 상감선을 정을 이용하여 홈에 입사고정 시키는 일반적인 과정을 거친다.

3.2 쾌속조형기술을 이용한 상감베이스 개발

일반적으로 3D CAD/CAM, 쾌속조형기술은 주로 복

잡하고 정밀한 형상을 구현하기위하여 원형디자인이나 패턴 제작에 사용되어 매우 효율적으로 활용이 되고 있으나 본 연구에서는 전통제작 기법 중의 하나인 상감기법을 3D CAD와 쾌속조형기술을 이용하여 구현하고자 하였다. 특히 본 연구에서는 상감 제작에 있어서 가장 많은 시간과 노력이 요구되는 것이 상감베이스 제작인데 바로 쾌속조형기술을 이용하면 상감베이스의 입사홈의 언더컷형상의 구현이 가능하고 쾌속조형기술의 원리적 특성인 적층방식은 다양한 곡면과 곡선에 형성되는 입사홈의 형상을 균일하게 제작이 가능케 한다는 것이다.

공정단계	작업
디자인단계	
CAD 도면출력	
상감베이스 본뜨기	
상감베이스 입사홈 가공	
상감 입사작업	

그림 2. 기존상감기법 공정순서

1) 상감개발을 위한 디자인 선정 및 작업

본 연구에서는 디자인안의 개발에 초점을 두기보다 는 쾌속조형기술의 적용성에 주안점을 두고 있다. 우선 기존 수공예적인 기법으로 제작된 상감베이스와 동일한 디자인을 가지는 평면 상감베이스를 개발하여 그 결

과를 비교분석하였다. 그리고 쾌속조형기술을 이용하여 다양한 문양의 상감베이스 제작이 가능 한지를 살펴 보기 위하여 상감기법 적용을 위한 6가지의 쾌속조형 기술의 구현성을 파악하기 위한 실험적 디자인 안을 개발하였다(그림 3). 특히 귀금속장신구 등에 사용하게 되는 상감 디자인들의 상감베이스는 일반적인 공예품들에 비하여 얇은 상감베이스를 가져야 하며 아울러 입사 되는 상감 입사선 또한 매우 정교해야함에 따라 이를 적용하기 위해 본 연구에서는 비교분석을 위한 상감베이스 제작을 위한 입사두께와 상감베이스 두께를 각각 0.5mm, 0.7mm이하를 목표로 선정하여 2가지의 평면 디자인을 형상화 하였다.

그리고 나머지 6가지의 디자인은 기존의 상감기법으로 표현하기에는 어려운 특성을 나타내는 문양으로 귀금속 주얼리 전문 디자이너와 협의하여 디자인을 개발하였다. 전통문양에 적용이 가능 한지를 파악하기 위하여 전통공예물의 형상과 특징을 유지 하면서 기존 수공예기법으로는 매우 어려운 디자인, 즉 균일성을 요구하는 반복적인 패턴의 디자인안과 기존 상감기법으로는 제작하기에 매우 어려운 3차원 면상의 곡선이 나타나도록 디자인을 형상화하였다. 또한 디자인원안 개발에도 디자인의 심미성과 상품성도 무시 할 수 없으므로 어느 정도 디자인 적인 측면도 완전히 배제되지 않도록 하였다. 쾌속조형기술을 이용한 상감베이스 제작을 위하여 디자인을 선정하고 이를 3D CAD모델링화, RP 데이터로의 변환, RP조형물 제작 및 후작업으로 공정을 진행하였다. 본 연구에서는 비교분석을 위하여 [그림 3]과 같이 8가지 패턴의 디자인 문양을 개발하고 기존의 상감베이스 제작기법인 수공예 기법과 쾌속조형기술을 이용한 상감베이스 제작기법을 실험에 적용하였다.

2) 3D CAD를 이용한 디지털 모델링

먼저 아이디어 스케치를 한 후 최종적인 디자인을 Rhino3D를 이용하여 형태와 두께, 보석 세팅의 위치 등을 정교하게 모델링하여 3차원 데이터를 완성하였다. 특히 상감기법의 적용을 위한 입사홈을 3D CAD를 통해서 정확히 모델링을 할 수가 있는데 일반적으로 이러한 입사홈을 일반 수공예기법으로 작업을 할 시에는 이

홈에 입사된 입사체가 입사 후 탈거방지 역할을 하기 위하여 언더컷(Under-cut) 형상이 표현되어야 하는데 수공예작업으로는 매우 많은 시간과 숙련된 장인의 기술을 요하게 된다. 또한 작업 시 상감베이스 입사홈의 형상과 깊이를 균일하게 제작하기가 매우 어렵고 비록 숙련된 입사장이라 할지라도 곡면상에도 작업을 정교하게 하기 위해서는 매우 많은 시간과 노력이 소요된다. 그러나 3D CAD를 이용하게 되면 복잡한 형상면에서도 입사홈의 특성을 살리면서 디자인된 선을 따라가면 홈을 모델링 할 수가 있다.

그림 3. 상감기법 적용을 위한 문양 디자인 개발

3) 쾌속조형을 위한 RP 데이터 처리 출력작업

3D CAD로 개발된 디자인 데이터에 대한 결함을 점검하고 RP출력을 위한 파일인 STL/SLC 파일로 변환 작업을 수행한다. 작업 수행 시 전체 크기를 감안하여 0.01mm 정도의 Tolerance가 되도록 파일을 출력하였다. 이때 적층 중 위치 및 형태를 유지할 수 있도록 적층방식에 맞는 지지대(Support)가 필요한데 적층작업이 원활하게 되기 위하여 적절한 지지대를 부착하여야 하며 [그림 4]는 RP출력 전처리 작업을 한 그림이다. 적층 후 RP출력물에서 후가공을 수행 할 시에 지지대로 인하여 디자인을 헤치지 않도록 전체적인 구조물의 안전성과 디자인의 심미성을 고려하여 적층을 할 모델링의 적절한 개수와 자리를 배치하고 지지대를 설치하여야 한다.

그림 4. RP S/W를 이용한 RP출력 전처리 작업 (Preprocessing)

4) 패속조형(RP) 작업과 후처리작업

본 개발과제에서는 DLP 시스템을 이용한 독일 Envisiontec사의 Perfactory RP 시스템을 사용하여 상감베이스 원형을 출력하였다. 공예품과 주얼리 디자인의 세밀한 표현과 수지의 경도를 높이기 위해 디지털 광처리 프로젝트 DLP(Digital Light Processing)방식의 Perfactory RP시스템을 사용 하였는데, 이는 복잡한 곡선 작업에 따르는 많은 지지대의 사용으로 인한 단점이 있으나 상대적으로 출력 속도가 빠르고 직접주조가 가능한 광경화성 수지를 사용하여 바로 주조 후 원하는 주조체를 얻을 수 있다는 점과 제작이 편리하며 정밀한 표면의 표현이 가능한 시스템으로 귀금속 산업에서 많이 활용이 되고 있다[8]. 모델은 Perfactory®3 SXGA+W/ERM Mini Multi Lens을 사용 하였으며 RP장비의 출력 Spec.은 [표 1]과 같다.

표 1. Perfactory®3 Specification

Machine properties	Perfactory MINI Productivity
제작 Size	90 X 67.5 X 230mm
XY 정밀도	0.039mm
적층두께	0.025mm
해상도	2800 X 2100 px

패속조형작업이 끝나면 조형관에서 원본을 떼어내고 세척과정과 UV 경화기를 통한 경화작업을 거친다. 경화작업 후 지지대 제거 및 적층으로 나타난 Step 형상의 표면을 더욱 정교하게 rapping 하고 다듬어 후처리

가공을 하면 [그림 5]에서처럼 RP출력물을 얻게 된다.

그림 5. RP 출력물

5) 상감베이스 제작을 위한 몰드제작 및 주조

본 연구에서는 상감베이스를 제작하기위하여 귀금속제조의 일반적인 방법 중의 하나인 인베스트먼트 주조법(investment casting process)을 사용 하였다. 즉, 주조하고자 하는 제품과 같은 왁스(wax)모형을 만들어서 이 모형 표면에 내화물을 피복하여 고화시킨 후 왁스를 녹여 유출시키고 그 자리에 용융금속을 주입하여 주물을 만드는 정밀주조법이다. 이로 인해 로스트왁스법(lost wax process)이라고도 부른다.

그림 6. 왁스주입구와 런너의 설치

다음으로는 사출시 왁스가 주형에 주입 되는 통로 역할을 하도록 주입구와 왁스 런너를 만든다[그림 6]. 주재료인 실리콘과 경화제를 배합하여 고루 혼합한 후 틀에 주입하여 매몰하고 경화 후 틀을 분리한다. 실리콘틀을 완성 한 후 틀 속에 로스트왁스법 즉 인베스트먼트

트 주조를 위해 왁스원형을 [그림 8]와 같이 절개하여 완성 한다.

그림 7. 경화 후 실리콘 틀 분리

그림 8. 실리콘틀 완성과 왁스원형 완성

이렇게 제작 된 실리콘 틀 안으로 왁스를 사출하게 되는데 사출용 왁스는 원하는 주형의 형태에 따라 왁스의 성질과 특성을 고려하여야 한다. 사출용 왁스는 다루기 쉽고 균일하게 녹일 수가 있어야 하며 일반적으로 유동성이 좋아 주형에 잘 유입 되어야 한다. [그림 8]는 완성된 실리콘틀과 왁스원형을 나태내며 왁스원형 제작을 이용해 금속원형을 제작하기 위한 마지막 공정으

로 왁스트리작업과 석고매몰작업을 수행해야 하는데 용해된 금속이 주형에 잘 흘러들어갈 수 있도록 디자인과 크기를 고려하여 여러 개의 런너를 부착하여야 하며 주조 후 런너의 제거가 용이하도록 제작하여야한다. 이렇게 제작된 왁스원형은 여러개의 캐비티로 제작 할 경우 기존의 숙련공에 의한 작업보다 납기와 대량생산으로 인한 비용절감에 매우유리하게 된다. 본 실험에서는 적용성 검토를 위하여 각각 1개씩의 원형만을 제작한 것이다. 이렇게 제작된 왁스원형을 [그림 9]과 [그림10]처럼 석고에 매몰하고 석고주형을 완성하게 된다.

그림 9. 왁스트리 작업

그림 10. 석고주형 작업

6) 상감베이스 완성

완성된 상감베이스에서 런너를 제거하고 절단하고 표면처리를 하여 상감을 하기위한 베이스를 완성한다. [그림 11]는 완성된 상감베이스의 형상이다. 본 연구에서 사용된 베이스물 재질은 청동재질을 사용하였다.

이렇게 제작된 상감베이스는 1개의 단품을 제작할 시

에는 기존의 숙련공 작업대비 RP디자인원형제작, 실리콘틀제작, 왁스원형제작, 주조의 전체 작업공정 시간으로 비교 해볼 때에는 크게 유리한 점이 없으나 일단 여러 캐비티로 주물을 할 경우에는 품질, 비용, 납기면에서 이점을 얻을 수가 있다.

그림 11. 상감베이스물 완성품

7) 상감작업

상감작업은 완성된 상감베이스 위에 형성된 입사 홈에 은, 구리 입사를 하는 것으로 이 공정은 공예품 원래의 손작업 효과를 살리기 위하여 별도의 상감 입사 기구를 사용 치 않고 기존에 사용하던 방식대로 [그림 12]과 같이 상감을 실시하였다. 기존 대비 상감 입사홈이 균일하고 깊이와 형상이 일정하여 입사하기에는 기존의 방식으로 수작업 되었던 상감베이스에 비하여 훨씬 수월하게 작업을 할 수 가 있었다. [그림 13]는 쾌속조형기술로 제작된 상감베이스를 이용한 상감된 완성품이다.

그림 12. 상감작업

그림 13. 쾌속조형기술을 적용한 상감완성품

4. 연구결과 및 분석

4.1 평면상감베이스의 비교분석

본 연구에서는 쾌속조형기술을 이용한 상감베이스 개발을 통하여 다음과 같은 정량적인 기술적 성과를 얻을 수가 있었다. 상감을 위해서는 우선 보다 정밀하고 섬세한 입사홈의 치수와 언더컷형상의 구현과 균일한 상감베이스의 두께가 매우 중요한 요소이다. 또한 여러 개의 수공예작품을 제작 할 시에는 각 작품 간의 오차는 개개의 작품은 예술적인 작품으로는 그 가치를 인정 받을 수가 있으나 또한 각 제품 간의 균일성을 고려치 않는다면 제품으로써는 많은 한계점이 있을 수가 있으므로 [그림 14]처럼 특성치를 설정하고 평면 상감 기법이 적용된 시료들 각각의 상감베이스 간의 편차를 측정하였다.

두 기법 간의 특성치 차이를 알아보기 위하여 동일한 일자형 평면 문양의 상감베이스를 제작하였으며 [그림 15]은 제작된 두 기법 간의 상감베이스 입사홈의 형상을 비교하였다. [그림 15(a)]에서처럼 수공예기법을 적용한 상감베이스는 측정치 모두가 1mm 이상 혹은 먼의 균일성이 거의 측정이 불가 할 만큼 거칠었다. [그림 15]의 기존의 수공예기법으로 제작된 상감베이스와 쾌속조형기술로 개발된 상감베이스를 비교한 그림에서처럼 기존의 수작업 상감베이스는 홈의 형상이 균일하지 않고 문양의 패턴이 동일하게 표현되지 못하나 쾌속조형기술을 이용한 상감베이스는 균일한 품질의 상감베이스 홈을 형성 할 수 있어 균일한 디자인의 상감제품의 대량 생산이 가능하다.

그림 14. 측정 특성치

(a) 기존 수공예 공정

(b) RP적용 공정

그림 15. 평면 상감베이스의 비교

[표 2]와 [그림 16]은 RP를 통해 제작된 입사두께를 나타낸 것이며 [표 3]과 [그림 17] 상감베이스의 두께를 나타낸 것이다. 측정 데이터에서 볼 수 있는 바와 같이 각각의 데이터는 균일한 값을 나타내고 있으며 각각 초기목표치인 0.5mm, 0.7mm 이하의 입사두께와 상감베이스 두께를 가지게 제작할 수가 있었다.

이는 패속 조형기(RP)를 이용할 경우 상감베이스의 홈이 기존의 연구에서처럼 매우 균일한 홈의 형상과 치수를 얻을 수가 있었으며 무엇보다 상감을 위한 홈의 언더컷형상 가공이 가능하며 또한 상감을 위한 정밀하고 균일한 상감베이스를 얻을 수가 있었다.

표 2. 입사두께 측정 데이터

시료	입사두께(mm)	
시료1	0.477	
시료2	0.484	
시료3	0.461	
시료4	0.487	
시료5	0.478	
목표값	*(<0.5)	
특성치	평균(mm)	표준편차
	0.477	0.01

표 3. 입사상감베이스 두께 측정 데이터

시료	입사두께(mm)	
시료1	0.375	
시료2	0.420	
시료3	0.467	
시료4	0.410	
시료5	0.422	
목표값	*(0.7)	
특성치	평균(mm)	표준편차
	0.418	0.032

그림 16. 입사두께 측정

그림 17. 상감베이스 측정 두께

4.2 입체상감베이스의 형상분석

본 실험에서는 전술한 바와 같이 6가지의 입체적인 디자인 형상에 대해서 패속조형기술을 이용하여 상감베이스를 제작하였다. 기존의 수작업을 통해서는 구현하기 힘든 반복적인 패턴의 균일성과 3차원 입체곡면상의 입사홈 또한 패속조형기술을 이용하여 복잡하고 입

체적인 형상의 상감을 위한 상감베이스를 제작 할 수가 있었다. [그림 18]은 쾌속조형기술로 개발된 상감베이스는 3차원 곡률이 있어도 무난하게 입사홈 형상을 나타낼 수가 있음을 보여준다.

그림 18. 굴곡형상을 가진 상감 베이스 디자인과 시제품

이와 같이 기존의 숙련공에 의해 작업된 상감베이스는 일정한 홈의 깊이 너비 유지가 어려우며 홈 안쪽의 언더컷 형상 구현이 어려우나 쾌속조형기술에 의해 개발된 상감베이스는 일정한 홈의 깊이와 너비 제작 가능하며 홈 안쪽의 언더컷 형상도 그림에서 보는 바와 같이 일정하고 균일하게 제작할 수가 있었고 또한 [그림 18]에서처럼 굴곡을 가진 입체적 디자인에도 쾌속조형기술을 이용하여 균일한 입사홈을 가진 상감베이스 제작이 가능하였다. [그림 19]에서 보는 바와 같이, 제작된 상감베이스 시제품에서는 반복 패턴을 가지고 있는 전통적인

문양의 패턴 균일화가 가능하여 이러한 반복적인 패턴의 양상을 가진 전통적인 문양을 살리면서도 균일한 치수의 상감베이스를 개발 할 수가 있었다.

그림 19. 동일 반복 패턴의 균일한 구현

[그림 20]은 쾌속조형기술을 이용하여 제작된 여러 문양의 상감공예품 디자인 시제품을 나타내고 있다. 본 연구를 통하여 얻게 된 기존의 상감베이스 제작기법과 쾌속조형기술을 활용한 제작기법을 비교하였다[표 4].

그림 20. RP기법을 이용하여 제작된 상감공예품 디자인 시제품

표 4. 상감베이스 제작기법의 비교

Method	Quality	Cost	Delivery
기존 기법	- 입사홈의 비균일성 - 반복패턴의 비균일성 - 3차원곡면 및 복잡한 형상 단점	- 대량생산 : 고비용 - 단품생산 : 상대적 저비용	- 대량생산 : 장기성 - 단품생산 : 상대적 단기성
폐속 조형 기법	- 입사홈의 균일성 - 반복패턴의 균일성 - 3차원곡면 및 복잡한 형상에 유리	- 대량생산 : 저비용 - 단품생산 : 상대적 고비용	- 대량생산 : 단기성 - 단품생산 : 상대적 장기성

III. 결 론

1. 달성효과

본 연구를 통하여 기존의 수작업 상감기법을 통하여 제작되는 상감베이스를 폐속조형기술을 통하여 구현하였고 그 제작에 대하여 다음과 같은 결론을 얻을 수가 있었다.

첫째 폐속조형기술을 이용한 상감베이스의 정량적 효과를 분석하기 위해 시험한 평면 상의 직선과 곡선 문양에 대한 평가로써 다음과 같은 결론을 얻을 수가 있었다. 폐속조형기술을 통해 0.5mm 이하의 입사홈 두께와 0.7mm이하의 베이스 두께를 가진 상감베이스를 제작 할 수가 있었다. 이는 기존의 수작업으로 제작된 상감기법에 비하여 입사홈의 형상과 베이스 두께가 균일한 선입사 상감베이스를 개발할 수가 있었고 폐속조형기술을 이용한 상감베이스 제작기법을 통해 균일한 품질로 상감제품의 대량생산을 가능케 하여 경제적 가치를 높일 수가 있을 것으로 보인다.

둘째 폐속조형기술을 이용하여 반복패턴의 문양과 곡면상의 다양한 굴곡 형상을 가진 입체적 디자인을 위한 상감베이스를 개발 할 수가 있었다. 이렇게 제작된 상감베이스는 곡면 상에 균일한 언더컷 형상의 입사홈을 가지고 있을 뿐만이 아니라 균일한 패턴의 입사홈을 가지고 있어 기존의 상감베이스 제작 기법에 비하여 보다 다양한 형상의 디자인을 구현할 수 가 있다.

셋째 폐속조형기술을 이용한 상감베이스 제작은 단품생산에 있어서는 RP원형제작, 왁스원형제작, 실린콘 몰드제작 및 주물작업의 공정들을 거쳐야 하므로 기존의 기법에 비하여 비용, 납기면에서는 큰 유의차를 보이지 않으나 대량생산을 하게 될 경우에는 여러 개의 주물 캐비티를 통하여 상감베이스를 제작 할 수가 있으므로 비용과 납기면에서 매우 유리하다. 따라서 폐속조형기술을 이용한 상감베이스 제작 기법의 개발로 상감기법 적용이 가능한 다양한 디자인 콘텐츠 개발이 가능하고 전통상감 기법의 새로운 공정 개발을 통해 품질, 비용 및 납기면에서 경쟁력을 갖출 수가 있을 것으로 사료된다.

넷째 기존의 상감기법은 특정한 숙련공에 의해 제작이 되기 때문에 개인의 노하우와 제작 시간의 장기성, 숙련도 달성의 장기성 및 공예제품 제조업체의 환경적인 폐쇄성으로 인해 디자인개발 및 제조에 어려움이 많았으나 이러한 폐속조형기술을 통하여 비숙련공이라 할지라도 다양한 디자인 문양을 가진 균일한 품질의 제품을 개발 할 수가 있어 단순한 공예품의 단계에서 대량생산의 제품화 단계로 갈 수 있는 제작기법을 개발 할 수가 있었다.

2. 제언 및 향후과제

한류로 인한 문화상품시장의 확대는 보다 다양한 소비자의 요구로 나타나고 있으며 이를 충족시키기 위해서는 다양한 기술과 콘텐츠의 융합이 필요하다고 할 수가 있다. 본 연구에서는 폐속조형기술을 적용하기 위한 실험적인 문양을 디자인적인 측면보다는 상감베이스 제작기법에 주안점을 두었으므로 독창적인 디자인 개발에 대한 한계점은 있으나 향후에는 이러한 상감베이스제작 기법을 통하여 폐속조형기술의 장점을 최대한 활용하여 보다 현대적인 상감디자인을 구현할 수 있는 디자인 개발을 지속적으로 진행 할 필요가 있다고 보여진다.

따라서 폐속조형기술을 보다 적극적으로 활용하여 평판 위주의 상감기법보다 다양한 입체적인 디자인을 위한 상감기법의 적용이 필요하다. 제작 기술적인 측면에서는 입사홈 가공 시 홈 바닥면의 거칠기 표현을 통

해 입사의 고정성과 탈거 강도를 강화하기 위한 연구가 향후 필요하며 쾌속조형기술의 특성을 충분히 살려 더 높은 표현력을 지닌 쾌속조형기술 연구가 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 김원석, 김성민, “공예문화상품의 현황과 발전방안”, 한국콘텐츠학회논문지, 제7권, 12호, pp.74-82, 2007.
- [2] 박승철, “한국 귀금속산업 활성화 방안분석 (CAD/CAM을 중심으로)”, 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 12호, pp.613-621, 2009.
- [3] 최성은, 김원동, 한정희, 이중영, 임영애, 이중희, *동양미술사*, 예경, 1993.
- [4] 천은정, *포목상감기법을 이용한 금속 장신구 디자인 연구*, 동의대학교 대학원 산업디자인학과 석사학위논문, pp.4-12, 2001.
- [5] 고지연, 송오성, 류지호, 신성호, “3차원 CAD를 활용한 주얼리 원본 자동화 연구”, 산학기술성공학회논문지, 제2권, 제2호, pp.95-99, 2001.
- [6] 안동규, 양동열, “쾌속조형의 원리 및 동향”, 한국정밀공학회지, 제22권, 제10호, pp.7-16, 2005.
- [7] 이승채, 김우순, 김동현, “SLA 쾌속조형 패턴에 의한 직접 주조에 관한 연구”, 한국공작기계 2004 추계학술대회 논문집, pp.406-410, 2004.
- [8] 김문배, “주얼리CAD와 RP 장비를 이용한 주얼리 제작 활용방안”, 한국콘텐츠학회논문지, 제7권, 제12호, pp.66-73, 2007.

저 자 소 개

장 윤 근(Woongeun Jang)

정회원

- 2001년 2월 : 영남대학교 기계공학(공학석사)
- 2007년 8월 : 경북대학교 교육대학원(교육학석사:기술교육)
- 2012년 2월 : 영남대학교 기계공학(박사수료)

▪ 2009년 3월 ~ 현재 : 영남이공대학교 기계계열 조교수
 <관심분야> : 최적설계, 창의적공학설계, 공학교육