

A study of 3D CAD and DLP 3D printing educational course

Young Hoon Kim and Jeongwon Seok^{*,†}

Graduate School of Gemological Engineering, Dongshin University, Naju 58245, Korea

**Department of Electrical and Electronic Materials Engineering, Dongshin University, Naju 58245, Korea*

(Received February 7, 2023)

(Revised February 14, 2023)

(Accepted February 15, 2023)

Abstract Currently, almost all product development in the jewelry industry utilizes 3D CAD and 3D printing. In this situation, 3D CAD modeling and 3D printing ability units in colleges, Tomorrow Learning Card Education, and Course Evaluation-type jewelry design related education are conducted with developed curriculum based on the standards for training standards, training hours, training equipment, and practice materials presented by NCS. Accordingly, this study analyzes 3D CAD modeling and 3D printing training facilities, training hours, training equipment, etc into three categories of NCS precious metal processing and jewelry design, and studies the development of educational systems such as 3D CAD/3D printing curriculum and various environments that meet these standards. Education using this 3D CAD/3D printing education system will enable us to continuously supply professional talent with practical skills not only in the jewelry industry but also in the entire 3D CAD/3D printing manufacturing industry, which is called as one of the pillars of the 4th Industry. The quality of employment of trainees receiving education and the long-term retention rate after employed can also have a positive effect. In addition, excellent educational performance will help improve the recruitment rate of new students in jewelry jobs or manufacturing-related departments, which are difficult to recruit new students in recent years.

Key words 3D CAD education, 3D printing education, NCS, Jewelry design education

3D CAD와 DLP 3D 프린팅 교육과정에 관한 연구

김영훈, 석정원^{*,†}

동신대학교 대학원 보석공학과, 나주, 58245

*동신대학교 전기전자재료공학과, 나주, 58245

(2023년 2월 7일 접수)

(2023년 2월 14일 심사완료)

(2023년 2월 15일 게재확정)

요약 현재 주얼리 산업에서 신제품 개발은 대부분 3D 캐드와 3D 프린팅을 활용하고 있다. 이러한 상황에 전문대, 내일 배움 카드(국비), 과정평가형 자격 교육의 주얼리 3D CAD/3D 프린팅 관련 교과는 국가직무능력표준(NCS) 3D CAD 모델링과 3D 프린팅 능력단위에서 제시하는 훈련장비, 훈련시간, 훈련시설, 실습재료 기준에 기반하여 실시하고 있다. 본 연구는 국가직무능력표준(NCS)에서 제시한 귀금속 가공과 보석디자인 세 분류의 3D CAD 모델링과 3D프린팅 관련 능력단위 훈련기준이나 수행내용을 분석하여 이에 기반한 3D CAD/3D 프린팅 교육과정과 제반환경 등 교육과정 시스템 개발을 연구하였다. 이러한 3D CAD/3D 프린팅 교육과정과 시스템을 활용한 교육은 주얼리 산업뿐만 아니라 4차 산업의 한 축으로 불리는 3D CAD/3D 프린팅 제조 산업 분야 전반에 지속적으로 실무 능력을 갖춘 전문 인재를 공급할 수 있게 할 것이며 관련 교육을 받는 교육생들의 취업의 질적 향상과 취업 후 장기근속을 또한 높이는 긍정적 교육 효과를 가져올 수 있을 것이다. 또한 이러한 실적은 최근 신입생 모집이 어려운 주얼리 관련 학과나 3D프린터를 활용하는 제조 관련 일부 학과의 신입생 모집률 향상에도 도움이 될 수 있을 것이다.

[†]Corresponding author
E-mail: jwseok@dsu.ac.kr

1. 서 론

4차 산업혁명은 제조산업 분야에서 단순히 기기와 시스템 연결의 스마트화를 넘어서 훨씬 넓은 영역과 범주에 이르고 있다. 과학기술과 산업 전반에 걸쳐 거대한 약진이 동시다발적으로 일어나고 있으며 지식과 기술, 디자인 뿐만 아니라 삶의 전반에 영향을 미치고 있으며 이는 곧 사회가 요구하는 업무 능력과 기술의 변화를 뜻한다[1]. 이러한 시대적, 사회적 산업 패러다임의 변화는 이를 대비할 교육의 변화를 요구한다. 2000년대 초반부터 3D CAD(Computer Aided Design)와 3D 프린팅(당시 명칭: Rapid prototyping)은 주얼리 디자인 산업계에서 신제품 개발에 있어 사용되기 시작했고 관련 기능을 갖춘 3D CAD 모델링과 3D 프린팅 기능 인력에 대한 주얼리 산업계 수요는 꾸준히 증가하는 추세이다. 그럼에도 불구하고 현재 주얼리 교육에서 3D CAD/3D 프린팅 교육은 툴바(Toolbar) 학습 위주의 교수자가 중심인 교육이며 주얼리 교과과정 속에서의 비중은 세공이나 다른 가르치기 쉬운 교과에 비해 배정 시간이 많지 않은 실정이다[2].

이에 본 연구는 4차 산업 혁명 시대적 요구에 부응하는 인재 양성을 위한 3D CAD 모델링과 DLP 3D 프린팅 교육과정의 필요성을 인식하고 NCS(국가직무능력표준)기반 한 지식과 기술 그리고 태도, 훈련기준을 융합을 위한 교육과정과 시스템 개발을 모색하였다. 즉, 교육생이 주얼리 디자인 제품 생산을 위한 실무를 갖추기 위한 3D CAD 모델링과 DLP 3D 프린팅 교육 과정과 세부적 교육환경까지 제시하여 3D 모델링과 3D 렌더링, 검정 자격 시험용 도면작업, DLP 3D 프린팅 등 실무 능력을 함양하는 교육이 이뤄지도록 하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. 연구의 방법 및 범위

본 연구의 방법으로는 NCS(국가직무능력표준) 귀금속 가공 소분류의 3D CAD 관련 5개 능력단위 훈련 기준을 선행연구 하였고 3D CAD를 활용하여 모델링한 주얼리를 광경화 조형방식의 3D 프린팅으로 출력하기까지의 교육과정을 설계하였다.

연구의 범위를 구체적으로 살펴보면, 귀금속 관련 3D CAD와 3D 프린팅 교육 현황 조사를 위해 NCS(국가직무능력표준) 귀금속가공과 보석디자인 세분류의 주얼리 CAD 기초, 주얼리 CAD 원형, 주얼리 CAD 출력, 보석 디자인 컴퓨터모델링, 보석디자인 3D 프린팅 능력단위의 훈련시간과 능력단위 요소, 훈련장비들을 분석하여

이 기준에 기반한 교육과정 시스템 연구를 범위로 설정하였다. NCS(국가직무능력표준) 귀금속가공과 보석디자인 세분류에 기반한 교육과정 연구와 연구 체계는 다음과 같다.

첫째, 3D CAD/3D 프린팅과 DLP 3D 프린팅에 관한 이론적 고찰을 바탕으로 NCS 귀금속가공 세 분류 내 3D CAD 모델링과 DLP 3D 프린팅 교육 기준을 조사, 분석한다.

둘째, 주얼리 디자인 교육에 있어 3D CAD 교육 내용과 DLP 3D 프린팅의 활용 과정 및 주얼리 디자인 교육에 적합한 교육 환경시스템을 제시하였다. 이러한 교육 시스템을 통한 3D CAD 모델링과 DLP 3D 프린팅 교육으로 주얼리 디자인 업무 관련 실무 또는 직무 수행 능력과 적응능력을 향상될 수 있도록 하였다.

2.2. 주얼리 디자인에서 사용하는 3D CAD와 3D 프린팅 고찰

일반적으로 CAD라 하면 컴퓨터에 의한 디자인을 의미하지만 컴퓨터로 2D 도면을 그리거나 3D 모델링하는 것을 통칭하기도 한다. 수많은 CAD 프로그램은 전문적인 산업분야의 기업에서 사용하며 인간의 손으로 하는 설계 방식보다 더욱 정밀하고 세밀하게 설계를 할 수 있으며, 건축, 자동차 설계, 지도 제작, 조경 설계 등 다양한 분야에서 사용된다[3]. 3D 프린팅은 과거 RPS(RAPID PROTOTYPING SYSTEM_3차원 고속 적층 조형)으로도 불렸다. 이는 CNC의 회전하는 공구로 깎는 절삭가공과 달리 형상을 한 레이어씩 적층 하여 제작하는 방식이다. 모델링 데이터를 STL 파일과 슬라이싱(툴패스) 파일로 변환하여 실물을 조형한다. 주얼리 제품개발을 위한 3D CAD 모델링의 3D 프린팅 출력과 관련된 제작

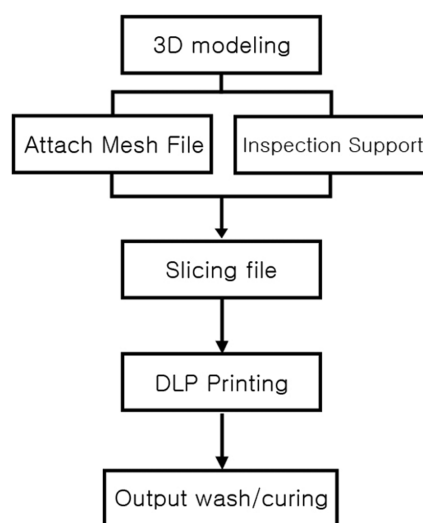


Fig. 1. 3D CAD modeling 3D printing production process.

Table 1
Key Features of Rhino 3D

Rhino 3D	Key Training Contents	Remark
Interface	panels/Use command windows/Calculator/File Drag and Drop/Mouse navigation/Choose color/Object selection/Modeling aids/Exploration/Object display or not/Toolbar/Viewport/view	
3D modeling Create Object	Curve/Polysurface/Surface/Solid//Mesh/SubD/Cage/Delete/Delete/Delete/Curve/Surface Extraction/Infinite Plane/Combination/Split/Undo/Re-Run/Curve/Mesh/Sub D Surface/Solid Deformation/Control Point	
3D modeling Object Snap	center/end/reference/intersection/knot/middle/near point	
Drawing	text and dimensions/layout/text and dimensions Tin/Arrowhead/Dot/Location/Hatch/Indication Line/2D Drawing/Note/Text/Dimensions	
3D modeling Rendering	rendering/material editing/texture/color scheme/environment editor/lighting/ rendering image/postprocessing	

공정은 다음의 단계로 이뤄지는데 상세 내용은 Fig. 1과 같다.

현재 귀금속 업계에서 활용도가 가장 높은 3D CAD는 Rhino 3D가 가장 대표적이다. 1990년 중반 Jewelcad나 J 캐드라는 소프트웨어 주얼리 업계에 선보여 보급되고 사용되다가 최근에는 Rhino 3D CAD가 가성비가 좋고 주얼리 형태를 그리기 적합하며 7.0 버전의 Sub D 등 업데이트 또한 꾸준히 되는 여러가지 장점으로 인해 더욱 널리 사용되고 있다. Rhino 3D CAD는 타 소프트웨어와의 호환이 매우 좋다. 예를 들면 “Food for Rhino”라는 사이트에 다양한 플러그인 소프트웨어를 유무료로 지원하고 있는데 여기에는 산업디자인 전반에 사용되는 플러그인과 건축용 플러그인 등이 있다. Rhino 3D CAD 중 교육과정을 위해 필요한 주요 기능은 Table 1과 같다.

2.3. 광경화 적층 3D 프린팅의 이론적 고찰

Figure 2 DLP 3D 프린팅 방식은 1997년 미국 텍사스 인스트루먼트(TI: Texas Instruments)사의 Dr. Larry Hornbeck에 의해 개발된 디지털 광 투영 기술이 사용되

는데 조형방식의 원리는 가시광선(백색광)에 반응하는 고분자 화합물인 광경화성 액상수지(Photo curable Liquid Resin)에 프로젝션에 의한 마스크 투영(Digital Mask Projection) 이미지가 투사되면 순간적으로 액상 수지가 경화되어 한층 한층 Z 축으로 3차원의 형상을 조형하는 원리이다[4]. Figure 3 SLA는 가시광선(백색광)이 아닌 레이저가 반사하여 투영 경화된다.

3D 프린터가 현재는 4차 산업혁명의 한 축으로 불리며 각광받고 있다. 한 예로 우주여행을 준비하거나 우주 호텔을 짓고자 준비하는 시대에 재료만 있다면 3D 프린터로 어떤 형태이든 우주의 무중력 상태에서 출력을 할 수 있다고 한다. 기존 생산 방식에서 벗어나 재료만 있다면 3D 프린터로 3D 프린터를 만들 수 있는 시대도 올 수 있기 때문이다. 현재의 3D 프린팅 기술은 “3D CAD로 그려진 모델링이나 3D 스캐너를 통해 얻어진 파일을 STL 파일로 저장하고 장비 전용 슬라이싱(DLP는 이미지) 파일로 저장하여 형태를 조형하는 제조 혁신 기술”로 정의할 수 있다. 이 기술은 과거 신속조형기술(Rapid Prototyping) 또는 캐속조형 기술이라고도 불렸는데 최근 미국의 ASTM(American Society for Testing and Materials)

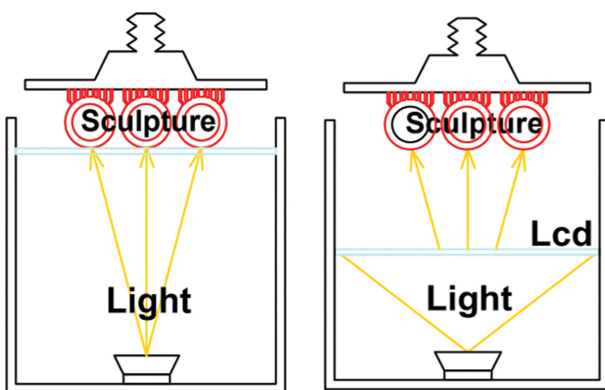


Fig. 2. DLP/LCD 3D printer forming method.

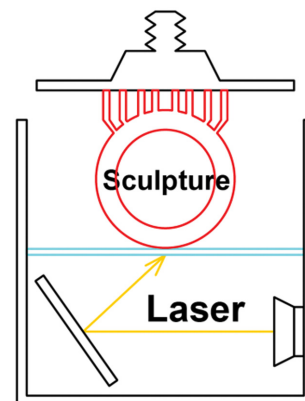


Fig. 3. SLA 3D printer method.

Table 2
Comparison of SLA/DLP/LCD 3D printing methods

	SLA (Stereolithography Apparatus)	DLP (Digital Light Processing)	LCD (Liquid Crystal Display)
light source	Laser	Projector	LCD (LED Array)
Equipment operation method	<ol style="list-style-type: none"> 1. Move the picker down the Z-axis in the resin cold container. 2. Reflect the laser to the mirror, X, Harden to Y-axis image 3. As the picker goes down by the Z-axis, it is covered with resin and laser irradiated to form. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Move the picker down the Z-axis in the resin cold container. 2. The bottom plate of the resin container is transparent. Light is transmitted and molded above 3. Resin hardened in tank container 4. After shaping, the picker goes up little by little. As you go up, shape the bottom. 5. Formed upside down on the picker 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Put the picker in the resin cold container and the Z-axis goes down. Move. 2. The bottom part of the resin container is made of film and glass. Transparent light source LCD (LED Array) The projector light from the module is facing up. Shot and shaped 3. Resin hardened in water tank container 4. Repeat stacking down as the mold goes up. 5. Outputs are attached to the mold upside down.
Characteristics	The most sophisticated photographic output possible	Depending on the size of the water tank and the light source, The entire layer is shaped and fast	Similar to DLP Depending on the size of the water tank and the light source, the entire layer is molded at a time and the speed is fast.
Strengths	the precision of fine printouts Good surface hardness	the precision of fine printouts a resin pain that doesn't have to be deep Output is better than LCD	Precision of delicate output High lateral output speed (Determines output amount at once depending on LCD size) Less expensive than DLP
Weakness	Photocurable resins are expensive and may produce hazardous chemicals. Output sculptures need to be cleaned and cured with UV curing machine. Film and light source life below resin cylinder is finite. When one part collapses, the whole thing collapses. Resin may form on the intaglio or supporter and harden. Not suitable for large output.		

International F42 committee에서 3D Printing으로 공식 용어화한 이후 명칭이 통일되었다.

3D 프린팅 조형 방식은 수지경화, 적층, 소결 등의 다양한 고형화 기술이 사용되며, 적층 되는 재료는 액체, 분말(금속, 석고, 모래, 플라스틱), 종이 및 PVC와 같은 플라스틱 시트, 정밀 주조가 가능한 왁스(Wax) 등 다양하다. 3D 프린터의 특징으로는 틀 모양에 따른 제한 형태가 없기 때문에 현재의 금형제조로는 불가능한 형태도 제조할 수 있고 따라서 디자이너의 상상력을 제한없이 형상화시켜 줄 수 있다. 복잡한 형태도 고가의 금형 작업 없이 상대적으로 빠른 시간에 제조할 수 있어 시간 단축과 제작 비용 절약효과도 있다. 출력용 데이터는 또한 DB화 하여 관리가 쉽고 연속성 있는 제품을 개발할 수도 있다. 장비 사용법도 비교적 쉬워 사용 매뉴얼 교육으로 엔지니어가 될 수 있는 장점도 있다. 주조용 레진을 사용하면 정밀주조도 잘 된다. DLP 3D 프린팅 방식이 가장 널리 사용되고 있다. DLP, SLA, LCD 방식

의 비교는 Table 2와 같다.

우리나라의 주얼리 산업 3D 프린터 사용은 2000년 이전까지 거의 없었다. 2002~2003년까지도 미국 솔리드스케이프(Solidscape)사의 잉크젯 분사 방식인 3DP(Inkjet 3D Printing)가 대학이나 연구기관에서 만 사용했고 업체에서의 거의 없었다. 당시 장비는 RP 또는 모델 메이커(Model Maker), 패턴 마스터(Pattern Master) 등 자체적으로 명칭을 정해서 불렀다[5].

우리나라의 주얼리 산업에서 3D 프린팅 본격 활용된 시점은 2000년을 전후이다. 이후로 FDM, DLP, SLA, MJM 방식이 다양하게 사용되다가 DLP(디지털 광 투영) 방식이 가장 널리 보급되었는데 그 이유는 많이 사용되던 솔리드스케이프사의 T66 장비 보다 장비 가격이나 소모품 유지비가 적으며 속도가 빠르기 때문이었다. 다만 서포트가 없어야 하는 출력물의 경우에는 왁스 용합 적층 방식의 3D 프린터(CPX, 3Zpro 장비 등)를 사용하는 경우도 있다[6-8].

2.4. 3D CAD와 DLP 3D 프린팅 관련 NCS 능력단위 훈련 기준 실태

현재 내일 배움 카드(거주지 고용노동청 발급)교육이나 과정평가형 자격 교육, 전문대 교육 과정 주얼리 관련 교육은 NCS에 기반하여 교육을 실시해야 한다. NCS에 따르면 교육 목표는 Table 3과 같으며 분야별 검색으로 대분류는 22인쇄·목재·가구·공예, 중분류는 02공예, 소분류는 02귀금속·보석으로 Table 4와 같이 제시하고 있다.

소분류는 다시 01귀금속가공과 05보석디자인에서 총 5개 능력단위로 구분되어 있다. 소분류의 훈련시설 시설 기준은 Table 5와 같으며 기준 훈련 시간은 보석디자인의 경우 컴퓨터 모델링 50시간, 보석디자인 3D 프린팅 50시간을 기준시간으로 제시하고 있고 귀금속가공은 주얼리 CAD 기초 50시간, 주얼리 CAD 원형 50시간, 주얼리 CAD 출력 50시간을 각각 기준 훈련 시간으로 Table 6과 같이 제시하고 있다. 내일 배움 카드 교육이나 과정평가형 자격 교육, 전문대 교육과정은 이러한 훈

Table 3
3D CAD/ 3D printing curriculum guidance objectives

The title of the course	Direction of the map	Remark
3D CAD/ 3D Printing	Jewelry design can be modeled as 3D CAD to do drawing work, and a slicing file for output can be produced by attaching Support for DLP 3D printing.	

Table 4
NCS training standard

Large category	Division	Subcategory	Classification	Utilization of facilities
22. printing, wood, furniture, crafts	02. crafts	02. precious metals and jewels	01. precious metal processing	Jewelry CAD Foundation (50 hours) Jewelry CAD Circular (50 hours) Jewelry CAD Output (50 hours)
22. printing, wood, furniture, crafts	02. crafts	02. precious metals and jewels	05. Jewelry Design	Computer Modeling of Jewelry Design (50 hours) Jewelry Design 3D Printing (50 hours))

Table 5
NCS classroom training criteria

Sortation	Standard number of people	The surface area	Application of the reference personnel to the initialization	Facility utilization classification (Public/Only)
Lecture room	20	45 m ²	1.5 m ² per person added	Public
Computer room (Can be used in both classrooms)	20	45 m ²	1.5 m ² per person added	Public

Table 6
Training objectives by competency unit

Competency Unit Name	Direction of the map	Criteria training time
Jewelry CAD Foundation (Level 3))	Jewelry CAD basics foster the ability to model basic shapes, drawings, jewelry, parts, etc. for jewelry CAD work.	50 h
Jewelry CAD prototype (Level 3)	Jewelry CAD prototype fosters the ability to model products according to design characteristics.	50 h
Jewelry CAD printing (Level 3))	Jewelry CAD output fosters the ability to select, print, and review equipment according to modeled jewelry data.	50 h
Computer Modeling of Jewelry Design (Level 3))	Jewelry design computer modeling fosters the ability to design and model products using 2D drawing programs and 3D CAD programs to maximize productivity improvement in design development.	50 h
Jewelry Design 3D Printing (Level 3)	Jewelry design 3D printing fosters the ability to shape data modeled by 3D CAD into 3D using CNC and 3D printers..	50 h

런 시간의 최대 150%까지 시간을 늘려 반영할 수 있다. 즉 50시간의 기준시간은 75시간까지 가능하다.

2.5. 주얼리 디자인 3D CAD와 DLP 3D 프린팅 교육 활용

급격한 과학 기술의 변화로 인해 주얼리디자인 분야 또한 빠르게 변화하고 있고 따라서 생산 현장에서는 빠른 변화에 대응할 수 있는 인재를 필요로 하고 있다. 이에 3D CAD와 DLP 3D 주얼리 디자인 교육은 관련 변화에 대한 적응능력과 이를 실무에 적용하는 능력을 함양에 목표를 두어야 할 것이다.

현재 주얼리 디자인 산업분야에서 3D CAD와 3D 프린팅 기술의 활용은 매우 경제적이고 생산적이라 할 수 있다. 특히 작고 섬세한 세팅 난발 등의 디자인의 경우

도 원하는 수량을 3D 프린팅을 통해 직원 근무의 시간에도 원하는 수량을 출력할 수 있고 점점 향상되는 표면 품질과 정밀구조 등 후가공의 발전으로 차후 활용성은 더욱 좋아질 전망이다. 따라서 주얼리 디자인 산업에 있어 3D CAD와 DLP 3D 프린터를 활용한 주얼리 제품 개발은 영세한 업체나 1인 창업기업에서도 활용 될 만큼 대세로 자리잡았다[9]. 드로잉 실력이 없어도 자유자재로 디자인하고 3D 프린터로 결과물을 출력하고 주조에 활용할 수 있는 능력을 갖추려면 실무적 문제를 수업에서 경험하고 해결함으로써 관련 지식과 기술을 배양할 수 있도록 해야 한다. 즉, 제품개발 관련 실무에서 일어날 수 있는 시행착오나 문제점을 찾아내고 스스로 해결하는 기회를 부여하는 수행 과제나 프로젝트를 개발하여 적절히 활용해야 한다. 디자이너의 주얼리 디자인 스케치부터 가공, 대량 생산에 이르는 공정도 수행내용이나

Table 7
3D CAD/3D printing curriculum

	Secondly	Training Unit	Educational objectives	Lecture time
3D CAD Theory	1	3D CAD/ 3D Printing Theory	History and types of 3D CAD/3D printing (DLP-centered) and characteristics analysis and process analysis [10]. 3D Printing Using Artificial Intelligence	3~6
	2	theory of precision casting	Understanding wax tree, burial, firing, casting theory, rubber mold making.	3~6
	3	3D Printing Post-processing	Hazard safety education, differences in CNC. Understanding mesh files.	3~6
3D CAD Modeling	4	rhino 3D CAD Modeling 1	Creative design thinking Creative 3D Modeling Parts	3~6
	5	rhino 3D CAD Modeling 2	To create a 2D/3D drawing Practical production of 3D printer operator	3~6
	6	rhino 3D CAD Modeling 3	Creative 3D Modeling a Ring Practical production of 3D printer operator	3~6
	7	rhino 3D CAD Modeling 3	Creative 3D Modeling a Bracelets Practical production of 3D printer operator	3~6
	8	rhino 3D CAD Modeling 4	Modeling Shape Practical production of 3D printer operator	3~6
	9	rhino 3D CAD Modeling 5	Creative 3D Modeling a Necklace Practical production of 3D printer operator	3~6
3D Printing Process	10	rhino 3D CAD Modeling 6	To print out a drawing 3D rendering	3~6
	11	3D Printing Practice1	CNC Processing	3~6
	12	3D Printing Practice2	Creating a slicing file Calibrating the open mesh	3~6
	13	3D Printing Practice3	DLP(LCD)3D printing	3~6
	14	3D Printing Practice4	Printing FDM 3D	3~6
	15	3D Printing Practice5	3D printed output Reviewing Retrieving Outputs	3~6

프로젝트에 포함되어야 한다. 마지막으로 3D 모델링 구현에 필요한 전반적인 기초 지식을 습득하고 출력을 위한 설정과 샘플 이미지 3D 렌더링 샘플을 이미지로 저장, 출력해서 프레젠테이션 하는 과정들도 포함해야 하며 교육목표와 교육내용, 교육시간이 유기적으로 짜여진 교육과정 설계가 필요하다.

2.6. 주얼리 디자인 3D CAD와 DLP 3D 프린팅 NCS 기반 교육과정 제안

Table 7과 같이 본 연구의 귀금속보석 NCS 기반 교육과정에서는 3D CAD/3D 프린팅 이론[11]과 정밀주조 이론, 3D CAD 모델링하기 3D 프린팅(CNC) 출력 하기 등으로 한 학기 3~6학점 기준으로 교육하도록 과정을 설계하였다. 1~3차시에서는 인공 지능(AI)을 활용한 3D 프린팅 이론, 3D CAD 기초, 창의적인 3D 모델링 디자인과 개념을 정립하고 조형원리까지 이해한 후에 3D 프린팅 출력 실습을 하도록 하여 직무적응을 위한 기초와 중급 실무 능력 이론 학습을 제시하고 있으며, 이외에도 이론상으로 3D 프린팅 후에 작업 파트들이 어떻게 구조되는지를 이해하도록 하고 있다. 3D모델링에서 구현 가능해도 0.3 mm 이하의 출력물은 정밀주조나 대량 생산을 할 수가 없기 때문에 이러한 제한점들도 이론과정에서 교육시키도록 한다. 그 밖에 도 3D 프린팅 후처리나 파일 보정, 3D CAD/3D 프린팅 수업 목표, 각 프로세스도 이 차시에서 교육한다. 3~7차시 3D CAD 모델링 과정은 총 21~42시간으로 배정하여 Rhino 3D 중급 실무 수준의 반지, 목걸이, 브로치, 팔찌 등의 창의적 주얼리 디자인을 3D 모델링하는 수행 내용으로 구성하였다. 이 중 도면 출력하기 5차시와 10차시 6~12시간은 국가기술자격 3D 프린터 운용기능사 취득을 위한 도면 제작, 1:1 출력 내용을 추가로 구성하였으며 현재 보석디자인 산업기사, 귀금속가공산업기사, 과정 평가형 자격 산업기사 취득 시 반드시 필요한 3D CAD 직무 능력이다. 과거 Rhino 3D에 주얼리 3D 렌더링에는 관련 키샷 등의

렌더링 프로그램의 플러그인이 많이 사용되었으나 최근 Rhino 3D 6.0부터는 자체적으로 사이클스(Cycles)라는 실시간 렌더러 프로그램이 탑재되어 렌더링 품질이 많이 향상되었다[12]. 그 외에도 모델링 방법, 각 메뉴와 아이콘들에 대한 이해와 단계적으로 실무 중심의 실습을 하여 거부감 없이 각 과제를 수행하도록 했다. 11~15차시 3D 프린팅은 15~30시간으로 현장에서 가장 많이 사용되어지고 있는 크기의 스톤에 맞춰 난집을 제작하고 상품성 있는 디자인을 모델링하거나 3D 프린터 운용 기능사 도면을 출력하도록 교육과정을 설계하였다. 3D 프린팅용 STL 파일의 오류 체크나 STL 파일로 변환도 교육하며 3D 프린팅 실무 수업은 주조 후 원본작업인 고무 주형작업과 왁스 사출까지 고려하는 주얼리 CAD 실무를 경험하도록 하는 교육가능한 수행 내용이다.

3D CAD/3D 프린팅 교육과정 적용 시 유의점으로는 메뉴 이해가 수업 목표인 교육이 아닌 수업 결과물이 제품 디자인 원본이 될 수 있도록 하는 중급 실무 능력 배양에 목표를 두어야 한다. 즉 제조 산업에서 가장 활용도가 높은 3D와 프린터를 활용하여 보다 경쟁력 있고 창의적인 주얼리 제품을 생산할 수 있는 중급 기술자 실무 능력을 키우는 수행내용과 목표로 교육 해야 한다는 것이다. 구체적 유의점을 다음 세가지로 정리하였다.

첫째, 가르치기 쉬운 소프트웨어의 툴바(Toolbar) 기능 위주의 교육보다는 실무에서 상품화될 수 있는 디자인을 3D 모델링하고 3D 프린팅 출력 경험 중심으로 교육하여 실무 능력을 배양한다.

둘째, 부족한 장비는 많은 교육생이 한번이라도 더 직접 체험할 수 있는 경험 중심 실기 수업이 되도록 유의하여 지도한다.

셋째, 산학 협력으로 현재 업계에서 판매하는 주얼리 제품디자인을 수행 과제로 교육한다.

넷째, 과학기술정보통신부의 3D 프린터 안전 수칙을 준수해야 한다. 이에 따라 실습실 3D 프린터 장비는 유해성을 고려한 환기, 밀폐 등 안전한 환경을 반드시 갖추고 교육한다.

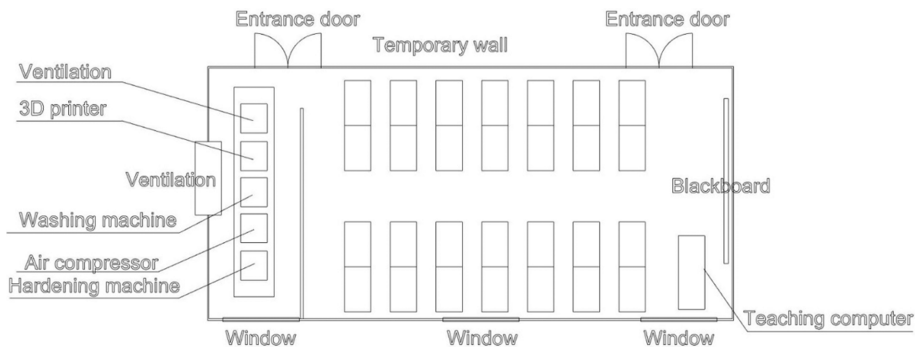


Fig. 4. 3D CAD training lab floor plan.

Table 8
Computer basics for 3D CAD training

Sortation	Specification	Remark
Operating System	32-bit/64-bit windows	Rhino 3D 7.0 version supports 64-bit
Processor	Basic: 2.5~2.9 GHz Processor Recommended: 3 GHz or higher processor	
Memory	Default: 8GB (recommended): 16GB	
Display Resolution	True Color 1920 × 1080 High resolution and 4K displays: Windows 10 supports up to 3840 × 2160 resolution with supporting display cards	High capacity for complex data tasks Necessity
Display card	Basic: 1GB GPU, 29GB/s Recommended: 4GB GPU, 106GB/s	Motherboard built-in is represented by slow self-rendering or limited color Additional graphics cards are required.
Disk space	10.0GB or Greater	

2.7. 주얼리 디자인 3D CAD 및 DLP 3D 프린팅 교육을 위한 제반 환경 연구

본 교과 과정 적용을 위한 제반 환경 구축은 Fig. 4와 같이 제시하고자 한다. 실습실은 원활한 3D 프린팅 출력물 후처리 동선을 고려하여 제시하였고 유의점에 언급한 바와 같이 최근 필라멘트를 사용하는 FDM 3D 프린팅과 DLP 레진 3D 프린팅 방식이 미세면지나 유해물질을 유발한다는 연구가 있는 만큼 환기를 반드시 고려하여 교육환경을 제시하였다. 이 외에도 보다 안전한 DLP 3D 프린팅 출력 수업을 위해서 레진이나 유해 물질이 신체 부위에 직접 닿지 않도록 라텍스 장갑, 방진마스크 등의 보호구를 반드시 착용하고 실습해야 한다.

다음으로 원활한 3D 모델링을 위해 제시하는 권장 컴퓨터 사양은 Table 8과 같다. 3D 모델링 소프트웨어 중 지브러쉬, 마야 등과 같이 CPU를 중심으로 구동되며 Rhino 3D는 특히 3D 렌더링 시 Ram과 Gpu가 많이 활용된다. 이 사양은 3D 렌더링까지 고려하여 Table 8과 같이 권장사양을 제시하고자 한다.

3. 결과 및 고찰

본 연구가 제안한 NCS 기반 3D CAD와 DLP 3D 프린터 교육과정을 요약하면 다음과 같다.

첫째, NCS 귀금속, 보석 세분류의 훈련기준에 기반한 3D CAD/3D 프린팅의 주얼리 디자인 교육과정으로 편성하였다. NCS 귀금속 가공과 보석디자인의 5개 능력단위는 각 50시간씩 총 250시간을 제시하고 있는데 본 연구는 15차시 45~90시간으로 전문대학 이상의 3~6학점 교육과정으로 설계하였다. 이는 실무중심의 3D CAD/3D 프린팅 전문대학 교육을 가능하게 하여 이 교육과정

으로 주얼리 현장의 3D CAD 기능 인재를 양성하는데 기여할 수 있다.

둘째, NCS 능력 단위의 요소를 통합한 수업내용을 도입하여 3D CAD 수업에 정밀주조와 주얼리 연마과정이 우선적으로 고려되는 수업, 즉 실무에 바로 적용할 수 있는 수업이 이루어지도록 하였다. DLP 3D 프린팅 출력물인 레진(합성수지)은 정밀주조 과정에서 금, 은, 백금으로 만들 수 있는데 3D 모델링부터 정밀주조 공정을 고려하면 보다 좋은 품질의 주조결과물을 얻을 수 있다. 이외에도 광택(연마), 보석 셋팅, 고무주형 등의 과정도 고려된 3D CAD 모델링 교육과정을 설계하여 실무 중심의 교육이 되도록 연구했다.

4. 결 론

최근 주얼리 디자인 관련 교육 기관은 코로나 19와 업계 불경기의 영향으로 신입생 모집에 많은 어려움을 겪고 있다. 그럼에도 입학한 교육생의 취업 희망 직종을 상담하면 가장 많이 선택하는 직무가 3D CAD/ 3D 프린터 분야이다.

주얼리 디자인 3D CAD와 DLP 3D 프린팅 NCS 기반 교육 과정의 교육 효과를 더욱 높이기 위하여 다음의 제언으로 결론을 맺고자 한다.

첫째, 교수자는 연수를 통해 4차 산업혁명의 한 축으로 끊임없이 발전하고 있는 3D CAD와 3D 프린팅에 트렌드에 맞춰 학기나 학년별 산업 현장 연수를 받고 교육해야 한다.

둘째, FDM 3D 프린팅과 레진 3D 프린팅 방식이 미세면지나 유해물질을 유발한다는 연구가 있는 만큼 안전한 교육환경을 갖추고 교육해야 한다.

셋째, 교육 기관이 다양한 방식의 3D 프린터를 갖추

기 어려운 만큼 서울 주얼리 지원센터 등 3D 프린팅 출력 서비스를 지원 기관을 적극 활용하는 교육을 해야 한다. 현재 메이커스페이스 등 지자체 운영 센터에는 저가형 FDM 3D 프린터를 사용할 수 있게 지원하고 있었으나 정부나 지자체의 노력으로 SLS 방식이나 금속 3D 프린터 등 산업용 장비들을 사용해볼 수 있도록 장비를 확충한 곳이 늘고 있다.

마지막으로 주얼리 관련 학과에서는 은이나 기타 재료 값에 비해 3D 프린팅 관련 소모재료비는 비중이 높지 않은 실정이다. 제조산업의 가장 큰 흐름인 3D 프린팅 장비는 비교적 고가로 이에 따라 유지비도 적절히 배정되어야 질 높은 3D CAD와 3D 프린팅 교육을 할 수 있을 것이다.

References

- [1] Y.H. Kim, "Jewelry 3D CAD and 3D printing: Rhino 3D 7.0 SubD / DLP 3D Printing / Precision Casting", Bookk, Seoul (2021) 10.
- [2] Y.H. Kim, "A study on the CAD/3D printing education system of precious metal design and craft education", Kookmin, Seoul (2008) 8.
- [3] J.W. Choi and H.C. Kim, "3D printing technologies – A Review", J. Korean Soc. Manuf. Process. Eng. 14 (2015) 1.
- [4] H. W. Park, "Status and application of 3-D printing technology", J. KSME (2014) 22.
- [5] S.G. Choi, "RP equipment and samples for making jewelry", Cad & Graphics (2006) 14.
- [6] S.C. Park, "About Korean precious metal industrial activation plan research", J. Korea Contents Asso (2009) 18.
- [7] V.S.D. Voet, J. Guit and K. Loos "Sustainable photopolymers in 3D printing: A review on biobased, biodegradable, and recyclable alternatives", Macromol. Rapid Commun (2020) 11.
- [8] J.T. Sutton, K. Rajan, and bD.P. Harper "Lignin-containing photoactive resins for 3D printing", Stereolithography, ACS Appl. Mater (2018) 10.
- [9] R. Ding, Y. Du, R.B. Goncalves, and L.F. Francis "Sustainable near UV-curable acrylates based on natural phenolics for stereolithography 3D printing", Polymer Chemistry (2019) 7-8.
- [10] A.C. Weems, K.R. Delle Chiaie, and R. Yee, "Selective reactivity of myrcene for vat photopolymerization 3D printing and postfabrication surface modification", Biomacromolecules (2020) 21.
- [11] www.ncs.go.kr/.
- [12] www.rhino3d.com/.