



5가지 모범 사례:

혁신적인 대학이 3D 프린팅을 강의실에 통합하는 방법

Stratasys, Ltd

3D 프린팅은 최근 전국 대학에서 급속도로 대중화되고 있는 기술입니다. 강사진은 앞다투어 커리큘럼 및 강의에 3D 프린팅을 포함시키고 있습니다. 하지만 이는 단순히 시작에 불과합니다. 이 보고서는 강사진이 3D 프린팅을 교과 과정에 포함하여 학생의 학습 효과를 증진하는 방법에 대한 조언을 제공합니다.

5가지 모범 사례:

혁신적인 대학이 3D 프린팅을 강의실에 통합하는 방법

2014년 발간된 NMC Horizon 보고서: 고등 교육 (NMC Horizon Report for Higher Education)에서, 3D 프린팅은 향후 5년 간 기술 계획 및 의사 결정을 주도할 기술로 선택되었습니다. 전문가 패널이 보고한 바와 같이, 3D 프린팅의 사용은 역진행 수업방식을 도입한 강의 및 학습 분석 등 새로운 사례에서 "교육 및 학습 사례에 대단히 많은 영향"을 줄 기술로 기대되고 있습니다.

3D 프린팅 기술의 초기 형태가 30년 전 대학에서 처음 그 모습을 드러냈음에도 불구하고(Horizon 보고서에서는 오스틴의 텍사스 대학과 MIT가 3D 프린팅 기술을 최초로 사용한 개척자로 지목됨), 학교는 이제서야 쾌속 조형을 통해 발명, 설계 및 생산에 관련된 교육에서 실제와 같은 학습 경험을 체험할 수 있도록 하는 방법을 인식하기 시작했습니다.

- 일레로, 미네소타 메디컬 스쿨 대학교 (University of Minnesota Medical School)의 비뇨기학과에서는 학생들이 외과적 수술을 연습할 수 있는 해부 모델과 높은 가격으로 구입하기 어려웠던 특수 도구의 대체품을 3D 프린팅으로 제작해 왔습니다.
- 산업 디자인 프로그램으로 영국 내 여러 수상 경력을 보유한 영국 코번트리 대학교(Coventry University)는 3D 프린팅을 자동차 및 제품 설계 교육과정에서 핵심적인 역할을 하는 도구로 사용해 왔습니다.

- 뉴잉글랜드 기술대학교(New England Institute of Technology)는 설계, 생산 및 조립에 이르는 포괄적인 제품 개발 과정을 학생들이 효과적으로 학습하도록 하기 위해 기계 공학 프로그램에 3D 프린팅을 도입했습니다.
- SCAD, 서베너 예술 디자인 칼리지(Savannah College of Art and Design)는 최근에 이러한 형태의 경험적 학습에 대한 요구를 수용하기 위해 3D 프린팅 및 쾌속 조형(Rapid Prototyping) 제작에 사용되는 기타 장비가 포함된 두번째 작업실을 추가했습니다.
- 메릴랜드 대학교(University of Maryland)의 항공우주공학과에서는 미 육군에서 실시하는 연구 프로젝트에 3D 프린터를 적용하고 있습니다. 이 학과는 쾌속 조형을 통해 엄격한 군대 기준을 만족하는 실험 결과를 재현하기 위해 필요했던 시간 및 비용을 절감할 수 있었습니다.

위의 각 사례에서, 강사진이 3D 프린팅을 강의에 적용하는 최적의 방법을 얻기 위해 엄청난 양의 실험이 실시되었습니다. 이 보고서는 수 년에 걸쳐 교과 과정에 3D 프린팅을 완벽하고 효과적으로 통합하기 위해 수년 간의 경험을 다진 강사 및 작업실 관리자에게 수집한 5가지 모범 사례를 공유하고자 작성되었습니다.

5가지 모범 사례:

혁신적인 대학이 3D 프린팅을 강의실에 통합하는 방법

모범 사례 #1.

작업실을 실제 비즈니스처럼 활용

실제로, 전문 설계자 및 엔지니어는 3D 프린터나 기타 쾌속 조형 제작을 직접 운용하지 않습니다.

이들은 최종 생산을 위해 파일을 작업실이나 서비스 센터 직원에게 최종 파일을 보냅니다. 선도 학교에서도 마찬가지로, 교육 상의 특이점 몇 가지를 제외하곤 이와 동일한 방식으로 처리하고 있습니다.

예를 들어, 학생의 경우에는 작업실이 제공하는 서비스에 대한 설명이 필요할 것입니다. 또한 장비를 운영하는 기술자와 효과적으로 의사소통하는 방법을 배워야 합니다.

학기 중에, SCAD 연구소는 학생 및 강사의 요구에 대응하기 위해 오전 9시부터 오후 10시 사이에 365일 2교대 근무자를 매일 배치합니다. 실제 비즈니스와 동일하게, 학생은 3D 제작에 사용된 재료 비용을 지불합니다.

학생 및 강사 누구나 들어가서 3D 프린트 작업을 요청할 수 있습니다. 일반적으로, 학생은 기술을 제공하는 연구소와 협력하여 CAD 과정을 거쳐 프로세스를 시작합니다.

SCAD의 쾌속 조형 제작 작업 관리자(Rapid Prototyping Operations Manager)인 Justin Hopkins는 학생들이 주어진 한도 내에 맞는 프로젝트를 과제로 받아온다고 설명합니다. 예를 들어, 3D 프린팅의 경우, 가로 세로의 길이가 1×4인치인 사각형보다 작은 크기의 손전등을 설계해 오라는 과제를 받습니다.

"학생은 파일을 준비해서 제출하고, 우리는 제작 엔벨로프(build envelope)에 파일이 맞는지 확인한 후, 파일, 파일 확장자 및 서류 작업 등 모든 것이 정확한지 확인합니다. 모든 조건이 잘 맞게 준비되면 프린트 합니다. 아닐 경우, 학생에게 잘못된 부분을 이야기하고 모든 조건이 정확히 맞을 때까지 파일을 수정합니다. 학생이 공정 원리를 이해할 때까지 계속되는 겁니다."

학생이 해당 강의를 통과한 후에는, "이곳을 자유롭게 출입할 수 있습니다. 학생은 언제든지 필요할 때 들어올 수 있습니다. 파일이 설정에 정확히 맞고 프린트 준비가 완료되었다면 작업 내용에 상관없이 시작할 수 있습니다."라고 덧붙였습니다.

학생은 이 실습을 통해 오퍼레이터와 의사 소통하는 방법과 "STL 파일", "배면 정상" "스티치 불량" 및 관련 용어를 이해하게 됩니다. "학생이 용어의 의미와 설계에서 잘못된 부분과 어느 부분을 수정해야 하는지를 이해하도록 가르칠 수 있다면, 다음 번에는 완벽한 모델을 얻을 수 있을 것이며 이러한 대화를 더 할 필요가 없을 것입니다."라고 Hopkins가 말했습니다.

5가지 모범 사례:

혁신적인 대학이 3D 프린팅을 강의실에 통합하는 방법



모범 사례 #2.

반복, 반복, 반복

설계는 매우 반복적인 프로세스이며 이는 모든 학생이 배워야 하는 교훈입니다. 화면에서 "완벽"해 보이는 것도 막상 프린트를 하면 동일하게 프린트되지 않을 수 있습니다. "이 부분은 더 두꺼워야 하고, 이 부분은 더 얇아야 합니다. 여기는 너무 날카롭고, 이걸 비울이 안 맞습니다. 그리고 완제품을 보기 전까지는 정확히 알 수 없다는 게 문제입니다." 라고 코벤트리 대학의 산업디자인 학과장인 John Owen이 말했습니다.

설계자가 가지고 있는 아이디어에 대해 "자리에 앉아서 스케치를 하고 누군가가 멋진 복사본을 프린트해주시기를 기대하는 것은 잘못된 것입니다." 라고 그는 말했습니다. "이것도 프로세스의 일부인 거죠. 한 가지를 명심해야 합니다. 변경을 하고, 살펴보고, 다른 아이디어가 있으면 또 변경해야 합니다."

무엇보다도, 파일에는 결함이 있을 수 있습니다. 학생이 SCAD에 3D 프린트용 STL 파일을 제출하면, 오퍼레이터는 파일에 오류가 없는지 신속하게 확인합니다. Hopkins는 일반적인 실수로 스티치 불량을 꼽았습니다. 스티치 불량은 파트의 표면 사이에 약간의 갭이 있는 경우를 말하며 장비는 이것을 어떻게 처리해야 할 지 모릅니다

오퍼레이터가 학생들에게 파일의 어떤 부분에 문제가 있으며 수정 방법을 설명해줍니다. "우리는 파일을 대신 수정해주지 않습니다. 정확하게 맞을 때까지 학생들 스스로 생각하게 하는 것이 이 수업의 목적입니다. 그렇지 않으면 제대로 배울 수가 없기 때문입니다."라고 말합니다.

이 원칙은 사포질 및 도장 등의 클린업 같은 후처리 작업에도 동일하게 적용됩니다. 학생은 "프로세스를 정확하게 이해하기 위해 손도 더러워져야 합니다." 라고



코벤트리 대학교의 산업디자인 커리큘럼에는 Objet 3D 프린터 등 3D 프린터 사용 과정이 포함됩니다.

5가지 모범 사례:

혁신적인 대학이 3D 프린팅을 강의실에 통합하는 방법

Hopkins가 설명합니다. 또한 시제품 제작에 사용할 수 있는 다양한 기법의 가치를 이해할 수 있습니다. "가게에 가서 선반을 사다 회전시켜 만드는 것보다 3D로 원통을 프린트하는 것이 더 가치가 있습니다. 학생이 그러한 (가공) 기술을 얻을 수 있다면 시간이 덜 걸리고 더욱 정확해질 것이기 때문입니다."

강사진은 학생이 파트가 제작되어야 하는 방식에 대해 생각해보도록 하는 유도 질문을 던져 학생이 설계의 반복적인 성질을 이해하도록 할 수 있습니다. Hopkins는 다음과 같은 조언을 덧붙였습니다. 파트가 더 깔끔해보이기를 원합니까? 더 견고하길 원합니까? "일반적으로, 학생은 최대한 빨리 결과물을 받고 싶어합니다. 보통 가장 빠른 방법이 가장 좋은 방법이거나 가장 깔끔한 방법은 아닙니다. 학생이 얼마나 서두르고 있는가에 달려 있습니다."

모범 사례 #3.

팀으로 일하는 강사 및 작업실 구성원

강사와 작업실 구성원의 협력은 학생에게 가장 좋은 결과를 가져다 줍니다. Hopkins는 SCAD에서 함께 근무하는 강사들에게 새 커리큘럼을 구성할 때 작업실의 기능을 잘 이해했는지 확인하기 위해 Hopkins와 상의하라고 조언합니다. 이렇게 하면 작업실에서 해당 커리큘럼의 특성에 따라 강의 프로젝트에 특정 3D 프린터를 사용하도록 할 수 있습니다. "이렇게 하면 학기 마지막에 벼락치기로 작업에 휘둘리지 않고 10주 동안 흐름을 적절히 유지할 수 있습니다."

학기 첫 7주 동안 실습이 제대로 진행된다 해도, 마지막 3주 동안 강사가 강의 프로젝트를 과제로 내 줄 경우 선착순으로 작업이 진행됩니다. "학생들이 줄을 서야 하는 상황이 됩니다." 라고 Hopkins가 말했습니다.

Hopkins는 강사를 만나면, 학생들에게 설계 소프트웨어를 사용하여 올바르게 파일을 설정하는 방법을 가르치는 것을 강조합니다. 또한 강사들에게 오퍼레이터가 잘못되었거나 이상한 파일을 거절할 권리가 있음을 상기시킵니다. "우리가 작업이 잔뜩 밀려 있고, 학생들이 구체 등 똑같은 것을 만들려면 가게에서 탁구공을 살 수도 있는 상황에서 정말 이상하고 바보 같은 것을 프린트해달라고 할 경우, 우리는 "그래, 이건 정말 시간 낭비야"라고 말할 권리가 있습니다."



뉴잉글랜드 기술대학교의 건축학과 학생은 학교에 있는 Dimension 3D 프린터를 사용하여 4피트 크기의 고층 건물을 설계했습니다.

5가지 모범 사례:

혁신적인 대학이 3D 프린팅을 강의실에 통합하는 방법

모범 사례 #4.

작업에 적합한 도구 선택

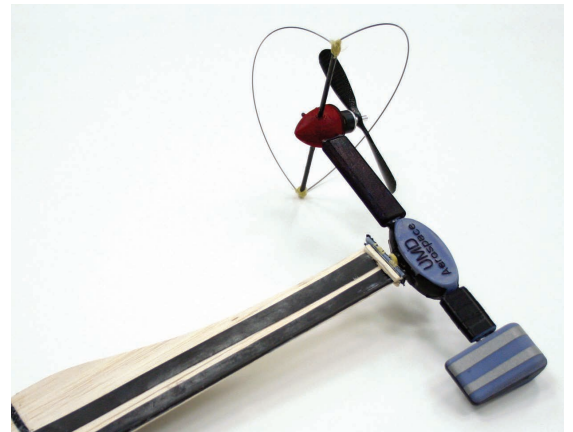
설계 프로그램이 학생이 원하는 작업에 적합한 소프트웨어 사용을 통합해야 하는 것과 마찬가지로, 쾌속 조형 제작 및 3D 프린트를 위해 선택하는 장비 역시 전문가급이어야 합니다. 산업용 하드웨어 및 소프트웨어를 사용하면 학생들은 실제로 작업에 사용하게 되는 도구를 경험해 보고 자신감을 얻게 됩니다.

따라서 대학에서 사용하는 3D 프린터를 선택할 때 프린터가 그 목적에 부합해야 합니다. Hopkins는 취미 수준의 3D 프린터가 아닌 상용 장비를 구입하기 위한 투자를 받기 위해 계속 힘쓰고 있습니다. "3D 프린터로 어설프게 이것 저것 해보려는 사람에게는 취미용 장비도 괜찮겠지만 취미용 장비는 산업용 장비로 가능한 파트를 생산할 수 없습니다." "게다가, 하이엔드 장비는 훨씬 수명이 길고 견고합니다."라고 Hopkins는 덧붙입니다.

다행히 산업용 장비 가격은 지속적으로 하락하고 있습니다. 최근 SCAD에서 구입한 3D 프린터는 처음에 구입했던 모델의 절반 가격에 가깝습니다.

또한, 압출형 또는 수지형 중 어떤 종류의 3D 프린터를 구입할 것인가 라는 문제가 있습니다. 압출형(압출 적층 모델링, FDM®(Fused deposition modeling)) 모델은 열가소성 수지를 반액체 상태로 가열한 후 설계 소프트웨어에서 정의한 경로에 따라 가는 선 형태로 적층합니다. 서포트가 필요할 경우, 3D 프린터는 베개 역할을 할 추가 선을 적층합니다. 클린업 프로세스에서는, 사용자는 서포트 재료를 부수거나 세제와 물로 녹여 제거한 후 접착 또는 피팅 등 프린트된 파트에 대한 최종 작업을 수행합니다.

PolyJet™ 프린트는 잉크젯 프린터와 비슷하게 동작합니다. 3D 프린터가 액상 광중합체 방울로 이루어진 층을 제작 트레이에 분사하면, 디지털 재료가 UV 빛에 노출되며 경화됩니다. 돌출되거나 복잡한 형상이 있을 경우, 프린터는 클린업 프로세스에서 제거할 수 있는 젤과 같은 재료를 분사합니다.



메릴랜드 대학교는 PolyJet 기술을 통해 프로토타입 개발 사이클을 압축하여 항공우주 연구를 개선했습니다.

5가지 모범 사례:

혁신적인 대학이 3D 프린팅을 강의실에 통합하는 방법



미 육군은 메릴랜드 대학교에 자금을 지원하고 향후 군용으로 사용할 수 있는 비행 대체 모드 분석에 도움을 받고 있습니다.

Hopkins는 여러 프린터 중에서 어떠한 종류의 3D 프린터를 선택한다는 것은 일종의 "타협"이라고 말합니다. 한 모델이 프린트 속도가 더 빠를 경우, 다른 모델은 클린업 속도가 더 빠를 수 있습니다. SCAD는 서로 다른 용도로 사용하기 위해 두 가지 유형의 프린터를 모두 사용합니다. 두 프린터에서 나온 출력물을 비교함으로써 생산에 더 적합한 일정한 수준의 디테일을 유지할 수 있다고 그는 설명합니다.

어떤 기관에서 Hopkins에게 새 실험실에 사용할 장비에 대한 자문을 구했을 때, 그는 압출형 장비로 시작할 것을 권합니다. 그는 uPrint®, Dimension® 및 Fortus® 제품군 등 FDM 기술 모델의 오랜 팬입니다. 그러나, 그가 운영하는 작업실 두 곳에서는 수지형 PolyJet 기술을 사용하는 Objet® 프린터도 사용합니다.

그는 "정말 좋은 장비입니다"라고 자신있게 말합니다. "서비스 비용이 매우 저렴하고 고장이 잘 나지 않습니다."

다른 추가 장점은, Stratasys® 3D 프린터에서 실행되는 소프트웨어는 설계 기본 사항을 사전에 확인하며 오퍼레이터는 콘솔을 통해 설계 중 프린트 작업을 저해하는 잘못된 부분을 확인할 수 있습니다.

모범 사례 #5.

지속적인 개선 추구

상황에 빠르게 대처하는 학교는 학사에 관련된 문제나 운영적 문제 등, 항상 지금 사용하고 있는 방법보다 더 나은 방법을 모색합니다. 지속적인 개선이라는 원칙을 추구하려면 구성원들은 다른 기관에 있는 동료들과 협력하여 서로가 얻은 교훈을 공유하고 서로의 영역에서 좋은 아이디어를 차용해야 합니다.

예를 들어, SCAD의 Hopkins는 다른 학교의 관리자와 마주할 기회가 있을 때, 서로가 보유한 장비와 그를 선호하는 이유에 대한 이야기를 나눕니다. "다른 학교의 관리자와 만나 이야기를 나누는 것은 어떤 것의 장단점을 파악하고 서로의 프로그램에 잘 맞는 것을 확인할 수 있는 유일한 방법입니다." 라고 그는 말합니다. "다른 기술자는 이러한 것들에 대한 솔직하고 정확한 이야기를 해 줄 수 있습니다."

Hopkins는 3D 프린트 및 관련 업계 포럼의 연사 자격으로 주요 제조업체의 작업실을 운영하는 여러 오퍼레이터와 만나 이야기를 했습니다. Hopkins는 오퍼레이터와의 대화를 통해 학생과의 협업에서 자신의 팀이 처한 문제가 제조업체의 오퍼레이터가 전문 엔지니어와의 협업에서 마주친 문제와 동일한 것임을 확인했습니다.

"우리는 모두 같은 어려움을 겪고 있었습니다." 라고 Hopkins가 말했습니다. 이것이 그가 학생들에게 프린트 준비가 완료된 파일을 제공하는 방법, 설계에 잘못된 부분이 있을 때 수정하는 방법, 부품을 제작하거나 쾌속 조형을 할 때 적절한 방법을 선택하는 법 등 기본적인 기술을 습득하는 것을 돕기로 결정한 근본적인 이유입니다.



Stratasys Corporate Headquarters

United States
7665 Commerce Way
Eden Prairie, MN 55344
United States
+1 952-937-3000

Israel
2 Holtzman St.
Science Park, P.O. Box 2496
Rehovot 76124
Israel
+972-74-745-4000

Stratasys in Asia
Hong Kong, China

7th Floor,
C-BONS International Center
108 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
+852-3944-8888

Japan
8F Sumitomo Fudosan
Kayabacho Bldg, No.2
Shinkawa2-26-3
Chuo-ku, Tokyo, 104-0033
Japan
+03-5542-0042

대한민국

경기도 성남시 분당구
정자동 17-5
시그마타워빌딩 6층 601호
대표전화)+82-2-2046-2200
팩스)+82-31-715-1225

China
1/F Multimedia Building
No. 757 Guang Zhong Xi Road,
Shanghai, 200072
China
+86-021-26018899

South Asia
(ANZ, IN and SEA)

988 Toa Payoh North #07-06,
Singapore 319002
+65-6715-1215

India
No. 89, II Floor "V.M.COSMA"
Marathahalli - K.R. Puram Outer
Ring Road
Bangalore 560037
India
+91-9845033572



ISO 9001:2008 인증
©2015 Stratasys Ltd. All rights reserved. Stratasys, Stratasys logo, Digital Materials, PolyJet, uPrint, Fortus, Dimension, Vero, Tango, Objet, Connex3, Objet Studio, Objet500 Connex, Digital ABS, TangoBlack, VeroCyan, VeroMagenta, VeroYellow, VeroBlackPlus, VeroWhitePlus, VeroClear, TangoBlackPlus 및 TangoPlus는 Stratasys Ltd. 및/또는 자회사의 상표 또는 등록상표이며 특정 관할 구역에서 등록될 수 있습니다. FDM, FDM Technology는 Stratasys Inc.의 상표입니다. 제품 사양은 예고 없이 변경될 수 있습니다. 인쇄 연도: 2014년. 출판 지역: 미국. SSSY-WP_DU_5BestPractices_A4_0115_KO

Stratasys 시스템, 재료 및 애플리케이션에 관한 자세한 정보는 02-2046-2200로 문의하시거나 www.stratasys.co.kr을 방문하시기 바랍니다.