

TỔ CHỨC GIẢNG DẠY CÁC MÔN CAD/CAM CHUYÊN NGÀNH Ở CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHỐI KỸ THUẬT

TEACHING CAD/CAM AS MAJOR SUBJECT AT TECHNICAL COLLEGE

Ngô Anh Tuấn

Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

TÓM TẮT

Nếu xem việc giảng dạy các môn CAD/CAM chuyên ngành là một quá trình thực tập thiết kế, sản xuất trong một hệ thống công nghiệp, các trường kỹ thuật cũng có thể sử dụng các phương pháp sư phạm phù hợp được đúc kết từ nhiều đơn vị đào tạo chuyên môn. Để tạo điều kiện học tập tốt cho SV, cần phải phân chia các mảng kiến thức phức tạp thành nhiều phần phù hợp với năng lực của SV và điều kiện thực tế của đơn vị. Việc định hướng cho sinh viên học tập trong một môi trường làm việc hệ thống sẽ giúp các em có đủ những kỹ năng cần thiết để xử lý các tình huống thay đổi công nghệ diễn ra liên tục.

Chiến lược học tập qua các bài tập xuyên suốt giúp Sinh viên có khả năng liên kết khái niệm với các tình huống thực tế, giúp các em xây dựng kỹ năng hoạch định và phân bổ nguồn lực, quản lý công việc và kỹ năng quản lý các vấn đề sản xuất. Giảng dạy CAD/CAM trong các trường kỹ thuật thông qua các dự án thực sẽ tạo động lực học tập, xây dựng mối quan hệ hợp tác và gắn kết kiến thức ở nhà trường và yêu cầu của xã hội.

Từ khoá: giảng dạy CAD/CAM, chiến lược học CAD/CAM, dạy học khối kỹ thuật, gắn kết kiến thức ở nhà trường và yêu cầu của xã hội.

ABSTRACT

By looking at teaching CAD/CAM as practicing in an industrial system we can use pedagogical methods from the well-developed discipline organization. Practicing in an industrial system breaks a complex field down into attainable steps, showing how learning strategies and attitudes can enhance mastery. Balancing the realistic emphases of organizational analysis, communicative intent and contextual application can address different learning styles. Guiding students in learning approaches from systematic study will equip them to deal with constantly changing technology.

Practicing learning strategies on realistic projects provides the ability to connect concepts to actual situations, drawing on resource-usage, task management, and problem management skills. Including collaborative aspects in these projects provides the motivation of a real audience while linking academic study to practical concerns.

Keywords: Teaching CAD/CAM, CAD/CAM learning strategy, linking academic study to practical concerns

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, trong thời buổi cạnh tranh khốc liệt mang tính toàn cầu, các nhà sản xuất luôn luôn tìm cách giới thiệu các sản phẩm mới với tính năng đa dạng, chất lượng cao, giá thành hạ và thời gian giao hàng ngắn. Điều này chỉ có thể thực hiện được với những tính toán tối ưu trên các hệ thống CAD/CAM hoàn chỉnh. Tuy nhiên, sự đa dạng các giải pháp phần cứng và phần mềm đang đặt ra cho các trường đại học khối kỹ thuật ở nước ta những bài toán khó trong việc lựa chọn công cụ và tổ chức giảng dạy các môn CAD/CAM chuyên ngành. Để giải quyết vấn đề trên, chúng ta phải quan tâm đến việc tổ chức giảng dạy các môn học CAD/CAM trên các hệ thống thiết bị dạy học, thiết bị sản xuất hoàn chỉnh, phù hợp với khả năng của từng đơn vị và phải tuân theo những nguyên tắc sư phạm chuyên biệt của các môn học này.

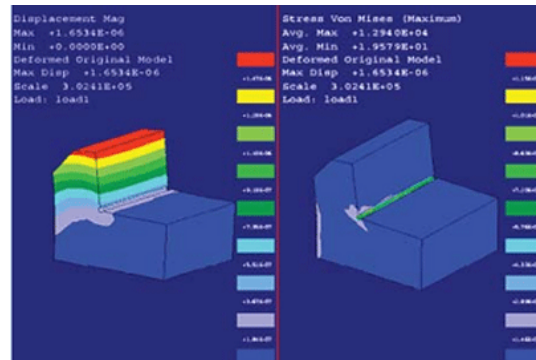
1.1 Các môn học CAD/CAM

CAD (Computer Aided Design) là thiết kế với sự hỗ trợ của máy tính. Trong giảng dạy các môn CAD, Giảng viên (GV) hướng dẫn sinh viên (SV) sử dụng máy tính và các phần mềm CAD như AutoCAD, Pro/E, ... để thiết kế từ các chi tiết máy đến các hệ thống thiết bị hoàn chỉnh, từ những kết cấu đơn giản đến các kiến trúc phức hợp của một ngôi nhà hiện đại. Các phần mềm CAD là các phần mềm đồ họa mạnh mẽ cùng với các tính toán phức tạp, đòi hỏi phải có bộ xử lý mạnh và màn hình có độ phân giải cao. Các phần mềm CAD thường được tích hợp các modul CAE giúp phân tích, đánh giá thiết kế kỹ thuật để trợ giúp các kỹ sư thiết kế tối ưu hóa các thiết kế kỹ thuật.

Với CAD chúng ta có thể tạo các bản vẽ kỹ thuật hoàn chỉnh với đầy đủ các thông tin kỹ thuật và mô hình hình học 3D của sản phẩm. Hơn nữa, các thiết kế CAD này sẽ được dùng cho các ứng dụng CAM về sau cho phép tiết kiệm thời gian một cách đáng kể và giảm được các sai số gây ra do phải xây dựng lại mô hình sản phẩm khi cần hoặc thiết kế lại trên phần mềm.

CAE (Computer Aided Engineering) là kỹ thuật để phân tích, đánh giá các mô hình CAD với sự trợ giúp của máy tính, cho phép người thiết kế mô phỏng hoạt động của sản phẩm trong chế độ thực để từ đó có thể tinh chỉnh và tối ưu

thiết kế sản phẩm. Các công cụ CAE tương đối đa dạng, đáp ứng được cho nhiều nhu cầu phân tích, đánh giá sản phẩm.



Hình 1: Mô phỏng ứng suất và chuyển vị với Pro/Mechanica

CAM (Computer Aided Manufacturing) là quản trị và điều khiển gia công/sản xuất dưới sự trợ giúp của máy tính. CAM cho phép các kỹ sư dựa trên các mô hình CAD đã có, xây dựng qui trình công nghệ gia công, lập kế hoạch sản xuất, mô phỏng quá trình gia công và tạo chương trình gia công dưới dạng mã G&M đã được tối ưu hoá cho máy CNC được chỉ định.

1.2 Tình hình giảng dạy các môn CAD/CAM hiện nay

Cho đến nay, các trường đại học khối kỹ thuật, các môn học CAD vẫn thường được giảng dạy để hỗ trợ cho công tác thiết kế và chế tạo của các kỹ sư tương lai. Nếu như trước đây các trường thường sử dụng phần mềm AutoCAD trong giảng dạy cho tất cả các ngành thì ngày nay ngành nào cũng có môn CAD với các phần mềm CAD chuyên ngành.

Việc giảng dạy các môn học CAD tại các trường đại học khối kỹ thuật hiện nay được chia làm 3 mảng: CAD cơ bản, CAD chuyên ngành và CAD/CAM

Ta có thể thấy rõ các môn CAD/CAM thường được tổ chức giảng dạy một cách rời rạc vì sự phân chia của chương trình học là CAD cơ bản, CAD chuyên ngành, sau đó là CAD/CAM cũng như sự phân bố chủ quan việc giảng dạy này thuộc các bộ môn của các Khoa khác nhau. Hệ quả của sự phân chia này làm sinh viên mất nhiều thời gian làm quen lại, học lại, các kiến thức đã học có nhiều phần không sử dụng, các kỹ

năng có được liên quan đến họ chi tiết này nhưng nhưng giai đoạn chuyên ngành là thiết kế và sản xuất họ chi tiết khác.

Việc giảng dạy môn học CAD thường cũng không gắn kết ý tưởng thiết kế với việc gia công sản phẩm. Cách dạy này làm cho SV mất đi kỹ năng phát triển ý tưởng theo tình hình thực tế, không hình dung được mối quan hệ giữa thiết kế và gia công làm giảm đi khả năng sáng tạo trong thiết kế mang tính thực tế. Ngoài ra, trong một số trường hợp SV sẽ không có tư duy sáng tạo về qui trình công nghệ mà chỉ có tư duy sáng tạo rời rạc trên từng thiết bị.

Trên thực tế hệ thống CAD/CAM đóng vai trò quan trọng trong nền sản xuất dựa trên các hệ thống điều khiển số, đặc biệt là ở các lĩnh vực chuyên môn hóa cao. Hiện nay, CAD/CAM đã được ứng dụng rất phổ biến ở các ngành có liên quan đến thiết kế như kiến trúc, kỹ thuật dân dụng, kỹ thuật điện, kỹ thuật cơ khí, ... Chính vì vậy việc dạy các môn CAD gắn kết ngay từ đầu với ý tưởng gia công với hệ thống CAM hoặc thiết kế và gia công trong các hệ thống CAD/CAM tích hợp là xu hướng tất yếu cho việc đào tạo lực lượng kỹ sư công nghệ có chất lượng cao. [3] [4]

2. TỔ CHỨC GIẢNG DẠY CAD/CAM TRÊN CÁC HỆ THỐNG DẠY HỌC, HỆ THỐNG SẢN XUẤT SẢN CỐ

1.1 Xác định vị trí các môn học CAD/CAM trong hệ thống các môn học

Trước khi bắt đầu giảng dạy, GV cần xác định vị trí của môn học trong một quá trình sản xuất công nghiệp hoàn chỉnh từ những điều kiện đặt ra ban đầu, phân tích tình hình thực tiễn, lên ý đồ thiết kế, mô hình hoá, chế tạo, lắp ghép, kiểm tra, ...

Để làm rõ điều này GV cần giảng rõ cho SV qui trình sản xuất như sau:

- Tìm hiểu đặc tính sản phẩm cần thiết kế, thu thập thông tin về môi trường hoạt động, điều kiện vật lý tác động lên sản phẩm.
- Sàng lọc và đưa ra ý tưởng thiết kế
- Phân tích và dự đoán các vấn đề có thể xảy ra.

- Lên phương án thiết kế cụ thể dùng CAD

- Xây dựng mô hình lắp ráp 3D của sản phẩm từ các chi tiết đã thiết kế với CAD

- Phân tích các điều kiện vật lý tác động, phân tích kết cấu, phân tích dao động, phân tích động học cơ cấu, ... (CAE)

- Từ kết quả phân tích đánh giá ở bước trên, tiến hành hiệu chỉnh lại thiết kế để có được thiết kế kỹ thuật hoàn chỉnh.

- Xây dựng chương trình gia công bằng phần mềm CAM từ mô hình CAD hoàn chỉnh.

- Hiệu chỉnh dữ liệu gia công có được từ CAM (lựa chọn dụng cụ gia công, chế độ gia công, đường chạy dao tối ưu, ...)

- Xuất chương trình gia công, dữ liệu gia công hoàn chỉnh

- Tiến hành chế tạo, sản xuất sản phẩm.

- Kiểm tra sản phẩm theo các yêu cầu đặt ra. [3]

1.2 Những nguyên tắc cơ bản trong giảng dạy CAD/CAM chuyên ngành

Các môn học về CAD/CAM còn khá mới mẻ nên phương pháp giảng dạy chưa được nghiên cứu kỹ. Các công trình nghiên cứu mới đây cho thấy các nguyên tắc cơ bản cần phải được tuân thủ trong quá trình giảng dạy CAD/CAM như sau:

- Không phải mọi người đều có khả năng tư duy trong môi trường 3D như nhau, do vậy việc chuyển đổi mô phỏng từ 2D sang 3D rất cần thiết trong mọi trường hợp.
- Việc mô phỏng 3D chỉ có tác dụng trong việc quan sát và điều chỉnh sản phẩm cục bộ chứ chưa phải là đầy đủ. Mô phỏng động học sản phẩm là một trong các mục tiêu của giảng dạy CAD/CAM chuyên ngành.
- Phần mềm CAD thông dụng có thể dễ học và làm được nhiều việc nhưng lại rất bất tiện khi xây dựng các cấu trúc phức tạp. Do vậy việc dạy CAD cơ bản cần kết hợp dạy cả CAD thông dụng và CAD chuyên ngành để làm rõ đặc điểm của từng công cụ và phần mềm.

- Phần mềm CAM tạo xuất chương trình gia công một cách tự động dựa trên sự chỉ định qui trình công nghệ của người sử dụng chứ không tự động chọn các loại dao cụ, đường chạy tối ưu, chế độ gia công. Chính vì vậy SV cần phải có một kiến thức nền tảng vững chắc về chuyên ngành và qui trình gia công chế tạo.
- Tích cực hóa người học bằng cách cho điểm chi tiết trên các sản phẩm làm ra và yêu cầu từng nhóm SV lần lượt trình bày các sản phẩm của mình. Mức độ “cạnh tranh” trong trình bày sẽ tạo động lực thúc đẩy SV học tập.
- Hãy để SV tự chọn mức độ phức tạp của từng bài tập bằng cách cung cấp nhiều nhóm bài tập từ dễ đến khó, mỗi nhóm bài tập có nhiều dạng khác nhau nhưng độ phức tạp ngang nhau
- Trước khi làm các bài tập nên cho SV xem một đoạn mô phỏng quá trình thiết kế - chế tạo trên CAD/CAM có liên hệ đến nhiệm vụ cần hoàn thành.
- Các bài tập được xây dựng trên các sản phẩm mẫu thật được mô tả kỹ lưỡng.
- Để tiếp cận nhanh với điều kiện sản xuất trong thực tế, các bài giảng và bài tập phải được sắp xếp theo chuỗi chế tạo một sản phẩm hoàn chỉnh. Sau mỗi bài tập, các chi tiết phải được lắp thử với nhau để đảm bảo độ chính xác khi lắp ráp.
- Đầu tiên, nên để SV tự học theo tốc độ và khả năng của mỗi người, những SV có dư thời gian nên được khuyến khích sáng tạo thêm. Càng về cuối môn học SV cần phải làm quen dần với áp lực về thời gian và tiến độ trình bày thiết kế.
- Những SV đã có kinh nghiệm học CAD thường thích những mô hình phức tạp và hiện đại hơn là các mô hình truyền thống do vậy hệ thống bài giảng và bài tập cần phải được sắp xếp theo trình tự từ đơn

giản đến phức tạp và từ truyền thống đến hiện đại. [1] [5]

1.3 Tích hợp giảng dạy CAD/CAM và các phần mềm phổ biến cho các môn chuyên ngành.

Như đã phân tích ở trên, để tránh mất thời gian cho SV và đạt hiệu quả cao trong giảng dạy, việc tổ chức giảng dạy nên đi theo 2 giai đoạn sau:

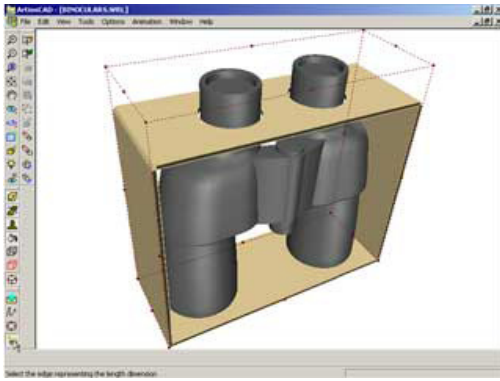
- CAD cơ bản với các khái niệm và kỹ thuật định hướng chuyên ngành
- Kết hợp chặt chẽ CAD/CAM, chú trọng đến giai đoạn xuất dữ liệu để sản xuất trên máy chuyên dụng.

Mỗi ngành đều có kỹ thuật CAD khác nhau với các công cụ chuyên biệt, do vậy cách đào tạo cơ bản tốt nhất vẫn là dạy một phần mềm CAD phổ biến và dễ sử dụng như AutoCAD kết hợp với CAD chuyên ngành.

Trong quá trình giảng dạy, những kỹ thuật và công cụ chung nhất của CAD được dạy qua phần mềm AutoCAD lẫn phần mềm chuyên dụng, trong đó nên dùng AutoCAD để dạy khái niệm trước và dùng CAD chuyên dụng để thực hiện lại. Đối với những thiết kế mang tính chuyên biệt nên sử dụng CAD chuyên ngành để giảng dạy sẽ phát huy tác dụng và làm cho SV nhận thức sâu hơn.

Việc tích hợp CAD/CAM ngay từ đầu tạo cho SV những khái niệm suy nghĩ thực và tạo ra sản phẩm thực. Muốn thế các bài giảng cần tích hợp đầy đủ các yếu tố sau:

- Luôn cho hiện thị mẫu thiết kế trong không gian 3D vì CAD còn cho phép xem ở mọi góc độ những chi tiết bên trong khối bao của chúng. Kinh nghiệm cho thấy, khả năng tư duy trong không gian của các SV rất khác nhau nên trong các bài giảng của mình, GV cần lưu ý tận dụng chức năng này càng nhiều càng tốt.
- Trong lúc giảng về cách thiết kế các mô hình, GV nên sử dụng những công cụ vẽ 2D của CAD để xác định một hoặc nhiều mặt cắt cơ bản (mặt cắt ngang) của sản phẩm 3D.



Hình 2: thiết kế cấu trúc và vật chứa cấu trúc trong không gian 3D ở phần mềm ArtiosCAD

- GV nên hướng dẫn chi tiết cho SV cách tính toán mô phỏng sử dụng các phần mềm phân tích dựa vào đặc tính công nghệ của sản phẩm kết hợp mô hình 3D. Kết quả phân tích có thể chỉ ra các vấn đề tiềm ẩn trong thiết kế. Từ đó SV có thể sửa đổi thiết kế và đưa ra phương án thiết kế khả thi để sản phẩm có thể thích ứng với các điều kiện vật lý thực tế bên ngoài.
- Khi nộp bài cho GV, ngoài file thiết kế theo định dạng CAD chuẩn, SV phải nộp kèm file mô hình CAD 3D. Nếu là sinh viên học về lắp ráp cần nộp mô hình CAD 3D mô tả toàn bộ quá trình lắp ghép các bộ phận với nhau. Mô hình CAD 3D này phải là phương án thiết kế tối ưu sau khi đã tính toán mô phỏng với các điều kiện vật lý tác động từ thực tế. [1] [3]

1.4 Phân định rõ 4 mức độ ứng dụng CAD/CAM trong thiết kế

Trong môi trường làm việc chuyên ngành, để SV có điều kiện tiếp cận ngay với các công cụ và kỹ thuật thiết kế cần phân định rõ 4 mức độ thiết kế kết hợp CAD/CAM:

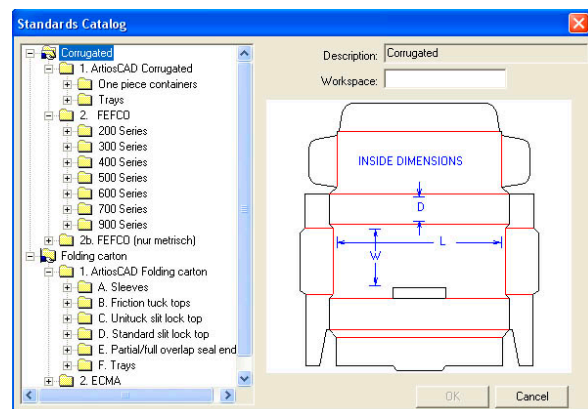
- Ứng dụng thư viện sẵn có phục vụ ngay cho việc thiết kế và xuất dữ liệu sản xuất đến thiết bị chế tạo, sản xuất
- Chỉnh sửa các thiết kế không phù hợp và xuất dữ liệu sản xuất đến thiết bị chế tạo, sản xuất
- Thiết kế mới cho các mẫu chưa có và xuất dữ liệu sản xuất đến thiết bị chế tạo, sản xuất

- Lựa chọn phương án gia công tối ưu và giám sát thiết bị trong quá trình sản xuất. [1] 4 mức độ thiết kế này cần được thể hiện qua các dạng bài tập sau:

2.4.1 Bài tập thiết kế cấu trúc theo thư viện mẫu

Một số GV cho rằng việc thiết kế nên bắt đầu từ việc sinh viên phải tự mình tạo ra các bản thiết kế theo mẫu. Xét trên quan điểm hiệu quả công việc, điều này không đúng vì có rất nhiều kết cấu có thể được xây dựng từ các kết cấu chung nhất. Nhiệm vụ của SV là tối ưu hóa thông số và kiểu thiết kế nhằm đưa các thiết kế dưới dạng mẫu chung về các dạng mẫu riêng biệt. Xét trên quan điểm nhận thức, thao tác điều chỉnh hình dạng thông qua số liệu là thao tác cơ bản giúp SV luyện tập tư duy không gian 3 chiều để điều chỉnh các thông số tính toán lý thuyết. Các thư viện thiết kế của các phần mềm CAD có thể giúp SV nhanh chóng tạo ra những mẫu thiết kế mới và độc đáo. SV có thể thiết kế rất dễ dàng và linh động qua các thao tác, công cụ đã được tối ưu hoá. Thông qua các thao tác điều chỉnh số liệu liên tục theo dạng bài tập thiết kế, các em có thể nhận ra các khiếm khuyết của các mẫu có sẵn và nhận thức được ý nghĩa của các công cụ điều chỉnh trong các bài tập tiếp theo. [1]

Các bài tập dạng này có thể là tạo mới hoàn toàn những mẫu thiết kế từ danh sách các kiểu có sẵn và thêm hoặc thay đổi bất kì hình dạng cấu trúc hoặc kết cấu nào. Mẫu thiết kế của SV phải đảm bảo có đầy đủ yêu cầu của một bản vẽ kỹ thuật về sản phẩm thiết kế.



Hình 3: Thư viện cấu trúc mẫu theo chuẩn ISO trong phần mềm ArtiosCAD

2.4.2 Bài tập thiết kế cấu trúc từ các công cụ của phần mềm CAD

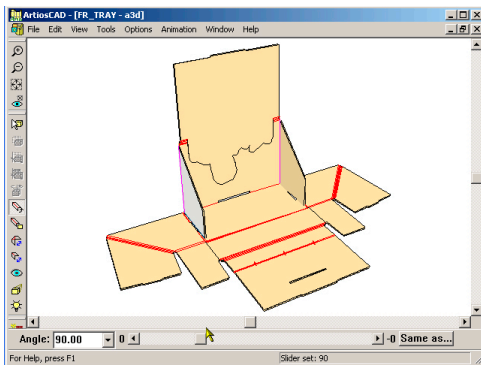
Dạng bài tập này yêu cầu SV phải biết chọn lựa công cụ cần thiết để xây dựng các cấu trúc từ đơn giản đến phức tạp. Khi ra bài tập dạng này, GV cần lưu ý:

- Phối hợp các bài tập lại với nhau sao cho sản phẩm của từng bài tập chính là một phần của một khối cấu trúc hoàn chỉnh, ví dụ như một căn nhà, , một cụm chi tiết máy hoàn chỉnh ...
- Các công cụ phải được sử dụng nhiều lần và ở nhiều mức độ khác nhau trong từng bài tập. Lưu ý SV về đặc điểm của các phần mềm CAD cho phép chúng ta tạo ra mẫu thiết kế chỉ một lần duy nhất nhưng lại sử dụng được nhiều lần cho các mẫu thiết kế có kích thước khác nhau.

Những mẫu thiết kế tạo ra có thể được thêm vào danh sách các mẫu có sẵn để tạo thành một thư viện và có thể đưa lên trực tuyến. [5]

2.4.3 Bài tập kiểm tra điều chỉnh cấu trúc mẫu trên không gian ảo 3D:

Phần lớn các nhà thiết kế đều muốn mình có thể nhìn thấy hình ảnh của mẫu thiết kế sau khi hoàn tất một công đoạn hoặc sau khi thiết kế xong. Không phải tất cả các SV đều biết kiểm tra trong không gian ảo 3D và việc kiểm tra này phụ thuộc vào tư duy 3D của SV. Trong dạng tư duy này luôn có sự chuyển đổi số liệu từ 2D sang 3D và ngược lại nên có thể tạo ra một số bất cập nếu không được luyện tập.



Hình 4: Kiểm tra hộp gập trong không gian 3D ở phần mềm ArtiosCAD

2.4.4 Bài tập liên kết các chức năng trong phần mềm và chuyển đổi qua lại giữa các phần mềm

Một trong những khiếm khuyết của SV sau khi tốt nghiệp là không liên kết được những kiến thức và kỹ năng đã có được với một hệ thống thiết kế khác. Để khắc phục tình trạng này các bài tập liên kết cần thể hiện các đặc tính sau:

- Kết nối và liên kết các mẫu thiết kế để xác định vị trí, kiểm tra, đo đạc và xuất ra.
- Các kết cấu, cấu trúc được thiết kế trên CAD nên được biểu diễn trong không gian 3D và cần được phân tích, đánh giá thiết kế kỹ thuật (CAE). Khi đã được mở ra, những file thiết kế đó đã sẵn sàng để có thể để được xây dựng quá trình gia công trên CAM và xuất đến máy CNC. Ngoài ra, các thiết kế này có thể được lưu lại với các định dạng CAD chuẩn thuận tiện cho việc trao đổi dữ liệu giữa các phần mềm như IGES, STEP, DDES, CFF2, DXF, HP-GL EPS, ...). [5]

Trong các trường hợp đào tạo nâng cao, chức năng liên kết này phải kết nối được với một hệ cơ sở dữ liệu để tính toán nguyên liệu và tối ưu hóa giá thành sản phẩm cho SV luyện tập.

2.4.5 Bài tập sản xuất thử

Trong quá trình thực hiện các đồ án môn học, SV cần phải dùng các công cụ CAM để hỗ trợ cho quá trình sản xuất tùy thuộc vào pha sản xuất, cụ thể như sau:

- Đối với pha lập quy trình sản xuất, các kỹ năng CAM sau đây cần phải có: lập quy trình công nghệ chế tạo, phân tích chi phí, các đặc điểm kỹ thuật của công cụ và vật liệu.
- Pha lập trình gia công chi tiết cần có công cụ lập trình NC.
- Pha kiểm tra cần phần mềm kiểm tra.

Qua các bài tập này, SV có thêm nhiều điều kiện nhìn lại các thiết kế của mình để kiểm chứng sự khác biệt giữa lý thuyết và thực tiễn. Từ đó sẽ tích lũy dần kinh nghiệm thiết kế hướng đối tượng và tự điều chỉnh tư duy thiết kế cho phù hợp.

3. KẾT LUẬN

Giảng dạy CAD/CAM là một chủ đề rất phức

tạp. Nó yêu cầu SV phải có khả năng tư duy 3D và khả năng tưởng tượng sự lắp ráp trong không gian khi thiết kế đối tượng. Tùy thuộc vào cấp độ và khả năng của người học mà GV phải thiết kế chương trình giảng dạy CAD/CAM khác nhau.

Việc tổ chức giảng dạy CAD/CAM hiện nay cần được cải tiến để đạt được hiệu quả cao hơn vì đây là một công nghệ luôn phát triển, phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của GV và việc tổ chức đào tạo chưa chú trọng đến tính hệ thống trong sản xuất công nghiệp. Vì vậy để việc dạy học các môn này có hiệu quả, ngoài việc nắm chắc những nguyên tắc sư phạm cơ bản nhà trường cần phải tổ chức đào tạo theo nguyên tắc kết hợp hướng đối tượng để các SV có điều kiện làm quen với việc sản xuất từ đơn giản đến phức tạp và hình thành được kỹ năng giải quyết “độ vênh” giữa ý tưởng thiết kế và điều kiện sản xuất thực tiễn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chin Pei Tang, Zhendan Xue and Yao Wang, “On Teaching CAD/CAE Applications Course,” *Journal of online engineering education*, vol. 2, no. 1, University of Texas at Dallas, 2001.
2. Mayer, R. E., *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press, 2001.
3. Nancy Yen-wen Cheng, “Teaching CAD with Language Learning Methods. Representation and Design.” *Proceedings of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)*, Cincinnati, Ohio, University of Oregon, 1997.
4. Website Meslab, *Hiểu đúng và đủ về hệ thống CAD/CAM/CNC*.
<http://www.meslab.org/mes/threads/22549-hieu-dung-va-du-ve-he-thong-cad-cam-cnc>, 14/12/2011.
5. Forums Website productdesign, *Teaching & Learning of CAD 3D modelling package*.
<http://www.productdesignforums.com/topic/12758-teaching-learning-of-cad-3d-modelling-packages/>, 14/12/2011.