

KỸ THUẬT THIẾT KẾ NGƯỢC VÀ ỨNG DỤNG TRONG SẢN XUẤT Ô TÔ

PGS.TS Phạm Xuân Mai

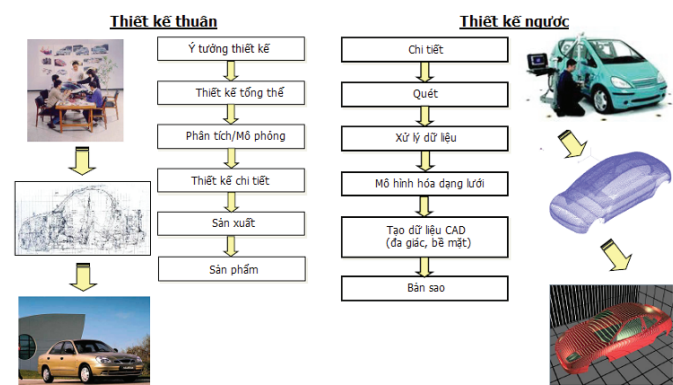
Thiết kế ngược là quy trình thiết kế lại mẫu/mô hình vật lý cho trước thông qua số hóa bề mặt mẫu bằng thiết bị đo tọa độ, với ưu điểm cho phép thiết kế nhanh, chính xác các mẫu/mô hình vật lý có độ phức tạp hình học cao, hoặc các mẫu không xác định được quy luật tạo hình. Đây là một trong những phương thức giải mã công nghệ mang lại hiệu quả cao trong việc rút ngắn thời gian và chi phí phát triển sản phẩm, đang được ứng dụng rộng rãi trong công tác thiết kế của ngành cơ khí nói chung, công nghiệp sản xuất ô tô nói riêng.

Giới thiệu về kỹ thuật thiết kế ngược

Trong thiết kế cơ khí, chúng ta thường gặp các chi tiết có yêu cầu về độ chính xác cao, các mẫu/mô hình vật lý có dạng bề mặt phức tạp, hoặc trong nhiều trường hợp cần mô hình hóa lại sản phẩm không còn bản vẽ, thông số kỹ thuật. Quá trình tạo bản sao từ chi tiết/cụm chi tiết hoặc sản phẩm mà không có bản vẽ, tài liệu hoặc mô hình từ máy tính được gọi là kỹ thuật ngược, hay kỹ thuật chuyển đổi dữ liệu (reverse engineering). Kỹ thuật này được xem là quá trình thiết lập một mô hình CAD sử dụng các điểm 3D thu được từ việc quét/số hóa chi tiết hoặc sản phẩm hiện có. Hay có chuyên gia còn định nghĩa, kỹ thuật ngược là quá trình thu nhận hình dáng hình học mới từ một chi tiết đã được chế tạo thông qua việc số hóa và chỉnh sửa mô hình CAD của nó.

Bản chất của công nghệ này là dùng các loại máy quét/đo 3D với phần mềm chuyển đổi dữ liệu thích hợp để tái tạo lại bản vẽ thiết kế từ một sản phẩm có sẵn, phục vụ cho công tác tối ưu hay đưa vào gia công trên các máy tự động công nghệ cao (CNC). Công nghệ này giúp nâng cao năng suất, độ chính xác của công tác chế tạo trong lĩnh vực CAD/CAM - CNC, nên ngày càng được sử dụng rộng rãi. So sánh quy trình kỹ thuật của phương pháp thiết

kế ngược với phương pháp thiết kế cổ điển (thiết kế thuận) được thể hiện trong hình 1.



Hình 1: so sánh quá trình thiết kế thuận và thiết kế ngược

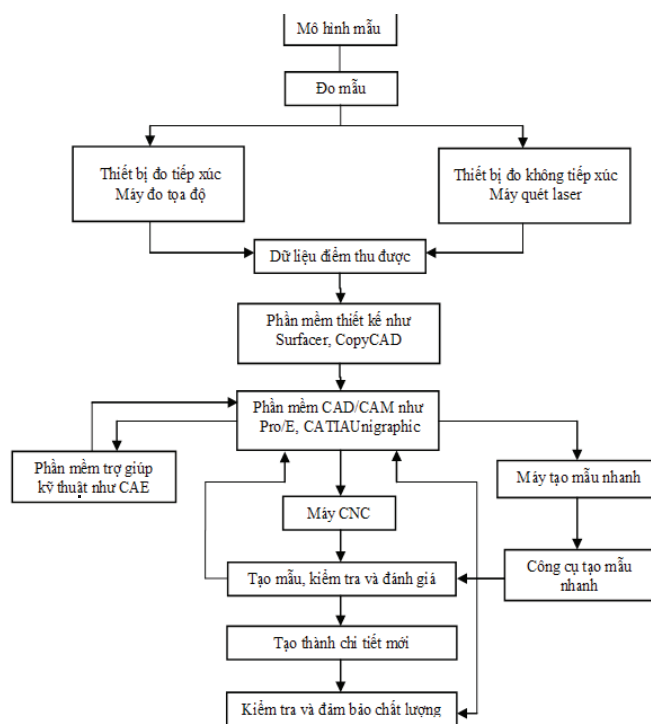
Quy trình kỹ thuật thiết kế ngược: kỹ thuật thiết kế ngược theo hướng tự động hóa thường được chia làm 3 giai đoạn: giai đoạn 1 - lấy mẫu (số hóa bề mặt); giai đoạn 2 - xử lý dữ liệu và xây dựng mô hình thiết kế; giai đoạn 3 - ứng dụng.

Trong đó, giai đoạn lấy mẫu sẽ thực hiện việc số hóa bề mặt mẫu bằng các loại thiết bị đo quét tọa

độ (thiết bị số hóa) phù hợp được lựa chọn tùy vào hình dạng, kích thước của chi tiết, yêu cầu về độ chính xác, vật liệu cấu tạo... Hai công nghệ đo quét tọa độ phổ biến hiện nay là đo không tiếp xúc và đo tiếp xúc, với đại diện tiêu biểu là: máy đo tọa độ (Coordinate measuring machine - CMM) với đầu dò cơ khí và máy quét với đầu dò quang học laser. Các thiết bị này thu nhận dữ liệu hình học của đối tượng ở dạng tọa độ điểm (x, y, z), sau quá trình này tập hợp các điểm trên bề mặt đối tượng được mô tả như “đám mây điểm”.

Giai đoạn xử lý dữ liệu và xây dựng mô hình sẽ tập hợp các dữ liệu điểm của quá trình số hóa bề mặt, đưa vào xử lý bằng cách loại bỏ những điểm bất thường, giúp giảm bớt dữ liệu điểm và sắp xếp lại. Thông qua phần mềm chuyên dụng, dữ liệu điểm được liên kết thành mạng lưới điểm (tam giác hoặc tứ giác) và được nội suy thành mô hình mặt cong. Phần mềm kỹ thuật ngược gồm 2 loại: 1- Phần mềm tạo lưới: là phần mềm có khả năng tự động phủ lưới (thường là tam giác) qua tất cả các điểm dữ liệu. Phần mềm này quản lý mạng điểm theo từng vùng và kết nối các điểm lân cận thành lưới điểm, mô hình bề mặt nhận được sau khi phủ lưới là mô hình đa diện xấp xỉ; 2- Phần mềm mô hình hóa 3D: là phần mềm có khả năng mô hình hóa các đường cong, mặt cong NURBS, xây dựng mô hình thiết kế CAD từ mô hình lưới điểm thông qua tương tác của người sử dụng với giao diện của phần mềm.

Giai đoạn ứng dụng: mô hình thiết kế có thể được tinh chỉnh, tối ưu bằng các phương pháp phân tích CAE hoặc chuyển sang công đoạn thiết kế khuôn cho sản phẩm và cuối cùng là xuất dữ liệu thiết kế dưới dạng bản vẽ kỹ thuật. Có thể sử dụng trực tiếp dữ liệu thiết kế này cho công đoạn sản xuất bằng cách chuyển mô hình CAD sang phần mềm CAM để lập trình gia công CNC hay chuyển sang dữ liệu STL cho quá trình tạo mẫu nhanh. Ngoài việc phục vụ thiết kế, chế tạo, quy trình thiết kế ngược còn được sử dụng để kiểm tra, đánh giá độ chính xác giữa sản phẩm gia công so với nguyên mẫu. Quy trình kỹ thuật thiết kế ngược được minh họa trên hình 2.



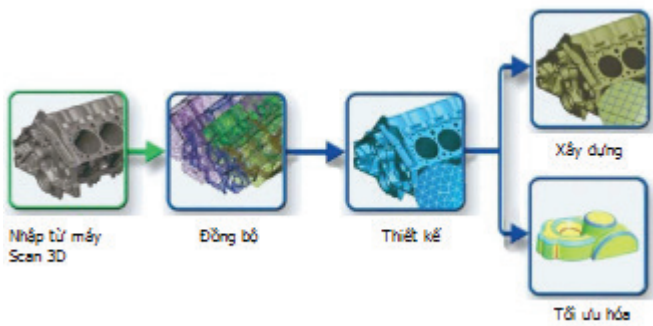
Hình 2: quy trình kỹ thuật thiết kế ngược

Các công nghệ sử dụng trong kỹ thuật thiết kế ngược

Phần mềm chuyển đổi dữ liệu

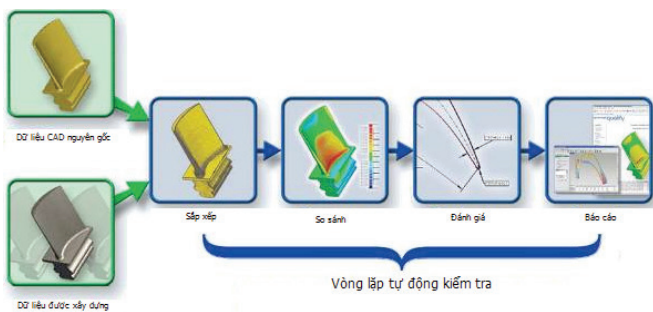
Có rất nhiều phần mềm trên thị trường để ứng dụng cho việc quét dữ liệu, và thường được tích hợp đồng bộ với máy quét. Các phần mềm này có nhiệm vụ thu thập dữ liệu điểm và chuyển đổi thành lưới tam giác, cùng một số tính năng khác như: lọc nhiễu, đồng bộ dữ liệu của nhiều lần lấy mẫu, cũng như chỉnh sửa, vá lỗi bề mặt tam giác, kiểm tra, so sánh, xuất dữ liệu sang định dạng Parasolid hoặc Surface. Thông thường các phần mềm này được phát triển theo 2 hướng:

Chuyển đổi dữ liệu: từ các điểm 3D của quá trình quét mẫu, phần mềm sẽ đồng bộ chúng với nhau để hình thành mô hình 3D lưới tam giác/tứ giác. Phần mềm có nhiều công cụ hỗ trợ cho việc xây dựng, sửa chữa lại dữ liệu này để cho ra một mô hình 3D hoàn chỉnh, có thể xuất thành các thuộc tính “.igs, .sat...”, nhờ đó tất cả các hệ thống CAD đều có thể sử dụng (hình 3). Đây là một công đoạn rất phức tạp, đòi hỏi người trực tiếp thực hiện phải có kiến thức sâu, rộng về thiết kế mô hình 3D.



Hình 3: sơ đồ chuyển đổi dữ liệu (Reverse Engineering)

Kiểm tra dữ liệu: để đánh giá mức độ chính xác của sản phẩm sau khi sản xuất, các nhà sản xuất sử dụng thiết bị quét mẫu để thu thập dữ liệu 3D điểm và so sánh chúng với dữ liệu CAD nguyên gốc bằng cách đồng bộ 2 dữ liệu này với nhau (tương tự như lắp ráp trong phần mềm CAD), từ đó phần mềm sẽ đưa ra bản đồ màu để đánh giá mức độ chính xác của 2 chi tiết. Các phần mềm này còn có chức năng ghi lại kích thước 2D và xuất bản thông tin ra các dạng dữ liệu phù hợp để nhà sản xuất/kiểm định dễ dàng nhận xét và đánh giá (hình 4).

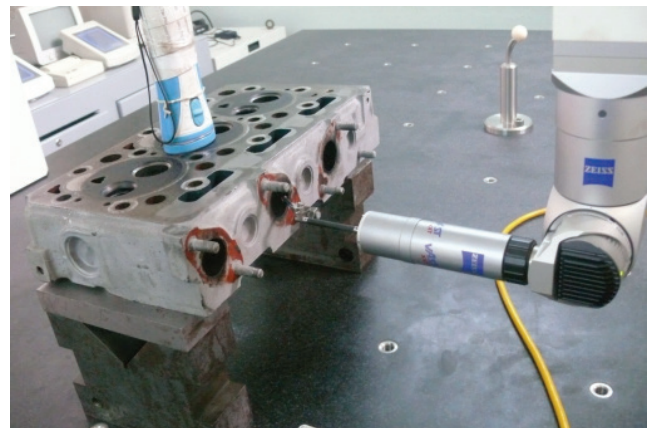


Hình 4: sơ đồ kiểm tra dữ liệu

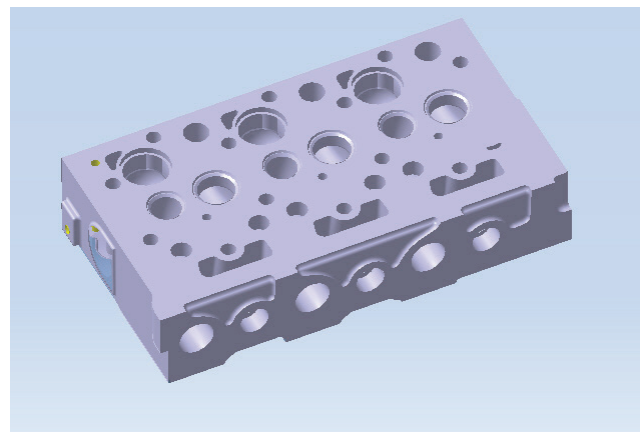
Công nghệ lấy mẫu

Công nghệ CMM: máy đo 3D, hay còn gọi là máy đo tọa độ hoạt động theo nguyên lý dịch chuyển một đầu dò để xác định tọa độ các điểm trên một bề mặt của vật thể. CMM được thiết kế với 4 phần chính: thân máy, đầu dò, hệ thống điều khiển (máy tính) và phần mềm đo. Máy CMM có nhiều chủng loại khác nhau về kích cỡ, thiết kế và công nghệ đo. Máy có hệ điều khiển cơ (manual), hoặc hệ điều khiển số CNC/PC, thường được sử dụng để đo lường về kích thước, đo kiểm mẫu, lược đồ góc,

hướng/chiều sâu, đo chép mẫu/tạo hình. Các thông số cơ bản của máy là hành trình đo theo trục x, y, z, độ phân giải và trọng lượng vật đo; máy còn có hệ thống chống va đập, khả năng lập trình offline, thiết kế ngược, phần mềm SPC và hỗ trợ bù nhiệt độ, cùng các hệ thống đầu đo loại tiếp xúc hay đo điểm rời rạc. Hình 5 mô tả đầu dò CMM đang quét dạng mặt cong phức tạp bên trong ống nạp động cơ và kết quả sau khi số hóa 3D. Từ mô hình 3D hoàn chỉnh này, ta có thể sử dụng cho quá trình chế tạo trên các máy CNC.



a) Đầu dò 3D đang lấy điểm cửa nạp và cửa thải động cơ diesel IDI_TVCS

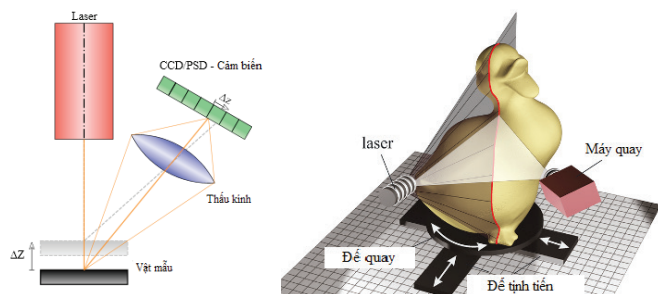


b) Bản vẽ 3D nắp máy động cơ Diesel IDI_TVCS sau khi số hóa

Hình 5: đầu dò CMM phân tích mặt cong phức tạp

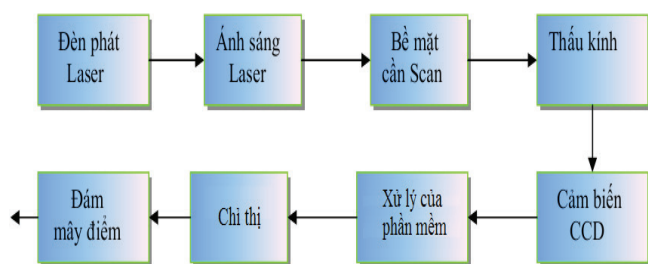
Công nghệ quang học scanner laser 3D: các phương pháp quang học thông dụng được dùng để quét mẫu 3D có thể kể đến như: máy ảnh kỹ thuật số, ánh sáng trắng, tia laser lớp I và lớp II. Trong đó,

ánh sáng trắng và tia laser là phổ biến nhất, thường kết hợp với phương pháp dùng máy ảnh kỹ thuật số để tăng độ chính xác. Hình 6 mô tả công nghệ quét laser kỹ thuật số.



Hình 6: sơ đồ phương pháp sử dụng tia laser

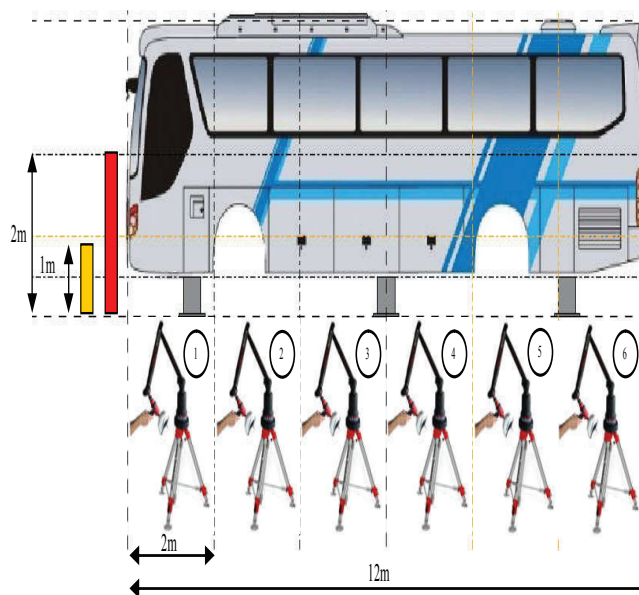
Phương pháp này đo sự biến dạng của các hoa văn/hình dạng trên một bề mặt của đối tượng cần lấy mẫu thông qua một chùm tia laser được chiếu lên đối tượng và một camera theo dõi vị trí vật lý của chùm tia laser trong không gian 3 chiều. Dữ liệu 3 chiều này (tập hợp các điểm trong không gian có tọa độ x, y, z) sẽ được truyền và vẽ lại trên máy tính khi chùm tia laser đi qua vật mẫu. Máy quét laser có thể làm việc trong môi trường nhiều ánh sáng nhờ tính năng tự động điều chỉnh cường độ tia laser theo điều kiện môi trường. Nguyên lý làm việc của công nghệ quét laser và xử lý tín hiệu được thể hiện trên hình 7.



Hình 7: quy trình nguyên lý quét tia laser

Kết luận

Trong quá trình thực hiện dự án KH&CN cấp nhà nước “Nghiên cứu thiết kế chế tạo xe khách giường nằm cao cấp mang thương hiệu Việt Nam”, Công ty Cổ phần ô tô Trường Hải đã ứng dụng công nghệ này để số hóa xe khách giường nằm (hình 8).



Hình 8: mô hình quét laser xe khách Mobihome

Bối cảnh toàn cầu hóa với sự cạnh tranh gay gắt như hiện nay đòi hỏi các nhà sản xuất phải tìm ra những phương thức mới, giúp giảm thời gian phát triển sản phẩm, đáp ứng nhanh nhạy nhu cầu của khách hàng. Về mặt công nghệ, để cải thiện chất lượng, độ chính xác trong thiết kế, tạo điều kiện thuận lợi cho công tác kiểm tra và/hoặc so sánh, giúp quản lý chất lượng chi tiết đã chế tạo trên mô hình CAD, nhằm nâng cao năng lực cạnh tranh của sản phẩm cơ khí, chúng ta không thể sử dụng các công cụ/phương pháp thiết kế thông thường. Từ kinh nghiệm triển khai ứng dụng tại Công ty Cổ phần ô tô Trường Hải cho thấy, kỹ thuật thiết kế ngược là một trong những phương thức giải mã công nghệ đạt hiệu quả kinh tế cao nhất trong việc rút ngắn thời gian, cũng như chi phí phát triển sản phẩm (từ 40 đến 60%). Đây chính là công nghệ phù hợp, đang được ứng dụng rộng rãi trong công tác thiết kế của ngành cơ khí nói chung, công nghiệp sản xuất ô tô nói riêng.