

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG QUY TRÌNH PHÂN TÍCH THIẾT KẾ SẢN PHẨM ĐẢM BẢO KHẢ NĂNG LẮP RÁP

Võ Tuyền, Nguyễn Tuấn Kiệt, Nguyễn Thanh Nam

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 28 tháng 01 năm 2004, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 27 tháng 02 năm 2004)

TÓM TẮT: Do hầu như tất cả sản phẩm đều được lắp ráp từ nhiều chi tiết và việc lắp ráp tốn kém thời gian, người ta khuyến khích chế tạo sản phẩm càng dễ lắp ráp càng tốt. Phân tích thiết kế sản phẩm đảm bảo khả năng lắp ráp là đánh giá tính thuận tiện trong việc lắp ráp một sản phẩm. Công trình nghiên cứu “xây dựng quy trình phân tích thiết kế sản phẩm đảm bảo khả năng lắp ráp” sẽ giới thiệu việc xây dựng các bước thực hiện việc phân tích một thiết kế và phần mềm thư viện phân tích thiết kế sản phẩm đảm bảo khả năng lắp ráp nhằm giảm bớt số chi tiết riêng lẻ và số loại chi tiết được lắp ráp, đồng thời đảm bảo rằng các chi tiết còn lại phải dễ dàng chế tạo và lắp ráp.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Một trong những công đoạn rất quan trọng của quy trình chế tạo sản phẩm đó là quá trình lắp ráp những chi tiết, cụm chi tiết với nhau để tạo thành sản phẩm hoàn chỉnh. Nếu quá trình gia công cơ khí là giai đoạn chủ yếu của quy trình chế tạo sản phẩm, thì quá trình lắp ráp là giai đoạn cuối cùng của quy trình sản xuất đó. Sau quá trình lắp ráp, nếu sản phẩm đạt được chất lượng yêu cầu và vận hành ổn định, thì quy trình chế tạo sản phẩm mới có ý nghĩa.

Ba chỉ tiêu để xác định hiệu quả của một phương pháp thiết kế là: giá thành, chất lượng và thời gian, trong đó quá trình lắp ráp có liên hệ trực tiếp đến giá thành và thời gian. Việc lựa chọn một phương pháp lắp ráp thích hợp sẽ giảm bớt thời gian và chi phí lắp ráp. Không nên nghĩ rằng việc lựa chọn phương pháp lắp ráp không có mối liên hệ nào với quá trình thiết kế. Thực ra, từ khi hình thành ý tưởng đến khi đi vào thiết kế, người thiết kế phải suy nghĩ đến việc sản phẩm thiết kế của mình sẽ được lắp ráp như thế nào, sử dụng phương pháp nào. Như vậy, một thiết kế có xem xét đến tất cả các yếu tố trên mới có thể là một thiết kế hoàn chỉnh.

Khả năng giảm chi phí và nâng cao năng suất lắp ráp được quyết định nhiều nhất ở giai đoạn thiết kế và do vậy, khi thiết kế cần nhận thức được bản chất tự nhiên của các quá trình lắp ráp. Khi gặp phải những điều kiện ràng buộc, đòi hỏi phải chế tạo những chi tiết riêng lẻ thì mới phải cân nhắc còn không thì nên thiết kế gộp chung lại thành một chi tiết, chi phí lắp ráp sẽ thấp hơn. Khi thiết kế cũng luôn nhớ rằng, mỗi sự kết hợp của hai chi tiết thành một sẽ loại ra ít nhất một hoạt động trong việc lắp ráp.

Mặc dù có nhiều cách để tăng hiệu quả chế tạo (cải tiến vật liệu, công cụ, quy trình, cách bố trí dây chuyền sản xuất trong nhà máy...), nhưng xem xét việc chế tạo và lắp ráp trong suốt giai đoạn thiết kế sản phẩm giữ vai trò rất lớn, nó quyết định phần lớn chi phí sản xuất của sản phẩm. Việc cải tiến quy trình chế tạo và lắp ráp sẽ cho phép giảm đáng kể chi phí sản xuất và làm tăng hiệu quả sản xuất.

PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH THIẾT KẾ ĐẢM BẢO KHẢ NĂNG LẮP RÁP

Phân tích thiết kế đảm bảo khả năng lắp ráp là đánh giá tính thuận tiện của thiết kế đối với một quy trình lắp ráp. Qua đó ta thấy rằng, nếu chi phí dành cho việc lắp ráp lớn thì sẽ không mang lại hiệu quả kinh tế và cần thiết phải tìm ra hướng giải quyết để giảm bớt chi phí này, nhưng trước hết cần phải biết thiết kế đó có tốt hay không, nghĩa là phải tiến hành phân tích thiết kế đó. Qua tìm hiểu và nghiên cứu các phương pháp phân tích thiết kế của nhiều tác giả [1], [2] và [3], chúng ta có thể xây dựng một quy trình phân tích thiết kế đảm bảo khả năng lắp ráp theo các bước như sau:

Bước 1: Xem xét kỹ những thông tin có liên quan đến sản phẩm hoặc quá trình lắp ráp sản phẩm đó: bản vẽ kỹ thuật; kích thước chính của mỗi chi tiết; một sản phẩm tương tự hiện có; một sản phẩm mẫu.

Bước 2: Đưa ra trình tự các bước tiến hành lắp ráp: bộ phận nào được lắp ráp trước, lắp ráp như thế nào, rồi tiếp đến sẽ là bộ phận nào v.v... Trong quá trình lắp ráp, nên đánh dấu để dễ nhận biết từng chi tiết, từng bộ phận tạo điều kiện cho quá trình thiết kế lại sau này (chẳng hạn như xác định chi tiết cần loại bỏ). Nếu quy trình lắp ráp đó chứa những quá trình lắp ráp nhỏ hơn, trước tiên ta xem xét những quá trình lắp ráp nhỏ này, rồi sau đó mới tiến hành phân tích quá trình lắp ráp lớn hơn và lắp ráp giữa các cụm chi tiết với nhau.

Bước 3: Thành lập bảng công việc để lưu các giá trị trong khi tiến hành phân tích.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
STT	Số lượng chi tiết có cùng một chức năng	Mã xử lý bằng tay hai chữ số	Thời gian xử lý bằng tay cho mỗi chi tiết	Mã lắp ráp bằng tay hai chữ số	Thời gian lắp ráp bằng tay cho mỗi chi tiết	Thời gian lắp ráp (s) (2) x [(4) + (6)]	Chi phí lắp ráp (đồng) 61,2 x (7)	Số chi tiết tối thiểu ước lượng theo lý thuyết	Tên sản phẩm lắp ráp
1									Tên chi tiết
2									Tên chi tiết
v.v...									Tên chi tiết
									Tên chi tiết
									Tên chi tiết
									Hiệu quả thiết kế: $HQ = \frac{3xN_{min}}{T_a}$
						T_a	CP	N_{min}	

Bước 4: Hoàn thành các hàng trong bảng công việc cho mỗi chi tiết:

- Cột 1: Ghi số tự tự của các chi tiết được lắp ráp.
- Cột 2: Là số lượng chi tiết được lắp ráp cùng một chức năng. Ví dụ, để lắp ráp mặt bích ở đầu trục vào vỏ máy ta dùng bốn bulong thì đây là giá trị được ghi vào cột này.
- Cột 3: Ghi mã xử lý bằng tay hai chữ số để qua đó xác định thời gian xử lý chi tiết được lắp.
- Cột 4: Cột này là thời gian để xử lý chi tiết khi lắp ráp.
- Cột 5: Ghi mã cài đặt bằng tay hai chữ số để qua đó xác định thời gian lắp ráp chi tiết vào mỗi ghép.
- Cột 6: Cho biết thời gian để lắp một chi tiết vào đúng vị trí. Với mã lắp ráp bằng tay của chi tiết.
- Cột 7: Là tổng thời gian lắp ráp, tính theo công thức:

$$T_a = \text{giá trị cột 2} \times (\text{giá trị cột 4} + \text{giá trị cột 6}) \text{ (s)} \quad (4-1)$$

- Cột 8: Cho biết chi phí lắp ráp, tính theo công thức:

$$CP = 61,2 \times T_a \text{ (đồng)} \quad (4-2)$$
- Cột 9: Tìm ra số chi tiết lắp ráp tối thiểu theo lý thuyết. Việc ước lượng con số này là rất quan trọng khi phân tích. Theo đó, mỗi cặp chi tiết kề nhau được kiểm tra để xem chúng có thật sự cần tách ra hay không. Nếu không cần thì về lý thuyết ta có thể kết hợp chúng thành một. Sau khi, xem xét toàn bộ sản phẩm theo cách này, ta phát triển theo lý thuyết tối thiểu số chi tiết.

Bước 5: Khi tất cả các hàng đã được hoàn thành, ta tính tổng thời gian lắp ráp (T_a) bằng cách cộng tất cả các hàng trong cột 7. Tính tổng chi phí lắp ráp (CP) bằng cách cộng tất cả các hàng trong cột 8. Và tính tổng số chi tiết nhỏ nhất ước lượng theo lý thuyết (N_{min}) bằng cách cộng tất cả các giá trị ở cột 9.

Bước 6: Tính hiệu quả của lắp ráp theo công thức:

$$HQ = \frac{t_a \times N_{min}}{T_a} \quad (4-3)$$

- Trong đó :
- + t_a là thời gian lắp ráp cơ bản cho mỗi chi tiết ($t_a = 3$ giây).
 - + HQ là hiệu quả của mô hình lắp ráp.
 - + N_{min} là chi tiết tối thiểu theo lý thuyết.
 - + T_a là thời gian lắp ráp.

Theo lý thuyết, mỗi chi tiết có thể được lắp ráp trong thời gian lý tưởng là 3 giây ($t_a = 3s$). Thời gian lý tưởng này có được bằng cách giả sử rằng mỗi chi tiết là rất dễ dàng khi xử lý và lắp ráp.

Những phân tích vừa rồi cung cấp cho người thiết kế các thông tin:

1. Làm sao để có thể giảm bớt số chi tiết riêng lẻ. Điều này có thể giải quyết bằng cách kết hợp những chi tiết lại với nhau.
2. Phạm vi cải tiến của quá trình xử lý bằng tay và quá trình lắp ráp có thể được thấy ở cột (4) và cột (6). Ta có thể tính khả năng cải tiến thiết kế theo:
- 3.

$$\text{Khả năng cải tiến} = \frac{\text{tổng giá trị cột 2} - N_{min}}{\text{tổng giá trị cột 2}} \quad (4-4)$$

Bước 7: So sánh cột (9) ở bảng công việc, khi giá trị ở cột này nhỏ hơn giá trị cột (2) thì có thể loại bỏ các chi tiết được. Việc xác định những chi tiết cần loại bỏ đánh giá tính hiệu quả khi cải tiến quá trình lắp ráp.

Bước 8: Xem cột (4) và cột (6) sẽ thấy được khả năng giảm bớt thời gian lắp ráp, dẫn đến chi phí lắp ráp cũng giảm đáng kể. Có thể thay đổi thiết kế để giảm bớt thời gian lắp ráp. Dựa vào các đặc điểm của chi tiết để giải quyết vấn đề.

Khi sản phẩm đã được thiết kế lại, có thể tính được khả năng cải tiến thực tế theo:

$$\text{Cải tiến thực tế} = \frac{N_0 - N}{N_0} \quad (4-5)$$

- Trong đó: + N_0 là số chi tiết thiết kế ban đầu.
 + N là số chi tiết thiết kế lại.

Như vậy, việc phân tích sẽ giúp ước tính tổng thời gian và chi phí lắp ráp của sản phẩm, xác định được hiệu quả của thiết kế. Qua đó có thể nhận biết được những chi tiết nên cải tiến, loại bỏ hay kết hợp với các chi tiết khác tạo thành một chi tiết mới.

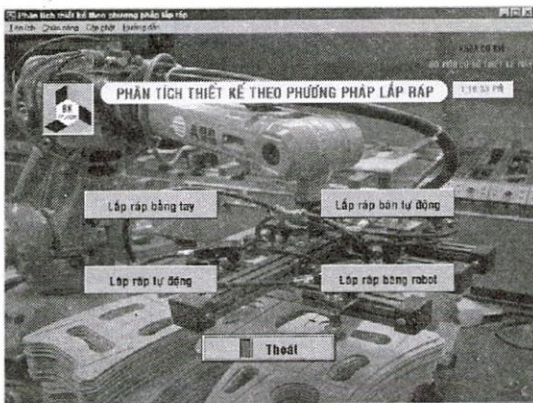
XÂY DỰNG PHẦN MỀM THƯ VIỆN PHÂN TÍCH THIẾT KẾ ĐẢM BẢO KHẢ NĂNG LẮP RÁP

Khi phân tích một thiết kế, khó khăn nhất là xác định các mã số của từng chi tiết. Để quá trình phân tích được dễ dàng, trước hết chúng ta phải xác định các mã số của các chi tiết. Muốn vậy, ta xây dựng một thư viện chứa các chi tiết, mỗi chi tiết sẽ mang những thông tin cần thiết cho quá trình phân tích. Đây là một thư viện mở, nghĩa là trong quá trình sử dụng ta có thể cập nhật thêm chi tiết mới. Tùy theo phương pháp lắp ráp ta sẽ phải nhập thêm các thông số vào cho phù hợp. Đối với phương pháp lắp ráp bằng tay, các thông số cần nhập thêm vào là số lượng chi tiết có cùng chức năng, số lượng chi tiết nhỏ nhất theo lý thuyết, các kích thước bao của chi tiết. Chương trình sẽ tự tìm và tính toán các giá trị cần thiết khi phân tích ứng với những dữ liệu đã nhập.

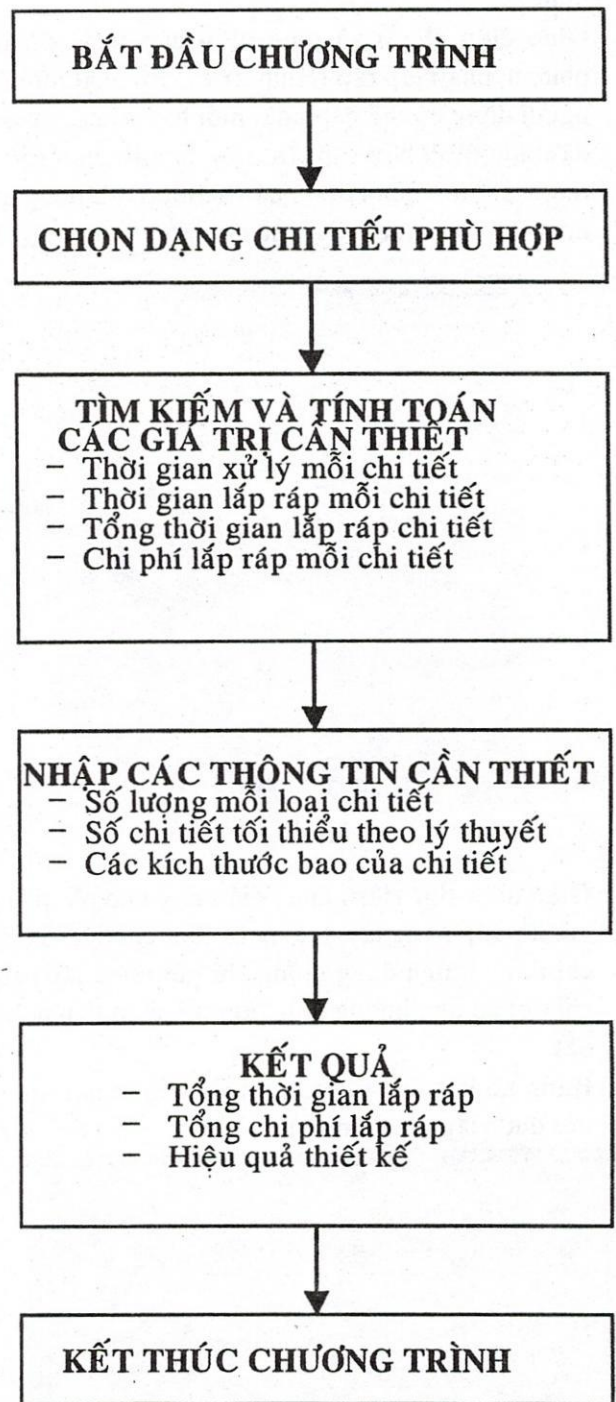
Khi chọn dạng chi tiết được lắp ráp từ thư viện, máy sẽ xác định mã lắp ráp, số thứ nhất mã xử lý và số điều kiện để xác định số thứ hai mã xử lý của chi tiết. Từ các kích thước bao của chi tiết, khối lượng chi tiết và số điều kiện, máy sẽ xác định được số thứ hai mã xử lý của chi tiết đó. Nhập vào số lượng các chi tiết có cùng chức năng (dựa vào số liệu thiết kế thể hiện trong bảng kê ở bản vẽ lắp), số chi tiết tối thiểu theo lý thuyết (N_{min}) theo cách hoàn thành cột 9 ở bước 4.

Với thời gian xử lý và thời gian cài đặt tìm được, chương trình sẽ tính các giá trị còn lại như sau:

- + Thời gian lắp ráp T_a được tính theo (4-1).
- + Chi phí lắp ráp CP được tính theo (4-2).
- + Tổng thời gian lắp ráp $T = \Sigma T_a$
- + Tổng chi phí lắp ráp $CP = \Sigma CP$
- + Tổng số chi tiết tối thiểu $N_{min} = \Sigma N_{min}$



Hình 2



Hình 1

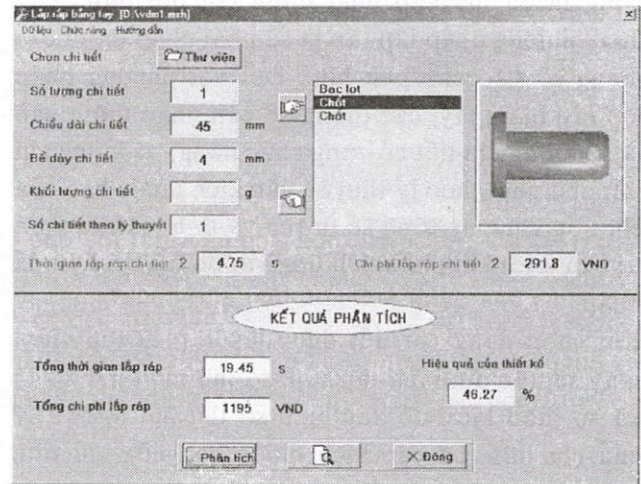
+ Tính hiệu quả của thiết kế đối với quy trình lắp ráp bằng tay theo (4-3).

Sơ đồ cấu trúc của chương trình phân tích thiết kế đảm bảo khả năng lắp ráp có thể biểu diễn như hình 1.

Giao diện chính và giao diện cập nhật dữ liệu: Giao diện chính bao gồm các chức năng: chọn phương pháp lắp ráp (Hình 2) và cập nhật dữ liệu (Hình 3). Chức năng của giao diện này là cho phép người dùng có thể cập nhật mới hay sửa đổi thông tin của chi tiết. Dựa vào các định nghĩa, khái niệm đã được trình bày ở phần trên, ta xác định các mã số của chi tiết. Ở đây ta chỉ xem xét đến những thông số liên quan đến quá trình lắp ráp bằng tay. Đối với phương pháp lắp ráp này, ta cần nhập vào mã xử lý và mã cài đặt của chi tiết.



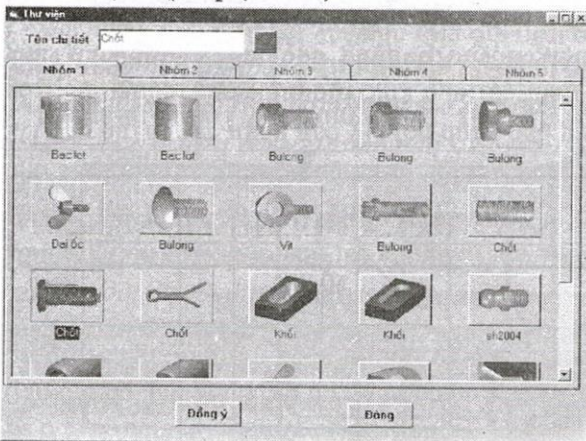
Hình 3



Hình 4

Giao diện thư viện: Giao diện này cho phép ta chọn chi tiết, dạng chi tiết được lắp ráp (hình 5). Đối với lắp ráp bằng tay, hướng cài đặt chi tiết không ảnh hưởng đến kết quả phân tích nên ta có thể chọn chi tiết có hình dạng giống chi tiết được lắp ráp là được. Còn đối với lắp ráp tự động, hướng cài đặt chi tiết có ảnh hưởng đến kết quả phân tích nên khi chọn ta phải chú ý chọn cho đúng hướng được cài đặt.

Bảng kê kết quả phân tích: Giao diện này cho phép ta xem những giá trị phân tích của tất cả các chi tiết được lắp ráp (hình 6).



Hình 5

Tên chi tiết	Số lượng	Mã xử lý	Thời gian...	Mã cài...	Thời gian lắp...	Chi phí lắp ráp
Bạc lot	1	3.0	1.95	1.1	5	6.95
Chốt	1	1.5	2.25	0.1	2.5	4.75
Chốt	1	1.5	2.25	2.0	5.5	7.75

Hình 6

KẾT LUẬN

Phân tích thiết kế sản phẩm đảm bảo khả năng lắp ráp là đánh giá tính thuận tiện trong việc lắp ráp một sản phẩm và các nghiên cứu về "xây dựng quy trình phân tích thiết kế sản phẩm đảm bảo khả năng"

năng lắp ráp” đã đưa ra các bước thực hiện việc phân tích một thiết kế cũng như phần mềm thư viện phân tích thiết kế sản phẩm đảm bảo khả năng lắp ráp nhằm giảm bớt số chi tiết riêng lẻ và số loại chi tiết được lắp ráp, đồng thời đảm bảo rằng các chi tiết còn lại phải dễ dàng chế tạo và lắp ráp.

Công trình nhận được sự hỗ trợ từ đề tài T-CK-2003-07 của Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG TP.HCM. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

ANALYZING PROCESS OF PRODUCT DESIGN FOR ASSEMBLY

Vo Tuyen, Nguyen Tuan Kiet, Nguyen Thanh Nam,
Faculty of Mechanical Engineering, HCMUT

ABSTRACT: Since most products are assembled from various parts and the assembly process is time consuming, it is recommended that manufacturing products which is the easier to be assembled the better. Analyzing a product design to ensure the assembly ability is to evaluated the convenience of a product assembly. The study on “The construction of an analyzing process of a product design to ensure the assembly ability” will introduce the construction of various steps to analyze a design and a library software for analyzing the design of products to ensure the assembly ability in order to reduce a number of individual parts and some sets of parts to be assembled, meanwhile to ensure that the remaining parts are easy to be manufactured and assembled.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] G. Boothroyd and P. Dewhurst – *Product Design for Assembly* – Department of Industrial and Manufacturing Engineering University of Rhode Island Kingston, 1989.
- [2] G. Boothroyd – *Design for Manual Handling and Assembly* – Report #4, Dept. of Mechanical Engineering, University of Massachusetts, Amherst, 1989.
- [3] Võ Tuyển – *Nghiên cứu, ứng dụng thiết kế sản phẩm đảm bảo khả năng lắp ráp* – Luận văn thạc sĩ, ĐHBK TP.HCM, 12/2003.