

THIẾT KẾ ĐẢM BẢO KHẢ NĂNG BẢO TRÌ

Trần Đăng Hiễn⁽¹⁾, Trần Đại Nguyên⁽²⁾, Phạm Ngọc Tuấn⁽²⁾

(1) XNLH Z751 - Tổng cục kỹ thuật

(2) Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 28 tháng 11 năm 2008, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 15 tháng 02 năm 2009)

TÓM TẮT: Bài báo giới thiệu các nguyên tắc hướng dẫn nhằm thực hiện thiết kế đảm bảo khả năng bảo trì với mục tiêu sản phẩm được bảo trì dễ dàng, thuận lợi, thời gian ngừng máy và chi phí chu kỳ sống tối thiểu.

Từ khóa: Thiết kế, bảo trì, lắp đặt, lắp lẫn, tiêu chuẩn hóa, mô đun hóa, công nghệ.

1. GIỚI THIỆU

Khả năng bảo trì là một đặc tính thiết kế và lắp đặt. Đặc tính này được đo bằng khả năng của thiết bị duy trì hoặc phục hồi trạng thái đã định khi bảo trì được thực hiện bởi những nhân viên có kỹ năng xác định và sử dụng các quy trình và nguồn lực đã định ở mỗi mức độ bảo trì [3]. Khả năng bảo trì được đo bằng thời gian mà trong đó bảo trì có thể thực hiện hay Thời gian sửa chữa trung bình (viết tắt là MTTR).

Thiết kế đảm bảo khả năng bảo trì (DFM) là thiết kế theo những nguyên tắc được đề ra để đạt được một sản phẩm dễ dàng bảo trì, có thời gian ngừng máy nhỏ nhất và chi phí bảo trì thấp nhất (chi phí chu kỳ sống thấp nhất). Khả năng bảo trì của hệ thống chỉ đạt được khi các nguyên tắc được đề ra và tuân theo ngay từ giai đoạn đầu của quá trình thiết kế.

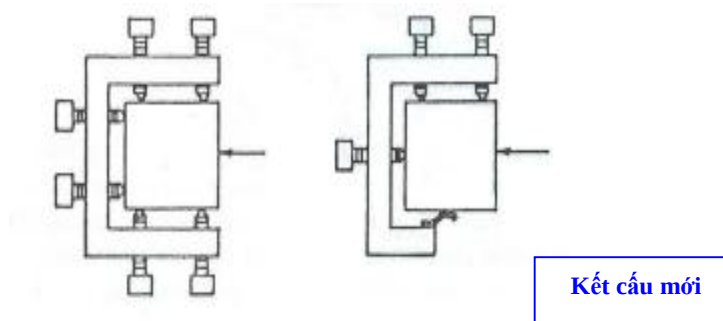
2. CÁC NGUYÊN TẮC DFM

2.1. Đơn giản hóa [3], [8]

Trong nhiều trường hợp, thiết bị sử dụng có quá nhiều chi tiết, chế tạo quá đắt, bảo trì khó khăn và tốn kém. Đơn giản hóa là quá trình nhằm đạt được một thiết kế đơn giản bằng sự làm hài hòa các nhu cầu giữa người sử dụng, người thiết kế và kỹ sư bảo trì.

Kỹ thuật để đạt được một thiết kế đơn giản bao gồm:

- Giảm số lượng chi tiết.
- Kết hợp các chức năng.
- Giảm yêu cầu về điều chỉnh.



Hình 1. Thiết kế đơn giản

2.2. Tiêu chuẩn hóa và tính lắp lẫn [3], [5], [6], [8]

2.2.1. Tiêu chuẩn hóa

Tiêu chuẩn hóa là một quá trình thiết kế theo tiêu chuẩn để hạn chế đến mức tối thiểu sự đa dạng có thể của những thành phần hoặc chi tiết. Tiêu chuẩn hóa là một nội dung chính của thiết kế đảm bảo khả năng bảo trì.

Thiết kế theo tiêu chuẩn cần được xem xét ngay từ đầu quá trình thiết kế. Việc lựa chọn một chi tiết tiêu chuẩn hay thiết kế mới cần được cân nhắc. Sử dụng chi tiết tiêu chuẩn cần được đẩy mạnh. Người ta chỉ thiết kế mới khi phát triển những tính năng, sản phẩm mới.

2.2.2. Tính lắp lẫn

Tính lắp lẫn đạt được khi hai hoặc nhiều bộ phận có khả năng đổi lẫn vật lý và đổi lẫn chức năng trong tất cả các ứng dụng, tức là khi các bộ phận có thể thay thế lẫn nhau hoàn toàn trong tất cả các phương diện.

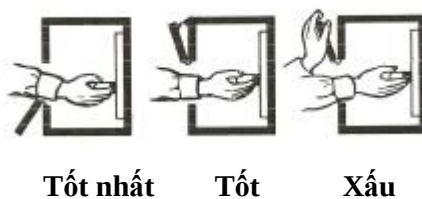
Lắp lẫn chức năng là khi một bộ phận hoặc máy có thể thực hiện chức năng xác định của các bộ phận hoặc máy khác.

Lắp lẫn vật lý là khi hai hay nhiều bộ phận, máy bất kỳ được chế tạo có cùng đặc trưng có thể gắn, kết nối ở cùng một vị trí trong một cụm hoặc hệ thống.

Thiết kế đảm bảo tính lắp lẫn cũng cần được xem xét ngay từ đầu quá trình thiết kế. Tính lắp lẫn là một yếu tố thiết kế đảm bảo khả năng bảo trì có liên quan chặt chẽ với tiêu chuẩn hóa. Sự kết hợp thiết kế theo tiêu chuẩn và thiết kế đảm bảo tính lắp lẫn sẽ tiết kiệm chi phí chế tạo, giảm chi phí và thời gian bảo trì; giảm những nguy hiểm do dùng sai các chi tiết và cụm; giảm lỗi trong lắp đặt và thay thế nhờ sự thống nhất của cấu hình và hình dạng vật lý của các thiết bị tương tự; giảm chủng loại thiết bị kiểm tra tiêu chuẩn; giảm chi phí tìm kiếm và tồn kho,...

2.3. Khả năng tiếp cận [3], [6], [8]

Khả năng tiếp cận là một điểm đặc trưng của thiết kế tác động tới sự dễ dàng thâm nhập một vùng để xem xét và bảo trì. Do vậy khả năng tiếp cận liên quan đến cấu hình phần cứng. Nếu một thiết bị có thể vận hành tới những vị trí yêu cầu một cách nhanh chóng, sử dụng ít dụng cụ và chỉ qua vài bước đơn giản, thiết bị đó có khả năng tiếp cận. Khả năng tiếp cận thực chất là đồng nghĩa với khả năng bảo trì ở nơi liên quan đến hoạt động sửa chữa bảo trì.



Hình 2. Thiết kế cửa tiếp cận thuận tiện

Tuy nhiên, nếu một thiết bị có thể tiếp cận nhanh nhưng yêu cầu nhiều dụng cụ, dụng cụ chuyên dùng, nhiều nguyên công, nguyên công khó thì thiết bị vẫn là khó tiếp cận. Nếu đòi hỏi nhân viên có tư thế khó, phải uốn người để tiếp cận, hay phải chịu những hiệu ứng tâm lý bất an thì thiết bị cũng là khó tiếp cận.

Yêu cầu tiếp cận được xác định bởi nhu cầu hành động bảo trì. Hành động bảo trì là xem xét hoặc là hành động cụ thể hoặc cả hai, tùy thuộc vào nhiệm vụ là kiểm tra, dịch vụ, điều chỉnh, sửa chữa hoặc thay thế.

2.4. Mô đun hóa [3], [6], [8]

Mô đun là một chi tiết, một cụm hoặc một thành phần được thiết kế để sử dụng như một đơn vị làm thuận tiện cho việc cung cấp và lắp đặt, vận hành hoặc bảo trì.

Mô đun hóa đạt được bằng cách phân chia thiết bị thành các phần chức năng và vật lý riêng biệt. Mô đun phải đồng bộ về chức năng để cho phép thử và thẩm tra một cách độc lập. Mô đun hóa làm cho các hệ thống con, các cụm được thiết kế như một bộ phận tháo được. Chúng là đơn vị có thể thay thế trong quá trình vận hành.

Mô đun hóa tạo ra cấu hình có thể chia nhỏ để bảo trì hơn. Việc tìm hư hỏng và sửa chữa các cụm được mô đun hóa có thể thực hiện nhanh hơn. Sử dụng kỹ thuật này để cải thiện khả năng tiếp cận, tạo khả năng tiêu chuẩn hóa cao, cung cấp cơ sở cho đơn giản hóa và cung cấp phương pháp tối ưu cho bảo trì.



Hình 3. Máy vi tính được lắp ráp từ các mô đun

2.5. Nhận diện và ghi nhãn [2], [3], [6]

Nhận diện là việc đánh dấu và ghi nhãn đầy đủ các chi tiết, thành phần, các điểm kiểm tra và thử để làm thuận tiện cho sửa chữa hoặc thay thế trong khi bảo trì. Sự nhận diện là đúng nếu các thành phần dễ nhận biết khi sửa chữa, thay thế hoặc dịch vụ với nỗ lực nhỏ nhất của kỹ thuật viên. Nhận diện là quá trình xác định đánh dấu cái gì và đánh dấu (ghi nhãn) như thế nào.

Các nhãn, lời chú thích, ký hiệu hoặc đánh dấu cần phải được cung cấp ở mọi nơi cần thiết cho người vận hành hoặc kỹ thuật viên để nhận dạng, làm sáng tỏ, theo dõi quá trình hoặc tránh mọi nguy hiểm trong sử dụng hoặc bảo trì thiết bị, hệ thống.

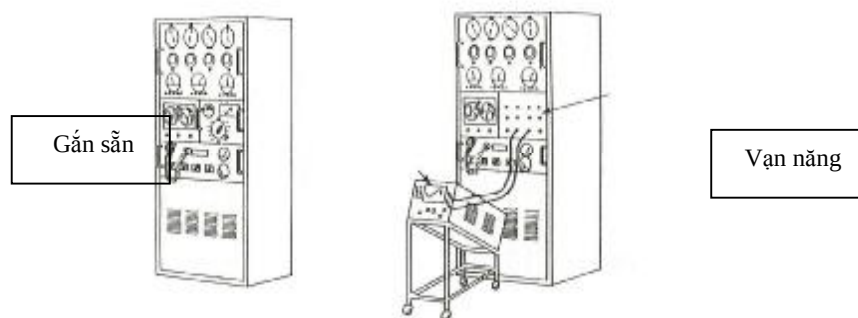
Các nhân cần cung cấp cho người vận hành, kỹ thuật viên và nhân viên cung ứng vật tư những thông tin sau:

- Tên gọi thiết bị, số mô đen, số máy, nhà sản xuất.
- Chức năng của máy.
 - Tên gọi với số chế tạo hoặc số danh pháp của chi tiết, cụm.
- Hướng dẫn vận hành và lắp ghép hoặc kết nối.
 - Những đặc tính điện, khí, thủy lực,...
- Những vị trí, trạng thái nguy hiểm, những yêu cầu phải tuân theo.

2.6. Khả năng thử nghiệm và kỹ thuật chẩn đoán [3],[5],[7]

Khả năng thử nghiệm là một đặc trưng thiết kế cho phép xác định đúng lúc và ít chi phí trạng thái của một thiết bị hoặc hệ thống.

Chẩn đoán liên quan đến những chức năng thực hiện và những kỹ thuật sử dụng trong việc xác định và cách ly nguyên nhân làm trục trặc trong vận hành một hệ thống hoặc trong xác định trạng thái vận hành của nó. Mục tiêu chính là giảm thời gian ngừng máy chung của hệ thống nhờ khả năng định vị nhanh hư hỏng: Xác định vị trí, cách ly và dự báo lỗi. Nhận diện các thành phần cần thay thế do một lỗi đã biết và chỉ ra một lỗi sắp xảy ra nếu có thể.



Hình 4. Thiết bị thử gắn sẵn và vận năng

Sự chẩn đoán không đúng có thể dẫn đến tháo bỏ không cần thiết các thành phần và làm lặp lại hoạt động bảo trì. Chúng làm giảm hiệu quả hoạt động bảo trì do tăng chi phí và giảm tính sẵn sàng của hệ thống. Chẩn đoán thực hiện dựa trên việc thử nghiệm. Khả năng thử nghiệm được của hệ thống cần được xem xét ngay từ đầu quá trình thiết kế để có thể đảm bảo cho kỹ thuật chẩn đoán của thiết bị ở môi trường làm việc.

2.7. Bảo trì phòng ngừa [3], [4], [5]

Bảo trì phòng ngừa là các hành động cần thiết để duy trì thiết bị trong trạng thái hoặc trở về trạng thái có thể phục vụ bởi các nguyên nhân khác nhau và có thể xảy ra ở các vị trí khác nhau.

Bảo trì thiết bị đóng vai trò rất lớn để đảm bảo rằng thiết bị đạt được tuổi thọ mong đợi. Sự dễ dàng bảo trì đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thời gian ngừng máy và chi phí sử dụng. Một lý do làm chi phí bảo trì cao là sự lặp lại những việc không cần thiết của các nhiệm vụ bảo trì. Sự dễ dàng bảo trì đạt được là nhờ:

- Thiết kế các thành phần có yêu cầu ít hoặc không cần hoạt động bảo trì, ví dụ như sử dụng ốc quy khô. Dễ dàng tiếp cận những chỗ cần bảo trì.

- Đảm bảo bôi trơn. Sử dụng cơ cấu bôi trơn tập trung, các chất bôi trơn tiêu chuẩn. Thiết bị được thiết kế để hoạt động với ít loại chất bôi trơn và ít cấp độ nhớt. Khi có thể, lựa chọn chất bôi trơn sử dụng được cho cả mục đích vận hành và bảo quản. Bôi trơn tự động cho các chi tiết làm việc liên tục trong thời gian dài, khó tiếp cận. Che chắn quanh điểm bôi trơn để có thể bôi trơn trong khi máy đang hoạt động đối với các thiết bị yêu cầu vận hành liên tục.

- Hệ thống xả, dầu bôi trơn, dầu thủy lực, nước và khí nén cần được thiết kế để cho phép bảo trì nhanh nhất.

- Vệ sinh và bảo quản thuận tiện.

- Điều chỉnh và đồng chỉnh phù hợp. Nhiều kiểu thiết bị yêu cầu điều chỉnh và đồng chỉnh trong thời gian sử dụng để đảm bảo chức năng làm việc.

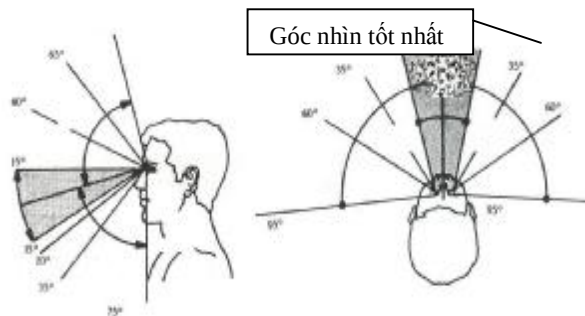
- Tổ chức hợp lý quy trình bảo trì. Xây dựng lịch bảo trì có thể thực hiện nhiều chức năng bảo trì trong cùng thời gian, góp phần giảm thời gian ngừng máy.

2.8. Đảm bảo yếu tố con người [3], [4], [5]

Đảm bảo yếu tố con người (nhân tố) liên quan đến các yếu tố như tầm vóc, sức mạnh và những nhận thức, cảm giác của con người đối với nhiệm vụ sẽ được hoàn thành. Những thiếu sót khi quan tâm đến những yếu tố này làm tăng lỗi khi vận hành, bảo trì.

Tính kinh tế và hiệu quả của bảo trì chịu tác động đáng kể bởi chức năng kỹ thuật con người được thực hiện tốt ra sao. Đảm bảo yếu tố con người giúp đạt được sự tối ưu giữa khả năng của con người và đặc tính thiết kế của sản phẩm. Các nhân tố đó là:

- Nhân trắc học (phép đo thân thể người)
- Khả năng giác quan của con người
- Yếu tố tâm lý



Hình 5. Trường nhìn của mắt người

2.9. Đáp ứng những yếu tố môi trường [3], [5]

Môi trường là toàn bộ điều kiện tự nhiên và điều kiện do con người tạo ra, xuất hiện hoặc gặp phải ở bất kỳ thời gian và vị trí nào. Khí hậu khác nhau thì những yếu tố môi trường cũng khác nhau. Sự kết hợp nhất định những yếu tố môi trường và khí hậu có tác động khác nhau lên thiết bị và con người.

Khí hậu quá lạnh, quá nóng đều tạo ra những điều kiện làm việc không tốt. Vùng nóng, khô thường sinh bụi, chúng thâm nhập vào thiết bị cơ khí và gây mòn sớm những chi tiết

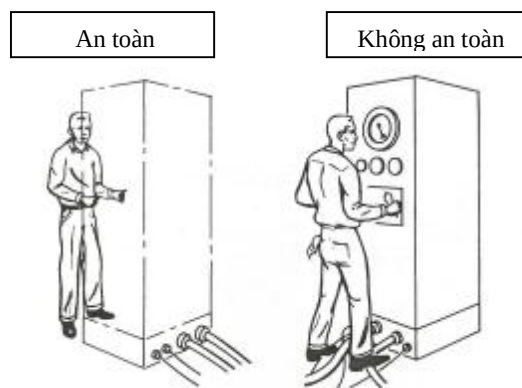
chuyển động. Nơi bụi tích tụ, nó có thể hút nước, gây ăn mòn và những vấn đề về điện. Vùng nóng, ẩm như khí hậu nhiệt đới gây nấm mốc trong và trên thiết bị,...

Trong những yếu tố môi trường do con người gây ra, thì va chạm và rung động thể hiện môi trường khắc nghiệt nhất. Rung động của môi trường có thể làm xuống cấp thiết bị. Ngoài ra, rung động còn làm nhân viên mệt mỏi và giảm năng suất lao động. Tải va đập có thể làm quá tải và biến dạng kết cấu cơ bản của thiết bị hoặc làm hư hại các thành phần mỏng manh được gắn với kết cấu.

2.10. Đảm bảo an toàn [2], [5], [6]

Khi lắp và tháo một hạng mục trong hệ thống có thể gây ra mất an toàn, tức là gây rủi ro cho con người hoặc gây hư hỏng cho hệ thống.

Mục đích của thiết kế đảm bảo an toàn là giảm thiểu hoặc loại trừ những nguy hiểm cho người vận hành và bảo trì thiết bị, giảm thiểu hư hỏng cho thiết bị và thời gian ngừng máy.



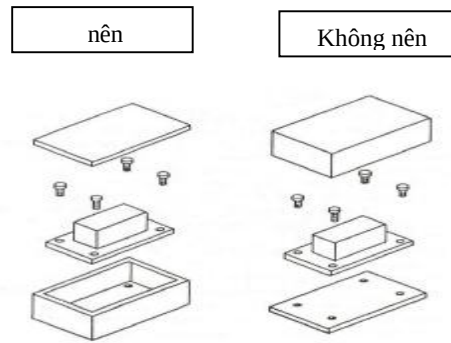
Hình 6. Bố trí dây điện an toàn và không an toàn

Thiết kế đảm bảo an toàn theo quan điểm về tâm lý, cần tránh để nhân viên làm việc ở vị trí nguy hiểm như có hơi ga dễ phát cháy, nơi có chi tiết chuyển động, nóng, có điện,... Cải thiện an toàn liên quan đến bảo trì sẽ giảm thời gian bảo trì.

2.11. Dễ sửa chữa và thay thế [1], [2], [6], [7]

Sửa chữa là dạng bảo trì phục hồi nhằm sửa chữa các chi tiết, cụm, máy bị hư hỏng hoặc loại bỏ và thay thế chúng bằng các chi tiết, cụm, máy mới. Thiết kế dễ sửa chữa và thay thế cần đạt các yêu cầu sau:

- Dễ tháo, dễ lắp ráp.
- Dễ cầm.
- Đảm bảo phụ tùng dự phòng.
- Các yếu tố như độ phức tạp, đặc tính công nghệ của hệ thống cũng tác động đến khả năng dễ dàng trong sửa chữa và thay thế.



Hình 7. Lựa chọn kết cấu dễ tháo lắp

2.12. Sử dụng dụng cụ và thiết bị bảo trì tiêu chuẩn [1], [2], [5], [7]

Một thiết bị khi đưa vào vận hành bao giờ cũng kèm theo nhu cầu sử dụng các dụng cụ, trang bị để tháo, lắp, bảo trì, kiểm tra, hiệu chỉnh vv... Vì vậy, để thuận tiện cho quá trình đảm bảo cho thiết bị, giảm chi phí bảo trì, người thiết kế phải tính đến nhu cầu này ngay trong giai đoạn thiết kế.

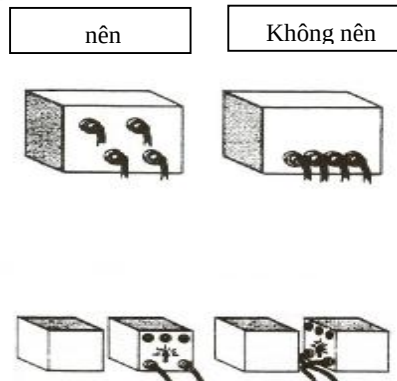
Biện pháp hiệu quả nhất là sử dụng tối đa các trang bị, dụng cụ tiêu chuẩn, có sẵn trên thị trường hay đang được sử dụng ở các thiết bị đã có. Hạn chế tối thiểu việc sử dụng các dụng cụ, trang bị chuyên dùng, phải thiết kế mới.

2.13. Để huấn luyện vận hành và bảo trì [5], [6]

Đây là một trong những yêu cầu quan trọng để có thể duy trì được tuổi thọ của thiết bị và giảm chi phí chu kỳ sống của chúng. Một sản phẩm vừa phải có tính năng kỹ thuật đáp ứng nhu cầu người sử dụng, vừa phải dễ dàng vận hành và bảo trì thì mới được người tiêu dùng đón nhận và mới có cơ hội phổ biến rộng rãi trên thị trường.

2.14. Bố trí các điểm kiểm tra, điểm điều chỉnh thuận lợi [1], [7]

Kiểm tra và điều chỉnh là một yêu cầu khách quan trong hoạt động vận hành và bảo trì thiết bị, hệ thống. Bố trí các điểm kiểm tra, điểm điều chỉnh thuận lợi sẽ làm giảm thời gian ngừng máy. Các thông số quyết định tính năng làm việc của hệ thống cần phải kiểm tra trong quá trình vận hành: điện áp, cường độ dòng điện, tốc độ vòng quay, lưu lượng, áp suất thủy lực,...



Hình 8. Các nút điều chỉnh đặt ở nơi dễ tiếp cận, dễ thao tác

Tùy theo đặc điểm của thiết bị, các thông số này cần được hiển thị liên tục hay hiển thị lần lượt trên bảng điều khiển. Chúng phải được điều chỉnh nằm trong một phạm vi đã định để đảm bảo đặc tính làm việc của hệ thống.

Các điểm kiểm tra, điều chỉnh trong quá trình bảo trì thường bố trí gần nơi có nhu cầu và cần có hiển thị dễ đọc, dễ tiếp cận để kiểm tra. Nếu việc điều chỉnh phải được kiểm soát thông qua một hay một số hiển thị, cần bố trí sao cho một người có thể vừa đọc kết quả, vừa tiến hành điều chỉnh.

2.15. Đánh số các chi tiết

Chế tạo một sản phẩm dựa trên bản vẽ kỹ thuật. Bảo trì một thiết bị luôn gắn liền với việc xác định vị trí, tên gọi, số danh pháp của các cụm, chi tiết. Việc vận hành thiết bị cũng cần thiết phải nhận biết và ghi nhớ tên gọi, vị trí các nút trên bảng điều khiển và các thứ tự thao tác trên đó.

Để thuận tiện cho việc nhận biết, người ta tiến hành đánh số và ký hiệu các chi tiết, cụm trên bản vẽ kỹ thuật và trên thiết bị, đặc biệt là trên bảng điều khiển. Đánh số các chi tiết sao cho thống nhất, dễ nhận biết và tránh nhầm lẫn là rất cần thiết. Yêu cầu đối với việc đánh số và ký hiệu các chi tiết là cần tuân theo những quy ước thống nhất và tiêu chuẩn của công ty, quốc gia nếu có.

2.16. Tạo các giá đỡ từ thân máy để đỡ máy [2]

Hoạt động bảo trì một sản phẩm luôn gắn liền với việc tháo, lắp các cụm, các chi tiết để kiểm tra, bảo trì và thay thế chúng khi cần. Khi tháo máy để bảo trì, nhiều chi tiết, cụm cần có giá đỡ để tránh hư hỏng, làm bẩn, trầy xước bề mặt. Trong thực tế sử dụng, không phải tất cả các trang bị cần thiết cho công tác bảo trì đều có sẵn ở nơi bố trí thiết bị. Vì vậy thiết kế tạo ra các giá đỡ từ chính kết cấu của cụm, chi tiết sẽ giải quyết được khó khăn này, giúp cho công tác bảo trì nhanh nhất mà không gây hư hại cho các chi tiết và thành phần của chúng.

2.17. Phù hợp với khả năng công nghệ

Một yêu cầu đối với các kỹ sư thiết kế là đảm bảo tính công nghệ của chi tiết, cụm, sản phẩm. Tính công nghệ của sản phẩm là sự phù hợp của thiết kế sản phẩm với các công nghệ dùng để chế tạo sản phẩm đó. Nói cách khác tính công nghệ của sản phẩm là sự dễ dàng chế tạo sản phẩm ứng với một công nghệ cụ thể. Yêu cầu này được đáp ứng cho phép sản phẩm đưa vào sản xuất nhanh nhất, chi phí chế tạo phù hợp nhất với các công nghệ hiện có. Khả năng công nghệ của các nhà chế tạo khác nhau là khác nhau và khác với nơi mà sản phẩm được lắp đặt, vận hành.

Sản phẩm được thiết kế phù hợp với khả năng công nghệ hiện có, ít sử dụng các công nghệ cao, công nghệ đặc biệt sẽ giúp việc sửa chữa, thay thế các chi tiết, cụm của nó trong quá trình vận hành sản phẩm đơn giản hơn, tốn ít thời gian và tiền bạc hơn. Tuy nhiên yêu cầu về độ tin cậy, an toàn, chẩn đoán và giám sát tình trạng thường có xu hướng gia tăng việc áp dụng các kỹ thuật tiên tiến để tạo cho sản phẩm có các tính năng vượt trội và tin cậy khi vận hành. Vì vậy quá trình thiết kế sản phẩm cần sự kết hợp giữa các chuyên gia về độ tin cậy, an toàn,... với chuyên gia về đảm bảo khả năng bảo trì.

2.18. Giao diện người – máy [5]

Quá trình vận hành, bảo trì một thiết bị khi đưa nó vào sử dụng là những mối giao diện giữa người và máy. Thông qua giao diện người - máy, nhân viên vận hành, bảo trì nắm được tình trạng của trang thiết bị, các chế độ vận hành đang cài đặt cho máy; các thông số cần điều chỉnh; các lỗi hay các hư hỏng gặp phải,... Đối với các thiết bị đơn giản, vận hành thủ công thì yêu cầu này không đặt thành vấn đề, nhưng với các hệ thống phức tạp, vận hành tự động thì

đây là một yêu cầu thiết kế bắt buộc. Giao diện giữa người và máy có thể thông qua màn hiển thị trên bảng điều khiển máy, cũng có thể thông qua hệ thống điều khiển nối mạng từ xa.

Khi tháo, lắp ở những nơi dễ gây tổn thương như: điện cao áp, áp suất thủy lực, khí nén cao,... Thiết kế đúng sẽ không làm con người ngại tiếp xúc với máy, làm giảm lỗi của con người trong vận hành, bảo trì.

3. KẾT LUẬN

Một sản phẩm, hệ thống là kết quả của quá trình thiết kế, chế tạo từ khi đề xuất ra ý tưởng ban đầu, lựa chọn đặc tính, kết cấu, thiết kế chi tiết,... cho đến khi hoàn thành bộ tài liệu thiết kế và chuyển nó thành sản phẩm đầu tiên thông qua quá trình chế tạo. Khả năng bảo trì của một hệ thống là kết quả đạt được không chỉ nhờ quá trình thiết kế và chế tạo nhằm làm đơn giản cách thức vận hành và bảo trì hệ thống, mà còn bởi kỹ năng và kinh nghiệm của nhân viên vận hành và bảo trì.

Trong quá trình thiết kế đảm bảo khả năng bảo trì, người thiết kế luôn phải trả lời những câu hỏi để kiểm tra xem việc thiết kế của mình thoả mãn yêu cầu ở mức độ nào, đó là kỹ thuật đánh giá. Kỹ thuật đánh giá là một dạng kỹ thuật đặt câu hỏi.

Đối với các máy móc, thiết bị hiện có, người sử dụng có thể áp dụng các nguyên tắc để đánh giá lại chúng, từ đó có thể cải tiến để nâng cao khả năng bảo trì của chúng. Yêu cầu quan trọng đối với đội ngũ kỹ sư, kỹ thuật viên phụ trách công tác bảo trì là cần có những giải pháp nhằm cải tiến thiết bị hiện có, khi mà khả năng bảo trì được đánh giá là không như mong đợi.

DESIGN FOR MAINTAINABILITY – DFM

Tran Dang Hien⁽¹⁾, Tran Dai Nguyen⁽²⁾, Pham Ngoc Tuan⁽²⁾

(1) The United Enterprises of Z75, General Department of Technology,
Ministry of National Defence

(2) University of Technology, VNU-HCM

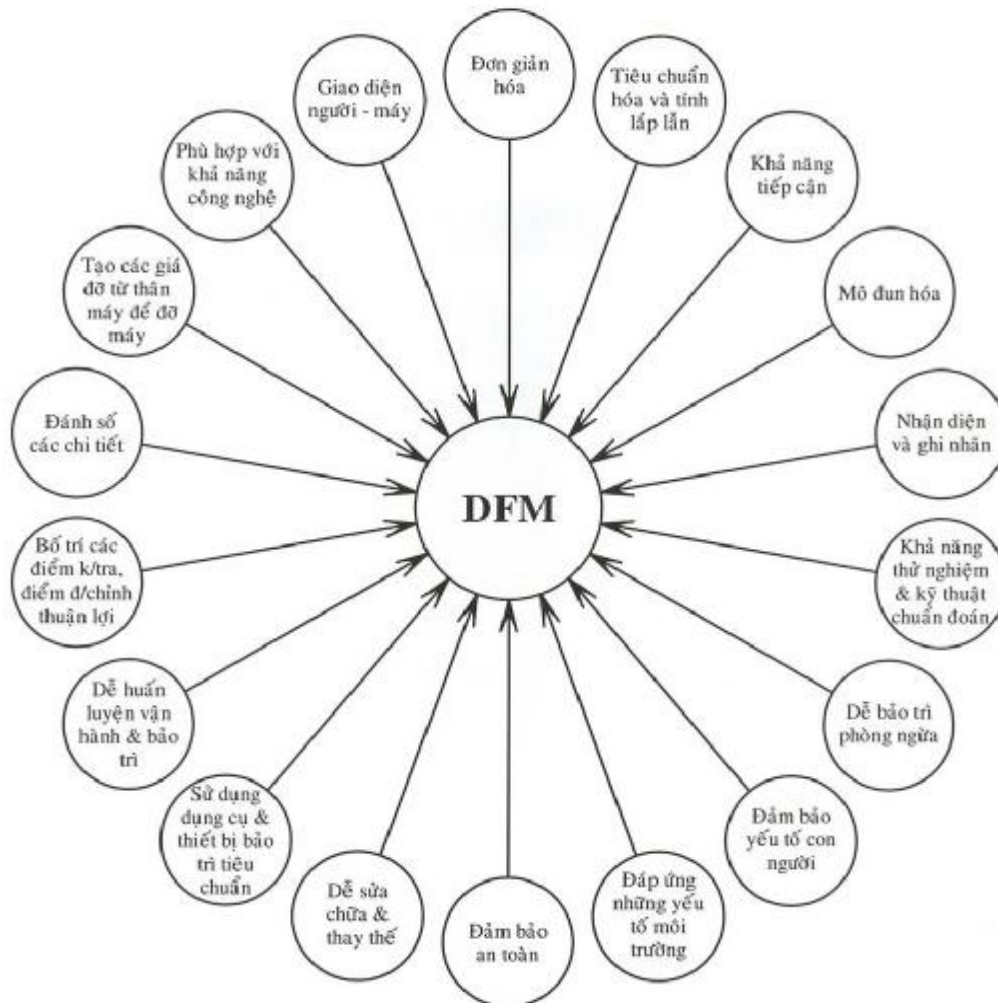
ABSTRACT: *The paper introduces guidelines for implementing design for maintainability with the objective to have products to be maintained easily and favorably with minimum downtime and life cycle cost.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Kenneth Crow, *Design For The Life Cycle*. DRM Associates, (2002).
- [2]. Dimitri Kecicioglu, *Maintainability, Availability & Operational Readiness Engineering Handbook*, volume 1. Prentice Hall PTR, (1995).
- [3]. DOD, *Maintainability Design Techniques*. (1988).
- [4]. Charles E. Ebeling, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw – Hill, (1997).
- [5]. MIL-HDBK-470A, *Designing and Developing Maintainable Products and Systems*. Department of Defense, (1998).

- [6]. S.D. Roos, *A Model for Complex Product Development Using Integrated Product and Support Development Criteria*. Rand Afrikaans University. November (2001).
- [7]. Dan Wagner (ACT-530), Joseph A. Birt and Michael D. Snyder (SRC), and James P. Duncanson (CTA), *Human Factors Design Guide*. Springfield, Virginia, (1996).
- [8]. B.S. Dhillon, Ph.D., *Engineering Maintainability*. Gulf Professional Publishing, Jun- (1999).

Phụ lục 1
Các Nguyên Tắc thực hiện DFM



Phụ lục 2

Lưu trình thực hiện DFM

