

KỸ THUẬT ĐO SAI LỆCH HÌNH DẠNG VÀ VỊ TRÍ TƯƠNG QUAN

Trong hơn một thập kỷ qua, đất nước ta có sự chuyển mình mạnh mẽ trong công cuộc từng bước công nghiệp hóa, hiện đại hóa tiến tới tiệm cận cuộc cách mạng công nghiệp 4.0. Song hành với sự phát triển chung đó, ngành công nghiệp gia công chế tạo, đặc biệt là ngành cơ khí chính xác – ngành đem lại giá trị rất cao, càng ngày càng có những bước tiến mới cả về số lượng và chất lượng cao; các sản phẩm, chi tiết ngày càng đa dạng hơn và có độ chính xác cao hơn trước.

Đi cùng với các sản phẩm cơ khí chính xác cao chính là những yêu cầu, đòi hỏi cấp thiết đối với công tác đo lường, kiểm chuẩn, kiểm tra, kiểm định, hiệu chuẩn cũng cần sự chuyển biến, phát triển kịp thời tương ứng. Những nhà sản xuất thiết bị đo lường trên thế giới cũng luôn luôn có những sản phẩm thiết bị đo lường mới, các dụng cụ đo lường mới với phạm vi đo, độ chính xác, độ phân giải hay những tiện ích, phần mềm, chương trình đo mới,... đáp ứng nhanh hơn, tốt hơn, chính xác hơn các phép đo hiện nay. Tiếp đó, song hành với các phương tiện đo mới, hiện đại là những lý thuyết, phương pháp đo, nguyên lý đo mới hơn phát triển bổ sung cho các lý thuyết, học thuật, nguyên lý đo, kỹ thuật đo lường truyền thống.

Do đó, việc hệ thống hóa hơn các kiến thức về lý thuyết, học thuật kỹ thuật đo lường nói chung và đo lường độ dài nói riêng, đồng thời cập nhật những kiến thức đo lường mới là một yêu cầu cấp thiết. Việc biên soạn một bộ tài liệu tương đối có tính hệ thống và cập nhật trong lĩnh vực đo lường độ dài – mà một nhánh rất quan trọng ở đây là *kỹ thuật đo sai lệch hình dạng và vị trí tương quan* là rất cần thiết.

Kỹ thuật đo sai lệch hình dạng và vị trí tương quan xuất hiện trong hầu hết trong các phép đo kiểm của ngành công nghiệp gia công chế tạo, đặc biệt là ngành cơ khí chính xác. Ví dụ như các phép đo sai lệch độ thẳng, độ phẳng, độ tròn, độ trụ hay đo sai lệch độ vuông góc, độ song song, độ đồng trục,... đều là những phép đo quan trọng không thể không thực hiện trong gia công chính xác. Đây là ngành công nghiệp rất quan trọng trong công cuộc công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước. Đặc biệt trong cuộc cách mạng khoa học kỹ thuật 4.0 thì kỹ thuật đo cũng cần tiến tới 4.0, nghĩa là ngoài các phương pháp đo, phương tiện đo cơ bản thì cần có các nguyên lý đo mới, thiết bị đo mới đáp ứng yêu cầu đo nhanh hơn, chính xác hơn, tích hợp hơn, số hóa hơn, tự động hơn, thông minh hơn ...

Trong ngành công nghệ gia công chế tạo, các chi tiết sau quá trình gia công luôn luôn tồn tại những sai lệch không mong muốn so với thiết kế ban đầu.

Nguyên nhân là do các ảnh hưởng trong quá trình gia công như: *sai số hình học của dụng cụ cắt, biến dạng nhiệt của hệ thống gia công, lỗi gá đặt, rung động, ...* Những sai lệch đó ảnh hưởng tới chất lượng sản phẩm, chính là yếu tố quyết định tới giá trị của sản phẩm đó.

Có những loại sai lệch chính sau phản ánh chất lượng của chi tiết sau gia công, gồm:

- Sai lệch kích thước
- Sai lệch hình dạng: như độ tròn, độ trụ, độ thẳng, độ phẳng ...
- Sai lệch vị trí tương quan: độ vuông góc, độ song song, độ đồng trục, độ đảo mặt đầu, độ đối xứng ...
- Độ nhám bề mặt

Sai lệch kích thước gây ra bởi sự điều chỉnh dụng cụ, ăn mòn, lực cắt hoặc nhiệt khi gia công. Sai lệch hình dạng, chẳng hạn như độ tròn hay độ phẳng, có thể phát sinh từ lực kẹp, lực cắt, dao động hoặc ứng suất riêng trong phôi. Sai lệch vị trí như độ song song của các trục hoặc các bề mặt có thể phát sinh thông qua tác động của lực đẩy khi gia công, lực kẹp hoặc vị trí sai lệch của máy.

Các chi tiết sau khi gia công cần được đánh giá sự sai khác so với khi chúng còn nằm trên bản vẽ thiết kế và bản vẽ chế tạo. Đó chính là công việc của ngành đo lường, hiệu chuẩn. Do vậy, song song với các sản phẩm cơ khí chính xác cao phải là một ngành đo lường phát triển. Những chuẩn, phương tiện đo mới, dụng cụ đo mới, phương pháp đo, nguyên lý đo mới .. liên tục được phát triển.

Trong giới hạn nội dung của tài liệu này, chúng tôi chỉ xét đến hai loại sai lệch rất quan trọng là *sai lệch hình dạng* và *sai lệch vị trí tương quan*. Những sai lệch đó ảnh hưởng tới chức năng làm việc của sản phẩm, đặc biệt là đối với những cặp chi tiết lắp ghép có chuyển động tương đối với nhau. Thí dụ như đối với các bộ đôi piston – xi lanh của động cơ thì sai lệch độ tròn, độ trụ sẽ quyết định đến khả năng làm việc, tuổi thọ của chúng khi vận hành. Các chi tiết như căn mẫu, gương quang học, tấm kính phẳng, bàn máp ... thì sai lệch độ phẳng là chỉ tiêu kỹ thuật quan trọng. Độ phẳng quyết định căn mẫu có thể khớp được với nhau hoặc khớp được với tấm kính song phẳng hay không. Độ phẳng của bàn máp quyết định độ chính xác của phép đo chiều cao nếu nó được sử dụng kết hợp với thước đo cao.



**Hình 1: Piston – cylinder
(xilanh)**



**Hình 2: Động cơ 4 thì với 4 xi-
lanh**



Hình 3: Bàn máp



Hình 4: Gương quang học

Đối với các chi tiết như ke, thước vuông, trụ gá kiểm đồng hồ so .. thì đặc tính kỹ thuật là sai lệch độ vuông góc. Độ vuông góc của trụ gá kiểm đồng hồ so là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến việc hiệu chuẩn đồng hồ so với trụ gá và căn mẫu ... Độ lệch của các kích thước, hình dạng tròn và trục ở truyền động trục khuỷu có tính chất quyết định cho độ hở ổ trục và phân chịu lực của các bề mặt tiếp xúc. Khả năng lắp ghép của các bộ phận chịu ảnh hưởng của sai lệch kích thước và hình dạng nhiều hơn là của chất lượng bề mặt tiếp xúc.

Những chỉ tiêu chất lượng khác là sai lệch kích thước, độ nhám bề mặt, độ cứng bề mặt được trình bày trong một tài liệu kỹ thuật đo khác.

Tài liệu *Kỹ thuật đo sai lệch hình dạng và vị trí tương quan* này được chúng tôi biên soạn gồm có các nội dung chính sau:

CHƯƠNG 1: Tổng quan về đo sai lệch hình dạng hình học

- Sai lệch độ thẳng ; Sai lệch độ phẳng
- Sai lệch độ tròn ; Sai lệch độ trụ
- Sai lệch độ song song ; Sai lệch độ vuông góc

- Sai lệch độ đồng trục ; Sai lệch độ đối xứng
- Sai lệch độ đảo mặt đầu

CHƯƠNG 2: Phương pháp đo và phương tiện đo sai lệch hình dạng hình học

- Phương pháp đo sai lệch độ thẳng ; Phương pháp đo sai lệch độ phẳng
- Phương pháp đo sai lệch độ tròn ; Phương pháp đo sai lệch độ trụ
- Phương pháp đo độ song song ; Phương pháp đo độ vuông góc
- Phương pháp đo độ đồng trục ; Phương pháp đo độ đối xứng
- Phương pháp đo độ đảo mặt đầu

CHƯƠNG 3: Chuẩn và dẫn xuất chuẩn lĩnh vực đo sai lệch hình dạng hình học

- Chuẩn, dẫn xuất chuẩn độ thẳng;
- Chuẩn, dẫn xuất chuẩn độ phẳng
- Chuẩn, dẫn xuất chuẩn độ tròn
- Chuẩn, dẫn xuất chuẩn độ trụ
- Chuẩn, dẫn xuất chuẩn độ song song;
- Chuẩn, dẫn xuất chuẩn độ vuông góc
- Chuẩn, dẫn xuất chuẩn độ đồng trục
- Chuẩn, dẫn xuất chuẩn độ đối xứng
- Chuẩn, dẫn xuất chuẩn độ đảo mặt đầu

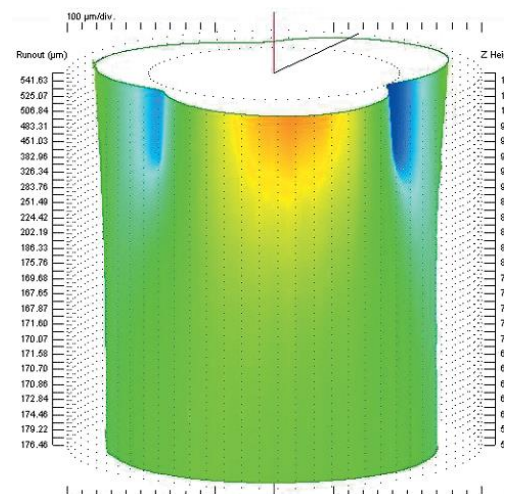
CHƯƠNG 4: Hiệu chuẩn phương tiện đo sai lệch hình dạng hình học

- Khái niệm hiệu chuẩn và liên kết chuẩn
- Độ không đảm bảo đo trong đo, hiệu chuẩn sai lệch hình dạng
- Hiệu chuẩn thước tóc, thước rà phẳng
- Hiệu chuẩn bàn máp
- Hiệu chuẩn tấm kính phẳng
- Hiệu chuẩn nivô
- Hiệu chuẩn ống tự chuẩn trục

- Hiệu chuẩn đồng hồ so
- Hiệu chuẩn khối V
- Hiệu chuẩn êke

Các phép đo trong lĩnh vực đo sai lệch hình dạng và vị trí tương quan như độ thẳng, độ phẳng, độ tròn, độ trụ, ... độ song song, độ vuông góc, độ đồng trục ... đều là những phép đo cơ bản và có từ khi có ngành gia công chế tạo cơ khí nên không có gì mới. Tuy nhiên, song song với sự phát triển khoa học công nghệ trong đo lường, nhiều máy đo chuyên dụng ra đời nhằm đáp ứng được yêu cầu của các phép đo nhanh hơn, nhiều hơn và chính xác hơn. Đặc biệt ở trong thời đại cách mạng công nghiệp 4.0, kỹ nguyên số hóa và tự động hóa thì các thiết bị đo lường hiện đại không chỉ thuần túy đo lường mà là đo lường thông minh, tích hợp với toàn hệ thống để tối đa hóa hiệu quả. Ví dụ như các thiết bị đo có kết nối với môi trường đo theo thời gian thực thông qua việc sử dụng các cảm biến, điều khiển các thông số đo lường như nhiệt độ và áp suất, thông số, dữ liệu đo có thể được tích hợp qua mạng thông tin toàn cầu liên tục, đo và hiệu chỉnh liên tục... thực hiện điều này có thể thông qua các công nghệ tiên tiến, phần mềm và công nghệ thông tin cùng với sự phát triển của lượng tử mới, cảm biến sinh học và công nghệ nano. Đo lường 4.0 sẽ kết nối một số lượng lớn các cảm biến khác nhau, tích hợp dữ liệu từ các hệ thống khác nhau vào một mạng đo lường thông minh, đảm bảo hiệu chuẩn được duy trì liên tục.

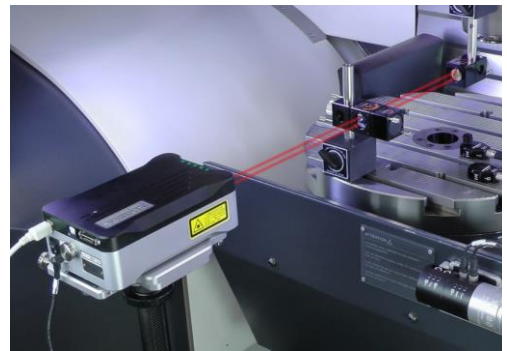
Dưới đây là hình ảnh một số thiết bị đo sai lệch hình dạng hình học và sai lệch vị trí tương quan hiện đại, thông minh, tự động và số hóa.



Hình 5: Máy đo độ tròn của hãng Taylor Hobson



Hình 6: Máy đo tọa độ CMM



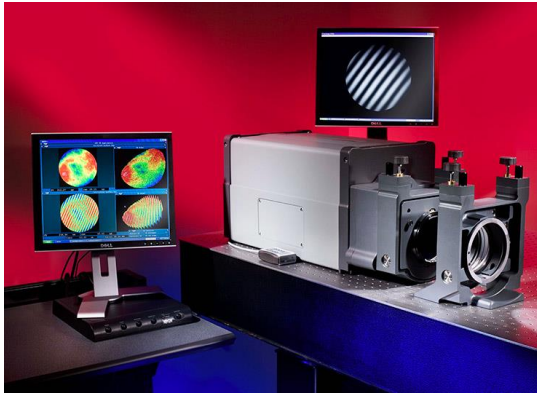
Hình 7: Hệ thống đo laser



Hình 8: Leica Scan Station



Hình 9: Đo cánh turbine gió với laser tracker



Hình 10: Giao thoa kế đo độ phẳng của hãng Zygo



Hình 11: Hệ laser tự đo bám mục tiêu

Tài liệu này được chúng tôi biên soạn với kỳ vọng giúp cho Viện Đo lường Việt Nam nói riêng cũng như các đơn vị, tổ chức, doanh nghiệp khác hoạt động trong lĩnh vực đo lường độ dài nói chung có một bộ tài liệu tham khảo, hướng dẫn về *phương pháp, kỹ thuật đo sai lệch hình dạng và vị trí tương quan* tương đối có tính hệ thống. Tài liệu này phù hợp và tương đối cập nhật với các tài liệu trong và ngoài nước về đo lường hiện hành, để thuận lợi cho việc nghiên cứu, tìm hiểu và thực hành sử dụng khi đo lường, kiểm tra. Viện Đo lường Việt Nam, các đơn vị có hoạt động trong lĩnh vực Đo lường của Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng cũng như các cơ sở đào tạo chuyên môn đo lường khác, các trường đại học, cao đẳng, trung cấp chuyên nghiệp có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo để biên soạn giáo án đào tạo, định hướng nghề nghiệp cho học viên, giúp phát triển nguồn nhân lực cho lĩnh vực đo lường kích thước; từng bước đáp ứng nhu cầu của các cơ sở, đơn vị muốn xây dựng, phát triển lĩnh vực đo lường Độ dài.

Nội dung của tài liệu này được biên soạn trên cơ sở kế thừa những tài liệu kỹ thuật đo lường trong các trường đại học, các sổ tay tra cứu kiểm tra sản phẩm chế tạo máy, các tài liệu đo lường hiệu chuẩn đã từng được Viện Đo lường Việt Nam soạn thảo cũng như cập nhật các tài liệu đo lường mới trên thế giới.

Hà Nội, tháng 3/2024

Phòng đo lường Độ dài, Viện Đo lường Việt Nam

Ngô Ngọc Anh và cộng sự

(Lưu ý: Nếu Quý độc giả quan tâm bản đầy đủ tài liệu kỹ thuật đo xin liên hệ theo số điện thoại 0979755080)