NGHIÊN CỨU VÀ LẬP CHƯƠNG TRÌNH ĐO SAI LỆCH HÌNH HỌC TRÊN MÁY ĐO BIÊN DẠNG 3D ACCRETECH XYZAX mju NEX

STUDY AND DEVELOPMENT OF A GEOMETRIC DEVIATION MEASUREMENT PROGRAM ON ACCRETECH XYZAX mju NEX 3D CMM

Nguyễn Văn Quyến[1], Nguyễn Quang Dự[2], Nguyễn Văn Huỳnh[1]

[1]Sinh viên ngành Công nghệ kỹ thuật cơ khí, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng

[2]Giảng viên hướng dẫn, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng

Tác giả liên hệ: Nguyễn Văn Quyến - 22115041122248

Tóm tắt - Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu và xây dựng quy trình lập chương trình đo sai lệch hình học trên máy đo tọa độ ba chiều ACCRETECH XYZAX mju NEX sử dụng phần mềm CALYPSO 2021. Nội dung nghiên cứu tập trung vào cơ sở đo lường hình học, nguyên lý máy CMM, hệ chuẩn I-II-III theo nguyên tắc 3-2-1, mối quan hệ giữa feature và characteristic trong CALYPSO, đồng thời áp dụng cho chi tiết mẫu dạng hộp có nhiều mặt phẳng, lỗ tròn, cạnh chuẩn và quan hệ định hướng. Quy trình đo được tổ chức theo chuỗi thao tác: chuẩn bị chi tiết, thiết lập Base/Start Alignment, khai báo Clearance Plane, tạo feature đo, thiết lập characteristic GD&T, gán stylus D4L50, đặt Clearance Group CP +Z và Clearance Distance 10 mm, sau đó chạy CNC tự động và xuất báo cáo Pass/Fail. Kết quả cho thấy quy trình có tính logic, hỗ trợ đào tạo thực hành CMM, giảm rủi ro va chạm đầu dò và tăng khả năng lặp lại khi kiểm tra chất lượng hình học của chi tiết cơ khí.

Từ khóa - CMM; ACCRETECH XYZAX mju NEX; CALYPSO 2021; GD&T; sai lệch hình học; chương trình đo tự động.

Abstract - This paper presents a study on developing an automated geometric deviation measurement procedure for the ACCRETECH XYZAX mju NEX coordinate measuring machine using CALYPSO 2021. A box-shaped mechanical sample with planes, holes and datum features was selected to demonstrate feature definition, Base/Start Alignment, Clearance Plane setup, GD&T characteristic assignment, D4L50 stylus selection, automatic CNC execution and Pass/Fail reporting. The proposed workflow improves measurement consistency, reduces probe-collision risk and supports CMM training and precision quality control.

Keywords - CMM; ACCRETECH XYZAX mju NEX; CALYPSO 2021; GD&T; geometric deviation; automated measurement program.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong sản xuất cơ khí hiện đại, chất lượng chi tiết không chỉ được đánh giá bằng các kích thước đơn lẻ như chiều dài, chiều rộng hoặc đường kính. Nhiều chi tiết phải đáp ứng đồng thời các yêu cầu về độ phẳng, độ thẳng, độ song song, độ vuông góc, vị trí tâm lỗ và sai lệch biên dạng. Các yêu cầu này ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng lắp ghép, độ ổn định khi làm việc và tuổi thọ của cụm máy.

Các phương pháp đo truyền thống như thước cặp, panme, đồng hồ so hoặc thước đo cao vẫn có vai trò quan trọng trong kiểm tra cơ khí. Tuy nhiên, khi cần đánh giá quan hệ hình học trong không gian ba chiều hoặc kiểm tra nhiều feature trên cùng một chi tiết, các phương pháp này bộc lộ hạn chế về độ lặp lại, năng suất và khả năng truy xuất dữ liệu.

Máy đo tọa độ ba chiều CMM cho phép thu nhận tập hợp điểm đo trong hệ X-Y-Z, fit thành các thực thể hình học và so sánh với yêu cầu dung sai trên bản vẽ. Từ yêu cầu đó, nghiên cứu tập trung khai thác máy ACCRETECH XYZAX mju NEX và phần mềm CALYPSO 2021 để xây dựng quy trình lập chương trình đo tự động cho chi tiết mẫu dạng hộp.

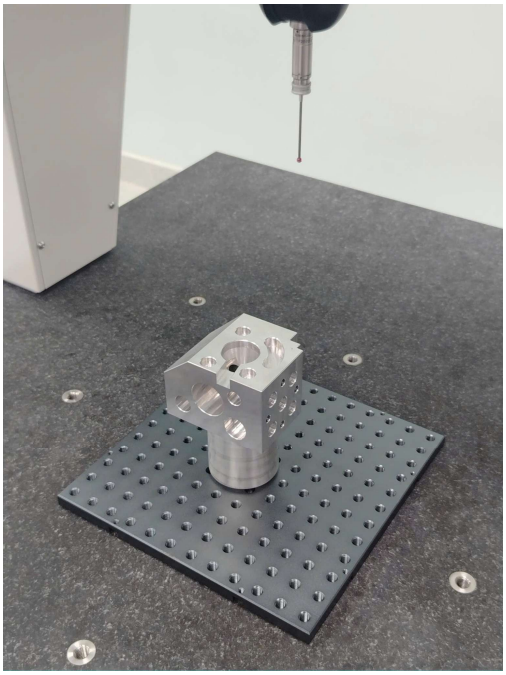
2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết bị và phần mềm

Đối tượng thiết bị của nghiên cứu là máy đo tọa độ ba chiều ACCRETECH XYZAX mju NEX kiểu cầu. Thiết

bị làm việc theo ba trục X, Y và Z; trong cấu hình khảo sát, vùng đo được khai thác tương ứng X = 510 mm, Y = 460 mm và Z = 410 mm. Đây là vùng làm việc phù hợp với các chi tiết vừa và nhỏ trong phòng đo cơ khí chính xác.

Phần mềm CALYPSO 2021 được sử dụng để tạo kế hoạch đo. Dữ liệu trong CALYPSO được tổ chức theo các lớp chính: hệ máy CMM, Measurement Plan, Features và Characteristics. Feature phản ánh đối tượng hình học được đo, ví dụ Plane, 2d Line, Point hoặc Circle; characteristic là tiêu chí đánh giá kỹ thuật như Flatness, Straightness, Diameter, Distance, Parallelism và Perpendicularity.



Hình 1. Chi tiết mẫu dạng hộp được gá trên bàn máy CMM.

2.2. Chi tiết mẫu và yêu cầu kiểm tra

Chi tiết mẫu thực nghiệm là chi tiết dạng hộp/khối kim loại, có nhiều mặt phẳng, lỗ tròn, mặt bên, bậc và hốc gia công. Chi tiết được gá trên tấm lỗ ren và trụ đỡ để tăng khoảng tiếp cận của đầu dò. Hình học này phù hợp để minh họa các phép đo độ phẳng, đường kính lỗ, khoảng cách, độ song song và độ vuông góc.

Các feature được sử dụng trong chương trình gồm Plane1, 2d Line1, Point1, Symmetry Point1, Circle1 đến Circle6 và Plane2 đến Plane4. Trong đó, Plane1, 2d Line1 và Point1 chủ yếu dùng để dựng hệ tọa độ chi tiết; các feature còn lại được dùng để đánh giá kích thước và quan hệ hình học.

Các thông số chính trong chương trình đo gồm: Plane1, 2d Line1 và Point1 để dựng Base/Start Alignment; Circle1-Circle6 để đo đường kính và vị trí lỗ; Plane2-Plane4 để đánh giá Flatness, Parallelism và Perpendicularity; stylus D4L50, Clearance Group CP +Z và Clearance Distance 10 mm để bảo đảm đúng đầu dò và vùng di chuyển an toàn.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được triển khai theo hướng kết hợp tổng hợp lý thuyết, phân tích đối tượng đo, thực hành phần mềm và xây dựng checklist thao tác. Trước hết, nhóm nghiên cứu hệ thống hóa cơ sở về đo lường tọa độ, GD&T, hệ chuẩn và các nguồn gây độ không đảm bảo đo. Tiếp theo, chi tiết mẫu được phân tích để xác định mặt chuẩn, nhóm lỗ và vùng cần kiểm tra.

Sau đó, các thao tác trên CALYPSO được tổ chức thành quy trình có thể lặp lại: tạo kế hoạch đo, thiết lập alignment, khai báo vùng an toàn, tạo feature, gán characteristic, kiểm tra stylus, chạy CNC và xuất báo cáo. Tiêu chí đánh giá là quy trình phải rõ logic đo, hạn chế nguy cơ va chạm, cho phép kiểm soát dữ liệu Pass/Fail và phù hợp với điều kiện đào tạo trong phòng thí nghiệm.

3. CƠ SỞ XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH ĐO

3.1. Hệ chuẩn I-II-III và nguyên tắc 3-2-1

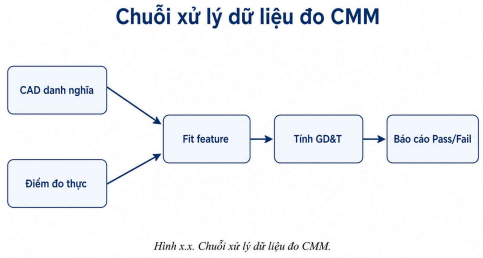
Trong đo CMM, kết quả đo chỉ có ý nghĩa khi được đánh giá trong hệ tọa độ gắn với chi tiết. Vì vậy, Base/Start Alignment là bước nền tảng. Với chi tiết mẫu dạng hộp, hệ chuẩn I-II-III được xây dựng tương ứng với chuẩn chính, chuẩn phụ và chuẩn thứ ba theo nguyên tắc 3-2-1.

Trong ví dụ thực tế, Plane1 được dùng cho Rotation in space theo phương +Z và làm gốc Z. 2d Line1 được dùng cho Planar rotation theo phương +X và xác định gốc Y. Point1 được dùng làm gốc X. Cách khai báo này giúp khóa đủ sáu bậc tự do của chi tiết, đồng thời bảo đảm hướng X, Y, Z phù hợp với hình dạng và hướng gá thực tế.

3.2. Quan hệ giữa feature, characteristic và báo cáo

Trong CALYPSO, feature và characteristic là hai lớp dữ liệu khác nhau. Feature là đối tượng hình học được đo hoặc dựng từ điểm đo; characteristic là yêu cầu kiểm tra được tính từ một hoặc nhiều feature. Ví dụ, Plane1 có thể được dùng để đánh giá Flatness, đồng thời cũng có thể làm datum cho quan hệ định hướng. Circle có thể phục vụ kiểm tra Diameter, Position hoặc Distance.

Cách tách riêng feature và characteristic giúp chương trình đo dễ hiệu chỉnh. Khi kết quả bất thường, người vận hành có thể kiểm tra lại từng lớp dữ liệu: feature đã đo đúng chưa, datum đã chọn đúng chưa, tolerance đã nhập đúng chưa, stylus và clearance có phù hợp không.



Hình 2. Chuỗi xử lý dữ liệu đo CMM từ điểm đo đến báo cáo Pass/Fail.

3.3. Kiểm soát sai số và độ không đảm bảo đo

Kết quả đo CMM chịu ảnh hưởng bởi nhiều nguồn sai số: sai số hình học của máy, tình trạng hiệu chuẩn stylus,

nhiệt độ phòng đo, bụi bẩn trên bề mặt chi tiết, độ cứng vững gá đặt, số lượng điểm đo, tốc độ tiếp cận và thuật toán fit feature. Vì vậy, khi một characteristic gần sát giới hạn dung sai, không nên chỉ dựa vào trạng thái Pass/Fail mà cần kiểm tra thêm giá trị Actual, số điểm đo, độ lặp lại và cách chọn datum.

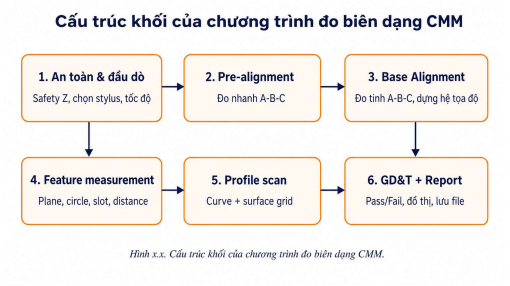
Trong đề tài, các biện pháp kiểm soát được áp dụng gồm làm sạch chi tiết trước khi đo, gá chắc nhưng không gây biến dạng, kiểm tra stylus D4L50, thiết lập Clearance Plane và chạy thử ở tốc độ thấp trước khi chạy CNC đầy đủ.

4. XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH ĐO TỰ ĐỘNG TRÊN CALYPSO 2021

4.1. Cấu trúc tổng quát của chương trình đo

Chương trình đo tự động được xây dựng theo chuỗi thao tác logic: tạo hoặc mở Measurement Plan, thiết lập Base/Start Alignment, thiết lập Clearance Plane, khai báo feature, tạo characteristic, gán stylus và thông số an toàn, chạy đo CNC tự động và xuất báo cáo. Trình tự này giúp hạn chế rủi ro khi chuyển từ đo thủ công sang đo tự động.

Về bản chất, đây không chỉ là chuỗi thao tác phần mềm mà là một quy trình đo được chuẩn hóa. Mỗi bước đều có ý nghĩa kỹ thuật: alignment quyết định hệ tọa độ, clearance quyết định an toàn đường chạy, feature quyết định dữ liệu đo, characteristic quyết định tiêu chí đánh giá và report quyết định khả năng xuất kết quả.

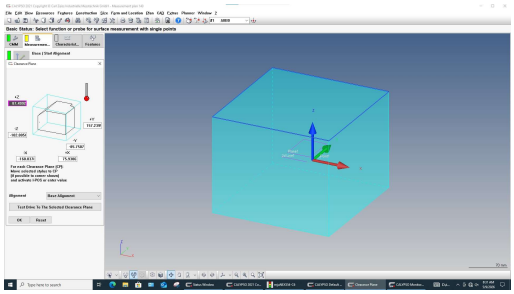


Hình 3. Cấu trúc khối của chương trình đo biên dạng CMM.

4.2. Thiết lập alignment, clearance và stylus

Ở bước Base Alignment, Plane1 được gán cho Rotation in space +Z; 2d Line1 được gán cho Planar rotation +X; Point1 làm X Origin; 2d Line1 làm Y Origin; Plane1 làm Z Origin. Sau khi khai báo, người vận hành cần quan sát hệ trục trên màn hình CAD để bảo đảm hướng X, Y, Z đúng với hình dạng và hướng gá thực tế của chi tiết.

Clearance Plane được thiết lập theo Base Alignment. Toàn bộ feature trong chương trình được gán Clearance Group CP +Z, nghĩa là đầu dò ưu tiên rút lên theo phương Z dương trước khi chuyển sang feature tiếp theo. Clearance Distance được đặt bằng 10 mm. Thiết lập này phù hợp với chi tiết dạng hộp vì đầu dò chủ yếu tiếp cận từ phía trên và cần tránh mặt bên, trụ đỡ, tấm gá cũng như các vùng lỗ.



Hình 4. Thiết lập Clearance Plane trong hệ tọa độ chi tiết.

4.3. Thiết lập characteristic và chạy đo

Các characteristic được tạo từ menu Form and Location hoặc Size. Nhóm hình dạng gồm Flatness và Straightness. Nhóm kích thước gồm Diameter và Distance. Nhóm quan hệ định hướng gồm Parallelism và Perpendicularity. Mỗi characteristic phải được liên kết đúng feature nguồn và dung sai tương ứng.

Ví dụ, Perpendicularity1 được thiết lập với Feature = Plane1, Primary Datum = Plane4 và tolerance = 0,0500 mm. Trong dữ liệu giao diện thực tế, giá trị Actual đạt khoảng 0,0097 mm, nhỏ hơn dung sai khai báo. Điều này cho thấy characteristic đạt yêu cầu theo thiết lập hiện tại; tuy nhiên kết luận kỹ thuật cuối cùng vẫn cần căn cứ trên bản vẽ dung sai chính thức và dữ liệu đo lặp lại.

Khi chạy đo, cửa sổ Start Measurement được thiết lập với Base Alignment, All Characteristics, Use Clearance Plane, Run Mode phù hợp và tốc độ kiểm soát. Với chương trình mới, cần ưu tiên chế độ chạy chậm hoặc giảm tốc độ tổng thể để kiểm tra đường chạy đầu dò trước khi chạy CNC hoàn chỉnh.

Trong chương trình đo thực nghiệm, các thông số vận hành chính được sử dụng gồm: Stylus system D4L50; Clearance Group CP +Z; Clearance Distance 10 mm; Run Mode Normal hoặc chạy chậm khi thử; tốc độ 80 mm/s khi đường chạy đã được kiểm soát.

5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả chính của nghiên cứu là xây dựng được một quy trình đo có cấu trúc rõ ràng và có thể áp dụng trực tiếp trên phần mềm CALYPSO 2021. Quy trình này giúp người vận hành biết thứ tự thao tác: không đo characteristic trước khi dựng hệ tọa độ; không chạy CNC khi chưa thiết lập clearance; không đánh giá Pass/Fail khi chưa kiểm tra feature, datum và tolerance.

Về mặt đào tạo, đề tài tạo ra tài liệu thực hành có thể dùng cho sinh viên ngành cơ khí chế tạo máy khi tiếp cận CMM. Sinh viên có thể hiểu mối liên hệ giữa bản vẽ kỹ thuật, GD&T, hệ chuẩn, gá đặt, đầu dò, phần mềm đo và báo cáo kết quả. Đây là điểm có ý nghĩa vì đo lường 3D yêu cầu tư duy hệ thống, không chỉ thao tác đo đơn lẻ.

Về mặt kỹ thuật, chương trình đo tự động có khả năng giảm phụ thuộc vào người đo, tăng tính lặp lại và hỗ trợ truy xuất dữ liệu. Tuy nhiên, độ tin cậy cuối cùng của kết quả vẫn phụ thuộc vào điều kiện vận hành: chi tiết phải sạch, gá đặt ổn định, stylus được hiệu chuẩn, hệ chuẩn chọn đúng và đường chạy đầu dò an toàn.

Hạn chế của nghiên cứu là mới tập trung vào xây dựng quy trình và áp dụng cho một chi tiết mẫu dạng hộp. Các đánh giá thống kê như đo lặp lại, R&R, độ tái lập và ngân sách độ không đảm bảo đo chưa được triển khai đầy đủ. Đây là hướng cần tiếp tục thực hiện trong các nghiên cứu sau.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày quá trình nghiên cứu và lập chương trình đo sai lệch hình học trên máy đo 3D ACCRETECH XYZAX mju NEX bằng phần mềm CALYPSO 2021. Nội dung nghiên cứu đã hệ thống hóa cơ sở lý thuyết về CMM, GD&T, hệ chuẩn I-II-III và các yếu tố ảnh hưởng đến sai số đo; đồng thời áp dụng cho chi tiết mẫu dạng hộp có nhiều feature đặc trưng.

Quy trình lập chương trình đo được xây dựng theo các bước: tạo Measurement Plan, thiết lập Base/Start Alignment, tạo Clearance Plane, khai báo feature, thiết lập characteristic, gán stylus D4L50, đặt Clearance Group CP +Z, Clearance Distance 10 mm, chạy CNC tự động và xuất báo cáo. Cách tổ chức này có tính logic, phù hợp với thực hành trên CALYPSO và có thể dùng làm tài liệu hướng dẫn trong phòng đo.

Kết quả nghiên cứu cho thấy máy CMM không chỉ là thiết bị đo kích thước mà còn là công cụ đánh giá hình học tổng thể của chi tiết. Đề tài có khả năng ứng dụng trong đào tạo, nghiên cứu và kiểm soát chất lượng cơ khí chính xác. Hướng phát triển tiếp theo là đo lặp lại để đánh giá độ ổn định, xây dựng ngân sách độ không đảm bảo đo và mở rộng sang đo profile/surface grid so sánh với CAD danh nghĩa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] ACCRETECH Tokyo Seimitsu, “XYZAX mju NEX - Bridge type coordinate measuring machine”, tài liệu giới thiệu sản phẩm.

[2] ACCRETECH Tokyo Seimitsu, “Calypso 2021 - Đo lường chung - Phiên bản hoạt động - Hướng dẫn vận hành máy CNC”, mã tài liệu CS43423-R204-E0.

[3] ISO 1101, Geometrical product specifications (GPS) - Geometrical tolerancing - Tolerances of form, orientation, location and run-out.

[4] ASME Y14.5, Dimensioning and Tolerancing.

[5] Hexagon Manufacturing Intelligence, Intro to Coordinate Metrology.

[6] ZEISS Industrial Metrology, Coordinate Measuring Machines and bridge-type CMMs.

[7] Renishaw, CMM probes, styli and calibration principles.

[8] Nguyễn Trọng Hiệp, Dung sai và kỹ thuật đo, tài liệu tham khảo ngành Cơ khí chế tạo máy.