

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG ĐO LỖ NHỎ TRÊN MÁY CMM CWB 450 VỚI CÁC MÁY ĐO ĐỘ CHÍNH XÁC CAO

RESEARCH FOR SMALL MEASUREMENTS ON THE CMM CWB 450 WITH HIGH
ACCURACY MEASUREMENTS

Nguyễn Tuấn Hưng

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

TÓM TẮT

Hiện nay, máy CMM đang được sử dụng để đo các kích thước, sai số hình dáng và vị trí tương quan với độ chính xác cao rất hiệu quả. Tuy nhiên, để đo những lỗ rất nhỏ dưới 1mm còn hạn chế. Máy CMM CWB 450 là máy đo tọa độ được biết đến với tính linh hoạt và độ chính xác trong phép đo kích thước. Các phép đo chính xác cao của lỗ nhỏ là thách thức trong nhiều ứng dụng, để đánh giá khả năng này, bài báo đã khai thác tính năng đo lỗ nhỏ trên máy CMM CWB 450 sử dụng các thiết bị đo có độ chính xác cao để so sánh. Nghiên cứu này sẽ cung cấp thêm cho chúng ta một phương pháp đo lỗ nhỏ phục vụ cho các ngành sản xuất gia công chế tạo, ô tô, hàng không và các ngành công nghiệp khác nhau có yêu cầu độ chính xác và dung sai chặt chẽ.

Từ khóa: Máy đo tọa độ; CMM CWB450; Lỗ nhỏ; Thiết bị đo độ chính xác cao; Phép đo.

ABSTRACT

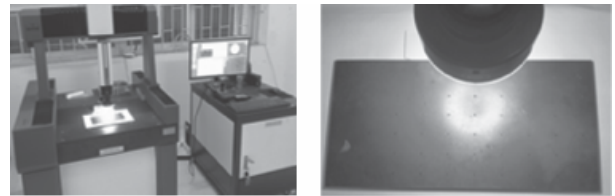
Currently, CMM machines are being used to measure dimensions, shape errors and relative positions with high accuracy very effectively. However, to measure very small holes under 1mm is limited. The CMM CWB 450 is a Coordinate Measuring Machine known for its versatility and accuracy in dimension measurement. Highly accurate measurements of small holes are challenging in many applications, to evaluate this possibility, the article exploited the small hole measurement feature on the CMM CWB 450 using high-precision measuring devices for comparison. This research will provide us with a small-hole measurement method for manufacturing, automotive, aviation and other industries that require accuracy and tolerance rigid.

Keywords: CMM; CMM CWB 450; Small holes; High-precision measuring devices; Measurement accuracy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đo chính xác các lỗ nhỏ là vô cùng quan trọng trong các ngành công nghiệp khác nhau, đặc biệt trong ngành gia công khuôn mẫu, nơi mà độ chính xác và dung sai chặt chẽ là rất quan trọng. Máy đo tọa độ (CMM) CWB 450 là thiết bị đo kích thước được sử dụng rộng rãi, linh hoạt và độ chính xác. Tuy nhiên, khả năng đo các lỗ nhỏ với độ chính xác cao vẫn là một chủ đề cần được nghiên cứu. Nghiên cứu này, nhằm mục đích khai thác khả năng của máy CMM CWB 450 trong việc đo các lỗ nhỏ, so sánh với các thiết bị đo có độ chính xác cao. Năm 2018, Franz Helml và cộng sự cũng đã đo trên máy CMM quang học có độ chính xác cao để đo các lỗ siêu nhỏ, bài báo đã đưa ra ví dụ đo các lỗ siêu nhỏ trong vòi phun nhiên liệu, đưa ra cách tiếp cận cho máy CMM sử dụng công nghệ quang học để đo lường độ chính xác cao dựa trên sự thay đổi về tiêu cự [1]. Công cụ đo lỗ nhỏ hiện đại nhất hiện nay, chủ yếu là các hệ thống đo lường quang học, như: Máy chụp cắt lớp, tia X [2], [3] và hệ thống đo quang sợi [4], [5]. Máy chụp cắt lớp cung cấp thành phần thể tích của thành phần được đo nhưng bị hạn chế về thời gian đo và đo các lỗ với độ phân giải thấp, đo với đầu dò quang sợi ưu điểm với phép đo lỗ phun, các hệ thống đo này đều hạn chế về số điểm đo, thời gian đo lâu. Nhiều đầu dò Micro CMM cũng được phát triển [6], [7], [8], [9], hầu hết chúng đều sử dụng đầu dò tiếp xúc. Khi quả cầu của đầu dò chạm vào phôi và làm lệch hướng, cấu trúc bị biến dạng theo lực thăm dò. Bằng cách đo biến dạng thông qua các cảm biến kỹ thuật khác nhau, như: Cảm biến điện dung, cảm biến áp điện, cảm biến quy nạp, cảm biến lấy nét laser có thể suy ra chuyển động tịnh tiến của quả cầu thăm dò trong không gian 3D [6], [8], [10], [11]. Trong bài báo này sẽ đưa ra phương pháp đo không tiếp xúc lỗ nhỏ trên máy CMM 450 là một phương pháp đo

lượng tiên tiến được sử dụng trên máy đo 3D CMM 450, cho phép đo chính xác kích thước của các lỗ nhỏ mà không cần tiếp xúc trực tiếp với chúng. Máy CMM 450 là một máy đo 3D chuyên nghiệp được thiết kế đặc biệt để đảm bảo độ chính xác và đáng tin cậy trong việc đo lường các chi tiết nhỏ và phức tạp. Phương pháp đo không tiếp xúc trên máy CMM 450 cung cấp khả năng đo lường chính xác và đáng tin cậy cho các lỗ nhỏ, đáp ứng nhu cầu đo lường chính xác trong các ứng dụng yêu cầu độ chi tiết cao và kích thước nhỏ, chỉ số octan tối thiểu yêu cầu nhỏ hơn giá trị giới hạn.



Hình 1. Mô hình đo không tiếp xúc lỗ $\phi 1$ trên máy CMM CWB450

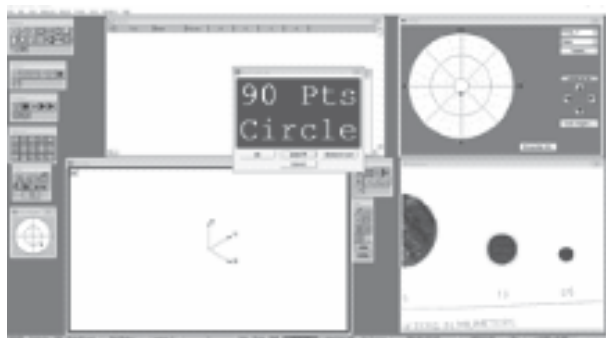
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một phương pháp mới sử dụng tính năng đo quang trên máy CMM W450 để đo lường và kiểm tra các lỗ có đường kính $\phi 1$. Phương pháp này sử dụng cảm biến quang học và hệ thống máy đo CMM để đạt được độ chính xác và đáng tin cậy trong quá trình đo lường.

Đầu tiên, cài đặt cảm biến quang trên máy CMM W450 để đo mẫu chuẩn có đường kính $\phi 1$. Cảm biến này sử dụng công nghệ quang học để thu thập thông tin về bề mặt của đối tượng đang được đo. Các cảm biến quang được thiết kế để quét và chụp hình 3D của bề mặt, cho phép xác định vị trí và hình dạng của các điểm dữ liệu. Các bước đo được tiến hành như sau:



Bước 1. Sét chuẩn:



Hình 2. Cài đặt tiêu cự và đường kính mẫu chuẩn

Máy CMM CWB450, có thể cài đặt so với mẫu chuẩn có biên dạng tròn hoặc vuông và cài đặt càng gần với biên dạng cần đo thì độ chính xác càng cao, chỉnh tiêu cự trên đầu đo quang.



Hình 3. Mẫu chuẩn khi đo không tiếp xúc

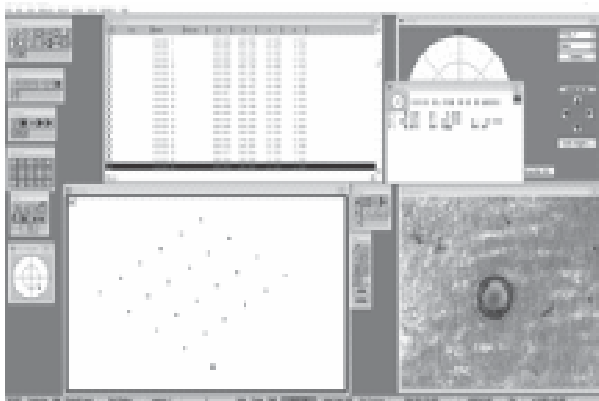
Trong nghiên cứu lỗ cần đo có đường kính $\phi 1$, do đó, khi hiệu chuẩn với mẫu chuẩn sẽ chọn đường tròn có cùng đường kính $\phi 1$ để đảm bảo độ chính xác trong quá trình đo và tiến hành đo trên các lỗ tròn thực tế.

Tiến hành thực hiện các thí nghiệm đo và kiểm tra trên máy CMM W450 để đánh giá hiệu suất và độ chính xác của phương pháp đo quang. Các mẫu kiểm tra có kích thước đường kính $\phi 1$.

Các thông số của máy CWB 450:

- Độ phân giải: 0.001mm;
- Phần mềm đo: IK5000;

- Độ phóng đại của hệ thống quang học: 10X-100X;
- Độ chính xác: $U_1 = 2 + L / 200 \mu\text{m}$;
- Đầu đo cảm ứng: RENISHAW MCP MH20i.

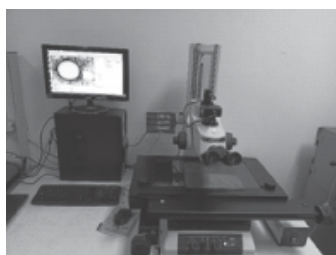


Hình 4. Quá trình đo trên máy CMM

Để đánh giá độ chính xác của phương pháp đo quang trên máy CWB 450 bài báo đã tiến hành đo trên kính hiển vi và phóng hình để so sánh độ chính xác trên từng máy.

Thông số kỹ thuật cơ bản của kính hiển vi đo lường dòng MF (Code No. 176-686-11) của Trung tâm Đo lường, Viện Công nghệ:

- Vật kính có độ phóng đại $3\times$;
- Thị kính có độ phóng đại $10\times$;
- Sử dụng đèn chiếu sáng Halogen 12V-50W.
- Trục Z: Dải đo (0-150) mm; độ phân giải đến $0,1 \mu\text{m}$; độ chính xác ở 20°C bằng $(5+0,04L) \mu\text{m}$ (Với L là chiều dài đo tính bằng mm).
- Trục X: Dải đo (0-400) mm; độ phân giải đến $0,1 \mu\text{m}$; độ chính xác ở 20°C bằng $(2,2+0,02L) \mu\text{m}$.
- Trục Y: Dải đo (0-300) mm; độ phân giải đến $0,1 \mu\text{m}$; độ chính xác ở 20°C bằng $(2,2+0,02L) \mu\text{m}$.

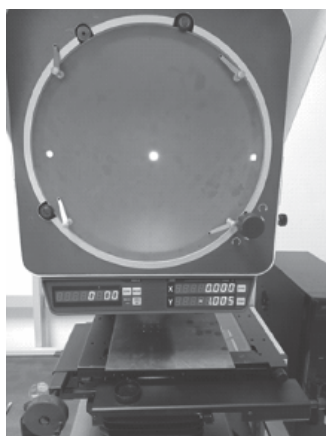


Hình 5. Hình ảnh đo đường kính lỗ trên kính hiển vi

Thông số kỹ thuật cơ bản máy phóng hình số kiểu PJ-A3005D của Trung tâm Đo lường, Viện Công nghệ:

- Hình ảnh chiếu Inverted-reversed;
- Màn hình thước đo góc đường kính hiệu dụng $\varnothing 315$ mm (12,4 in);
- Chất liệu màn hình kính mài mịn;
- Xoay màn hình $\pm 360^\circ$ ($\pm 370^\circ$ cho hiển thị);
- Hiển thị góc bộ đếm kỹ thuật số (LED) (chuyển đổi chế độ ABS/INC, Zero Set);
- Độ phân giải 1' hoặc 0,01° (có thể chuyển đổi);
- Ống kính máy chiếu độ phóng đại 10X (phụ kiện tiêu chuẩn), 20X, 50X, 100X;
- Độ phân giải cho bộ đếm X/Y 0,001 mm/0,00005 in 0,001 mm/0,0001 in.

Phạm vi đo (XxY) 50x50 mm 100x100 mm 150x50 mm 200x100 mm.



Hình 6. Hình ảnh đo lỗ trên máy phóng hình

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Tiến hành đo 20 lỗ đường kính $\varnothing 1$ trên máy đo CMM CWB 450, tại Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp, trên kính hiển vi và máy phóng hình của Trung tâm Đo lường, Viện Công nghệ. Kết quả đo được tổng hợp dưới bảng 1, như sau:

Bảng 1. Kết quả so sánh đo đường kính lỗ trên các thiết bị khác nhau:

STT	Kết quả đo trên CMM CWB 450	Kết quả đo trên kính hiển vi	Kết quả đo trên máy phóng hình
1	1.023	1.033	1.036
2	1.026	1.026	1.036
3	1.027	1.027	1.027
4	1.021	1.031	1.033
5	1.025	1.025	1.035
6	1.017	1.032	1.031
7	1.019	1.028	1.037
8	1.059	1.025	1.035
9	1.027	1.027	1.029
10	1.013	1.034	1.025
11	1.060	1.026	1.033
12	1.061	1.031	1.027
13	1.025	1.029	1.029
14	1.023	1.033	1.028
15	1.014	1.03	1.036
16	1.033	1.034	1.025
17	1.022	1.032	1.024
18	1.057	1.025	1.033
19	1.059	1.029	1.039
20	1.052	1.034	1.038
Trung bình	1.033	1.030	1.032



4. KẾT LUẬN

Độ chính xác đo lường: Kết quả đo lường cho thấy sự khác biệt nhỏ giữa các giá trị đo trên máy CMM CWB 450, kính hiển vi và máy phóng hình. Sự khác biệt này có thể được xem là trong phạm vi đo lường được chấp nhận. Điều này cho thấy máy đo CMM CWB 450 có khả năng đo lường với độ chính xác tương đương với các phương pháp khác như kính hiển vi và máy phóng hình.

Độ lặp lại: Kết quả đo lường từ các mẫu lỗ khác nhau cho thấy sự ổn định và đáng tin cậy của phương pháp đo trên máy CMM CWB 450. Sự khác biệt nhỏ giữa các mẫu lỗ đo lường cho thấy tính lặp lại tốt của máy CMM CWB 450 trong việc đo kích thước lỗ.

Độ đáng tin cậy của máy đo CMM CWB 450: Kết quả tương đồng giữa máy CMM và các phương pháp khác cho thấy máy CMM CWB 450 là một công cụ đo lường đáng tin cậy và có thể sử dụng trong giảng dạy và NCKH và các ứng dụng thực tế. ❖

Ngày nhận bài: 25/4/2023

Ngày phản biện: 17/5/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Franz Helml, Reinhard Danzl, Kerstin Zangl, Manfred Prantl (2018), "Highly Accurate Optical CMM for measurement of Micro Holes," Conference: Cirp Conference on Computer Aided Tolerancing.
- [2]. K.E. Matusik, D.J. Duke, A.B. Swantek, C.F. Powell, A.L. Kastengren (2016), "High Resolution X-ray Tomography of Injection Nozzles," International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems 2016: ILASS-Americas - The Henry Hotel, Dearborn, United States of America.
- [3]. Katarzyna E Matusik, Daniel J Duke, and Christopher F Powell (2017), "High-resolution X-ray tomography of Engine Combustion Network diesel injectors," Intern Journal of Eng Res; 2017.
- [4]. Muralikrishnan, B., Stone, J.A., Stoup J.R (2006), "Fiber deflection probe for small hole metrology, Volume 30, Issue 2, April 2006, Pages 154-164," Precision Engineering.
- [5]. Schwenke, H., Wäldele, F., Weiskirch, C., Kunzmann, H. Kunzmann (2001), "Opto-tactile Sensor for 2D and 3D Measurement of Small Structures on Coordinate Measuring Machines," CIRP Annals, Volume 50, Issue 1, 2001, Pages 361-364.
- [6]. G.N. Peggs, A.J. Lewis, S. Oldfield, (1999) "Design for a Compact High-Accuracy CMM," CIRP Annals, Volume 48, Issue 1, 1999, Pages 417-420.
- [7]. A Küng, F Meli and R Thalmann, (2007) "Ultraprecision micro-CMM using a low force 3D touch probe," Measurement Science and Technology, Volume 18, Number 2,.
- [8]. Ping Yang, Tomohiko Takamura, Satoru Takahashi, Osamu Sato, Sonko Osawa và Toshiyuki Takatsuji, (2011) "Development of high-precision micro-coordinate measuring machine: Multi-probe measurement system for measuring yaw and straightness motion error of XY linear stage," Precision Engineering, Volume 35, Issue 3, July 2011, Pages 424-430.
- [9]. Albert Weckenmann, Jörg Hoffmann và Alexander Schuler, (2008) "Development of a tunnelling current sensor for a long-range nano-positioning device," Measurement Science and Technology, 2008 IOP Publishing Ltd
- [10]. Sebastian Bueteftisch, Ralph Wilke và Stephanus Buettgenbach, (2001) "Silicon three-axial tactile probe for the mechanical characterization of microgrippers," Intelligent Systems and Advanced Manufacturing, 2001, Boston, MA, United States
- [11]. K C Fan, Y T Fei, X F Yu, Y J Chen, W L Wang, F Chen và Y S Li, (2006) "Development of a low-cost micro-CMM for 3D micro/nano measurements," Measurement Science and Technology, 2006 IOP Publishing Ltd.