

Thiết kế, chế tạo thiết bị đo biên dạng 3D chi tiết tròn xoay sử dụng phương pháp quét laser truyền qua

Design and manufacture of 3D circular rotary profile measuring equipment using laser scanning method

Lê Xuân Cam*, Nguyễn Văn Vinh

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email: Camlx@mcit.vn

Mobile: 0984.312.836

Tóm tắt

Từ khóa:

Quét nhanh biên dạng 3D; Quét biên dạng chi tiết tròn xoay; Quét biên dạng độ chính xác cao; Thiết bị quét laser 3D.

Thiết bị đo biên dạng 3D sử dụng phương pháp quét laser truyền qua (Profile 3D laser scan micrometer) là một phương pháp đo biên dạng 3D mới cho phép đo biên dạng 3D các chi tiết với tốc độ đo nhanh, độ phân giải và độ chính xác cao cỡ vài μm .

Bài báo này trình bày kết quả thiết kế, chế tạo thiết bị đo biên dạng 3D chi tiết tròn xoay sử dụng phương pháp quét laser truyền qua có phạm vi đo đường kính (0 đến 30) mm, chiều dài (0 đến 300) mm, độ phân giải 0,001 mm và độ chính xác đạt được $\pm 0,008$ mm.

Abstract

Keywords:

Scan 3D profile fast; Scan profile circular detail ; Scan profile high accuracy; Device 3D scanning laser.

The 3D Laser Scan Micrometer (3D Laser Scan Micrometer) is a new 3D metering method that enables 3D measurement of details with fast measurement, resolution and High accuracy size several μm .

This paper presents the results of the design and manufacture of 3D profile circular detail instruments using the laser scanning method with a diameter range of (0 to 30) mm, distance range of (0 to 300) mm, resolution of 0.001 mm and accuracy of ± 0.008 mm.

Ngày nhận bài: 21/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 10/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây phương pháp đo lường biên dạng 3D sử dụng laser quét được ứng dụng rất nhiều trong đo lường công nghiệp do kết hợp được những ưu điểm vượt trội của phương pháp đo không tiếp xúc và tốc độ đo nhanh, độ chính xác cao của laser.

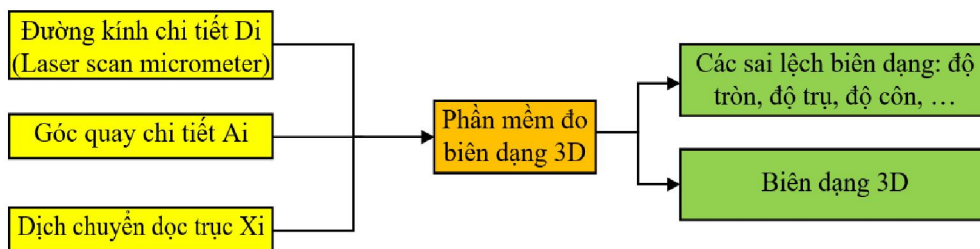
Hiện nay, các nghiên cứu tập trung nhiều vào các thiết bị đo 3D theo phương pháp phân tích chùm laser phản xạ lại từ bề mặt chi tiết đo. Trên cơ sở các nghiên cứu đó các hãng sản xuất thiết bị đo cũng đưa ra rất nhiều sản phẩm ứng dụng đo nhanh 3D chi tiết trong sản xuất công nghiệp. Phương pháp đo này cho tốc độ đo nhanh nhưng độ chính xác còn hạn chế cỡ vài chục micromet. Đối với các chi tiết yêu cầu độ chính xác cao thì ngoài tốc độ đo nhanh thì độ

chính xác cũng được quan tâm. Phương pháp đo biên dạng 3D sử dụng laser quét truyền qua là một giải pháp mới khắc phục được hạn chế trên. Do vậy, nghiên cứu thiết kế và chế tạo thiết bị đo loại này là cần thiết nhằm từng bước làm chủ công nghệ đo 3D với tốc độ nhanh và độ chính xác cao.

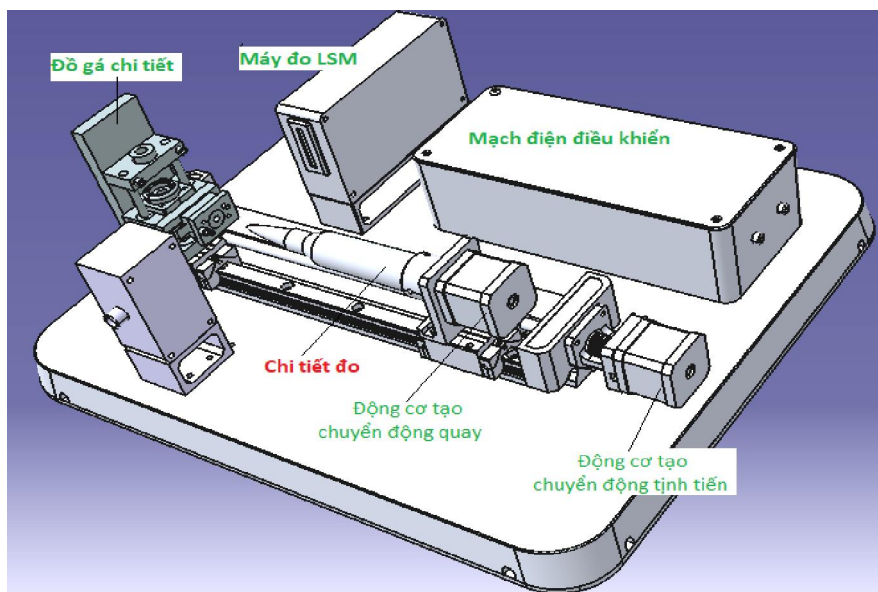
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT/PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở phương pháp đo biên dạng 3D chi tiết tròn xoay sử dụng laser quét truyền qua

Đường kính chi tiết tròn xoay (D_i) được xác định bằng phương pháp quét laser (Laser scan micrometer - LSM) kết hợp với chuyển động xoay (góc quay A_i) và chuyển động tịnh tiến (khoảng cách X_i) ta xây dựng được biên dạng chi tiết từ đám mây điểm (D_i, A_i, X_i) nhờ phần mềm xây dựng biên dạng 3D.



Hình 1. Nguyên lý phương pháp đo biên dạng 3D chi tiết tròn xoay sử dụng laser quét truyền qua

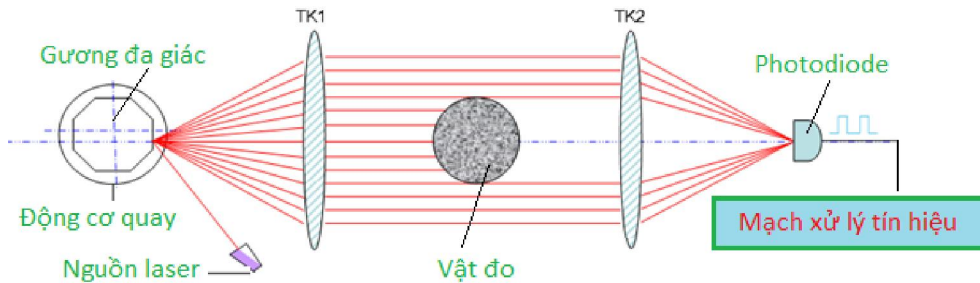


Hình 2. Sơ đồ kết cấu thiết bị đo biên dạng 3D chi tiết tròn xoay sử dụng laser quét truyền qua

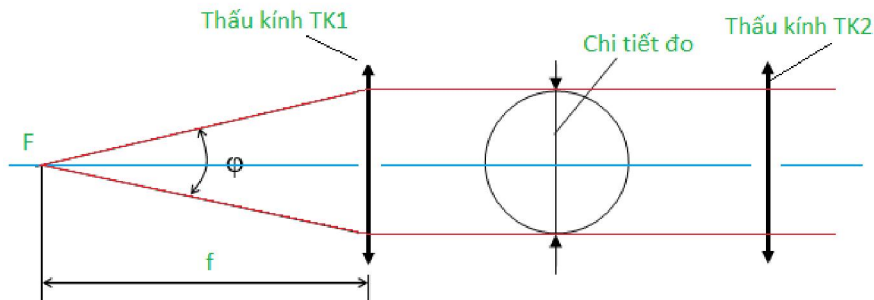
2.2. Phương pháp xác định đường kính chi tiết tròn xoay bằng quét laser truyền qua (Laser scan micrometer - LSM)

Chùm laser được chiếu lên gương đa giác lắp cố định trên trục động cơ (Điểm này trùng với vị trí tiêu điểm của thấu kính chuẩn trục TK1). Gương quay tạo thành chùm tia laser quét và sau khi đi qua thấu kính TK1 trở thành chùm song song. Thấu kính TK2 có tác dụng hội tụ chùm

tia song song này về mặt Photodiode. Khi đặt vật đo vào vùng laser quét giữa hai thấu kính TK1 và TK2, chùm laser bị che khuất một khoảng thời gian (t) tỷ lệ với kích thước của vật đo (D). Sau khi xử lý tín hiệu thu từ Photodiode ta xác định thời gian che khuất và tính được kích thước đường kính vật đo.



Hình 3. Nguyên lý phương pháp xác định đường kính chi tiết tròn xoay bằng quét laser truyền qua



Hình 4. Đường kính chi tiết đo tỷ lệ với thời gian chùm tia laser bị che khuất

Kích thước D của chi tiết tương ứng với góc quét φ : $D = 2.f.tg(\varphi/2)$

Khi $\varphi/2$ là góc nhỏ: $tg(\varphi/2) \approx \varphi/2 \rightarrow D = f.\varphi = f.\omega.t = 2.f.\omega_g.t = 4\pi.f.n.t$

Ở đây thời gian t được xác định bằng phương pháp đếm xung: $t = \frac{N}{f_t}$

Vậy đường kính chi tiết cần đo là: $D = 4\pi.n.f.\frac{N}{f_t}$

Trong đó: n là vận tốc quay của gương đa giác (vòng/s)

f là tiêu cự của thấu kính TK1

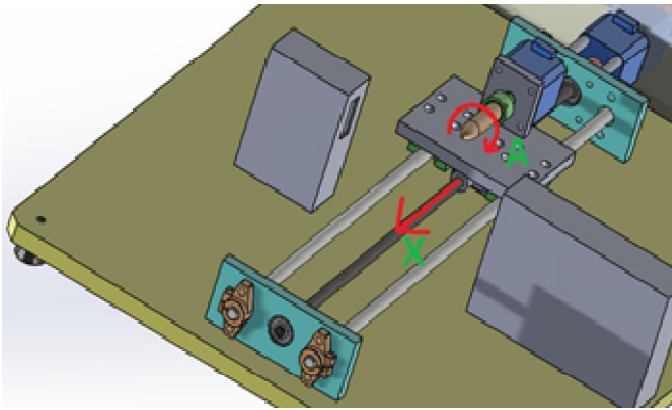
f_t là tần số phát của xung chuẩn

N là số xung mà máy đếm tần số đo được.

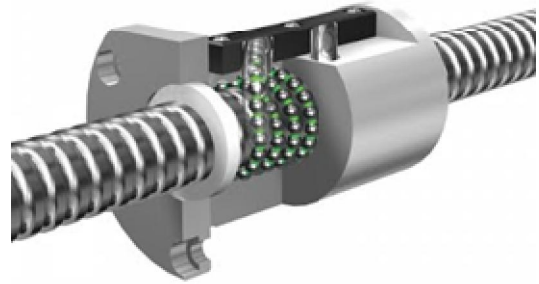
2.3. Phương pháp tạo chuyển động quay và tịnh tiến

Để tạo chuyển động tịnh tiến với độ chính xác cao, ổn định sử dụng cơ cấu Vít me - đai ốc bi. Tiếp xúc giữa vít me và đai ốc bi có 1 đường rãnh được lấp đầy bởi những viên bi thép. Khi trục vít xoay, những viên bi lăn tròn trong mối ren của trục vít và đai ốc. Điều này nhằm giảm ma sát của chúng làm cho lực đẩy của đai ốc nhẹ nhàng, ổn định và chính xác.

Chuyển động quay được tạo bởi động cơ quay vô cấp có độ ổn định và độ chính xác cao kết hợp với bộ đồ gá chính tâm.



Hình 5. Chuyển động quay và tịnh tiến của chi tiết đo



Hình 6. Vít me - đai ốc bi

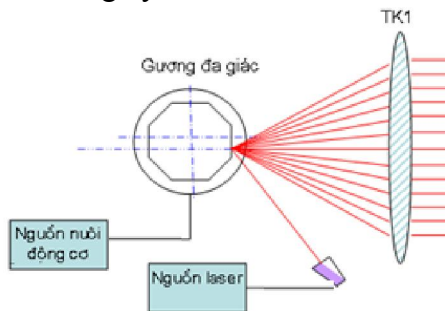
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thiết kế, chế tạo thiết bị đo biên dạng 3D chi tiết tròn xoay sử dụng phương pháp quét laser

Thiết bị đo biên dạng 3D chi tiết tròn xoay sử dụng phương pháp quét laser truyền qua được cấu thành từ các bộ phận cơ bản như: cụm phát laser, cụm thu tín hiệu, hệ cơ khí tạo chuyển động quay - tịnh tiến cho chi tiết đo, mạch điều khiển và phần mềm đo 3D.

3.1.1. Cụm phát laser

Cụm phát laser có tác dụng tạo ra chùm tia laser quét song song với tốc độ quét lựa chọn là 656 lần/giây.



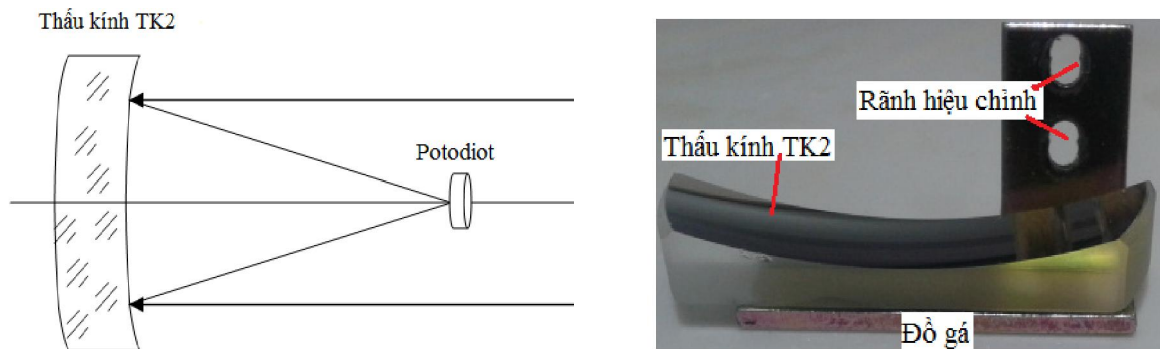
Hình 7. Cụm phát laser

- Nguồn laser sử dụng là laser khí He-Ne có bước sóng $\lambda = 650 \text{ nm}$
- Thấu kính TK1 là thấu kính ghép đôi mật tiếp có các thông số kỹ thuật:
 - + Tiêu cự: $f_1 = 90 \text{ mm}$
 - + Đường kính đồng tử vào: $D_v = 32 \text{ mm}$
 - + Góc mở vật: $\omega = -1^\circ$
 - + Bán kính cong (mm): $r_1 = 59; r_2 = -61,92; r_3 = -155,02$
- Gương đa giác được tính toán và lựa chọn như sau: số cạnh là 8, khoảng cách giữa 2 mặt đối xứng 20 mm, kích thước 1 mặt 8 mm, đường kính vòng tròn bao $\Phi 16 \text{ mm}$.

- Động cơ quay 12 V có độ chính xác góc quay cao, tốc độ quay 82 vòng/giây.

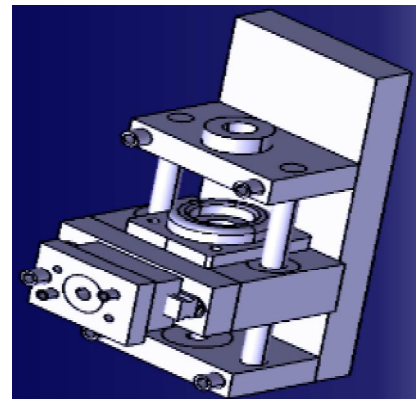
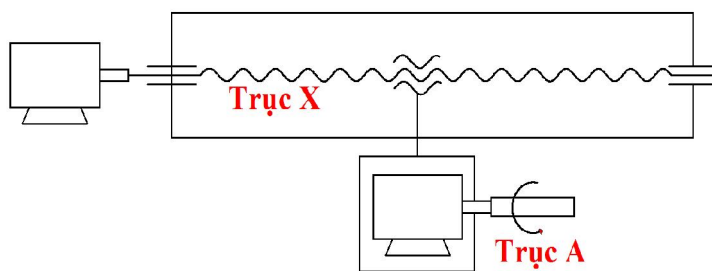
3.1.2. Cụm thu tín hiệu

Cụm thu tín hiệu giúp đưa chùm laser song song hội tụ tại Photodiot. Thấu kính TK2 chọn là thấu kính gương có các thông số kỹ thuật: Tiêu cự: $f_2 = -30 \text{ mm}$; Bán kính: $r = -60 \text{ mm}$:



Hình 8. Cụm thu tín hiệu

3.1.3. Hệ cơ khí tạo chuyển động quay và tịnh tiến



Hình 9. Hệ cơ khí chuyển động và đồ gá chi tiết

Chuyển động tịnh tiến theo trục X: (0 đến 300) mm; độ phân giải 0,001 mm

Chuyển động quay tròn theo trục A: (0^0 đến 360^0) và $V_{min} = 0,1$ vòng/giây

Để đảm bảo chi tiết ổn định khi quay cần có đồ gá chống tâm. Tuy nhiên đồ gá này cần có cơ cấu hiệu chỉnh theo 2 chiều để chi tiết luôn vuông góc với chùm tia quét.

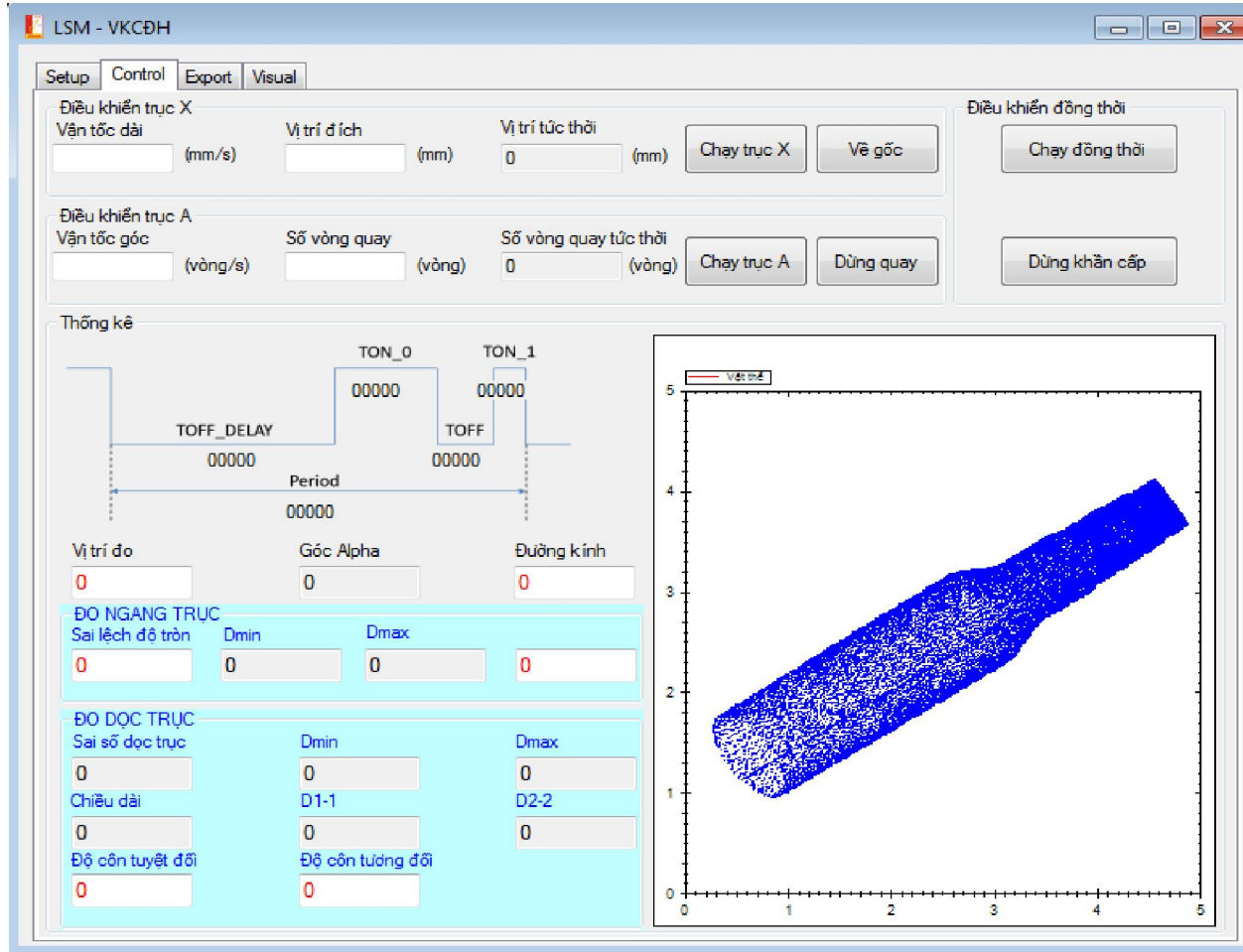
3.1.4. Mạch điện điều khiển

- Mạch khuếch đại: Sử dụng mạch khuếch đại thuật toán LM6361N.
- Mạch sửa xung: Chọn mạch lọc tích cực sử dụng LM6321.
- Tín hiệu sau khi được khuếch đại và lọc nhiễu được chuyển qua mạch vi xử lý LM4F120XL xác định chu kỳ xung T và thời gian t mà vật đo che khuất chùm tia laser.
- Mạch điều khiển chi tiết chuyển động theo trục X và trục A sử dụng Board Arduino Uno R3.
- Điều khiển động cơ sử dụng Driver TB6560.

3.1.5. Phần mềm đo 3D

Phần mềm được viết bằng ngôn ngữ lập trình Visual Studio 2017. Chức năng chính của phần mềm:

- Nhập thông tin vật đo: tên mẫu, ngày đo, người yêu cầu, người đo, ...
- Cài đặt các thông số đầu vào của thiết bị.
- Xác định các sai lệch biên dạng: độ tròn, độ trụ, ...
- Vẽ 2D và 3D chi tiết đo.
- Hiệu chuẩn giá trị đo của thiết bị.
- In ấn, lưu thông tin vật đo và kết quả đo.

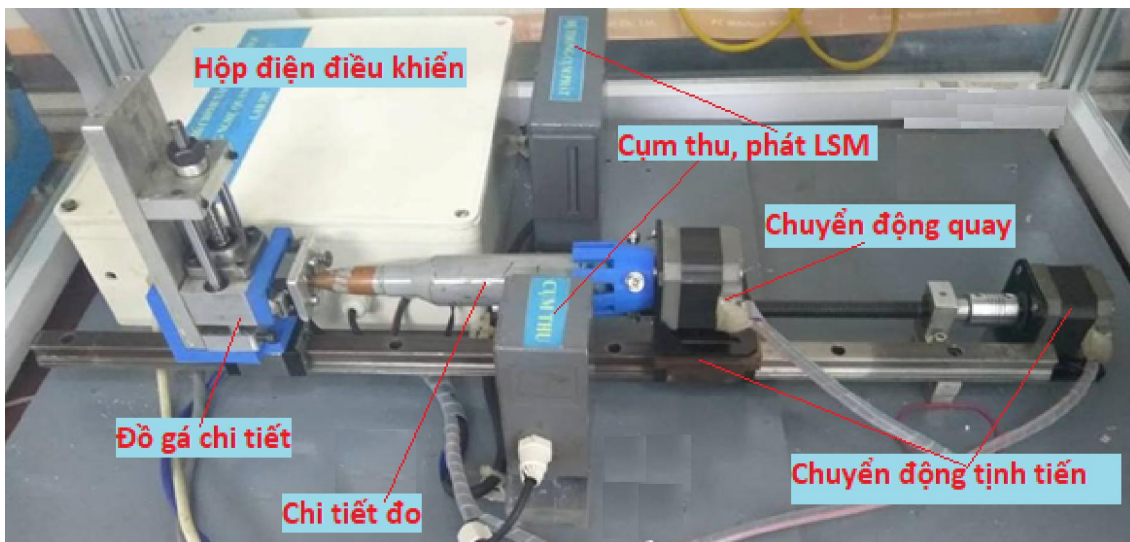


Hình 10. Phần mềm biên dạng 3D

3.2. Thảo luận

Thiết bị sau thiết kế, chế tạo có các thông số kỹ thuật:

- Phạm vi đo:
 - + Đường kính quét: (0 đến 30) mm
 - + Chiều dài quét: (0 đến 300) mm
 - + Góc quét: (0 đến 360⁰)
- Độ phân giải:
 - + Độ phân giải đường kính và chiều dài: 0,001 mm
- Độ chính xác: ± 0,008 mm
- Tốc độ quét đường kính: 686 lần/giây.



Hình 11. Thiết bị đo biên dạng 3D chi tiết tròn xoay sử dụng phương pháp quét laser truyền qua sau thiết kế, chế tạo

4. KẾT LUẬN

Quá trình thử nghiệm cho thấy thiết bị đo biên dạng 3D chi tiết tròn xoay sử dụng laser quét truyền qua sau thiết kế, chế tạo đáp ứng yêu cầu đặt ra ban đầu. Thiết bị làm việc ổn định và tin cậy. Đây là cơ sở để phát triển thêm các tính năng nhằm hoàn thiện hơn nữa thiết bị đo loại này.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ của Bộ môn Cơ khí chính xác và Quang học - Viện Cơ khí - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội trong quá trình nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Trọng Hiệp, 2002. *Chi tiết máy*, NXB Giáo dục.
- [2]. Phan Quốc Phô, 2006. *Giáo trình cảm biến*, NXB Khoa học Kỹ thuật.
- [3]. Trần Đình Tường, Hoàng Hồng Hải, 2006. *Quang Kỹ thuật*, NXB Khoa học Kỹ thuật.
- [4]. Nguyễn Tiến Thọ, Nguyễn Thị Xuân Bảy, Nguyễn Thị Cẩm Tú, 2001. *Kỹ thuật đo lường. kiểm tra trong chế tạo máy*, NXB Khoa học Kỹ thuật.
- [5]. Đỗ Xuân Thụ, 2002. *Kỹ thuật điện tử*, NXB Giáo dục.
- [6]. Phạm Thị Ngọc Yến, 2009. *Xử lý tín hiệu*, NXB Khoa học Kỹ thuật.
- [7]. Lê Xuân Cam, Nguyễn Văn Vinh, 2015. *Thiết kế và chế tạo thiết bị quét laser đo đường kính chi tiết 2015-VC*, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, ISSN 0806 – 7065, 8, 61-66.
- [8]. RomaKhullar, Shradha Tiwarib, Viraj PBhanage, G.Mishra, 2015. *Design and analysis of a laser micrometer for undulator gap measurement applications*.
- [9]. www.Lap.com.
- [10]. www.Mitutoyo.com.