

# CÁC BÀI TOÁN MÔI TRƯỜNG LÀM VIỆC CỦA ROBOT TỌA ĐỘ CẦU CÔNG NGHIỆP

Nguyễn Minh Sơn

Khoa Điện - Cơ

Email: sonnm@dhhp.edu.vn

Ngày nhận bài: 09/5/2022

Ngày PB đánh giá: 24/5/2022

Ngày duyệt đăng: 27/5/2022

## TÓM TẮT

Các bài toán về môi trường làm việc của robot tọa độ cầu trong công nghiệp bao gồm xây dựng mô hình làm việc cho robot; xác định được kiểu cơ cấu robot đáp ứng yêu cầu tương tác với từng đối tượng và xây dựng được chu trình hoạt động hợp lý là cơ sở để thiết kế kết cấu và điều khiển robot hoạt động trong sản xuất công nghiệp.

**Từ khóa:** robot tọa độ cầu, mô hình làm việc, sơ đồ cơ cấu, chu trình hoạt động...

## WORKING ENVIRONMENT PROBLEMS

### OF SPHERICAL COORDINATE ROBOTS IN INDUSTRY

**ABSTRACT:** Problems with the working environment of spherical coordinate robots in industry include building working models for robots; Identifying the type of robot structure that meets the requirements of interacting with each object and building a reasonable operating cycle is the basis for designing structures and controlling robots to operate in industrial production.

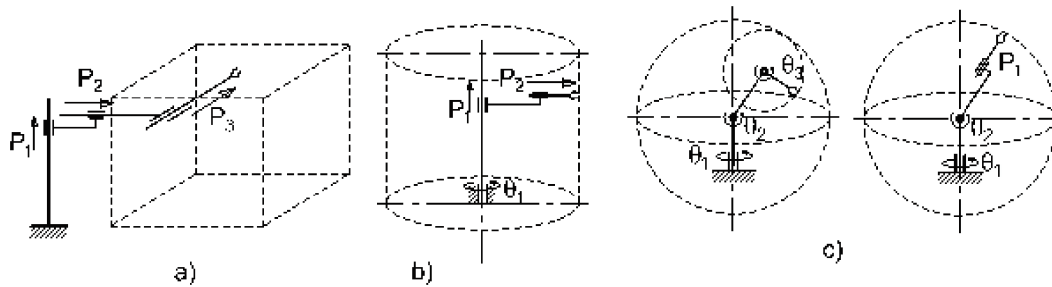
**Key words:** spherical coordinates robots, construction of working models for robots, a reasonable operating cycle...

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

“Theo dự báo trong vòng 20 năm nữa mỗi người sẽ có nhu cầu sử dụng một robot cá nhân như cần một máy tính PC và robot sẽ là tâm điểm của một cuộc cách mạng công nghệ lớn sau Internet” [4].

Robot công nghiệp là thiết bị tự động linh hoạt, thực hiện các thao tác lao động công nghiệp của con người được điều khiển theo chương trình. Chúng có ưu việt đặc biệt trong các môi trường làm việc độc hại, nguy hiểm, nặng nhọc, nhàm chán ... robot được ứng dụng trong sản xuất dây chuyền chế tạo máy, trong công nghệ luyện kim, sản xuất điện - điện tử, gia công đồ nội thất, cấu kiện xây dựng...

Robot tọa độ cầu là loại robot có tính linh hoạt cao, ngoài khả năng đáp ứng được các thao tác phức tạp nó còn rất dễ tương thích mỗi khi mô hình sản xuất bị thay đổi. Tuy nhiên, giá thành robot tọa độ cầu nhập ngoại rất cao nên việc nghiên cứu kỹ thuật, chinh phục năng lực thiết kế, chế tạo robot là một nhu cầu rất hữu ích cho các doanh nghiệp, cơ sở đào tạo, các cán bộ kỹ thuật. Để thiết kế kết cấu robot tọa độ cầu tối ưu cần giải quyết tốt các bài toán môi trường làm việc cho phù hợp vị trí của robot ...



Hình 1. Sơ đồ robot tọa độ khối hộp a) tọa độ trụ b) và tọa độ cầu c)

## 2. TỔNG QUAN

### 2.1. Cơ sở lý luận

Nếu phân loại robot theo quỹ đạo hoạt động thì có 3 loại robot là: Robot tọa độ khối hộp, robot tọa độ trụ và robot tọa độ cầu. Robot tọa độ khối hộp và robot tọa độ trụ thực hiện các thao tác đơn giản, dễ thiết kế và dễ chế tạo. Robot tọa độ cầu thực hiện được các thao tác khó hơn, khó thiết kế và chế tạo nhưng lại có tính linh hoạt hơn, dễ thích ứng với sự biến đổi của môi trường làm việc. Trình tự thiết kế robot công nghiệp gồm nhiều bước, tuy nhiên có thể thu gọn theo 5 giai đoạn cơ bản sau:

Giai đoạn 1: Khảo sát mô hình sản xuất và giải các bài toán về môi trường làm việc của robot.

Giai đoạn 2: Thiết kế động học, động lực học và kết cấu của robot.

Giai đoạn 3: Thiết kế trang bị điện và điện tử cho robot.

Giai đoạn 4: Lập trình phần điều khiển robot.

Giai đoạn 5: Chế thử, lắp đặt robot vào hệ thống, chạy thử và hiệu chỉnh hệ thống.

Như vậy, xác lập và giải các bài toán môi trường làm việc của robot tọa độ cầu

trong sản xuất là giai đoạn đầu tiên của quá trình thiết kế robot tọa độ cầu nhằm giải quyết được mối quan hệ hữu ích của robot cho hệ thống và cũng xác lập các dữ kiện đầu bài hợp lý cho các công đoạn thiết kế kỹ thuật cho robot.

### 2.2. Đối tượng nghiên cứu

Bài báo này nghiên cứu và giải quyết các mối quan hệ của robot tọa độ cầu với các đối tượng liên quan trong hệ thống sản xuất công nghiệp nhằm tìm ra mô hình cộng tác của robot từ đó xác định được sơ đồ kiểu dáng của robot và chu trình tương tác giữa robot với các phần tử và các trang thiết bị có liên quan của hệ thống.

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

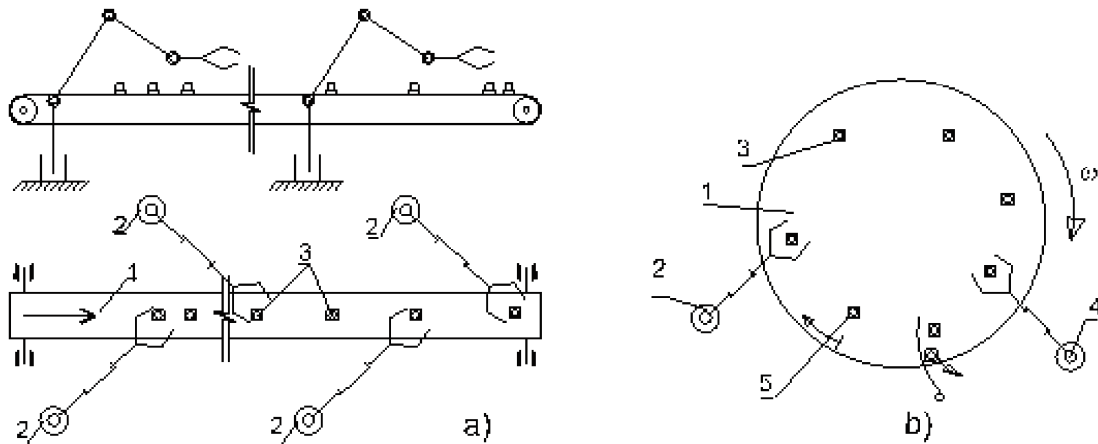
Trên cơ sở các lý thuyết về thiết kế robot, tác giả sử dụng phương pháp khảo sát các hệ thống sản xuất công nghiệp của một số cơ sở sản xuất, khái quát hóa các mô hình cộng tác của robot. Phân tích và so sánh các mô hình để lựa chọn mô hình hợp lý, xây dựng kiểu dáng robot có thể thực hiện đủ các thao tác theo yêu cầu. Phân tích chu trình làm việc của robot trong mô hình để trích xuất ra các điều kiện và các thông số điều khiển của các tương tác của robot với các thiết bị liên quan làm cơ sở thiết kế và điều khiển robot phù hợp mô hình sản xuất công nghiệp.

### 3. KẾT QUẢ

#### 3.1. Sơ đồ mô hình hệ thống làm việc của robot

Trong sản xuất công nghiệp, tùy theo đặc trưng công nghệ sản xuất, quy mô sản xuất và mức tự động hóa của cơ sở sản xuất

##### 3.1.1. Mô hình robot làm việc với 1 tương tác



Hình 2. Sơ đồ robot làm việc với một tương tác

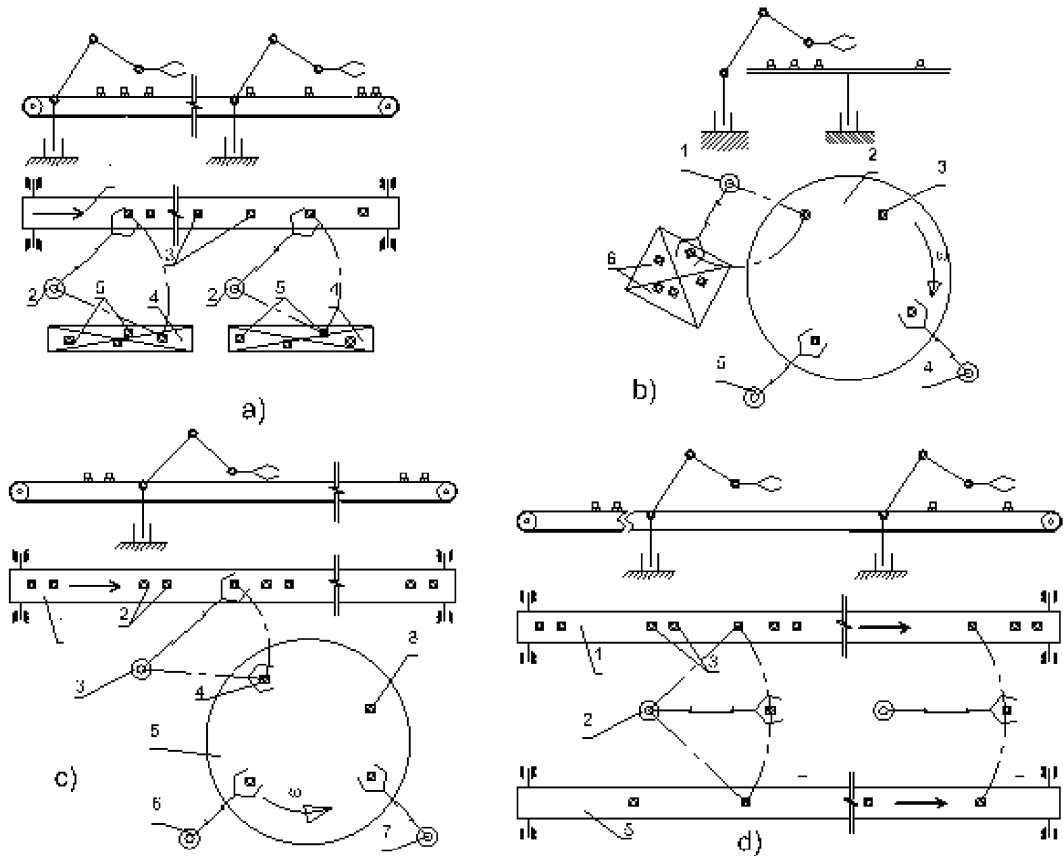
Là mô hình hệ thống sản xuất với các sản phẩm được vận hành bởi các thiết bị vận chuyển động liên tục, robot thực hiện các chức năng tác động tới sản phẩm di chuyển theo dây chuyền tự động. Trên hình 2a băng tải 1 chuyển động liên tục, sản phẩm 3 di chuyển theo băng tải, robot 2 tương tác với sản phẩm 3. Hình 2b băng tải 1 được thay thế bằng bàn xoay mang sản phẩm 3 và được các robot 2, 4 tương tác liên hoàn. Mô hình này có thể ứng dụng cho robot kiểm tra phân loại sản phẩm, lắp ráp thiết bị, hàn sản phẩm... trên băng tải hoặc bàn xoay.

##### 3.1.2. Mô hình robot làm việc với 2 tương tác

Là mô hình hệ thống sản xuất liên tục có robot vận chuyển bán sản phẩm tương tác với hai thiết bị của hệ thống. Hình 3a là sơ đồ robot 2 vận chuyển bán sản phẩm 3 trên băng tải 1 sang tủ chứa 4. Hình 3b,

để trang bị robot, đặc điểm tương tác của robot với các đối tượng của hệ thống mà chọn mô hình làm việc của robot cho phù hợp. Sau đây là một số mô hình sản xuất có trang bị robot tọa độ cầu:

robot 1 vận chuyển bán sản phẩm trên bàn xoay 2 tới tủ chứa 6. Hình 3c, robot 3 vận chuyển bán sản phẩm 2 trên băng tải 1 sang bàn xoay 5. Hình 3d robot tương tác với sản phẩm trên băng tải 1 và băng tải 5 di chuyển liên tục. Ứng dụng các sơ đồ này có thể xây dựng dây chuyền lắp ráp thiết bị trên băng tải 1, chi tiết lưu trên tủ chứa 4 hình 3a. Trên hình 3b có thể có thiết bị lắp ráp đặt trên bàn xoay 2, chi tiết để trong tủ chứa 6. Sơ đồ hình 3 có thể ứng dụng cho dây chuyền kiểm tra, phân loại sản phẩm trên thiết bị vận chuyển 1 và lọc sản phẩm đã chọn chuyển sang thiết bị thứ hai... Mô hình này có thể ứng dụng cho việc robot tìm, chọn tách sản phẩm để xếp vào tủ chứa hoặc robot lựa chọn chi tiết từ bàn xoay xếp vào tủ. Hoặc là các quá trình tương tác ngược với các giả định nêu trên trong các dây chuyền sản xuất.



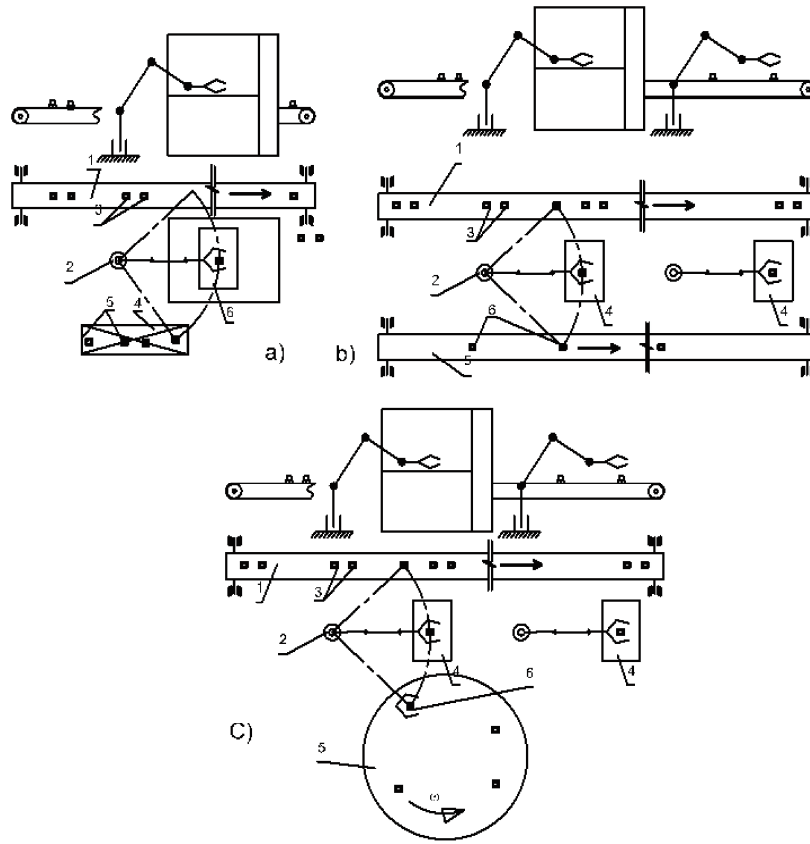
Hình 3. Sơ đồ robot làm việc với hai tương tác

### 3.1.3. Mô hình robot làm việc với 3 tương tác

Là mô hình hệ thống sản xuất liên tục có robot vận chuyển bán sản phẩm tương tác với ba thiết bị của hệ thống. Hình 4a, robot 2 vận chuyển bán sản phẩm 3 từ băng tải 2 sang máy gia công 6 và sau đó chuyển sang tủ chứa 4. Hình 4b, robot 2 vận chuyển bán sản phẩm 3 từ băng tải 1, qua máy 4 và tới băng tải 5. Hình 4c, robot 2 vận chuyển bán sản phẩm 3 từ băng tải 1, đến máy 4 để gia công thành sản phẩm và được chuyển tới bàn xoay 5.

Mô có hình 3 tương tác rất phù hợp cho sản xuất công nghiệp tự động. Sản phẩm được hình thành trải qua nhiều

công đoạn, được chế biến qua nhiều thiết bị để hình thành sản phẩm có đủ phẩm chất theo yêu cầu. Robot là thiết bị trung gian thực hiện vận chuyển sản phẩm và phối hợp nhịp nhàng các hoạt động trên các thiết bị để thực hiện yêu cầu của chu trình sản xuất. Ví dụ như hình 4b, chi tiết cần được gia công, ban đầu là phối trên băng tải 1 được gia công trên máy tự động CNC 4 sau đó được chuyển qua băng tải 5 để nhập kho. Việc sử dụng robot như vậy sẽ làm tăng tính tự động hóa, tăng năng suất lao động cho dây chuyền và còn đáp ứng tính ổn định cho dây chuyền so với mô hình sản xuất bằng sức người.



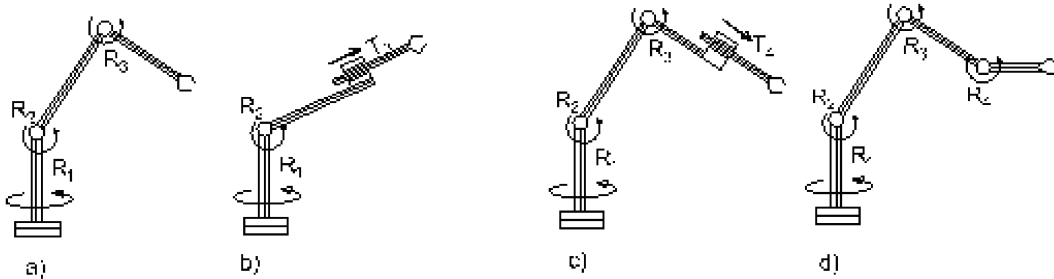
Hình 4. Sơ đồ robot làm việc với ba tương tác

### 3.2. Sơ đồ cơ cấu robot tọa độ cầu

#### 3.2.1. Sơ đồ cơ cấu

Lựa chọn sơ đồ kết cấu robot hợp lý, đáp ứng yêu cầu làm việc, đảm bảo tính

linh hoạt, thích ứng với các yêu cầu tương tác của thiết bị, phù hợp với các nhu cầu biến đổi của sản xuất là giai đoạn cần thiết để thiết kế kết cấu robot đáp ứng mô hình sản xuất.



Hình 5. Sơ đồ cơ cấu robot tọa độ cầu 3 bậc và 4 bậc

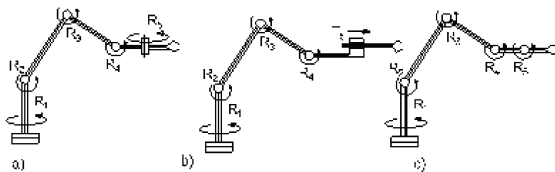
Hình 5a, 5b biểu diễn sơ đồ robot tọa độ cầu 3 bậc tự do. Sơ đồ 5a có khớp trụ đứng  $R_1$ . Khớp trụ bả vai  $R_2$  và khớp trụ khuỷu tay  $R_3$  liên kết tạo hệ chuyển động

phẳng. Khớp bả vai  $R_2$  nhằm nâng, hạ tay kẹp lên xuống, khớp khuỷu tay  $R_3$  để thu ngắn hoặc vươn tay kẹp ra xa trụ đứng là khâu 1. Sơ đồ 5b có khớp trụ đứng  $R_1$ .

Khớp trụ bả vai R2 và khớp trượt kéo dài T3. Cả hai sơ đồ này có quỹ đạo hình cầu, là sơ đồ có thiết kế cơ khí đơn giản, phạm vi ứng dụng rộng, có thể thiết kế robot để thực hiện các thao tác đơn giản như robot hàn, robot vận chuyển phôi tương tác với các thiết bị sản xuất hoặc gấp chi tiết lắp ráp thiết bị trên băng chuyền... Tuy nhiên do ít bậc nên tính linh động kém, không thực hiện được các thao tác phức tạp và các chuyển vị chính xác.

Hình 5c, 5d biểu diễn sơ đồ robot tọa độ cầu 4 bậc tự do. Sơ đồ 5d như hình 5a nhưng thêm khớp trụ cổ tay R4 nên tính linh động cao, R4 có nhiệm vụ lấy cân bằng cho vật trên tay kẹp. Robot ứng dụng sơ đồ này thực hiện được công việc phức tạp hơn.

Sơ đồ 5c như hình 5a và có thêm khớp trượt T4 nên có tính định hướng thực hiện chuyển vị theo chiều sâu lớn, phù hợp cho việc lắp ghép chi tiết ... Đây là sơ đồ cơ cấu ứng dụng thiết kế robot được ứng phổ biến nhất, thực hiện được nhiều việc trong các hoạt động công nghiệp.



**Hình 6. Sơ đồ cơ cấu robot 5 bậc**

Hình 6 biểu diễn sơ đồ robot tọa độ cầu 5 bậc. Sơ đồ 6a có cấu tạo giống 5d nhưng thêm khớp trụ R5 nên mở rộng các chuyển vị trong phương đứng và phương nghiêng nên có thể thực hiện nhiều công việc phức tạp, chính xác hơn. Sơ đồ 6c có cấu tạo giống 6a nhưng khớp trụ R5 vẫn có trục ngang nên khai thác sâu hơn các thao tác trong phương vuông góc trục quay của

khâu 1. Hình 6b vẫn là cơ cấu nâng cấp cao hơn 5c với các chuyển vị tịnh tiến được mở rộng hơn. Cơ cấu robot 5 bậc có khả năng thực hiện các thao tác phức tạp hơn nhưng thiết kế và điều khiển phức tạp nhiều, được khai thác cho những công việc hỗn hợp, thực hiện nhiều thao tác.

**Bậc tự do**

Tay máy thường được cấu tạo bởi nhiều khâu. Và các khâu liên kết với nhau bởi các khớp quay hoặc khớp tịnh tiến. Tay máy có nhiều khớp thì càng linh động và thực hiện được nhiều thao tác. Số chuyển động từng khâu của tay máy là các thành phần hình thành bậc tự do của tay máy.

Bậc tự do của tay máy là số khả năng chuyển động độc lập của nó trong không gian hoạt động. Nó liên quan tới số khâu động và các loại khớp liên kết giữa các khâu động nối với nhau. Số bậc chuyển động tối đa là 6, thường gồm 3 bậc chuyển động cơ bản là chuyển động định vị và 3 bậc chuyển động bổ sung là chuyển động định hướng. Các chuyển động cơ bản là chuyển động tịnh tiến hoặc chuyển động quay. Từng chuyển động có nguồn dẫn động riêng. Chuyển động bổ sung là các chuyển động quay hoặc tịnh tiến tạo ra tính linh hoạt cho tay máy. Số bậc tự do của tay máy được tính theo công thức [2]:

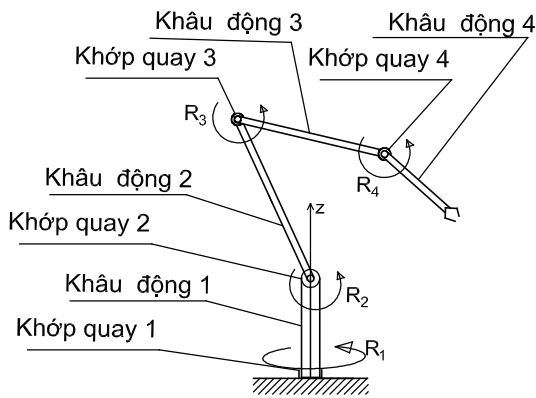
$$w = 6.n - \sum_{i=1}^5 i.P_i \quad (1)$$

n- là số khâu động.

Pi – số khớp loại i.

$$w = 6.n - \sum_{i=1}^5 i.P_i = 6.4 - 4.5 = 4$$

Hình 7 là sơ đồ cơ cấu robot tọa độ cầu có 4 khâu động, 4 khớp quay loại 5. Sơ đồ có số khâu động n = 4, có 4 khớp động (i = 4) đều là khớp loại 5, Pi = 5.



Hình 7. Sơ đồ các khâu của robot

### 3.3. Xác định tọa độ, vị trí điểm hành trình làm việc

#### 3.3.1. Tọa độ điểm làm việc

Điểm làm việc của robot là vị trí điểm tay kẹp của robot. Đó cũng là vị trí của sản phẩm được tay kẹp giữ và di chuyển đến các điểm tương tác giữa các thiết bị trong hệ thống sản xuất.

Hình 8 là sơ đồ robot 4 bậc tự do. Để xác định vị trí tay kẹp cần gắn vào hệ cơ cấu một hệ tọa độ Đề Các và các thông số góc như hình vẽ. Vị trí tay kẹp là điểm 5 có tọa độ  $X_{i5}, Y_{i5}, Z_{i5}$ .

$$Z_{i5} = L_1 + L_2 \cdot \cos\theta_2 + L_3 \cdot \cos(\theta_3 - \theta_2) - L_4 \cdot \cos(\theta_4 + \theta_3 - \theta_2) \quad (2)$$

$$X_{i5} = r_{i5} \cdot \cos\theta_1 \quad (3)$$

$$Y_{i5} = r_{i5} \cdot \sin\theta_1$$

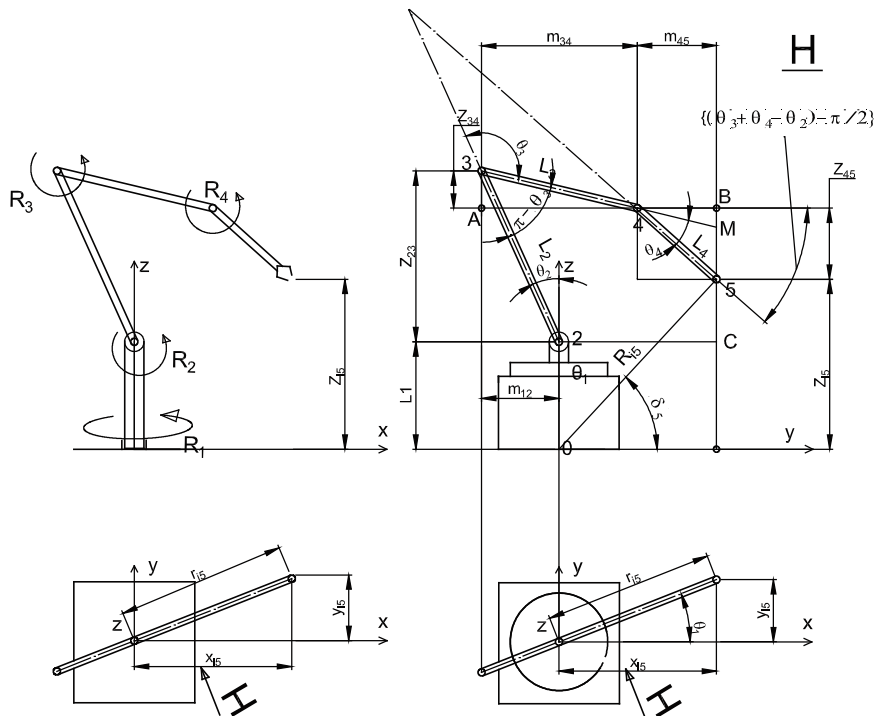
Trong đó

$$r_{i5} = -L_2 \cdot \sin\theta_2 + L_3 \cdot \sin(\theta_3 - \theta_2) + L_4 \cdot \sin(\theta_4 + \theta_3 - \theta_2) \quad (4)$$

$$\delta_5 = \arctg \left\{ \frac{Z_{i5}}{r_{i5}} \right\} \quad (5)$$

Bán kính điểm làm việc là:

$$R_{i5} = \frac{r_{i5}}{\cos\delta_{i5}} \quad (6)$$

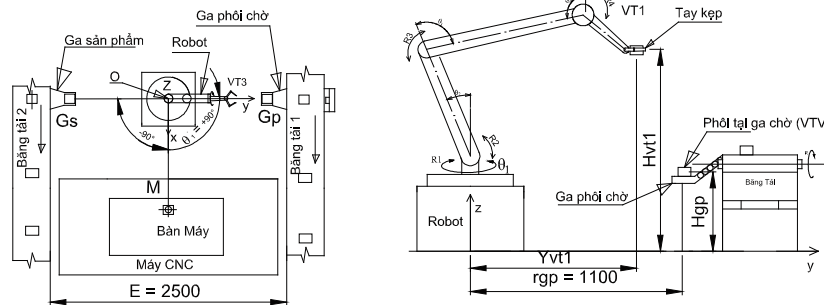


Hình 8. Sơ đồ xác định tọa độ vị trí làm việc

### 3.3.2. Các vị trí hành trình tương tác của robot

Vị trí điểm hành trình của robot là các điểm dừng hoặc các điểm chuyển hướng nằm trên quỹ đạo di chuyển của tay kẹp. Đường di chuyển và các tương tác của tay

kẹp robot liên quan đến số thiết bị và đặc điểm từng thao tác tay kẹp với từng thiết bị của hệ thống. Cần xác định chu trình, vị trí, các thông số tại mỗi vị trí làm cơ sở để lập trình và điều khiển hệ thống.



**Hình 9. Sơ đồ hệ thống tại vị trí hướng ga phôi Gp**

Hình 9 là sơ đồ robot 3 tương tác gồm có Robot, băng tải 1 cấp phôi, băng tải 2 nhận sản phẩm sau gia công, Máy CNC gia công phôi. Chu trình hoạt động là robot nhận phôi gia công từ ga phôi Gp của băng tải 1 chuyển sang bàn máy M của máy gia công CNC, sau đó nhận sản phẩm sau gia công tại bàn máy M chuyển sang ga sản phẩm Gs của băng tải 2 để thả phôi. Các thông số điều khiển robot có vị trí gốc tại đế của robot. Tại đây đặt hệ trục tọa độ OXYZ.

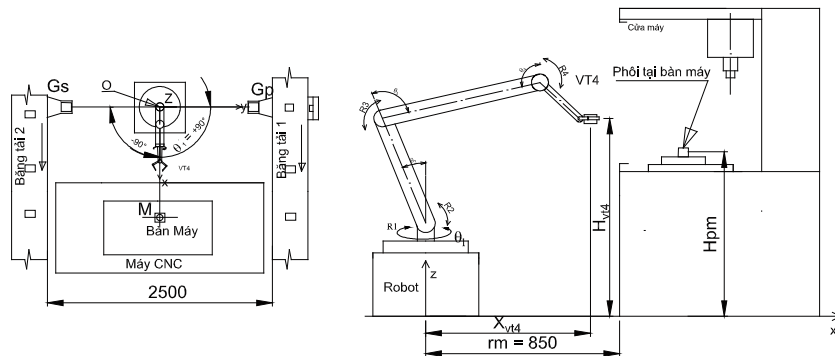
Các vị trí hành trình của robot cầu 4 bậc:

1. Vị trí 1, robot hướng ga phôi Gp,  $\theta_1 = -90^\circ$ , tay kẹp robot chờ lấy phôi tại VT1, có tọa độ  $X_{vt1}=0, Y_{vt1}, Z_{vt1}=Z_{1,5}=H_{vt1}$  (hình 9).

2. Vị trí 2, hướng ga phôi Gp,  $\theta_1 = -90^\circ$ , tay kẹp robot vào kẹp phôi tại vị trí VT2(Gp), có tọa độ  $X_{vt2}=0; Y_{vt2}, Z_{2,5}=H_{vt2}$  (hình 9). Tại Gp đã có phôi đang chờ tay kẹp.

3. Vị trí 3, vẫn hướng ga phôi Gp,  $\theta_1 = -90^\circ$ , tay kẹp robot mang phôi rút về vị trí chờ VT3 $\equiv$ VT1. Tọa độ  $X_{vt3}=0, Y_{vt3}, Z_{3,5}=H_{vt3}=H_{vt1}$  (hình 9). Tại đây, tay robot đã nằm ở độ cao và có bán kính quay an toàn.

4. Vị trí 4, tay kẹp của robot mang phôi quay chuyển sang hướng bàn máy M,  $\theta_1=0^\circ$ , tay kẹp robot mang phôi chờ tại VT4, có tọa độ  $X_{vt4}, Y_{vt4}=0, Z_{4,5}=H_{vt4}=H_{vt1}$  (hình 10). Chờ máy mở cửa, mở ga phôi.



**Hình 10. Sơ đồ hệ thống tại vị trí hướng bàn máy M**

5. Vị trí 5, robot ruỗi tay mang phôi đặt vào vị trí bàn kẹp phôi VT5.  $\theta_1=0^0$ , có tọa độ  $X_{vt4}, Y_{vt5} = 0, Z_{5,5}=H_{pm}$ . Giá sẽ kẹp phôi.

6. Vị trí 6, robot mở tay kẹp phôi, co rút tay về vị trí chờ VT6 $\equiv$ VT4,  $\theta_1=0^0$ . Có tọa độ  $X_{vt6}, Y_{vt6}=0, Z_{6,5}=Z_{4,5}=H_{vt4}=H_{vt1}$  (hình 10). Giá kẹp phôi. Đóng cửa máy, chờ máy gia công, mở kẹp phôi, mở cửa máy.

7. Vị trí 7, robot ruỗi dài tay kẹp vào vị trí giá phôi trên bàn máy VT7 $\equiv$ VT5 và kẹp phôi (hình 10),  $\theta_1=0^0$ . Tọa độ vị trí tay kẹp  $X_{vt7}, Y_{vt7}=0, Z_{7,5}=H_{pm}$ .

8. Vị trí 8, robot co ngắn tay kẹp mang sản phẩm về vị trí chờ VT8 $\equiv$ VT6, chờ quay hướng,  $\theta_1=0^0$ . Tọa độ tay kẹp  $X_{vt8}, Y_{vt8}=0,$

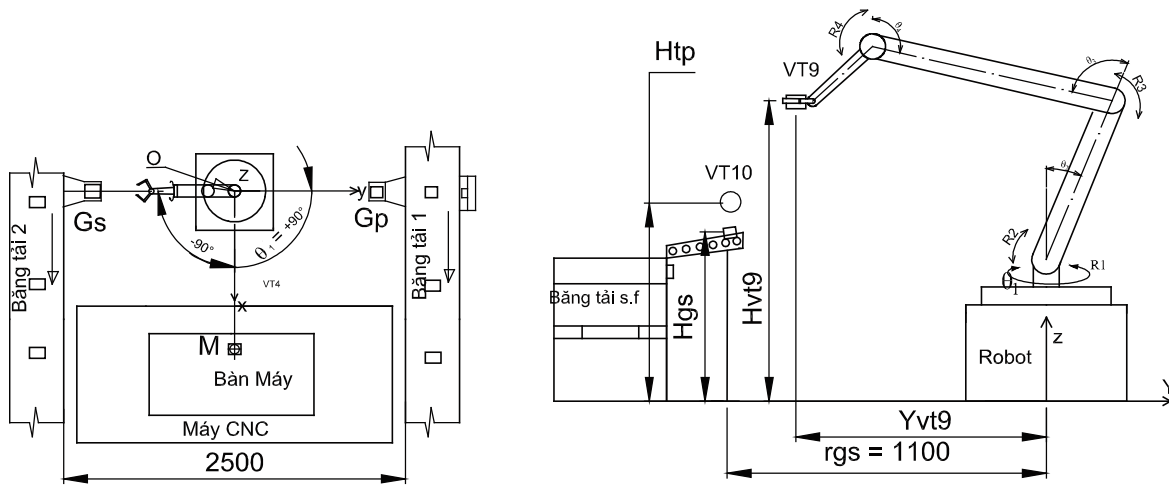
$Z_{vt8}=Z_{8,5}=Z_{6,5}=Z_{4,5}=H_{vt4}=H_{vt1}$  (hình 10).

9. Vị trí 9, robot kẹp mang sản phẩm quay sang hướng ga sản phẩm của băng tải 2 tại vị trí VT9.  $\theta_1= -90^0,$   $Z_{9,5}=Z_{8,5}=H_{vt9}=H_{vt8}=H_{vt1}$  (hình 11).

10. Vị trí 10, robot ruỗi dài tay kẹp sản phẩm, hạ xuống vị trí VT10, mở kẹp thả phôi vào ga sản phẩm của băng tải 2.  $\theta_1= -90^0,$   $Z_{10,5}= H_{tp}$  (hình 11).

11. Vị trí 11, robot co ngắn tay kẹp trống về vị trí chờ VT11 $\equiv$ VT9, chờ quay hướng.  $\theta_1= -90^0,$   $Z_{11,5}=Z_{9,5}= H_{vt9}$  (hình 11).

12. Vị trí 12, robot quay trở về hướng ga phôi Gp,  $\theta_1= -90^0,$  tay kẹp robot chờ lấy phôi lần tiếp theo tại VT1,  $Z_{12}=Z_{1,5}=H_{vt1}$  (hình 9).



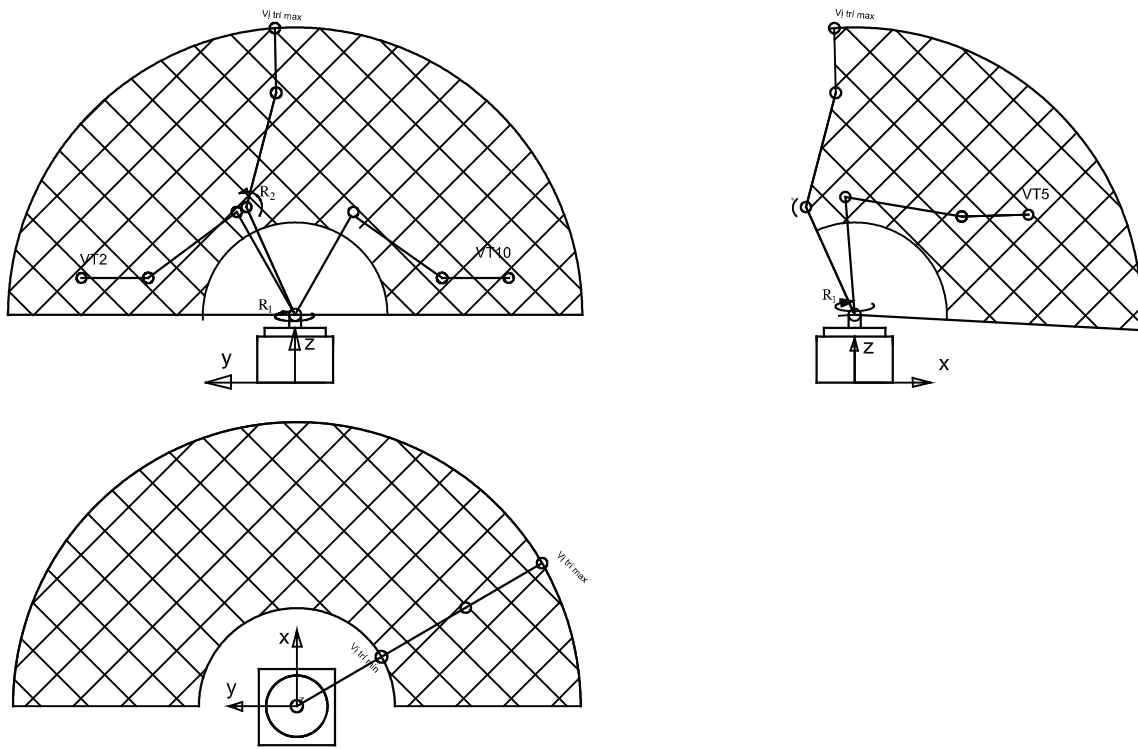
**Hình 11. Sơ đồ hệ thống tại vị trí hướng ga sản phẩm của băng tải 2**

### 3.4. Quỹ đạo hoạt động

Quỹ đạo hoạt động của robot là không gian giới hạn phạm vi chuyển động của tay kẹp của robot. Đối với robot tọa độ cầu quỹ đạo hoạt động là không gian giới hạn của hai mặt cầu đồng tâm tại gốc O của trụ đế quay. Mặt cầu lớn nhất hình thành khi các khâu ruỗi dài lớn nhất và bán kính của điểm

tay kẹp sẽ vẽ ra mặt cầu ngoài. Mặt cầu nhỏ nhất khi các khâu động cuối có xu hướng gập vào tâm và điểm tay kẹp sẽ có bán kính bé nhất vẽ ra mặt cầu nhỏ.

Trên hình 12 là quỹ đạo hoạt động của robot tọa độ cầu 4 bậc tự do. Hình biểu diễn hình chiếu quỹ đạo làm việc của robot trong các mặt phẳng tọa độ XOY, YOZ và XOZ.



**Hình 12. Quỹ đạo hoạt động của robot tọa độ cầu 4 bậc**

#### 4. KẾT LUẬN

Phân tích mô hình sản xuất công nghiệp để phát hiện ra các mô hình con có sử dụng robot tọa độ cầu nhằm nâng cao tính tự động hóa, tăng tính ổn định, tính hiệu quả và nâng cao năng suất của hệ thống sản xuất. Phân tích các hoạt động sản xuất, lựa chọn sơ đồ kết cấu phù hợp để thiết kế robot thực hiện các thao tác kỹ thuật đáp ứng các yêu cầu phối hợp hoạt động thiết bị. Nghiên cứu các đặc trưng công nghệ của hệ thống sản xuất, xây dựng các chu trình hoạt động, phối hợp hoạt động của các thiết bị, các phần tử phụ trợ cho robot để tạo lập các chuỗi hoạt động tự động, có tính linh hoạt của dây chuyền sản xuất... Thực hiện các nội dung trên là giải quyết các bài toán liên quan môi trường làm việc của robot tọa độ cầu, là cơ sở để thiết kế phần kết cấu robot tọa độ cầu sử dụng trong công nghiệp.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Văn Địch (2007), *Sản xuất linh hoạt FMS và tích hợp CIM*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật.
2. Bùi Lê Gòn (2020), *Nguyên lý máy*, Nhà xuất bản xây dựng.
3. Nguyễn Thiện Phúc (2006), *Robot công nghiệp*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.
4. Phạm Thượng Cát - Viện Công nghệ Thông tin, *Xu thế phát triển của rô bốt trên thế giới và tình hình nghiên cứu phát triển rô bốt ở Việt Nam hiện nay*, Chuyên mục Tin khoa học - công nghệ tổng hợp, “Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam”, <https://vast.gov.vn/tin-chi-tiet/-/chi-tiet/xu-the-phet-trien-cua-ro-bot-tren-the-gioi-va-tinh-hinh-nghien-cuu-phet-trien-ro-bot-o-viet-nam-hien-nay-2277-463.html>