

Nghiên cứu, tính toán và mô phỏng khảo sát ảnh hưởng của sai số thiết lập máy gia công đến chất lượng tạo ảnh của hệ quang ảnh nhiệt

Dương Đình Phước^{1*}, Nguyễn Quang Hiệp¹, Hoàng Anh Tú², Tống Công Hiếu³

¹Bộ môn Khí tài quang học, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Số 236 Hoàng Quốc Việt, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam.

²Viện Vật lý kỹ thuật, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, Số 17 Hoàng Sâm, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam;

³Quản chủng Phòng không Không quân, Số 171 Trường Chinh, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam.

*Email: ddinhphuoc@gmail.com

Nhận bài: 21/01/2024; Hoàn thiện: 15/3/2024; Chấp nhận đăng: 27/3/2024; Xuất bản: 22/4/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.94.2024.122-129>

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của các sai số thiết lập máy tiện kim cương tiếp xúc điểm (Single Point Diamond Turning - SPDT) đến sai số bề mặt gia công, đưa ra giải pháp đánh giá ảnh hưởng các sai số này đến hệ quang bằng mô phỏng bề mặt phi cầu/nhiều xạ sau gia công và toàn bộ hệ quang trong phần mềm thiết kế quang học Zemax. Kết quả cho thấy các loại sai số chính như: lệch trục, nghiêng dao sẽ làm giảm hàm MTF và thay đổi tiêu cự của hệ quang, trong đó đặc biệt là sai số lệch trục.

Từ khóa: Hệ quang ảnh nhiệt; Máy tiện kim cương tiếp xúc điểm; Sai số thiết lập máy; chất Lượng tạo ảnh.

1. MỞ ĐẦU

Ngày nay, các hệ thống quang học hoạt động trong vùng ảnh nhiệt thường được thiết kế có sử dụng các loại bề mặt phi cầu/nhiều xạ để giảm kích thước và khối lượng, đồng thời vẫn đảm bảo chất lượng tạo ảnh.

Bề mặt phi cầu/nhiều xạ đòi hỏi độ chính xác bề mặt rất cao. Các phương pháp gia công thông thường với thủy tinh quang học hiệu quả không cao do các vật liệu sử dụng trong vùng ảnh nhiệt là vật liệu tinh thể, có các đặc tính cơ lý hóa khác với vật liệu thủy tinh thông thường. Do đó, cùng với sự phát triển của khoa học-kỹ thuật, việc gia công các linh kiện quang học trong vùng ảnh nhiệt được thực hiện trên các thiết bị gia công siêu chính xác như máy tiện kim cương tiếp xúc điểm. SPDT có độ chính xác gia công bề mặt đến cỡ nm, rất phù hợp để gia công các chi tiết có cấu trúc bề mặt phức tạp và yêu cầu độ chính xác cao, do đó, SPDT được sử dụng ngày càng phổ biến trong quá trình gia công các bề mặt của chi tiết quang học, nhất là trong các hệ thống quang học làm việc trong vùng ảnh nhiệt. Tuy nhiên, trong quá trình thiết lập máy khi gia công vẫn có sai số, bề mặt nhận được sau gia công vẫn có sai khác so với bề mặt khi thiết kế.

Hiện nay, đã có các nghiên cứu về ảnh hưởng các loại sai số trong quá trình gia công bằng máy tiện kim cương tiếp xúc điểm [1-3], nhưng chỉ dừng lại ở việc đánh giá chất lượng bề mặt sau khi gia công (độ nhám, biên dạng bề mặt, ...). Do đó, trong bài báo này nhóm tác giả nghiên cứu, tính toán ảnh hưởng của sai số thiết lập máy gia công đến chất lượng tạo ảnh của hệ quang ảnh nhiệt bằng phương pháp mô phỏng bề mặt phi cầu/nhiều xạ sau gia công và toàn bộ hệ quang trong phần mềm thiết kế quang học Zemax. Việc đánh giá ảnh hưởng của các sai số gia công đến chất lượng tạo ảnh của hệ quang là hết sức cần thiết, làm cơ sở cho việc thiết lập thông số công nghệ trong quá trình gia công, chế tạo các linh kiện quang học và hệ thống quang học. Để phục vụ cho đánh giá ảnh hưởng của sai số khi thiết lập máy gia công đến chất lượng tạo ảnh của hệ quang ảnh nhiệt được cụ thể và không mất đi tính tổng quát tác giả lựa chọn một vật kính ảnh nhiệt 2 trường nhìn thiết kế sẵn [4] có sử dụng cả bề mặt phi cầu và bề mặt nhiều xạ trong hệ quang.

2. SAI SỐ CHÍNH KHI GIA CÔNG TRÊN MÁY TIỆN KIM CƯƠNG TIẾP XÚC ĐIỂM

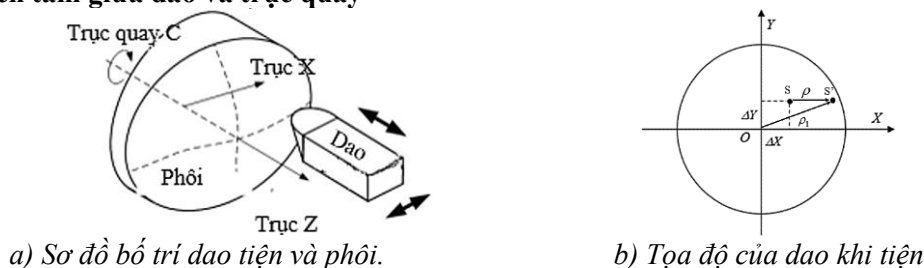
Khi gia công bề mặt quang học, các sai số về hình dạng và độ nhám bề mặt là các yếu tố ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng của hệ quang [5]. Mặc dù SPDT được coi là phương pháp gia công

có độ chính xác cao cho các linh kiện quang học. Nhưng các yếu tố khác nhau vẫn ảnh hưởng đến quá trình gia công. Dưới đây là các nguyên nhân khi thiết lập máy gia công SPDT gây ra các sai số về hình dạng của bề mặt quang học, bao gồm [6, 7]:

- Lệch tâm giữa dao và trục quay;
- Nghiêng hướng di chuyển của dao.

Trong phần này, nhóm tác giả sẽ phân tích, đánh giá các sai số ảnh hưởng đến hình dạng bề mặt quang học trong quá trình gia công SPDT, trên cơ sở đó thiết lập mô hình toán học biểu diễn mối quan hệ giữa các nguyên nhân gây ra sai số với hình dạng bề mặt nhận được sau gia công.

2.1. Lệch tâm giữa dao và trục quay



Hình 1. Sai số lệch tâm giữa dao và trục quay.

Giả sử, tọa độ ban đầu của dụng cắt là $S(\Delta X, \Delta Y)$, ρ là khoảng cách hướng tâm tính từ tâm của bề mặt thiết kế, ρ_1 là khoảng cách hướng tâm tính từ dao đến trục quay C. Khi đó, ρ và ρ_1 được liên hệ nhau theo công thức sau:

$$\rho = \rho_1 - \Delta\rho(\rho_1) \text{ với } \rho(\rho_1) = \rho_1 - \sqrt{\rho_1^2 - \Delta Y^2} + \Delta X \tag{1}$$

Nếu $z(\rho)$ là phương trình biểu diễn độ võng của bề mặt thiết kế, $z_1(\rho_1)$ là phương trình độ võng của bề mặt sau gia công. Mối liên hệ giữa $z(\rho)$ và $z_1(\rho_1)$ được thể hiện theo công thức sau:

$$\begin{cases} z_1(\rho_1) = z(\rho_1 - \Delta\rho_1(\rho_1)) = z(\rho) & \text{với } \rho \geq 0, \rho_1 \geq \Delta Y \\ z_1(\rho_1) = 0 & \text{ngược lại} \end{cases} \tag{2}$$

Từ công thức (2) ta thấy rằng, nếu dụng cụ cắt bị lệch so với trục chính thì hình dạng của bề mặt sẽ bị biến dạng tùy thuộc vào hướng lệch của dao.

2.2. Nghiêng hướng di chuyển của dao

Nếu rãnh trượt của dao nghiêng so với trục chính khi đó sai số này sẽ gây ra sai số hình dạng bề mặt và tăng dần theo bán kính của gia công. Ta có phương trình bề mặt sau gia công có dạng[7]:

$$z_1(\rho) = z(\rho) - \tan(\alpha) \cdot \rho \tag{3}$$

Trong đó, α là góc nghiêng của rãnh trượt so với trục chính.

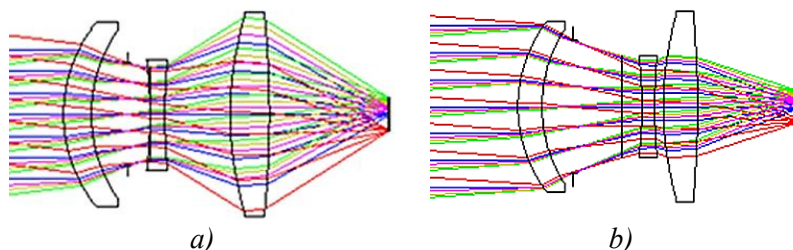
Sai số này hiếm khi xảy ra vì thiết bị SPDT ngày nay rất tốt và việc căn chỉnh rãnh trượt rất dễ chỉnh và giữ. Tuy nhiên, trong bài báo này vẫn đánh giá ảnh hưởng của sai số này tối đa là bao nhiêu thì nó sẽ không ảnh hưởng đến chất lượng của hệ quang.

3. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CÁC SAI SỐ GIA CÔNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG TẠO ẢNH CỦA HỆ QUANG ẢNH NHIỆT HAI TRƯỜNG NHÌN

3.1. Hệ quang ảnh nhiệt hai trường nhìn

Hệ quang được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của các sai số khi thiết lập máy tiện kim cương tiếp xúc điem là hệ quang ảnh nhiệt hai trường nhìn (hình 2) [4]. Hệ quang ảnh nhiệt này gồm ba thấu kính được làm từ một loại vật liệu là Germanium, trong đó bề mặt thứ 4 là bề mặt phi cầu, và bề mặt thứ 5 có dạng phi cầu/nhiều xạ, các bề mặt còn lại là mặt cầu. Trong hệ quang này, sai số

các bề mặt phi cầu nhiều xạ ảnh hưởng lớn đến chất lượng hệ thống quang học. Vì thế, trong bài báo này chỉ nghiên cứu ảnh hưởng của các sai số thiết lập xảy ra khi gia công các bề mặt phi cầu/nhiều xạ đến chất lượng tạo ảnh của toàn bộ hệ quang.



Hình 2. Sơ đồ hệ quang tại tạo ảnh 2 trường nhìn:
a) Trường nhìn rộng $f = 37 \text{ mm}$; b) Trường nhìn hẹp $f = 75 \text{ mm}$.

Bảng 1. Các thông số kết cấu của hệ quang.

| TT | Bán kính, mm | Chiều dày, mm | Vật liệu |
|----|--------------|---------------|----------|
| 1 | 45,243 | 8,5 | Ge |
| 2 | 46,189 | T_1 | |
| 3 | -143,618 | 4,5 | Ge |
| 4 | 192,543 | T_2 | |
| 5 | 67,269 | 12,0 | Ge |
| 6 | -321,702 | 37,2 | |

Bảng 1 thể hiện các thông số kết cấu hệ quang. Trong đó, T_1 và T_2 lần lượt là khoảng cách từ thấu kính thứ nhất đến thấu kính thứ hai và từ thấu kính thứ hai đến thấu kính thứ ba trong hệ quang. Các khoảng cách này tương ứng với hai trường nhìn được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Các khoảng cách tương ứng với hai trường nhìn.

| | Trường nhìn rộng | Trường nhìn hẹp |
|------------|------------------|-----------------|
| T_1 , mm | 16,8 | 34,1 |
| T_2 , mm | 20,8 | 3,5 |

Các hệ số phi cầu và nhiều xạ được thể hiện trong các bảng 3 và bảng 4.

Bảng 3. Các hệ số phi cầu của bề mặt 4.

| K | A_4 | A_6 |
|---|----------|------------|
| 0 | 9,118E-7 | -1,508E-10 |

Bảng 4. Các hệ số phi cầu và nhiều xạ của bề mặt 5.

| K | A_2 | A_4 | M | S_2 |
|---|-----------|---------|---|---------|
| 0 | -2,278E-3 | -1,1E-6 | 1 | -37,672 |

3.2. Biểu diễn profile của bề mặt khi có sai số trên Zemax

Như vậy, với những sai số khi thiết lập máy gia công như đã phân tích ở trên, hình dạng bề mặt sau quá trình gia công có sai lệch so với hình dạng bề mặt được thiết kế. Điều này sẽ tác động đến các thông số bậc nhất chính như tiêu cự và chất lượng tạo ảnh của hệ thống quang học đã được thiết kế. Để đánh giá tác động của những sai số khi thiết lập máy cần phải biểu diễn hệ thống quang học với các thông số bề mặt sau quá trình gia công.

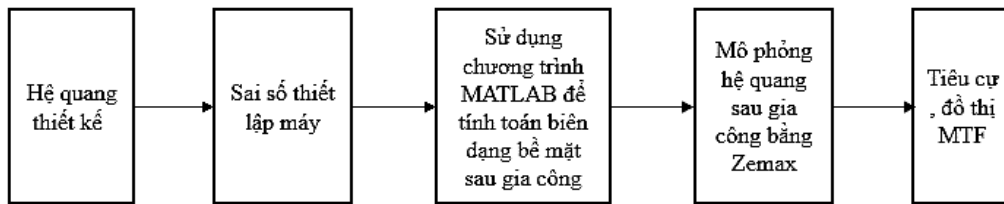
Như đã biết, trong phần mềm thiết kế quang học như Zemax, để mô tả bề mặt quang học, chúng ta có thể sử dụng nhiều dạng bề mặt khác nhau như bề mặt cầu, bề mặt phi cầu, hoặc bề mặt nhiều xạ. Tuy nhiên, để mô tả bề mặt có hình dạng không tiêu chuẩn như các bề mặt sau quá trình gia công bằng máy tiện kim cương tiếp xúc điểm, chúng ta có thể sử dụng bề mặt dạng Grid Sag.

Mỗi bề mặt Grid Sag được xác định thông qua việc cung cấp một mảng giá trị độ võng tại một

lưới thông nhất của các điểm (X, Y) trên bề mặt. Do đó, bề mặt Grid Sag rất hữu ích để mô hình hóa các bề mặt tự do, không đối xứng hoặc được mô tả bằng biểu thức toán học[8].

Để có thể nhập các thông số bề mặt Grid Sag vào Zemax cần tạo file Grid Sag.DAT chứa dữ liệu của bề mặt sau gia công theo định dạng mà Zemax có thể đọc được bằng cách sử dụng phần mềm tính toán Matlab.

Với các profile này ta có thể sử dụng phần mềm Zemax để đánh giá những tác động của những sai lệch này đến chất lượng hệ quang thông qua sự sai lệch của tiêu cự và hàm MTF. Hình 3 là sơ đồ quá trình mô phỏng bề mặt sau gia công và đánh giá những tác động đến chất hàm MTF và tiêu cự của hệ quang.



Hình 3. Sơ đồ quá trình mô phỏng bề mặt gia công và đánh giá tác động đến hệ quang.

3.3. Đánh giá ảnh hưởng sai số lệch tâm giữa dao và trục quay

Trong phần này, phương trình (2) được sử dụng để tính toán profile của bề mặt thứ 4 và bề mặt thứ 5 trong hệ quang nhận được sau gia công khi có sai số lệch tâm giữa dao và trục quay. Các kết quả tính toán được nhập vào Zemax và tiến hành đánh giá ảnh hưởng của sai số đối với chất lượng hệ quang.

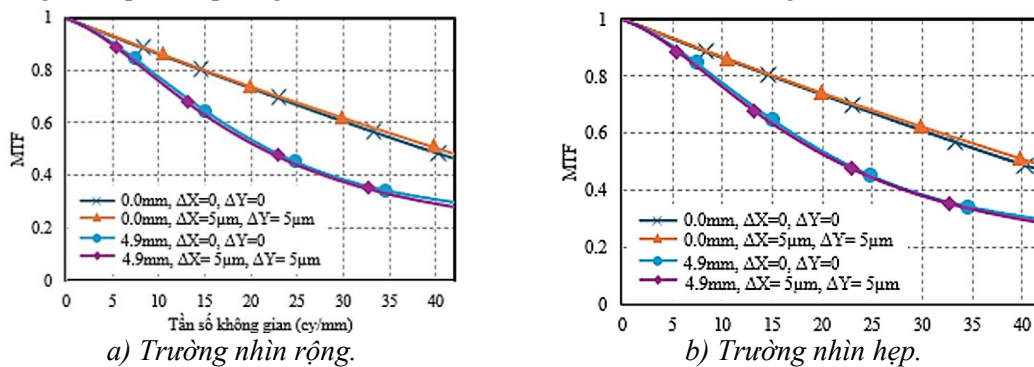
3.3.1. Ảnh hưởng của sai số lệch tâm giữa dao và trục quay khi gia công bề mặt phi cầu

Với sai số lệch tâm giữa dao và trục quay theo phương X, Y lần lượt là $\Delta X, \Delta Y$. Khi đó, phương trình bề mặt phi cầu sau gia công có dạng như sau:

$$\begin{cases} z(x,y) = \frac{c\rho(x,y)^2}{1 + \sqrt{1 - c^2(1+k)\rho(x,y)^2}} + A_4\rho(x,y)^4 + A_6\rho(x,y)^6 & \text{với } \rho(x,y) \geq 0, \sqrt{x^2 + y^2} \geq |\Delta Y| \\ z(x,y) = 0 & \text{ngược lại} \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó: $\rho(x,y) = \sqrt{x^2 + y^2} - \Delta Y^2 - \Delta X$ là tọa độ hướng tâm; A_4, A_6 là hệ số phi cầu.

Phương trình (4) là phương trình bề mặt được sử dụng để biểu diễn các profile bề mặt với các giá trị $\Delta X, \Delta Y$ (tương ứng với có sai số lệch tâm giữa dao và trục quay) trong chương trình Matlab. Sau đó, các bề mặt này được nhập vào Zemax để đánh giá ảnh hưởng của sai số này đến chất lượng hệ quang. Kết quả mô phỏng trên Zemax được thể hiện ở hình 4 và bảng 5.



Hình 4. Hàm MTF của vật kính tại 2 trường nhìn với các độ lệch trục khác nhau.

Từ hình 4, nhận thấy chất lượng tạo ảnh hầu như không bị ảnh hưởng đối với sai số lệch trục theo chiều X cũng như chiều Y. Như vậy đối với bề mặt phi cầu khi có sai lệch trục cỡ một vài μm trong quá trình gia công thì chất lượng tạo ảnh của hệ quang hầu như không bị ảnh hưởng.

Theo các số liệu ở bảng 5, thấy rằng sai lệch theo phương X ảnh hưởng nhiều nhất đến chất tiêu cự của hệ quang và trường nhìn hẹp sẽ bị ảnh hưởng nhiều nhất.

Bảng 5. Sự thay đổi của tiêu cự khi có các sai số lệch trục.

| STT | $\Delta X, \mu\text{m}$ | $\Delta Y, \mu\text{m}$ | Tiêu cự trường nhìn rộng, mm | Tiêu cự trường nhìn hẹp, mm |
|-----|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0 | 0 | 37,00 | 75,00 |
| 2 | 3 | 0 | 36,77 | 72,02 |
| 3 | 5 | 0 | 36,45 | 68,19 |
| 4 | 0 | 3 | 36,99 | 74,92 |
| 5 | 0 | 5 | 36,96 | 74,95 |
| 6 | 5 | 5 | 36,42 | 67,86 |

3.3.2. Ảnh hưởng của sai số lệch tâm giữa dao và trục quay khi gia công bề mặt nhiễu xạ

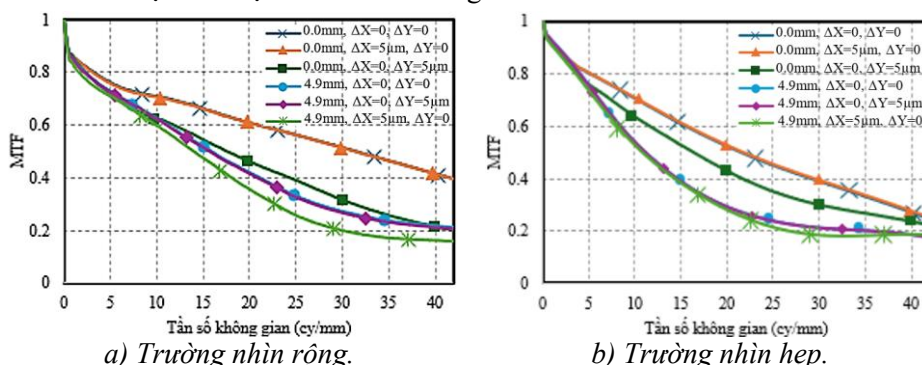
Với sai số lệch tâm giữa dao và trục quay theo phương X, Y lần lượt là $\Delta X, \Delta Y$. Khi đó, phương trình bề mặt nhiễu xạ sau gia công có dạng như sau:

$$\begin{cases} z(x, y) = \frac{c\rho(x, y)^2}{1 + \sqrt{1 - c^2(1+k)\rho(x, y)^2}} + A_2\rho(x, y)^2 + A_4\rho(x, y)^4 & \text{với } \rho(x, y) \geq 0, \sqrt{x^2 + y^2} \geq |\Delta Y| \\ + \frac{1}{N-1}C_2\rho(x, y) + \frac{\lambda}{N-1} \left[\text{int} \frac{1}{\lambda} (C_2\rho(x, y)^2) \right] & (5) \\ z(x, y) = 0 & \text{ngược lại} \end{cases}$$

Trong đó: $\rho(x, y) = \sqrt{x^2 + y^2} - \Delta Y^2 - \Delta X$ là tọa độ hướng tâm;

- A_2, A_4 là hệ số phi cầu;
- N là chiết suất của vật liệu;
- λ là bước sóng thiết kế;
- C_2 là hệ số pha.

Tương tự như bề mặt phi cầu, phương trình (5) được sử dụng để biểu diễn profile bề mặt nhiễu xạ khi có sai số lệch tâm giữa dao và trục quay trong chương trình Matlab. Sau đó, các bề mặt này được nhập vào Zemax để đánh giá ảnh hưởng của sai số này đến chất lượng hệ quang. Kết quả mô phỏng trên Zemax được thể hiện ở hình 5 và bảng 6.



Hình 5. Hàm MTF của vật kính tại 2 trường nhìn với các độ lệch trục khác nhau.

Từ các đồ thị trên hình 5 nhận thấy, chất lượng hệ quang kém dần khi sai số lệch trục theo phương X tăng lên, trong khi đó, chất lượng hệ quang không thay đổi đáng kể khi sai số theo

phương Y tăng lên. Với hệ quang đã cho, sai lệch ΔX không được phép lớn hơn $5 \mu\text{m}$, bởi khi đó hàm MTF của hệ quang sau gia công rất thấp, không đáp ứng yêu cầu (giá trị hàm MTF $< 0,17$ ở tần số 42 không bảo đảm được yêu cầu thiết kế các hệ quang vật kính ảnh nhiệt sử dụng dầu thu không làm lạnh [9]).

Bên cạnh sự thay đổi của chất lượng tạo ảnh, hệ quang cũng bị thay đổi về thông số tiêu cự như trên bảng 6. Ở đây, nhận thấy rằng sai số theo phương X có ảnh hưởng lớn đến tiêu cự của hệ quang. Vì vậy, trong đa số các trường hợp người ta chỉ quan tâm đến độ lệch theo phương X (hay là phương di chuyển của dao tiện).

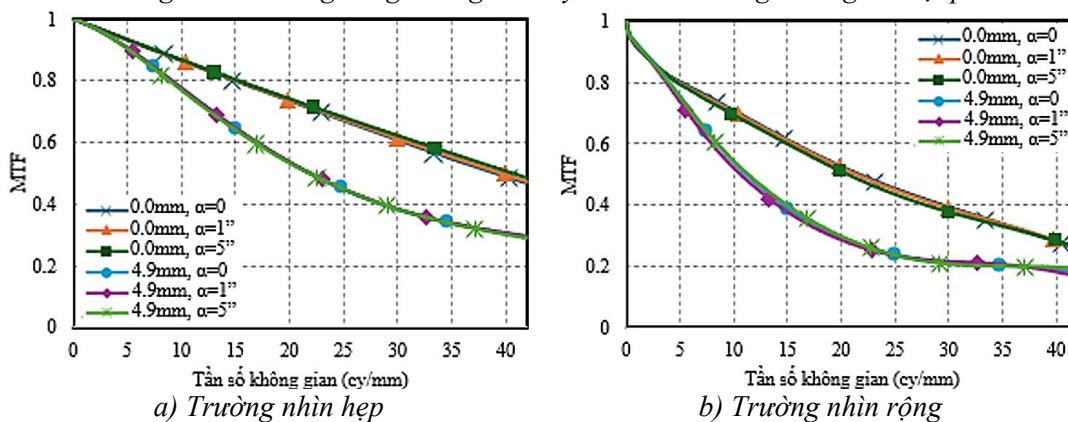
Bảng 6. Sự thay đổi của tiêu cự khi có các sai số lệch trục.

| STT | $\Delta X, \mu\text{m}$ | $\Delta Y, \mu\text{m}$ | Tiêu cự trường nhìn rộng, mm | Tiêu cự trường nhìn hẹp, mm |
|-----|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0 | 0 | 37,00 | 75,00 |
| 2 | 3 | 0 | 39,93 | 80,51 |
| 3 | 5 | 0 | 43,22 | 86,69 |
| 4 | 0 | 3 | 37,06 | 75,11 |
| 5 | 0 | 5 | 37,17 | 75,31 |
| 6 | 5 | 5 | 39,98 | 80,6 |

3.4. Đánh giá ảnh hưởng sai số nghiêng hướng di chuyển của dao

Trong phần này, phương trình (3) được sử dụng để tính toán profile của bề mặt thứ 4 và bề mặt thứ 5 trong hệ quang nhận được sau gia công khi có sai số nghiêng hướng di chuyển của dao. Tương tự như trên, các kết quả tính toán được nhập vào Zemax và tiến hành đánh giá ảnh hưởng của sai số đối với chất lượng hệ quang.

3.4.1. Ảnh hưởng của sai số nghiêng hướng di chuyển của dao khi gia công bề mặt phi cầu



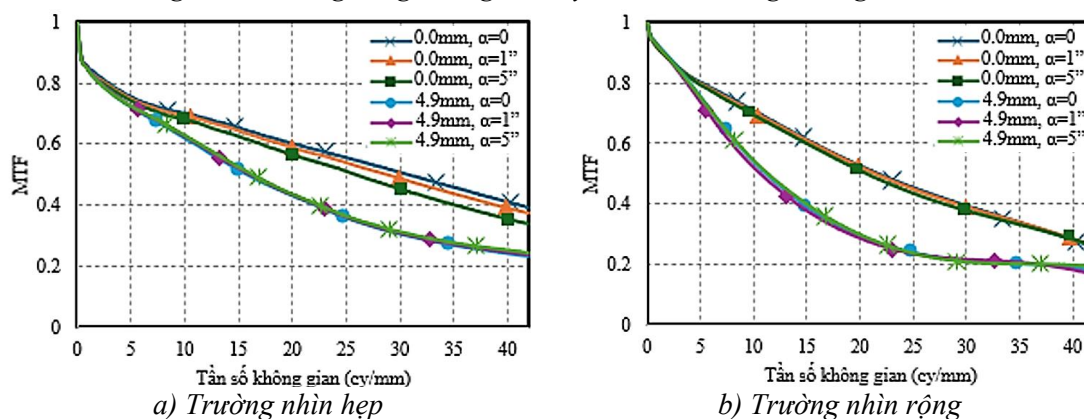
Hình 6. Hàm MTF của vật kính tại 2 trường nhìn với các độ nghiêng dao khác nhau.

Bảng 7. Ảnh hưởng nghiêng hướng di chuyển của dao đến tiêu cự.

| STT | Độ lệch α , giây | Tiêu cự trường nhìn rộng, mm | Tiêu cự trường nhìn hẹp, mm |
|-----|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0 | 37,00 | 75,00 |
| 2 | 1 | 36,94 | 74,27 |
| 3 | 3 | 36,86 | 72,87 |
| 4 | 5 | 36,73 | 71,52 |

Từ hình 6 và bảng 7, nhận thấy rằng, khi sai số nghiêng hướng di chuyển của dao thay đổi từ 0 đến $5''$ thì các giá trị hàm MTF gần như không có sự thay đổi nhiều (các đường gần như trùng nhau). Tuy nhiên, bảng 7 thấy rằng thông số bậc nhất hệ quang (tiêu cự) có sự thay đổi tăng dần khi giá trị góc nghiêng tăng dần. Do đó, có thể kết luận rằng nếu sai số nghiêng hướng di chuyển của dao khoảng vài giây thì sai số này chủ yếu ảnh hưởng đến thông số bậc nhất của hệ quang.

3.4.2. Ảnh hưởng của sai số nghiêng hướng di chuyển của dao khi gia công bề mặt nhiều xạ



Hình 7. Hàm MTF của vật kính tại 2 trường nhìn với các độ nghiêng dao khác nhau.

Bảng 8. Ảnh hưởng nghiêng hướng di chuyển của dao đến tiêu cự.

| STT | Độ lệch α , giây | Tiêu cự trường nhìn rộng, mm | Tiêu cự trường nhìn hẹp, mm |
|-----|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0 | 37,00 | 75,00 |
| 2 | 1 | 37,25 | 75,46 |
| 3 | 3 | 37,76 | 76,44 |
| 4 | 5 | 38,29 | 77,43 |

Tương tự như bề mặt phi cầu, từ kết quả trong hình 7 và bảng 8 thì trong trường hợp đối với bề mặt nhiều xạ, thấy rằng với sai số nghiêng hướng di chuyển của dao nhỏ hơn 5” thì chất lượng hệ quang hầu như không có sự thay đổi đáng kể và sai số này chủ yếu ảnh hưởng đến tiêu cự của hệ quang.

Với hầu hết với các máy tiện kim cương hiện nay đều đảm bảo góc lệch này bé hơn 1”, mà từ kết quả mô phỏng ở mục 3.4.1 và 3.4.2 thì chất lượng và thông số bậc nhất của hệ quang hầu như không có sự thay đổi đáng kể. Do đó, có thể kết luận rằng sai số này hầu như không gây ảnh hưởng đến chất lượng của hệ quang.

4. KẾT LUẬN

Như vậy, bằng kết quả mô phỏng các sai số chính khi thiết lập máy tiện kim cương tiếp xúc điểm như: sai số lệch tâm giữa dao và trục quay, nghiêng hướng di chuyển của dao đều ảnh hưởng đến sai số bề mặt chi tiết quang học, đặc biệt là đối với các bề mặt có cấu trúc phức tạp, yêu cầu độ chính xác cao như bề mặt phi cầu/nhiều xạ. Điều này làm giảm chất lượng tạo ảnh của hệ quang và thay đổi tiêu cự của nó. Các kết quả mô phỏng cho một hệ quang cụ thể chỉ ra rằng, sai lệch tâm giữa dao và trục quay ảnh hưởng nhiều nhất đến hàm MTF và tiêu cự của hệ quang. Để đảm bảo chất lượng của hệ quang sau gia công thì sai số này không được vượt quá 5 μ m. Kết quả này sẽ là cơ sở cho việc thiết lập thông số công nghệ trong quá trình gia công, chế tạo hệ thống quang học ảnh nhiệt có bề mặt phi cầu, nhiều xạ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. H. Wang, S. To, C. Y. Chan, C. F. Cheung, and W. B. Lee, “A theoretical and experimental investigation of the tool-tip vibration and its influence upon surface generation in single-point diamond turning,” Int J Mach Tools Manuf, vol. 50, no. 3, pp. 241–252, (2010), doi: 10.1016/j.ijmachtools.2009.12.003.

[2]. C.-C. Chen, Y.-C. Cheng, W.-Y. Hsu, H.-Y. Chou, P.-J. Wang, and D. P. Tsai, “Slow tool servo diamond turning of optical freeform surface for astigmatic contact lens,” Optical Manufacturing and Testing IX, vol. 8126, p. 812617, (2011), doi: 10.1117/12.892447.

[3]. R. C. Juergens, R. H. Shepard III, and J. P. Schaefer, “Simulation of single-point diamond turning

- fabrication process errors,*” Novel Optical Systems Design and Optimization VI, vol. 5174, p. 93, (2003), doi: 10.1117/12.511341.
- [4]. H. A. Tú, N. Q. Hiệp, N. V. Thu, and N. V. Linh, “Nghiên cứu, thiết kế hệ thống quang học ảnh nhiệt hai trường nhìn ứng dụng trong khí tài quan sát hỗn hợp ngày đêm,” Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ quân sự, vol. 9, pp. 117–123, (2023).
- [5]. H. Dewei, W. Min, and W. Fen, “Research on testing system for optical surface based on polarizing coherent technology,” (2016).
- [6]. S. Hatefi and K. Abou-El-Hossein, “Review of single-point diamond turning process in terms of ultra-precision optical surface roughness,” International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 106, no. 5–6, pp. 2167–2187, (2020), doi: 10.1007/s00170-019-04700-3.
- [7]. R. Bittner, “Tolerancing of single point diamond turned diffractive optical elements and optical surfaces,” Journal of the European Optical Society, vol. 2, pp. 1–8, (2007), doi: 10.2971/jeos.2007.07028.
- [8]. O. D. Program and U. Manual, “Zemax ® 13 Optical Design Program User’s Manual,” (2014).
- [9]. O. Optronics, “One-stop-shop for all your IR optical needs.” [Online]. Available: www.ophiropt.com/infrared

ABSTRACT

Research, calculation, and simulation to investigate the influence of machine setting errors on the performance of thermal imaging systems

This article studies the effects of Single Point Diamond Turning (SPDT) setting errors on machined surface errors and offers solutions to evaluate the effects of these errors on the optical system by simulating aspherical/diffraction surfaces after machining and the entire optical system in Zemax optical design software. The results show that the main types of errors, such as off-axis and tool tilt, will reduce the MTF function and change the focal length of the optical system, especially off-axis errors.

Keywords: Thermal imager; Single point diamond turning; Machine setting error; Imaging quality.