

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 7011-1 : 2007 (ISO 230 – 1 : 1996)**

**TCVN 7011-2 : 2007 (ISO 230 – 2 : 1997)**

**TCVN 7011-3 : 2007 (ISO 230 – 3 : 2001)**

**TCVN 7011-5 : 2007 (ISO 230 – 5 : 2000)**

**TCVN 7011-6 : 2007 (ISO 230 – 6 : 2002)**

**Xuất bản lần 1**

**QUI TẮC KIỂM MÁY CÔNG CỤ**

*Test code for machine tools*

**HÀ NỘI – 2007**

## Mục lục

	Trang
Lời nói đầu .....	5
TCVN 7011 -1: 2007 ( ISO 230 -1:1996 )	
Quy tắc kiểm máy công cụ - Phần 1: Độ chính xác hình học của máy khi vận hành trong điều kiện không tải hoặc gia công tinh.....	7
TCVN 7011 - 2 : 2007 (ISO 230 – 2 : 1997)	
Quy tắc kiểm máy công cụ - Phần 2: Xác định độ chính xác và khả năng định vị trục.....	97
TCVN 7011 - 3 : 2007 ( ISO 230 – 3 : 2001)	
Quy tắc kiểm máy công cụ - Phần 3 : Xác định hiệu ứng nhiệt.....	111
TCVN 7011 - 5 : 2007 ( ISO 230 – 5 : 2000)	
Quy tắc kiểm máy công cụ - Phần 5 : Xác định tiếng ồn khi máy chạy.....	145
TCVN 7011 - 6 : 2007 (ISO 230 – 6 : 2000 )	
Quy tắc kiểm máy công cụ - Phần 6 : Xác định độ chính xác định vị trên các đường chéo khối và đường chéo bề mặt .....	177

## Lời nói đầu

Các TCVN về *Quy tắc kiểm máy công cụ* gồm 5 tiêu chuẩn sau:

TCVN 7011 -1: 2007 Quy tắc kiểm máy công cụ - Phần 1: Độ chính xác hình học của máy.

TCVN 7011 - 2 : 2007 Quy tắc kiểm máy công cụ - Phần 2: Xác định độ chính xác và khả năng định vị trực.

TCVN 7011 - 3 : 2007 Quy tắc kiểm máy công cụ - Phần 3 : Xác định hiệu ứng nhiệt.

TCVN 7011 - 5 : 2007 Quy tắc kiểm máy công cụ - Phần 5 : Xác định tiếng ồn khi máy chạy.

TCVN 7011 - 6 : 2007 Quy tắc kiểm máy công cụ. Phần 6 : Xác định độ chính xác định vị trên các đường chéo khối và đường chéo bề mặt.

Trong đó :

TCVN 7011 -1 : 2007 thay thế cho TCVN 4235:1986

TCVN 7011 -2 : 2007 thay thế cho TCVN 4236:1986

TCVN 7011 -1 : 2007 hoàn toàn tương đương với ISO 230 -1: 1996

TCVN 7011 -2 : 2007 hoàn toàn tương đương với ISO 230 -2 : 1997

TCVN 7011 -3 : 2007 hoàn toàn tương đương với ISO 230 -3 : 2001

TCVN 7011 -5 : 2007 hoàn toàn tương đương với ISO 230 -5 : 2000

TCVN 7011 -6 : 2007 hoàn toàn tương đương với ISO 230 -6 : 2000

Các tiêu chuẩn này do Ban kỹ thuật TCVN/TC39 – *Máy công cụ* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## **Qui tắc kiểm máy công cụ-**

### **Phần 1 - Độ chính xác hình học của máy khi vận hành trong điều kiện không tải hoặc gia công tinh**

*Test code for machine tools -*

*Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or finishing conditions*

#### **1 Phạm vi áp dụng**

Tiêu chuẩn này qui định các phương pháp kiểm độ chính xác của máy công cụ khi vận hành trong điều kiện không tải hoặc gia công tinh bằng kiểm hình học và kiểm gia công. Các phương pháp này cũng được áp dụng đối với các dạng máy công nghiệp khác khi kiểm hình học và kiểm gia công có liên quan.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các máy công cụ lắp đặt cố định, không xách tay khi làm việc, được sử dụng để gia công kim loại, gia công gỗ v.v... bằng việc tạo cắt gọt phoi hoặc bằng biến dạng dẻo.

Tiêu chuẩn này chỉ liên quan đến việc kiểm độ chính xác hình học. Tiêu chuẩn này không áp dụng để kiểm vận hành máy (độ rung, kiểm chuyển động giật cục của các bộ phận v.v.. và cũng không dùng để kiểm tra đặc tính (tốc độ trục chính, tốc độ tiến) vì các kiểm này phải được tiến hành trước khi kiểm độ chính xác máy.

Khi một phương pháp đo không được mô tả trong tiêu chuẩn này thì phải chỉ ra phương tiện tương đương hoặc phương tiện tốt hơn có thể sử dụng cho các phép đo.

#### **2 Qui định chung**

##### **2.1 Định nghĩa có liên quan đến kiểm hình học**

Sự khác nhau giữa các định nghĩa hình học và các định nghĩa trong tiêu chuẩn này như sau:

Các định nghĩa hình học chỉ là lý thuyết và liên quan đến các đường và mặt tưởng tượng. Vì vậy đôi khi cho phép các định nghĩa hình học không thể áp dụng được trong thực tế. Chúng không tính đến kết cấu thực tế hoặc khả năng thực hành của việc kiểm tra hình học.



## **TCVN 7011-1: 2007**

Các định nghĩa về đo lường là thực, vì chúng tính đến các bề mặt và đường thực có thể tiếp cận để đo. Chúng bao hàm trong một kết quả duy nhất của toàn bộ sai lệch hình học vĩ mô và vi mô. Chúng cho phép một kết quả có thể ảnh hưởng đến toàn bộ nguyên nhân, không có sự phân biệt giữa các sai số. Nếu có sự phân biệt thì do nhà chế tạo qui định.

Tuy nhiên, trong một vài trường hợp, các định nghĩa hình học (ví dụ định nghĩa độ đảo), trượt chiều trục chu kỳ, v.v... vẫn có trong tiêu chuẩn này để loại trừ bất kỳ một nhầm lẫn nào và làm rõ ngôn ngữ được sử dụng. Khi mô tả phương pháp kiểm, dụng cụ đo và dung sai, phải dựa trên các định nghĩa về đo lường này.

### **2.2 Phương pháp kiểm và sử dụng dụng cụ đo**

Khi kiểm máy công cụ, nếu phương pháp đo chỉ cho phép kiểm tra dung sai không được vượt quá (ví dụ các đầu đo giới hạn) hoặc nếu sai lệch thực chỉ được xác định bằng các phép đo có độ chính xác cao cần nhiều thời gian, thì phương pháp kiểm chỉ cần đảm bảo được giới hạn của dung sai không bị vượt quá là đủ.

Cần phải nhấn mạnh rằng độ chính xác của phép đo do dụng cụ cũng như phương pháp được sử dụng phải được xem xét trong quá trình kiểm. Dụng cụ đo không được gây ra bất kỳ sai số nào của phép đo vượt quá một phần đã cho của dung sai được kiểm tra. Khi độ chính xác của thiết bị được sử dụng thay đổi từ phòng thí nghiệm này đến phòng thí nghiệm khác, thì phải hiệu chuẩn dụng cụ tại mỗi phép đo.

Máy được kiểm và các dụng cụ phải được bảo vệ để tránh gió lùa và tránh ánh sáng nhiều hoặc bức xạ nhiệt (ánh nắng mặt trời, đèn điện đặt quá gần, v.v...) và nhiệt độ của dụng cụ đo phải ổn định trước khi đo. Máy phải được bảo vệ phù hợp với sự thay đổi của nhiệt độ bên ngoài.

Tốt nhất là các phép đo nên được lặp lại. Kết quả kiểm nhận được bằng cách lấy giá trị trung bình của các kết quả đo. Tuy nhiên, các phép đo khác nhau không được đưa ra các sai lệch quá khác nhau. Nếu có kết quả khác nhau phải tìm nguyên nhân trong phương pháp đo hoặc dụng cụ đo hoặc trong chính máy công cụ.

Để chỉ dẫn chính xác hơn, xem Phụ lục A.

### **2.3 Dung sai**

#### **2.3.1 Dung sai phép đo khi kiểm máy công cụ**

Dung sai mà các giá trị sai lệch giới hạn không bị vượt quá có liên quan đến kích thước, hình dạng, vị trí và sự chuyển động, là các yếu tố cần thiết đối với độ chính xác làm việc và đối với sự lắp ráp dụng cụ, các bộ phận và phụ tùng quan trọng.

Cũng có các dung sai chỉ áp dụng đối với mẫu thử.

##### **2.3.1.1 Đơn vị và phạm vi đo**

Khi thiết lập dung sai, cần chỉ dẫn:

- a) đơn vị đo được sử dụng;
- b) chuẩn đo, các giá trị dung sai và vị trí của nó so với chuẩn đo;
- c) phạm vi đo được thực hiện.

Dung sai và phạm vi đo phải biểu thị trên cùng một hệ đơn vị đo, đặc biệt là dung sai.

Kích thước chỉ được chỉ dẫn khi không thể định nghĩa chúng bằng cách viện dẫn thông thường theo tiêu chuẩn này cho các bộ phận của máy. Các dung sai liên quan đến góc phải biểu thị bằng đơn vị đo góc (độ, phút, giây) hoặc tang của góc (milimét / milimét).

Khi biết dung sai của một kích thước đã cho, dung sai của kích thước khác có thể được so sánh với dung sai của kích thước đã cho, được xác định bằng qui tắc tỷ lệ. Đối với các kích thước có sự khác nhau lớn so với kích thước tham chiếu thì không thể áp dụng được qui tắc tỷ lệ: dung sai phải lớn hơn đối với kích thước nhỏ và nhỏ hơn đối với kích thước lớn so với dung sai được xác định theo qui tắc này.

### 2.3.1.2 Các qui tắc về dung sai

Sử dụng dung sai gồm độ chính xác của dụng cụ đo và phương pháp kiểm. Do đó độ chính xác của phép đo phải được lưu ý trong dung sai cho phép (xem 2.2).

VÍ DỤ:

Dung sai độ đảo:  $x$  mm

Độ không chính xác của dụng cụ, sai số đo:  $y$  mm

Hiệu cho phép lớn nhất của các số chỉ trong khi kiểm:  $(x - y)$  mm

Sai số do độ chính xác sinh ra từ sự so sánh các phép đo trong phòng thí nghiệm, độ chính xác hình dạng của các bộ phận máy được sử dụng như các bề mặt chuẩn bao gồm các bề mặt bị che bởi đầu đo hoặc điểm đỡ của dụng cụ đo, phải được xem xét .

Sai lệch thực được tính bằng trung bình cộng của nhiều số chỉ do nguyên nhân sai số trên.

Các đường hoặc các mặt được lựa chọn làm yếu tố chuẩn trực tiếp liên quan đến máy công cụ

(ví dụ, đường giữa hai mũi tâm máy tiện, trục chính của máy doa, đường hướng của máy bào v.v...).  
chiều của dung sai phải được định nghĩa theo qui tắc đã cho trong 2.3.2.4.

### 2.3.2 Sự chia nhỏ dung sai

#### 2.3.2.1 Dung sai được áp dụng cho mẫu kiểm và các bộ phận riêng của máy công cụ

Cần lưu ý tới qui tắc chỉ dẫn dung sai hình học trên bản vẽ cho trong TCVN 5906 : 2006 áp dụng cho độ chính xác hình học của các bộ phận riêng. Các qui tắc này cần thực hiện trên bản vẽ chế tạo.

## TCVN 7011-1: 2007

### 2.3.2.1.1 Dung sai kích thước

Dung sai kích thước chỉ dẫn trong tiêu chuẩn này chỉ dùng cho dung sai kích thước của mẫu kiểm để kiểm gia công, kích thước lắp ráp dụng cụ cắt và dụng cụ đo vào máy công cụ (lỗ côn trục chính, lỗ đầu rơvonne). Chúng tạo thành các giới hạn sai lệch cho phép từ các kích thước danh nghĩa. Dung sai được biểu thị theo đơn vị đo chiều dài (ví dụ, sai lệch của ổ trục và đường kính lỗ, để lắp đặt và định tâm dụng cụ).

Các sai lệch được chỉ dẫn bằng số hoặc bằng kí hiệu miễn dung sai được cho trong ISO 286-1.

Ví dụ:  $80^{+0,012}_{-0,007}$  hoặc 80 j 6.

### 2.3.2.1.2 Dung sai hình dạng

Dung sai hình dạng giới hạn các sai lệch cho phép so với hình dạng hình học lý thuyết (ví dụ sai lệch đối với một mặt phẳng, đối với đường thẳng, đối với trụ tròn xoay, đối với profin của ren hoặc răng bánh răng). Dung sai này được biểu thị bằng đơn vị đo chiều dài hoặc đo góc do kích thước của bề mặt đầu đo hoặc bề mặt đỡ chỉ có phần sai số hình dáng là được phát hiện. Do đó, phải yêu cầu độ chính xác cao nhất và qui định diện tích của bề mặt được bao bởi đầu đo hoặc bề mặt đỡ.

Bề mặt và hình dạng của đầu đo và phải phù hợp với độ nhám của bề mặt được đo (một tấm kiểm và bàn máy của máy bào cỡ lớn không được đo với cùng một đầu đo).

### 2.3.2.1.3 Dung sai vị trí

Dung sai vị trí giới hạn sai lệch cho phép đối với vị trí của bộ phận liên quan đến một đường thẳng, một mặt phẳng hoặc một bộ phận khác của máy (ví dụ, sai lệch độ song song, độ vuông góc, độ thẳng v.v...). Các sai lệch này được biểu thị theo đơn vị đo chiều dài hoặc góc.

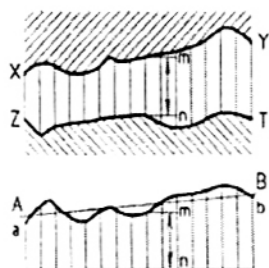
Khi dung sai vị trí được xác định bởi hai phép đo trong hai mặt phẳng khác nhau, dung sai phải được cố định trong mỗi mặt phẳng, khi mà sai lệch từ hai mặt phẳng này không ảnh hưởng đến độ chính xác làm việc của máy công cụ trong cùng một hướng.

CHÚ THÍCH 1: Khi một vị trí được xác định liên quan đến các bề mặt có sai số hình dạng thì sai số này cần được tính đến khi cố định dung sai vị trí.

### 2.3.2.1.4 Ảnh hưởng của sai số hình dạng đến việc xác định các sai số vị trí

Khi xác định sai số vị trí tương đối của hai bề mặt hoặc của hai đường (xem Hình 1, đường XY và ZT) được xác định, số chỉ của dụng cụ đo có chứa một số sai số hình dạng. Phải qui định một nguyên tắc là việc kiểm tra chỉ áp dụng cho sai số tổng, gồm cả sai số hình dạng của hai bề mặt hoặc hai đường thẳng. Do đó dung sai phải được lưu ý đến dung sai hình dạng của các bề mặt liên quan. (Nếu có khả năng, các kiểm tra sơ bộ có thể xác định sai số hình dạng của đường và mặt phẳng có liên quan đến việc xác định sai số vị trí).

Khi vẽ đồ thị (xem Hình 1) các số chỉ  $m$   $n$  khác nhau của dụng cụ đo sẽ là một đường cong như  $ab$ . Về nguyên tắc số được xác định bằng đường thẳng  $AB$  thay cho đường cong này như qui định trong 5.2.1.1.1

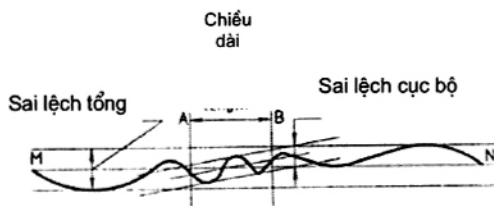


Hình 1

### 2.3.2.1.5 Dung sai cục bộ

Dung sai hình dạng và dung sai vị trí thường liên quan đến hình dạng hoặc vị trí của toàn bộ bề mặt. (ví dụ 0,03 trên 1000 đối với độ thẳng và độ phẳng). Tuy nhiên, có thể chỉ cần giới hạn sai lệch cho phép trên một phần chiều dài với một giá trị khác nhau. Điều này đạt được bằng xác lập một dung sai cục bộ liên quan đến một phần của tổng chiều dài.

Sai lệch cục bộ là khoảng cách giữa hai đường song song với hướng chung của một phần của đường hoặc quỹ đạo của bộ phận có chứa sai lệch lớn nhất của chiều dài cục bộ (xem Hình 2).



Hình 2

Cách xác lập giá trị của dung sai cục bộ ( $T_{\text{cục bộ}}$ ):

- Từ tiêu chuẩn liên quan đến máy công cụ và đối với mỗi phép kiểm riêng biệt

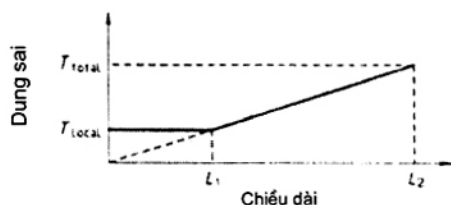
hoặc

- Như một phần của dung sai tổng ( $T_{\text{tổng}}$ ) được qui định không thấp hơn giá trị nhỏ nhất (thường là 0,001mm). (xem Hình 3).

Trên thực tế, sai lệch cục bộ thường không thể nhận thấy vì chúng bao gồm các bề mặt đỡ và bề mặt đo của dụng cụ đo. Tuy nhiên, khi các bề mặt đo tương đối nhỏ (đầu đo của đồng hồ đo hoặc đồng hồ

## TCVN 7011-1: 2007

đo vị), dụng cụ đo cần bảo đảm sao cho mũi đo tỳ vào bề mặt có độ nhẵn rất cao (thước thẳng, trục kiểm).



Hình 3

$$T_{\text{cục bộ}} = \frac{T_{\text{tổng}}}{L_2} L_1$$

VÍ DỤ:  $T_{\text{tổng}} = 0,03 \text{ mm}$

$L_2 = 1000 \text{ mm}$

$L_1 = 100 \text{ mm}$

Thì,

$$T_{\text{cục bộ}} = \frac{0,03}{1000} 100$$

$$= 0,003 \text{ mm}$$

### 2.3.2.2 Dung sai được áp dụng đối với dịch chuyển của bộ phận máy công cụ

CHÚ THÍCH: Độ chính xác định vị và khả năng định vị lặp lại của máy điều khiển số phải áp dụng theo

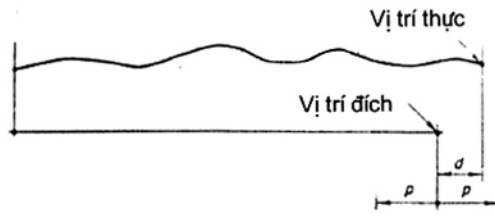
TCVN 7011 - 2 : 2006.

#### 2.3.2.2.1 Dung sai định vị

Dung sai định vị giới hạn sai lệch cho phép của vị trí đạt được bởi một điểm trên bộ phận chuyển động so với vị trí đích của nó sau khi chuyển động.

VÍ DỤ 1 (xem Hình 4)

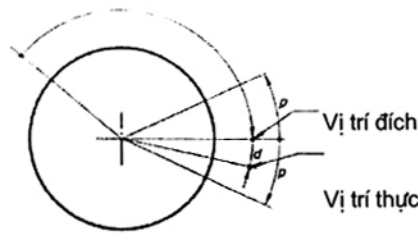
Tại điểm cuối dịch chuyển của bàn dao, sai lệch  $d$  là khoảng cách giữa vị trí thật đạt tới và vị trí đích. Dung sai định vị là  $p$ .



Hình 4

VÍ DỤ 2

Góc quay của trục chính liên quan đến dịch chuyển góc của một bảng chia được nối ghép với trục chính (xem Hình 5). Dung sai vị trí là p.



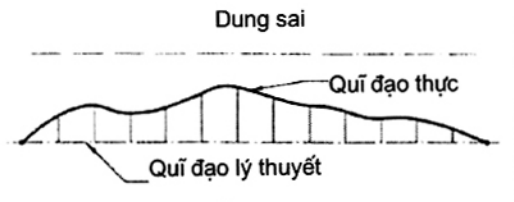
Hình 5

2.3.2.2.1.1 Dung sai độ lặp lại

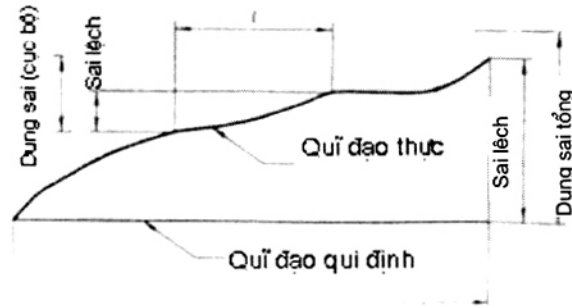
Dung sai độ lặp lại giới hạn phạm vi sai lệch, khi lặp lại các chuyển động tiến đến điểm đích cùng hướng hoặc ngược hướng.

2.3.2.2.2 Dung sai hình dạng của quỹ đạo

Dung sai hình dạng của quỹ đạo giới hạn sai lệch của quỹ đạo thực của một điểm trên bộ phận chuyển động so với quỹ đạo lý thuyết (xem Hình 6). Chúng được qui định theo đơn vị đo chiều dài.



Hình 6



Hình 7

**2.3.2.2.3 Dung sai vị trí tương đối của chuyển động theo đường thẳng** (xem Hình 7)

Dung sai vị trí tương đối của chuyển động theo đường thẳng giới hạn sai lệch cho phép giữa quỹ đạo của một điểm trên bộ phận chuyển động và hướng qui định (ví dụ, dung sai của độ song song hoặc độ vuông góc giữa quỹ đạo và một đường hoặc một bề mặt. Chúng được biểu thị bằng đơn vị đo chiều dài với chiều dài tổng  $L$  hoặc bất kỳ chiều dài đo  $l$  nào).

**2.3.2.2.4 Dung sai cục bộ của sự dịch chuyển một bộ phận**

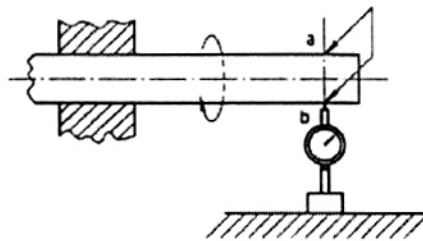
Dung sai định vị, hình dạng của quỹ đạo và hướng của chuyển động theo đường thẳng cũng liên quan đến tổng chiều dài dịch chuyển của bộ phận. Khi cần thiết có dung sai cục bộ, định nghĩa và xác định giá trị dung sai cục bộ tương tự như qui định trong 2.3.2.1.5

**2.3.2.3 Các dung sai tổng hoặc dung sai toàn bộ**

Dung sai tổng để giới hạn tổng hợp của nhiều sai lệch có thể được xác định bằng một phép đo, không cần thiết phải biết từng sai lệch.

Ví dụ (xem Hình 8)

Sai lệch độ đảo của một trục là tổng sai lệch hình dạng (độ tròn của đường tròn ab, tại đây đầu đo của đồng hồ tiếp xúc với đường tròn), sai lệch vị trí của đường tâm hình học và trục quay không trùng hợp) và sai lệch của độ tròn của lỗ ổ bi.



Hình 8

#### 2.3.2.4 Kí hiệu và vị trí của dung sai đối với vị trí tương đối của góc giữa các trục, đường hướng, v.v...

Khi vị trí dung sai so với vị trí danh nghĩa là đối xứng, có thể sử dụng kí hiệu  $\pm$ . Nếu vị trí không đối xứng thì phải qui định vị trí chính xác bằng cách so với máy hoặc một trong các bộ phận của máy.

#### 2.3.2.5 Định nghĩa qui ước của các trục và các chuyển động

Để tránh sử dụng các thuật ngữ trục hoành, trục tung, v.v... có khả năng tạo ra sự nhầm lẫn, các trục quay và dịch chuyển của máy được đặt tên bởi các chữ cái (ví dụ X,Y,Z, v.v...) và dấu hiệu phù hợp với ISO 841.

### 3 Các bước chuẩn bị

#### 3.1 Lắp đặt máy trước khi kiểm

Trước khi kiểm một máy công cụ phải được lắp đặt trên móng phù hợp và chỉnh thẳng bằng theo hướng dẫn của nhà chế tạo.

##### 3.1.1 Chỉnh thẳng bằng

Thao tác ban đầu của việc lắp đặt máy bao gồm (xem 3.1) chỉnh thẳng bằng máy thao tác này được xác định bằng thiết bị chuyên dùng.

Mục đích của chỉnh thẳng bằng là đạt được một vị trí ổn định tĩnh của máy để thuận lợi cho các phép đo tiếp theo, đặc biệt các phép đo này có liên quan đến độ thẳng của một số bộ phận.

#### 3.2 Điều kiện của máy trước khi kiểm

##### 3.2.1 Tháo dỡ một số bộ phận

Về nguyên tắc, việc kiểm được tiến hành trên máy đã lắp ráp xong hoàn toàn nên việc tháo một số bộ phận chỉ được tiến hành trong trường hợp đặc biệt khi có chỉ dẫn của nhà chế tạo

(ví dụ tháo bàn máy để kiểm tra đường hướng).

##### 3.2.2 Điều kiện nhiệt độ của một số bộ phận trước khi kiểm

Mục đích của việc đánh giá độ chính xác của máy trong điều kiện gần giống như với các điều kiện vận hành thông thường như về bôi trơn và làm nóng. Khi kiểm thực tế và kiểm hình học, các bộ phận như trục chính, có khả năng làm nóng máy và do đó có thể thay đổi vị trí hoặc hình dáng, phải được đưa về nhiệt độ chính xác bằng việc cho máy chạy không tải phù hợp với điều kiện sử dụng và hướng dẫn của nhà chế tạo.

Điều kiện đặc biệt có thể áp dụng với các máy chính xác cao và một số máy điều khiển số, đối với những máy này sự dao động nhiệt độ có ảnh hưởng rõ rệt đến độ chính xác.



## **TCVN 7011-1: 2007**

Cần phải xem xét sự thay đổi kích thước của máy trong suốt một chu kỳ làm việc thông thường từ nhiệt độ của môi trường xung quanh đến nhiệt độ làm việc. Trình tự làm nóng sơ bộ và nhiệt độ môi trường xung quanh tại vị trí máy được kiểm tùy thuộc vào sự thoả thuận giữa nhà chế tạo và người sử dụng.

Các khu vực chính có biến đổi nhiệt có thể là nguyên nhân gây ra:

- a) sự dịch chuyển kết cấu ( bao gồm trục chính ) đặc biệt trong các mặt phẳng chính và mặt phẳng chiều trục;
- b) bộ truyền dẫn chiều trục và hệ thống định vị có liên hệ ngược rất quan trọng khi độ chính xác định vị phụ thuộc vào vít dẫn.

### **3.2.3 Vận hành và chất tải**

Kiểm hình học phải được tiến hành khi máy ở trạng thái dừng hoặc khi máy chạy không tải. Điều này do nhà chế tạo qui định, ví dụ, trong trường hợp máy có công suất lớn thì máy phải được chất tải một hoặc nhiều mẫu thử.

## **4 Kiểm gia công**

### **4.1 Tiến hành kiểm**

Kiểm gia công phải được tiến hành trên mẫu thử tiêu chuẩn hoặc mẫu thử do người sử dụng cung cấp. Việc thực hiện các kiểm gia công này không yêu cầu các thao tác khác với các thao tác mà máy đã được trang bị. Kiểm gia công phải bao gồm cả kiểm các nguyên công tinh mà máy đã được thiết kế.

Số lượng chi tiết gia công hoặc trường hợp có thể số lượng cắt được tiến hành trên chi tiết đã cho phải có khả năng để xác định độ chính xác danh nghĩa. Nếu cần thiết phải tính đến sự mài mòn của dụng cụ cắt.

Trạng thái, kích thước, vật liệu và độ chính xác của chi tiết gia công và các điều kiện cắt phải được thoả thuận giữa nhà chế tạo và người sử dụng trừ khi có các tiêu chuẩn qui định riêng.

### **4.2 Kiểm tra chi tiết gia công trong các kiểm gia công**

Kiểm tra chi tiết gia công trong kiểm gia công phải được tiến hành bằng các dụng cụ đo được lựa chọn với mức độ nào của phép đo được tiến hành và độ chính xác được yêu cầu.

Các dung sai được chỉ dẫn trong 2.3.2.1, đặc biệt trong 2.3.2.1.1 và 2.3.2.1.2 được sử dụng cho các phép kiểm này.

Trong một số trường hợp, các kiểm gia công có thể được thay thế hoặc bổ sung bằng các kiểm đặc biệt được định nghĩa trong các tiêu chuẩn tương ứng (ví dụ, kiểm sai lệch khi có tải, kiểm động học v.v...).

## **5 Kiểm hình học**

### **5.1 Yêu cầu chung**

Đối với mỗi phép kiểm hình học đã cho về hình dạng, vị trí hoặc sự dịch chuyển của đường hoặc bề mặt của máy như:

- độ thẳng (xem 5.2);
- độ phẳng (xem 5.3);
- độ song song, độ cách đều và độ trùng nhau (xem 5.4);
- độ vuông góc (xem 5.5);
- sự quay (xem 5.6);

định nghĩa <sup>1)</sup>, phương pháp đo và cách xác định dung sai đã cho ở các phần trên.

Đối với mỗi phép kiểm, chỉ dẫn ít nhất một phương pháp đo và chỉ dẫn nguyên tắc và thiết bị được sử dụng.

Khi sử dụng các phương pháp đo khác thì độ chính xác của phép đo ít nhất phải bằng độ chính xác chỉ dẫn trong tiêu chuẩn này.

Mặc dù cần có sự đơn giản, các phương pháp đo phải được lựa chọn có hệ thống từ các phương pháp chỉ dùng các dụng cụ đo đơn giản như thước thẳng, ke vuông, trục kiểm, trụ đo, nivô chính xác và đồng hồ đo, cần tiến hành đo theo các phương pháp khác, đặc biệt có thể sử dụng các thiết bị quang, trong thực tế thường sử dụng để chế tạo máy công cụ và trong các phòng kiểm tra. Phép kiểm các bộ phận máy công cụ có kích thước lớn thường yêu cầu sử dụng các thiết bị đặc biệt để thuận tiện và nhanh chóng.

## **5.2 Độ thẳng**

Kiểm hình học về độ thẳng bao gồm như sau:

- độ thẳng của một đường trên một mặt phẳng hoặc trong không gian, xem 5.2.1;
- độ thẳng của các bộ phận, xem 5.2.2;
- độ thẳng của chuyển động, xem 5.2.3.

### **5.2.1. Độ thẳng của một đường trong một mặt phẳng hoặc trong không gian**

#### **5.2.1.1 Định nghĩa**

##### **5.2.1.1.1**

#### **Độ thẳng của một đường trong mặt phẳng**

(xem Hình 9)

---

<sup>1)</sup> Xem 2.1

## TCVN 7011-1: 2007

Một đường thẳng đặt trong một mặt phẳng được xem là thẳng trên một chiều dài đã cho khi toàn bộ các điểm của nó nằm giữa hai đường thẳng song song với hướng chung của đường mà khoảng cách tương đối giữa chúng bằng dung sai.

Hướng chung của đường hoặc các đường tương trưng phải được xác định sao cho sai lệch độ thẳng nhỏ nhất. Điều này có thể định nghĩa qui ước :

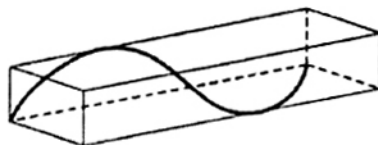
- bằng hai điểm được lựa chọn thích hợp gần các điểm cuối của đường được kiểm tra (trong nhiều trường hợp các bộ phận gần các điểm cuối không được chú ý vì thường có các sai lệch cục bộ không đáng kể)

hoặc

- bằng một đoạn thẳng được tính toán từ các điểm của đồ thị (ví dụ phương pháp bình phương nhỏ nhất).



Hình 9



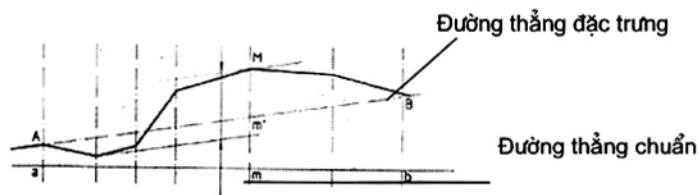
Hình 10

### 5.2.1.1.2

**Độ thẳng của đường trong không gian** (xem Hình 10)

Một đường thẳng trong không gian được cho là thẳng trên một chiều dài đã cho khi mỗi một hình chiếu trên hai mặt phẳng vuông góc, song song với hướng chung của đường thẳng là thẳng (xem 5.2.1.1.1)

CHÚ THÍCH 3: Trong mỗi mặt phẳng dung sai có thể khác nhau.



Sai lệch độ thẳng

Hình 11

### 5.2.1.2 Các phương pháp đo độ thẳng

Có hai phương pháp đo độ thẳng, gồm:

- Phép đo chiều dài ;
- Phép đo góc.

Chuẩn thực tế đối với độ thẳng có thể theo qui luật tự nhiên (thước thẳng, dây căng v.v...) hoặc được so sánh với đường chuẩn đã cho bằng một nivô chính xác, chùm ánh sáng v.v...

Các dụng cụ thường dùng:

- a) Đối với chiều dài dưới 1600mm: nivô chính xác hoặc chuẩn vật lý (ví dụ thước thẳng);
- b) Đối với chiều dài lớn hơn 1600mm: Các đường chuẩn (nivô chính xác, thiết bị quang hoặc có dây căng).

#### 5.2.1.2.1 Các phương pháp cơ bản dựa trên phép đo chiều dài

Một chuẩn thực tế (chuẩn độ thẳng) phải được đặt trên vị trí phù hợp liên quan đến đường được kiểm tra (xem Hình 11), để cho phép sử dụng một dụng cụ đo phù hợp.

Dụng cụ cung cấp các số chỉ sai lệch của các đường được kiểm tra đối với chuẩn của độ thẳng, các số chỉ có thể nhận được tại các điểm khác nhau (được phân bố đồng đều hoặc tùy ý) trên toàn bộ chiều dài của đường được kiểm tra (khoảng cách của điểm được lựa chọn phụ thuộc vào các dụng cụ được sử dụng).

Cần để vị trí của chuẩn độ thẳng sao cho số chỉ của hai đầu mút gần như nhau. Khi đó các số chỉ được vẽ trực tiếp bằng các tỷ lệ phù hợp.

Kết quả đo được xác định bằng các đường đặc trưng (xem 5.2.1.1.1). Các sai lệch được hiệu chỉnh theo các giá trị tương ứng bởi các đoạn  $Mm'$ .

Sai lệch của độ thẳng được định nghĩa là khoảng cách giữa hai đoạn thẳng song song với đường tượng trưng, chạm vào biên cao nhất và thấp nhất của dung sai.

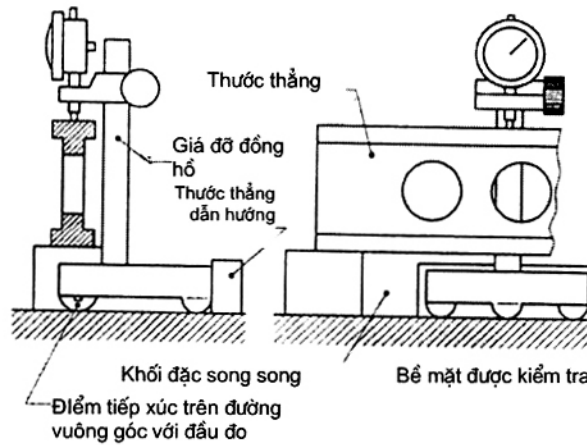
CHÚ THÍCH 4 : Khi độ dốc của đường tượng trưng cao thì phải xem xét độ khuếch đại thẳng đứng.

#### 5.2.1.2.1.1 Phương pháp đo bằng thước thẳng

##### 5.2.1.2.1.1.1 Đo trong mặt phẳng thẳng đứng

Thước thẳng được đặt trên hai khối định vị, nếu có thể, các điểm đặt tương ứng với độ võng nhỏ nhất do trọng lực (đối với gối đỡ tối ưu, xem A.2).

Phép đo phải được tiến hành bằng việc di chuyển dọc theo thước thẳng một đồng hồ so được lắp trên một giá đỡ có 03 điểm tiếp xúc. Một trong 3 điểm tiếp xúc này đặt trên đường của bề mặt được đo và đầu đo của đồng hồ so nằm trên đường vuông góc đối với điểm tiếp xúc và tiếp xúc với thước thẳng (xem Hình 12).



Hình 12

Bộ phận chuyển động được di chuyển theo một đường thẳng (thước thẳng dẫn hướng).

Nếu có yêu cầu, các sai số đã biết của thước thẳng được tính trong kết quả.

#### 5.2.1.2.1.1.2 Đo trong một mặt phẳng nằm ngang

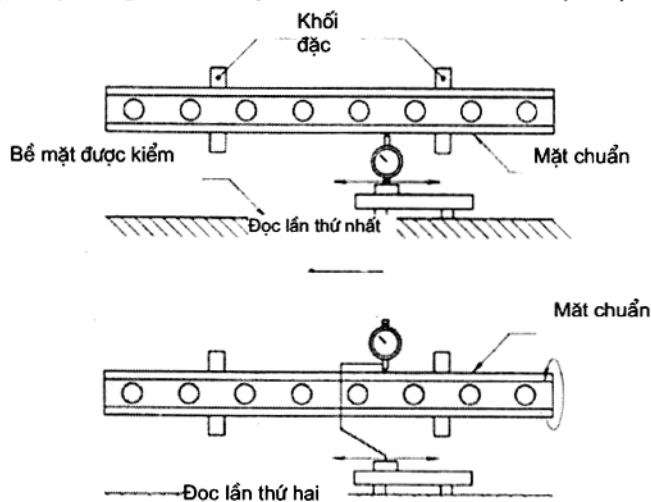
Trong trường hợp này, nên sử dụng mặt song song của thước thẳng nằm trên mặt phẳng.

Mặt chuẩn được tiếp xúc qua một đồng hồ so dịch chuyển tiếp xúc với mặt phẳng được kiểm.

(xem Hình 13). Thước thẳng được đặt để cho các số chỉ như nhau ở hai đầu mút của đường; sai lệch trên đường thẳng so với đường thẳng được nối với hai đầu mút có thể được biểu thị trực tiếp.

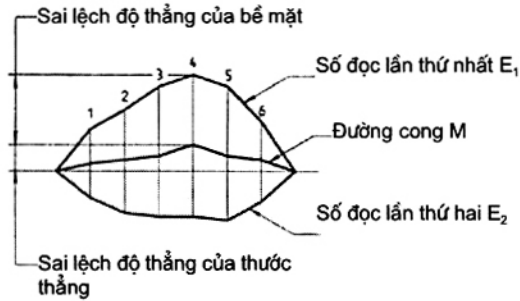
Cần phải chú ý rằng bất kể độ võng nào do trọng lực của thước thẳng trên giá đỡ của nó, không làm thay đổi độ thẳng của mặt chuẩn trong thực tế.

Một đặc điểm khác của phương pháp thước thẳng đối với phép đo độ thẳng trong mặt phẳng nằm ngang là cho phép đo sai lệch độ thẳng của hai mặt chuẩn của thước và bề mặt được kiểm.



Hình 13

Đối với mục đích này sử dụng phương pháp đảo chiều, bao gồm, sau khi phép đo thứ nhất như mô tả ở trên, quay thước thẳng  $180^\circ$  so với trục dọc và xoay ngang trên cùng một mặt chuẩn đảo ngược lại với cùng một đồng hồ so, đồng hồ này cũng được đảo ngược lại luôn được tỷ trên bề mặt được kiểm.



**Hình 14**

Cả hai đường cong sai lệch  $E_1$  và  $E_2$  thể hiện trên Hình 14 là tổng của sai lệch bề mặt và sai lệch thước thẳng trên một mặt và là hiệu giữa các sai lệch này trên một mặt khác.

Đường cong trung bình M là sai lệch của mặt chuẩn của thước thẳng. Sai lệch  $ME_1$  hoặc  $ME_2$  bằng sai lệch độ thẳng của bề mặt được kiểm.

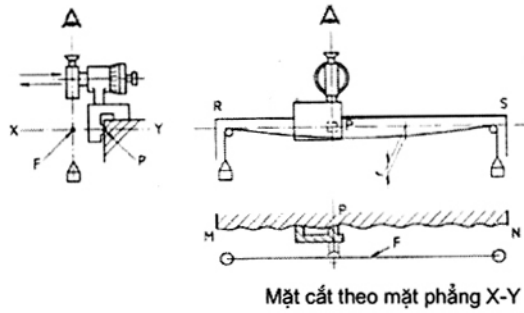
#### 5.2.1.2.1.2 Phương pháp căng dây và kính hiển vi

Một dây bằng thép có đường kính khoảng 0,1mm được căng ra và để gần song song đối với đường được kiểm (xem Hình 15), ví dụ, trong trường hợp đường MN được đặt trong mặt phẳng nằm ngang với một kính hiển vi được đặt thẳng đứng và được trang bị một thiết bị đo dịch chuyển ngang cực nhỏ, nó có khả năng đọc được sai lệch của đường đối với dây căng đặc trưng cho chuẩn đo trong mặt phẳng đo nằm ngang XY (xem A.9).

Dây căng F và đường được kiểm tra phải nằm trong cùng một mặt phẳng vuông góc với bề mặt được xem xét có chứa MN.

Giá đỡ kính hiển vi được đặt trên mặt phẳng chứa đường được kiểm tại hai điểm, trong đó điểm P được đặt ở vị trí trong mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng được xem xét, chứa trục của kính hiển vi quang (xem Hình 15).

Không dùng phương pháp căng dây khi tính độ võng  $f$  của dây F. Do đó trong trường hợp của Hình 15 với kính hiển vi được đặt nằm ngang, có thể đo độ thẳng của đường RS trong một mặt phẳng thẳng đứng khi độ võng của dây được biết tại mỗi điểm, nhưng độ võng này rất khó xác định với độ chính xác phù hợp.



Hình 15

### 5.2.1.2.1.3 Phương pháp ống ngắm thẳng hàng

Khi sử dụng ống ngắm thẳng hàng (xem Hình 16), sự chênh lệch theo chiều cao  $a$ , tương ứng với khoảng cách giữa đường tâm quang của ống ngắm và dấu hiệu chỉ trên đích, được đọc trực tiếp trên đường chữ thập hoặc bằng phương tiện pan me quang (xem A10) .

Đường tâm quang của ống ngắm trở thành chuẩn của phép đo.

Bằng việc quay toàn bộ ống ngắm và đích, có thể kiểm tra độ thẳng của đường thẳng trong bất kỳ mặt phẳng nào.

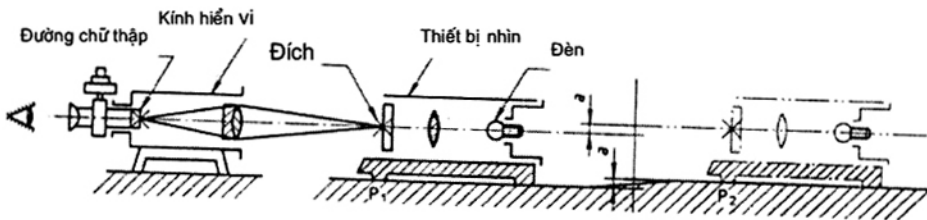
Giá đỡ đích phải đặt trên bề mặt chứa đường được kiểm tra tại nhiều điểm được yêu cầu để đảm bảo ổn định và dẫn hướng.

Một trong các điểm P của giá đỡ đích phải được đặt trên đường được kiểm tra và được xử lý cẩn thận như mô tả trong 5.2.1.2.1.2

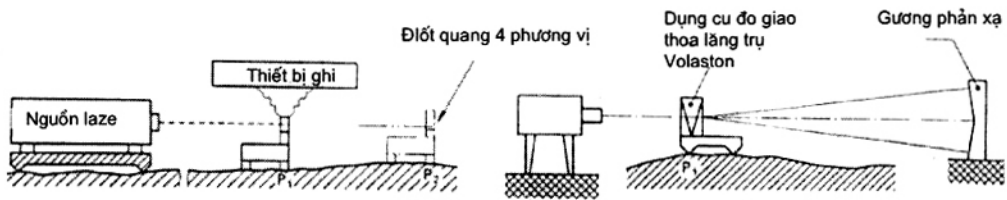
Đích phải được đặt vuông góc với bề mặt chứa đường được kiểm tra tại điểm P.

Phải chú ý phòng ngừa để di chuyển các bộ phận chuyển động theo đường thẳng và song song với đường trục quay của kính hiển vi.

Trong trường hợp chiều dài đo lớn hơn, độ chính xác bị ảnh hưởng bởi sự biến đổi của chỉ số khúc xạ của không khí góp phần vào sai lệch của chùm sáng.



Hình 16



Hình 17

Hình 18

#### 5.2.1.2.1.4 Phương pháp kỹ thuật lade thẳng hàng (xem Hình 17).

Một chùm lade được sử dụng như là một chuẩn đo. Chùm tia có hướng đi tới máy dò dùng để quay bốn phương vị, máy này được di chuyển dọc theo trục chùm lade. Sai lệch nằm ngang và thẳng đứng của tâm máy dò đối với chùm tia được phát hiện và đi qua thiết bị ghi. Nên tham khảo

các chỉ dẫn của nhà chế tạo dụng cụ đo.

Phải chú ý đều đến một trong các điểm P của giá đỡ máy dò như được mô tả trong 5.2.1.2.1.3

#### 5.2.1.2.1.5 Phương pháp kỹ thuật dụng cụ đo giao thoa lade (Hình 18).

Dùng gương phản xạ hình chữ V xác định chuẩn của phép đo.

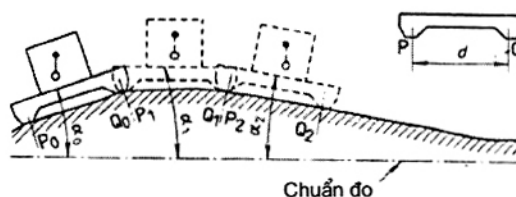
Một dụng cụ đo lade và một bộ phận quang đặc biệt được sử dụng để phát hiện sự thay đổi vị trí của một đích liên quan đến trục đối xứng của gương phản xạ này. Khi các bộ phận quang và các phương pháp đo chính xác thay đổi nên tham khảo các chỉ dẫn của nhà chế tạo (xem A.13).

Phải chú ý đều với một trong các điểm P của giá đỡ máy dò như được mô tả trong 5.2.1.2.1.3

#### 5.2.1.2.2 Phương pháp dựa trên phép đo góc

Trong phương pháp này một phần tử chuyển động tiếp xúc với đường được kiểm tại hai điểm P và Q cách nhau một khoảng cách d (xem Hình 19). Phần tử chuyển động được dịch sao cho hai vị trí kế tiếp  $P_0Q_0$  và  $P_1Q_1$ ,  $P_1$  trùng với  $Q_0$ . Đặt một dụng cụ trên một mặt phẳng vuông góc có chứa đường được kiểm, đo góc  $\alpha_0$  và  $\alpha_1$  của phần tử chuyển động so với chuẩn đo.

CHÚ THÍCH 5 Phần giữa các bước của các phần tử chuyển động không được kiểm bằng phương pháp này. Phép kiểm này có thể được tiến hành bằng một thước thẳng có chiều dài phù hợp.



Hình 19

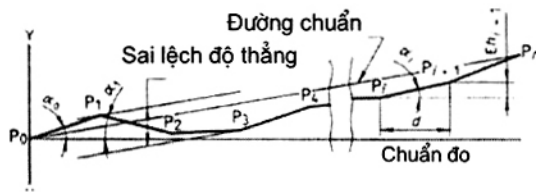


## TCVN 7011-1: 2007

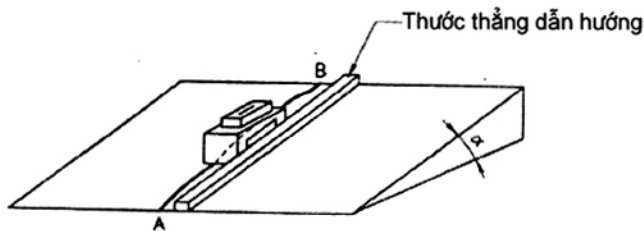
Kết quả được xử lý như sau (xem Hình 20). Các thông số dưới đây vẽ thành đồ thị với tỉ lệ phù hợp.

- Theo hoành độ, các khoảng cách bước  $d$  tương ứng với đường được kiểm tra.
- Theo tung độ, là các hiệu tương đối của mức so với chuẩn đo, hiệu tương đối của các mức được tính như sau:

$$E_{h_{i+1}} = d \operatorname{tg} \alpha$$



Hình 20



Hình 21

Các điểm khác nhau  $P_0, P_1, P_2 \dots P_i \dots P_n$  của đường được kiểm tra có thể được đặt với độ phóng đại theo tỷ lệ yêu cầu.

Các đường tương trưng được xác định từ chính đường đó, ví dụ bởi hai đầu mút  $P_0, P_n$  (xem 5.2.1.1.1)

Sai lệch độ thẳng đã được định nghĩa (theo 5.2.1.2.1) bằng khoảng cách dọc theo trục XY giữa hai đoạn thẳng song song với đường đặc trưng tiếp xúc với đường cong tại điểm cao nhất và thấp nhất.

**CHÚ THÍCH 6** Các điểm tỷ P và Q của phần tử chuyển động phải có diện tích đủ để giảm thiểu ảnh hưởng của các khuyết tật bề mặt nhỏ nhất. Cần thiết phải chuẩn bị các điểm tỷ rất cẩn thận và làm sạch bề mặt để sai lệch là nhỏ nhất có thể ảnh hưởng đến đường cong chung.

**CHÚ THÍCH 7** Các phương pháp này cũng có thể áp dụng trên các khoảng cách lớn nhưng trong trường hợp này, giá trị  $d$  phải được lựa chọn sao cho có thể tránh được số lượng lớn các sai số của số ghi và sai số tích lũy.

### 5.2.1.2.2.1 Phương pháp nivô chính xác

Dụng cụ đo là nivô chính xác (xem Hình A.6) được đặt liên tiếp trên đường được kiểm tra được biểu thị trong 5.2.1.2.2. Chuẩn đo là ống thủy chuẩn nằm ngang của dụng cụ để đo các góc nhỏ trong mặt phẳng thẳng đứng (xem Hình 19).

Nếu đường được đo không nằm ngang thì nivô sẽ được lắp trên một khối đỡ có góc phù hợp.

(xem Hình 21).

Khi kiểm tra đường AB, nivô và giá đỡ của nó phải được kẹp theo hướng không đổi [ví dụ, bằng phương tiện của một thước thẳng dẫn hướng (xem Hình 21)].

**CHÚ THÍCH 8** Nivô chỉ được phép kiểm tra độ thẳng trong mặt phẳng thẳng đứng, đối với việc kiểm tra một đường trong mặt phẳng thứ hai phải sử dụng phương pháp khác (ví dụ, dây căng và kính hiển vi).

#### 5.2.1.2.2.2 Phương pháp tự chuẩn trực

Trong phương pháp này sử dụng một ống chuẩn trực được lắp đồng trục (xem Hình 22), bất kỳ sự quay nào của gương chuyển động M xung quanh đường tâm nằm ngang gây ra một sự dịch chuyển thẳng đứng của hình ảnh đường chữ thập trong mặt phẳng trung tâm. Phép đo dịch chuyển này được tiến hành với pan me thị giác, cho phép xác định sai lệch góc của đầu kẹp gương (xem A.11).

Chuẩn đo gồm trục quang của kính hiển vi được xác định bởi tâm của đường chữ thập.

**CHÚ THÍCH 9** Bằng cách quay panme thị giác một góc  $90^\circ$ , có thể đo góc quay của gương chuyển động quanh một trục thẳng đứng bằng các dụng cụ có khả năng đo được đồng thời cả hai góc có giá trị

**CHÚ THÍCH 10** Phương pháp này đặc biệt phù hợp với chiều dài lớn hơn vì ngược với kính hiển vi thẳng hàng, nó ít bị ảnh hưởng bởi các thay đổi về chỉ số khúc xạ không khí do hành trình kép của chùm ánh sáng.

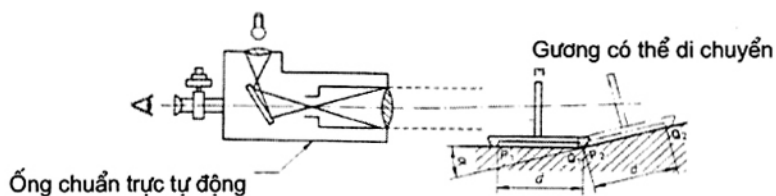
**CHÚ THÍCH 11** Trong phương pháp này, ống tự chuẩn trực được lắp thích hợp trên bộ phận có đường được kiểm.

#### 5.2.1.2.2.3 Phương pháp đo bằng dụng cụ đo giao thoa lade (đo góc) (xem Hình 23)

Trong phương pháp này, dụng cụ đo giao thoa phải được cố định chắc chắn trên cùng một bộ phận có đường được kiểm.

Phương pháp này đặc biệt phù hợp với phép đo tới hạn vì nó ít bị ảnh hưởng bởi các thay đổi về chỉ số khúc xạ không khí.

Chuẩn đo được tạo thành bởi hai chùm tia song song  $F_1$  và  $F_2$  phát ra từ dụng cụ đo giao thoa.



Hình 22



Hình 23

### 5.2.1.3 Dung sai

#### 5.2.1.3.1 Định nghĩa

Dung sai  $t$  được giới hạn trong mặt phẳng đo bởi hai đường thẳng cách nhau một khoảng cách  $t$  và song song với đường tương trưng  $AB$  (xem Hình 24). Sai lệch lớn nhất được chỉ dẫn là  $MN$ .

Phạm vi đo phải được qui định (chỉ lồi hoặc lõm), nghĩa là chiều dài được kiểm và khả năng bố trí dung sai liên quan đến đường thẳng đặc trưng (hoặc mặt phẳng) được định nghĩa trên.

Trong phần lớn trường hợp, các bộ phận tiến sát đến điểm cuối, thường có dung sai cục bộ không quan trọng có thể được bỏ qua.

#### 5.2.1.3.2 Xác định giới hạn dung sai

Dung sai nhỏ nhất  $T_1$  được qui định cho bất kỳ chiều dài đo nào  $L$  nhỏ hơn hoặc bằng  $L_1$  (xem Hình 25).

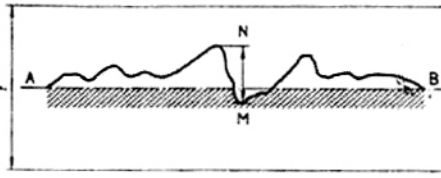
Dung sai lớn nhất  $T_2$  được xác định cho bất kỳ chiều dài đo lớn hơn hoặc bằng  $L_2$

Đối với bất kỳ chiều dài đo trung gian (giữa  $L_1$  và  $L_2$ ), dung sai  $T_{(L)}$  được tính toán bằng phương pháp tỷ lệ:

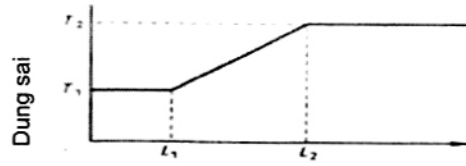
$$L \leq L_1 \rightarrow T_{(L)} = T_1$$

$$L_1 < L < L_2 \rightarrow T_{(L)} = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{L_2 - L_1} (L - L_1)$$

$$L \geq L_2 \rightarrow T_{(L)} = T_2$$



Hình 24



Chiều dài đo, L

Hình 25

**5.2.2 Độ thẳng của bộ phận**

**5.2.2.1 Định nghĩa**

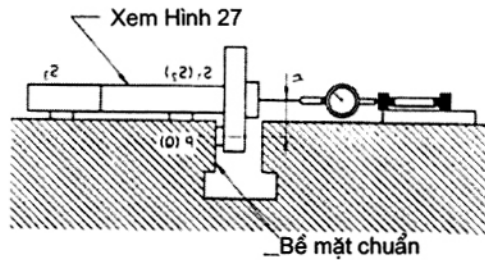
Các điều kiện về độ thẳng của một bộ phận giống như độ thẳng của một đường (xem 5.2.1.1).

**5.2.2.2 Phương pháp đo độ thẳng**

Là kỹ thuật đo độ thẳng của một đường (xem 5.2.1.2).

**5.2.2.2.1 Rãnh chuẩn hoặc bề mặt chuẩn của bàn máy**

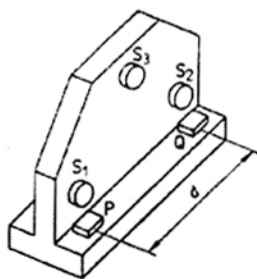
Trong trường hợp, đo sai lệch hướng, dụng cụ phải đọc sai lệch trong mặt phẳng vuông góc với đường qua điểm P hoặc Q với khoảng h được giữ nhỏ nhất (xem Hình 26).



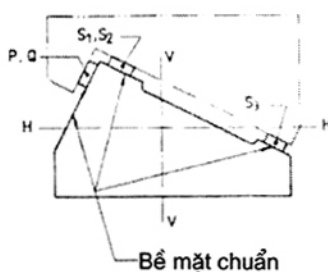
Hình 26

Trong trường hợp phép đo sai lệch góc, khoảng cách d xác định khoảng cách điểm đo (xem Hình 27).

Phần tử chuyển động tốt nhất nên nằm trên 3 điểm trên bề mặt  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  và bao gồm hai bề mặt đỡ làm việc P và Q trên đường được kiểm (xem Hình 27).



Hình 27



Hình 28

Sai lệch độ thẳng của bề mặt chuẩn phức tạp (xem Hình 28) được đo trong mặt phẳng làm việc của đường hướng (các đường HH và VV) và không vuông góc với mặt phẳng chuẩn.

#### 5.2.2.2.2 Đường hướng

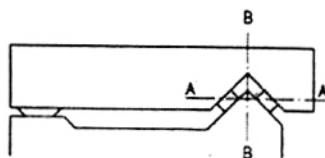
Sự dẫn hướng được đảm bảo bằng đường hướng hoặc các thiết bị phức tạp hơn không thể tháo dỡ được mà không phá vỡ cấu trúc máy. Việc kiểm tra đường hướng liên quan đến sự đo độ thẳng và chỉ nên tiến hành nếu bộ phận có thể được tiếp cận. Các đường hướng phức tạp hơn phải được kiểm tra như bộ phận đo chuyển động đường thẳng của bộ phận chuyển động (xem 5.2.3).

Sai lệch độ thẳng phải luôn được kiểm tra trong mặt phẳng làm việc. Thông thường các kiểm này có thể liên quan đến đường nằm ngang (Hình 29 đường AA) hoặc đường thẳng đứng (Hình 29 đường BB), ngoại trừ một số kết cấu máy (xem Hình 36).

Phải chú ý rằng, hình dạng dọc của đường hướng không cần thiết phải thẳng vì có thể xuất hiện trong mặt phẳng làm việc một hình dạng đặc biệt, do người chế tạo qui định.

Bề mặt dẫn hướng có thể bao gồm như sau:

- Một mặt phẳng hoặc nhiều mặt nhỏ được nối cùng với nhau;
- Nhiều đoạn mặt phẳng hẹp, đường hướng trụ hoặc cụm hai đường hướng.



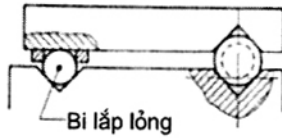
Hình 29

#### 5.2.2.2.1 Các bề mặt chữ V

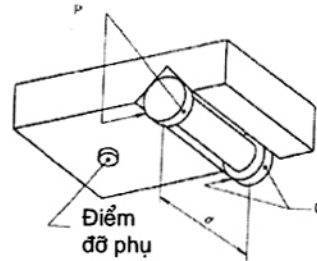
Bộ phận chuyển động phải được đỡ trên bề mặt tại bốn điểm tiếp xúc. Nó cũng được hỗ trợ bởi điểm bổ sung trên một bề mặt khác của đường hướng để ổn định.

Hình 30, Hình 31 chỉ dẫn việc sử dụng rãnh lằng trụ và Hình 29 là rãnh V ngược.

CHÚ THÍCH 12 Điểm đỡ bổ sung không nên dùng một lực định vị lớn trên bộ phận chuyển động.



Hình 30

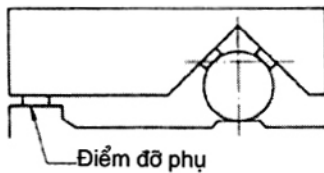


Hình 31

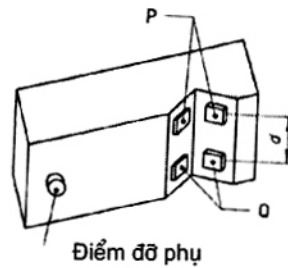
#### 5.2.2.2.2 Các bề mặt lằng trụ

Bộ phận chuyển động trên bốn điểm được đặt trên khối lằng trụ. Đây là dạng của một khối V ngược chiều (xem Hình 32, Hình 33).

Sự phòng ngừa như vậy phải được tiến hành như ở trên đối với khối đỡ phụ.



Hình 32

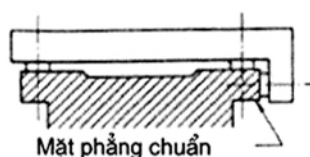


Hình 33

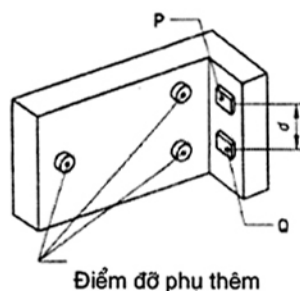
#### 5.2.2.2.3 Các bề mặt thẳng đứng đơn

Bộ phận chuyển động được tiếp xúc bởi 2 điểm, P và Q trên bề mặt được đo. Cần có ba điểm đỡ bổ sung để dẫn hướng bộ phận chuyển động. Chúng được lựa chọn để bảo đảm dẫn hướng không ảnh hưởng đến vị trí của hai điểm tiếp xúc vận hành khi đo (xem Hình 34 và 35).

CHÚ THÍCH 13 Khi sai lệch được đo trực tiếp, dụng cụ được đo trên mặt phẳng vuông góc với bề mặt thông qua một trong các điểm tiếp xúc và khi đo sai lệch góc, khoảng cách d xác định bước đo.



Hình 34

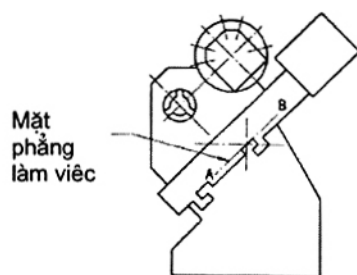


Hình 35

#### 5.2.2.2.4 Thân máy có đường hướng nghiêng (xem Hình 36)

Trong trường hợp này, mặt phẳng làm việc của phần tử chuyển động được đặt nghiêng so với mặt phẳng nằm ngang.

Sai lệch của độ thẳng được đo trong mặt phẳng làm việc (đường AB) và một mặt phẳng vuông góc với nó.



Hình 36

#### 5.2.2.2.3 Dung sai

Xem 5.2.1.3

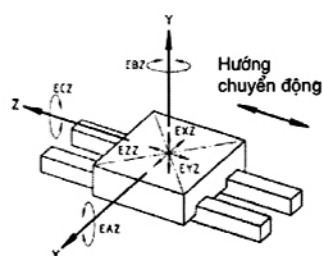
#### 5.2.3 Chuyển động theo đường thẳng

Kiểm chuyển động đường thẳng của một bộ phận máy công cụ được yêu cầu không chỉ để bảo đảm rằng máy sẽ tạo ra một chi tiết thẳng hoặc phẳng mà còn vì độ chính xác vị trí của một điểm trên chi tiết có liên quan đến chuyển động thẳng.

##### 5.2.3.1 Định nghĩa (xem Hình 37)

Chuyển động đường thẳng của một bộ phận chuyển động luôn liên quan đến 6 sai lệch thành phần:

- Một sai lệch vị trí theo hướng chuyển động;
- Hai sai lệch của quỹ đạo một điểm trên bộ phận chuyển động;
- Ba sai lệch góc của một bộ phận chuyển động.



EXZ	sai lệch đường	EAZ	bước	} Sai lệch góc
EYZ	sai lệch đường	EBZ	Sự trệch đường	
EZZ	sai lệch vị trí	ECZ	lăn	

Hình 37

#### 5.2.3.1.1 Sai lệch vị trí

Sai lệch vị trí được áp dụng trong 2.3.2.2.1 và trong TCVN 7011 – 2.

#### 5.2.3.1.2 Sai lệch đường thẳng

Sai lệch đường thẳng của chuyển động theo đường thẳng được xác định bằng độ thẳng của quỹ đạo của điểm làm việc hoặc điểm đặc trưng của bộ phận chuyển động. Điểm làm việc là vị trí của dụng cụ khi bộ phận chuyển động mang dụng cụ. Khi bộ phận chuyển động mang phôi, tâm của bàn có thể coi như là điểm đặc trưng.

#### 5.2.3.1.3 Sai lệch góc

Bất cứ một bộ phận nào được chuyển động đều liên quan đến sai lệch góc. Các sai lệch góc này được gọi là lăn, bước và sự chệch đường như chỉ dẫn trên Hình 37.

Toàn bộ sai lệch này sẽ ảnh hưởng đến chuyển động theo đường thẳng. Khi đo chuyển động theo đường thẳng một quỹ đạo của điểm đặc trưng, kết quả đo bao gồm toàn bộ ảnh hưởng của sai lệch góc, nhưng ảnh hưởng của các sai lệch góc này sẽ khác khi vị trí một điểm của bộ phận chuyển động khác so với điểm đặc trưng và phải tiến hành một phép đo riêng. Giá trị của mỗi sai lệch góc là góc lớn nhất được đối hướng theo đường ngang của bộ phận chuyển động.

### 5.2.3.2 Phương pháp đo

#### 5.2.3.2.1 Phương pháp đo sai lệch đường thẳng

Để vẽ quỹ đạo điểm làm việc của một bộ phận chuyển động, sử dụng phương pháp sau.

##### 5.2.3.2.1.1 Phương pháp dùng thước thẳng và đồng hồ so (xem 5.2.1.2.1.1.2).



**TCVN 7011-1: 2007**

Khi sử dụng thước thẳng và một đồng hồ so, thường cố định thước thẳng với bộ phận được sử dụng là một chuẩn (bàn làm việc của máy phay, trung tâm gia công, máy mài, băng máy tiện, v.v...). Đồng hồ so được kết nối với điểm đặt dụng cụ với đầu đo của nó ở vị trí gần nhất có thể đối với vùng làm việc của dụng cụ (xem A.2 và A.7).

**5.2.3.2.1.2 Phương pháp dùng kính hiển vi và dây căng (xem 5.2.1.2.1.2)**

Vị trí lắp đặt giống như dùng thước thẳng và đồng hồ so, dây căng đặc trưng cho thước thẳng và kính hiển vi đặc trưng cho đồng hồ so (xem A.9).

**5.2.3.2.1.3 Phương pháp ống ngắm thẳng hàng (xem 5.2.1.2.1.3)**

Khi sử dụng một ống ngắm thẳng hàng, đường chữ thập được nối với đường chuẩn, đích được nối với nơi đặt dụng cụ và tâm của nó được đặt gần nhất có thể tới vùng làm việc của dụng cụ (xem A.10).

**5.2.3.2.1.4 Phương pháp sử dụng lade (xem 5. 2.1.2.1.4 và 5. 2.1.2.1.5)**

Khi sử dụng lade (đo trực tiếp bằng dụng cụ giao thoa đo độ thẳng), các thiết bị xác định chuẩn đo phải được cố định chắc chắn đối với bộ phận được lựa chọn làm chuẩn. Các phần tử chuyển động được cố định với giá dao và tâm của nó phải ở vị trí gần nhất có thể đối với vùng làm việc của dụng cụ (xem A.13).

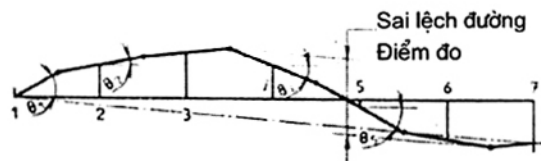
**5.2.3.2.1.5 Phương pháp sử dụng đo góc (xem 5.2.1.2.2 và 5.2.3.2.2)**

Phương pháp này không dùng để kiểm tra các sai lệch đường thẳng. Để kiểm tra sai lệch độ thẳng đường hướng, phần tử chuyển động có hai chân P và Q cách nhau một khoảng d (xem Hình 19) và đường hướng được kiểm liên tục theo các đoạn d.

Trong trường hợp này, bộ phận chuyển động thường không có các chân như vậy và tiếp xúc bề mặt trên toàn bộ chiều dài của nó.

Kết quả đạt được có thể khác một chút so với quỹ đạo thực. Giả sử bề mặt trơn nhẵn và bộ phận chuyển động di chuyển bao quanh bề mặt, sai lệch đường thẳng có thể được thừa nhận bởi quá trình chỉ ra trong Hình 38.

Tại điểm đo thứ  $i$ , sai lệch góc là  $\theta_i$ . Giả sử  $\theta_i$  có ảnh hưởng từ điểm giữa  $i-1$  và  $i$  đến  $i$  và  $i+1$ . Khi  $\theta$  thay đổi thì khoảng cách đo phải thay đổi theo.



**Hình 38**

### 5.2.3.2.2 Phương pháp đo sai lệch góc

Khi chuyển động trong mặt phẳng nằm ngang, một nivô chính xác có thể đo bước và độ lặn, trong khi đó một ống tự chuẩn trực và lade có thể đo được sai lệch bước.

#### 5.2.3.2.2.1 Phương pháp dùng nivô chính xác (xem 5.2.1.2..2)

Khi sử dụng một nivô chính xác, dụng cụ đo được cố định với bộ phận chuyển động. Bộ phận được chuyển động gia tăng và số chỉ của nivô được ghi lại sau mỗi lần chuyển động.

#### 5.2.3.2.2.2 Phương pháp sử dụng một ống tự chuẩn trực (xem 5.2.1.2.2.2)

Khi sử dụng ống tự chuẩn trực gương được lắp trên bộ phận chuyển động và ống tự chuẩn trực lắp trên đường chuẩn.

#### 5.2.3.2.2.3 Phương pháp sử dụng lade (xem 5.2.1.2.2.3)

Khi sử dụng lade, dụng cụ đo giao thoa điều khiển từ xa và chùm tia được cố định trên đường chuẩn và gương phản xạ lade được lắp trên bộ phận chuyển động hoặc đằng sau mâm cặp

### 5.2.3.3 Dung sai

#### 5.2.3.3.1 Dung sai đối với sai lệch đường của chuyển động theo đường thẳng

Dung sai xác định sai lệch cho phép của chuyển động theo đường thẳng của quỹ đạo điểm làm việc hoặc điểm đặc trưng liên quan đến đường đặc trưng (hướng chung của quỹ đạo); dung sai của các sai lệch hai đường có thể khác nhau.

#### 5.2.3.3.2 Dung sai đối với sai lệch góc của chuyển động theo đường thẳng

Dung sai xác định sai lệch góc cho phép của chuyển động theo đường thẳng của bộ phận.

Dung sai của sai lệch góc có thể khác so với ba thành phần, bước, xoay và lệch.

### 5.3 Độ phẳng

#### 5.3.1 Định nghĩa

Một mặt phẳng được coi là phẳng nằm trong phạm vi đo khi toàn bộ các điểm nằm trong hai mặt phẳng song song đối với hướng chung của một mặt phẳng và cách hướng chung một giá trị đã cho.

Hướng chung của mặt phẳng hoặc mặt phẳng đặc trưng được xác định sao cho sai lệch độ phẳng là nhỏ nhất, nghĩa là mỗi mặt phẳng được qui ước:

- bằng ba điểm được lựa chọn thuận lợi trong mặt phẳng kiểm (thường bộ phận gắn với cạnh có sai lệch cục bộ nhỏ nhất có thể bỏ qua).

hoặc:

- trên một mặt phẳng được tính toán từ các điểm được vẽ bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất.

### 5.3.2 Phương pháp đo

#### 5.3.2.1 Đo độ phẳng bằng tấm kiểm

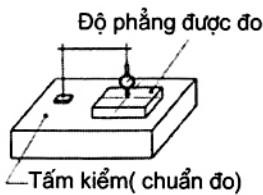
Trong phương pháp đo bằng tấm kiểm, tấm được phủ một lớp bột ôxit bạc hoặc ôxit crom loãng trong dầu nhẹ. Sau khi phủ, tấm được đặt lên trên bề mặt được đo, dịch chuyển nhẹ tấm rồi nhấc lên, ghi lại sự phân bố các điểm tiếp xúc trên một đơn vị bề mặt. Sự phân bố này đều trên toàn bộ bề mặt và bằng một giá trị đã cho. Phương pháp này chỉ áp dụng đối với các bề mặt có kích thước nhỏ và độ nhám tương đối nhỏ (các bề mặt được cạo hoặc mài).

##### 5.3.2.1.1 Phép đo bằng tấm kiểm và đồng hồ so

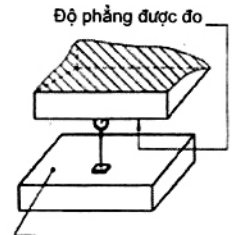
Thiết bị đo bao gồm một tấm kiểm và một đồng hồ so được kẹp trong một giá đỡ có mặt đế dịch chuyển trên bề mặt tấm.

Có hai dạng đo:

a) bộ phận được đo đặt trên bề mặt tấm (kích thước của tấm kiểm và Hình dáng của giá đỡ đồng hồ so phải đủ lớn để có thể đo được toàn bộ bề mặt (xem Hình 39).



Hình 39



Tấm kiểm ( chuẩn đo)

Hình 40

b) tấm kiểm được đặt đối diện với bề mặt đo. Trong trường hợp này, phép kiểm có thể có tấm kiểm có kích thước giống bề mặt được đo (xem Hình 40).

Đặt một mẫu Hình vuông để xác định vị trí của điểm đo.

Có thể tránh được sai số của các số chỉ do sai lệch của bề mặt bằng:

- a) sử dụng một đồng hồ so có đầu đo tròn nhỏ không ảnh hưởng bởi độ nhám ;
- b) đặt căn mẫu có các mặt song song giữa bề mặt được đo và đầu đo của đồng hồ so phát hiện được khuyết tật bề mặt (bề mặt được cạo hoặc bề mặt được bào, v.v...).

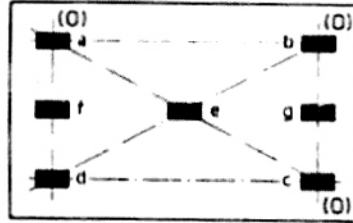
**CHÚ THÍCH 14 :** Trong lần lắp đặt thứ nhất (Hình 39) vị trí của đồng hồ so bị ảnh hưởng bởi sự biến đổi độ dốc trên bề mặt của tấm kiểm. Phương pháp này dùng cho tấm kiểm có độ chính xác cao, không có khả năng để tính sai lệch của tấm kiểm, phương pháp này được dùng cho các bộ phận nhỏ.

Khi lắp đặt lần thứ hai (Hình 40), phép đo được tiến hành bằng việc đặt giá đồng hồ so vuông góc với tấm kiểm, có thể tính được sai lệch của bề mặt trong khi xử lý kết quả.

### 5.3.2.2 Phép đo độ phẳng bằng thước thẳng

#### 5.3.2.2.1 Phép đo họ đường thẳng bằng sự dịch chuyển một thước thẳng

Mặt phẳng lý thuyết trên đó bố trí các điểm chuẩn được xác định đầu tiên. Đối với mục đích này, ba điểm, a, b và c trên bề mặt được kiểm, được chọn làm điểm không (điểm zêrô) (xem Hình 41). Đặt ba căn mẫu có chiều dày bằng nhau trên ba điểm sao cho bề mặt trên của căn mẫu xác định mặt phẳng chuẩn đối với bề mặt được so sánh.



Hình 41

Điểm thứ tư d nằm trên mặt phẳng chuẩn được lựa chọn theo cách sau: sử dụng căn mẫu có thể điều chỉnh chiều cao, một thước thẳng đặt trên a và c và một căn mẫu điều chỉnh được đặt trên một điểm e trên bề mặt và cho tiếp xúc với bề mặt dưới của thước thẳng. Bởi vậy, các bề mặt trên của căn mẫu a, b, c, e sẽ nằm trên cùng một mặt phẳng. Khi đó sai lệch của điểm d được tìm thấy bằng cách đặt thước thẳng trên điểm b và điểm e và một căn mẫu điều chỉnh được đặt tại điểm d và bề mặt trên của nó được đưa vào mặt phẳng xác định bởi bề mặt trên của căn mẫu ở vị trí kiểm.

Bằng việc đặt thước kiểm lên trên a và d rồi đặt lên trên b và c, sẽ tìm được sai lệch của tất cả các điểm trung gian nằm trên bề mặt nằm giữa a và d và giữa a và c. Sai lệch của các điểm nằm giữa a và b, c và d có thể tìm được theo cùng một cách như vậy (Phải tính đến bất kỳ độ võng cho phép nào của thước kiểm).

Để đạt được số chỉ bên trong hình chữ nhật hoặc hình vuông như đã định nghĩa ở trên, chỉ cần đặt căn mẫu lên trên điểm f và điểm g. Ví dụ, sai lệch của các điểm đã biết, các căn mẫu đã được điều chỉnh đến chiều cao chính xác. Thước thẳng được đặt trên đó, và với sự trợ giúp của căn mẫu, có thể đo được sai lệch giữa các bề mặt và thước thẳng. Có thể sử dụng dụng cụ để đo độ thẳng như ví dụ trên Hình 12.

#### 5.3.2.2.2 Phép đo bằng thước thẳng, nivô chính xác và đồng hồ so (Hình 42)

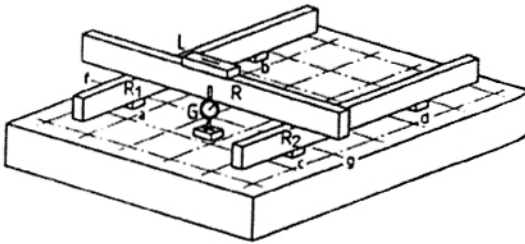
Trong phương pháp này, chuẩn đo được tạo ra bởi hai thước thẳng đặt song song với nivô chính xác (xem A.6)

Hai thước thẳng  $R_1$  và  $R_2$  được lắp đặt trên các giá đỡ (căn mẫu) a, b, c, d trong đó có ba giá có cùng chiều cao và một giá có thể điều chỉnh được chiều cao, được lắp đặt sao cho các bề mặt trên của chúng

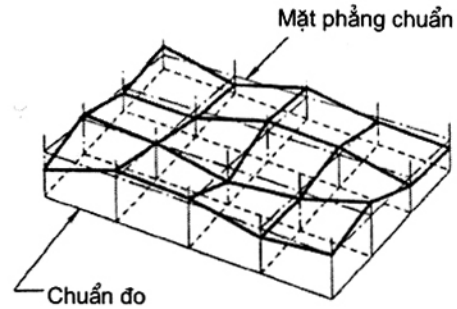
**TCVN 7011-1: 2007**

song song bởi sử dụng một nivô chính xác. Như vậy, hai đường thẳng  $R_1$  và  $R_2$  là đồng phẳng. Một thước thẳng chuẩn  $R$  được đặt trên  $R_1$  và  $R_2$  trên bất kỳ đường  $f-g$  của ke vuông chuẩn, cho phép sai lệch được đọc bởi đồng hồ so  $G$  (hoặc bằng căn mẫu tiêu chuẩn).

Hai thước thẳng  $R_1$  và  $R_2$  phải đủ cứng vững để sao cho độ võng do khối lượng của thước thẳng chuẩn là không đáng kể.



**Hình 42**



**Hình 43**

Một chuẩn đo được thiết lập và sai lệch so với chuẩn đo  $L$  được xác định và vẽ ra đồ thị. Đồ thị sẽ được xác định theo các điểm khác nhau theo mẫu vuông (xem Hình 43), bao phủ lên toàn bộ bề mặt của mặt phẳng đo. Việc lựa chọn khoảng cách các điểm phụ thuộc vào dụng cụ được sử dụng.

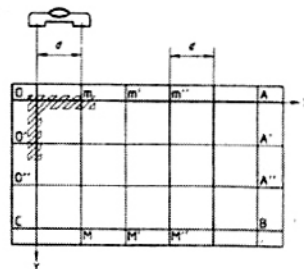
**5.3.2.3 Phép đo độ phẳng bằng nivô chính xác**

Phương pháp này chỉ cho phép hướng chuẩn đo không thay đổi (nằm ngang) được duy trì khi dụng cụ di chuyển từ vị trí này đến vị trí khác.

Đo độ thẳng của một đường bằng phương pháp sai lệch góc (5.2.1.2.2) là cơ sở của phương pháp đo này.

**5.3.2.3.1 Phép đo bề mặt chữ nhật**

Mặt phẳng chuẩn được xác định bởi hai đường thẳng  $O_mX$  và  $OO'Y$ , trong đó,  $O$ ,  $m$  và  $O'$  là ba điểm trên bề mặt được kiểm (Hình 44).



**Hình 44**

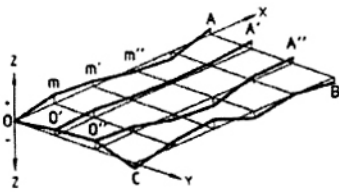
Hai đường OX và OY được lựa chọn vuông góc với nhau và nếu có thể song song với các cạnh bên ngoài của bề mặt được đo. Phép đo được bắt đầu ở một trong những góc O của bề mặt và trong hướng OX. Biên dạng cho mỗi đường OA và OC được xác định bằng phương pháp chỉ dẫn trong 5.1.2.2.1. Biên dạng của hai đường dọc O'A', O''A'' và CB được xác định sao cho bao phủ toàn bộ bề mặt.

Các phép đo phụ thêm có thể được tiến hành theo mM, m'M', v.v để xác nhận lại phép đo trước đó.

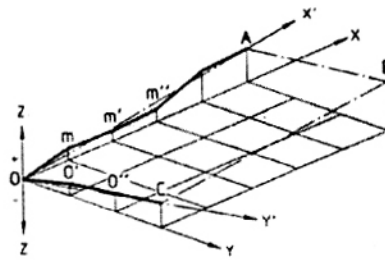
Khi chiều rộng của bề mặt được đo không tương xứng với chiều dài của nó, giống như dạng kiểm tra chéo phải tiến hành đo dọc theo đường chéo của nó.

Giải thích kết quả đo (xem Hình 45 và Hình 46)

Từ kết quả đo các đường Omm'A và OO'O''C, sử dụng qui trình chỉ ra trên Hình 20, vẽ đồ thị địa hình của Omm'A và OO'O''C. Đối với đồ thị của đường O'A', O''A'' và CB, các điểm bắt đầu phải là O', O'' và C. Trong trường hợp Hình 45, toàn bộ đồ thị rất gần đối với chuẩn đo và mặt phẳng này có thể gọi là mặt phẳng đặc trưng, nhưng trong trường hợp Hình 46 các đường đặc trưng của các đường Omm'A và OO'O''C theo hướng OX' và OY'. Trong trường hợp như vậy, mặt phẳng đặc trưng có khả năng là mặt phẳng chứa OX' và OY', nghĩa là mặt phẳng OABC.



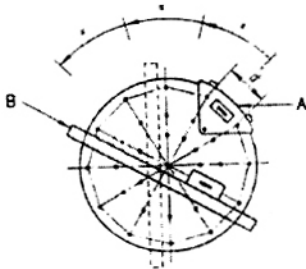
Hình 45



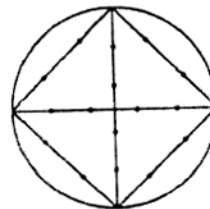
Hình 46

### 5.3.2.3.2 Phép đo các bề mặt mặt phẳng có đường bao tròn

Các bề mặt mặt phẳng rộng có các đường bao tròn không thích hợp với một mẫu vuông trực giao mà mẫu đó bỏ đi một số các bộ phận không được kiểm tra. Do đó, cần ưu tiên khảo sát bằng sử dụng chu vi đường tròn và đường kính (xem Hình 47)



Hình 47



Hình 48

## TCVN 7011-1: 2007

CHÚ THÍCH 15 Đối với các mặt phẳng nhỏ, các phép đo độ phẳng được tiến hành theo cách đơn giản bằng việc đo độ thẳng;

- Đo độ thẳng của hai đường kính vuông góc với nhau;
- Đo độ thẳng của các cạnh hình vuông được tạo bởi sự nối của các điểm biên xa nhất (xem Hình 48)

Một nivô chính xác được đặt trên một giá đỡ tĩnh A và được di chuyển theo các đoạn đều vòng quanh chu vi của tấm.

### b) Kiểm tra đường kính

Việc kiểm này được tiến hành bằng cách sử dụng bất kỳ một phương pháp đo độ thẳng của một đường nào (xem 5.2.1)

### 5.3.2.4 Phép đo độ phẳng bằng các phương pháp quang

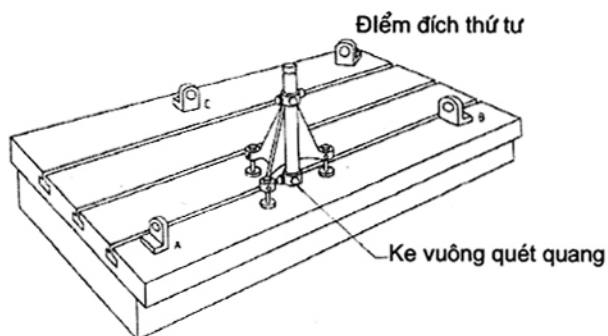
#### 5.3.2.4.1 Phép đo bằng một ống tự chuẩn trực

Đường thẳng OX và OY định ra mặt phẳng chuẩn được xác định bởi trục quang của ống tự chuẩn trực trong hai vị trí và nếu có thể cách nhau  $90^\circ$ . Phương pháp cho trong 5.2.1.2.2.2 như sau.

Mặt phẳng chuẩn của phép đo được xác định bằng hướng của trục quang của ống chuẩn trực OX và OY. Như vậy, đối với phép đo O'A', O"A" và CB, trục quang của ống tự chuẩn trực phải song song với OX (xem Hình 44).

#### 5.3.2.4.2 Phép đo bằng ke vuông quét quang

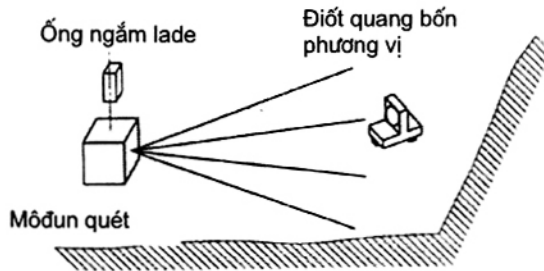
Khi sử dụng ke vuông quét quang (lăng trụ năm cạnh) để đo, mặt phẳng chuẩn được thiết lập ở tâm của ba điểm đích chuẩn (A,B,C) được đặt trên chu vi bề mặt (xem Hình 49). Các ke này phải được định hướng sao cho trục quang của ống ngắm vuông góc mặt phẳng chuẩn và đích thứ tư được sử dụng để đo vị trí của bất kỳ điểm nào trên bề mặt (xem A.12)



Hình 49

### 5.3.2.4.3 Phép đo bằng lade thẳng hàng

Trong phương pháp này, một môđun quét được kết hợp với một lade thẳng hàng để xác định mặt phẳng chuẩn cho phép đo với sự trợ giúp của chuẩn các đường thẳng đồng phẳng (xem Hình 50 và A.13)

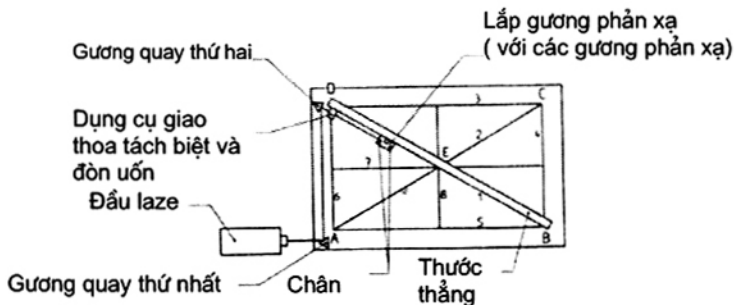


Hình 50

### 5.3.2.4.4 Phép đo bằng hệ thống đo lade

Phép đo vẽ địa hình của một bề mặt được khôi phục lại từ việc kiểm tra độ thẳng của các đường khác nhau bằng đo sai lệch góc (xem A.13)

Trình tự của phép đo được chỉ dẫn trong Hình 51, trong đó các đường từ 1 đến 8 được mô tả theo biểu đồ

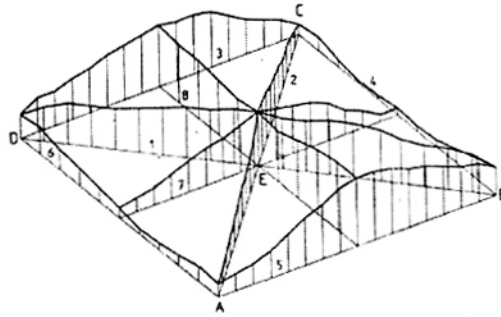


Hình 51

Lần lượt kiểm tra các đường từ 1 đến 8. Kết quả các số chỉ được phân tích bằng xử lý dữ liệu tạo ra đồ thị của độ phẳng tám kiểm theo dạng hình chiếu trực đo (xem Hình 52)

**CHÚ THÍCH 16** Chùm lade đặt nằm ngang được điều chỉnh theo hướng yêu cầu bằng việc điều chỉnh gương quay. Tuy nhiên, điều này có thể ảnh hưởng đến hướng thẳng đứng của chùm lade.





Hình 52

### 5.3.2.5 Phép đo bằng máy đo tọa độ

Độ phẳng bề mặt có thể được đo bằng máy đo tọa độ (CMM). Mặt phẳng chuẩn được thiết lập từ phần mềm CMM theo 5.3.1 và xác định độ phẳng so với mặt phẳng này (xem Hình 43).

### 5.3.3 Dung sai

Miền dung sai của độ phẳng được giới hạn bởi hai mặt phẳng, cách nhau một khoảng  $t$ , song song với hướng chung của mặt phẳng (mặt phẳng đại diện).

Phạm vi đo và vị trí của dung sai so với mặt phẳng đặc trưng.

Dung sai của độ phẳng được chỉ dẫn như sau:

- Dung sai độ phẳng: ...mm khi, giữa các đầu mút, cho phép mặt phẳng có độ lồi và độ lõm
- Độ lõm (hoặc độ lồi) đến :...mm khi, giữa các đầu mút, chỉ cho phép mặt phẳng có độ lõm hoặc độ lồi.
- Dung sai cục bộ : ..mm đối với ..mm x... mm khi dung sai này được xác định và cho phép có độ lõm và độ lồi.

Hơn nữa dung sai trong trường hợp này được biết đến như là "dung sai cục bộ".

Chú thích 17: Các kết quả kiểm có thể bị ảnh hưởng bởi tình trạng bề mặt tiếp xúc của đầu đo của dụng cụ. Khi cần thiết, tình trạng của bề mặt tiếp xúc này phải được xác định.

## 5.4 Độ song song, độ cách đều, độ trùng nhau

Phép đo các dung sai trên được xác định trong các mục sau:

- độ song song của các đường và các mặt phẳng, xem 5.4.1;
- độ song song của chuyển động, xem 5.4.2;
- độ cách đều, xem 5.4.3;
- độ đồng trục, độ trùng nhau hoặc độ thẳng hàng, xem 5.4.4.

### 5.4.1 Độ song song của các đường và các mặt phẳng

#### 5.4.1.1 Định nghĩa

Một đường được coi là song song với một mặt phẳng, nếu khi đo khoảng cách của đường này từ đường đặc trưng (xem 5.2.1.1.1) cách điểm giao của mặt phẳng và mặt phẳng pháp tuyến có chứa đường này với một số lượng điểm thì hiệu lớn nhất đạt được trong một phạm vi đã cho không được lớn hơn giá trị qui định trước.

Hai đường được coi là song song khi một trong hai đường này song song với hai mặt phẳng đi qua đường đặc trưng của đường kia. Dung sai của độ song song không cần thiết giống hệt nhau trong hai mặt phẳng.

Hai mặt phẳng được coi là song song khi phạm vi lớn nhất của khoảng cách từ mặt phẳng đặc trưng của một trong hai mặt phẳng này đến mặt phẳng kia được đo trên toàn bộ bề mặt trong ít nhất hai hướng, không được vượt quá giá trị thoả thuận trên chiều dài xác định.

Phạm vi lớn nhất nghĩa là hiệu giữa kích thước lớn nhất và kích thước nhỏ nhất đạt được khi đo.

Hiệu này được đo trong các mặt phẳng đã cho (nằm ngang, thẳng đứng, vuông góc với bề mặt kiểm, cắt ngang trục kiểm, v.v...) nằm trong chiều dài đã cho (ví dụ trên chiều dài 300mm hoặc trên toàn bộ bề mặt)

**CHÚ THÍCH 18:** Độ song song được định nghĩa là hiệu của khoảng cách từ đường đặc trưng (hoặc mặt phẳng đặc trưng) của một đường (hoặc một mặt phẳng) đến đường hoặc mặt phẳng kia. Nếu đường thẳng (hoặc mặt phẳng) được lựa chọn làm chuẩn bị đảo ngược thì kết quả có thể khác.

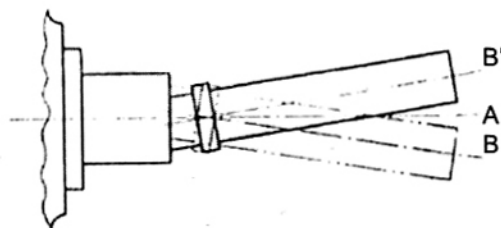
#### **5.4.1.2 Phương pháp đo**

##### **5.4.1.2.1 Yêu cầu chung đối với trục**

Khi phép đo độ song song liên quan đến trục thì chính trục đó phải được đặc trưng bởi các bề mặt trụ có độ chính xác hình dạng cao, được gia công phù hợp và đủ chiều dài. Nếu bề mặt trục chính không đáp ứng được điều kiện trên, hoặc nếu là bề mặt bên trong không cho phép có khe hở thì sử dụng một bề mặt trụ trợ giúp (trục kiểm).

Sự cố định và định tâm trục kiểm phải được tiến hành trên đầu mút của trục hoặc trên phần lỗ trụ hoặc lỗ côn được thiết kế để lắp dụng cụ hoặc đồ gá khác.

Khi lắp một trục kiểm vào trục chính để đặc trưng cho đường tâm quay, phải tính đến thực tế, là không thể định tâm trục kiểm chính xác trên đường tâm quay. Khi trục chính quay, đường tâm của trục kiểm mô tả mặt hypebôloit (hoặc một bề mặt côn, nếu đường tâm của trục kiểm cắt đường tâm quay) và cho hai vị trí B-B' nằm trong mặt phẳng kiểm (xem Hình 53).



Hình 53

Phép đo độ song song trong điều kiện này chịu ảnh hưởng của sự định hướng trục chính tại bất kỳ góc nào nhưng phải được lặp lại sau khi quay trục chính 180°. Sai lệch độ song song trong mặt phẳng đã cho là trung bình số học của hai lần đo.

Trục kiểm cũng có thể đưa vào vị trí trung bình A (được gọi là: "vị trí trung bình của độ đảo" phép đo chỉ chịu ảnh hưởng trong vị trí này).

Phương pháp thứ nhất nhanh như phương pháp thứ hai nhưng chính xác hơn.

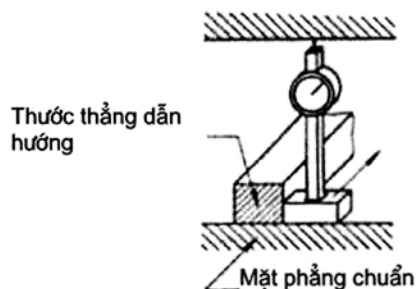
**CHÚ THÍCH 19** Thuật ngữ "vị trí trung bình của độ đảo" được hiểu như sau: trong mặt phẳng kiểm, đầu đo được đưa vào tiếp xúc với bề mặt trụ đặc trưng cho đường tâm quay. Đọc trị số của dụng cụ đo khi quay chậm trục chính. Trục chính ở vị trí trung bình của độ đảo khi kim chỉ cho số chỉ trung bình giữa hai đầu mút của hành trình trục chính.

#### 5.4.1.2.2 Độ song song của hai mặt phẳng

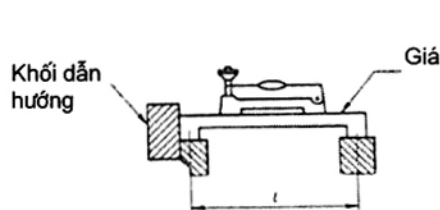
Có thể sử dụng các phương pháp sau để kiểm tra độ song song của hai mặt phẳng. Phép đo được tiến hành theo hai hướng, tốt nhất là vuông góc với nhau.

##### 5.4.1.2.2.1 Thước thẳng và đồng hồ so

Đồng hồ so được lắp trên một giá đỡ có đế phẳng và được dẫn hướng bằng việc tiếp xúc với thước thẳng, được di chuyển trên một mặt phẳng bằng quãng đường xác định. Đầu đo trượt dọc trên mặt phẳng thứ hai (xem Hình 54)



Hình 54



Hình 55

#### 5.4.1.2.2 Phương pháp nivô chính xác

Nivô được đặt trên giá nối hai mặt phẳng đã được so sánh. Đọc liên tục các số đo dọc theo các mặt phẳng và hiệu lớn nhất của các số đọc (góc) cho sai lệch độ song song góc và số đọc (góc) nhân với  $l$  cho sai lệch độ song song đường (xem Hình 55 và Hình A.6).

Nếu việc nối hai mặt phẳng khó khăn, không sử dụng được giá thì đo dọc theo mỗi mặt phẳng theo đường nằm ngang được sử dụng như chuẩn đo (5.2.1.2.2). So sánh số chỉ tại các vị trí tương ứng chỉ ra độ song song.

#### 5.4.1.2.3 Độ song song của hai trục

Các phép đo được tiến hành trong hai mặt phẳng:

- Trong một mặt phẳng đi qua hai trục <sup>2)</sup>
- Sau đó, nếu có thể, trong mặt phẳng thứ hai vuông góc với mặt phẳng thứ nhất.

##### 5.4.1.2.3.1 Mặt phẳng đi qua hai trục <sup>2)</sup>

Dụng cụ đo được kẹp trên một giá đỡ với một mặt đáy có hình dạng phù hợp để sao cho nó trượt dọc theo một mặt trụ đặc trưng cho một trong hai trục, đầu đo trượt dọc theo mặt trụ đặc trưng cho trục thứ hai.

Để xác định số chỉ nhỏ nhất giữa các trục tại điểm bất kỳ, dụng cụ phải di chuyển nhẹ nhàng theo một hướng vuông góc với trục (xem Hình 56). Nếu cần thiết, phải tính đến độ võng của mặt trụ do khối lượng thì phải có giá đỡ trong suốt quá trình đo.

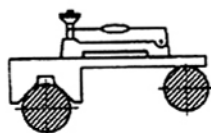
##### 5.4.1.2.3.2 Mặt phẳng thứ hai vuông góc với mặt phẳng thứ nhất

Phương pháp đo này yêu cầu một mặt phẳng trợ giúp, nếu có thể song song với mặt phẳng đi qua hai trục. Nếu mặt phẳng trợ giúp này tồn tại vì thực tế hai trục sẽ song song với một bề mặt máy, độ song song của mỗi trục coi như tách riêng, phải được xác định liên quan đến bề mặt này trong phương pháp được mô tả trong 5.4.1.2.4. Nếu không phép đo phải được tiến hành với chuẩn là một mặt phẳng lý thuyết bằng một nivô có ống thủy chuẩn điều chỉnh được. Do vậy nivô phải được đặt lên trên hai mặt trụ đặc trưng cho hai trục và bọt khí phải được đặt ở vị trí không (zêrô). Nếu hai trục không nằm trong cùng một mặt phẳng nằm ngang thì dùng một cơ cấu phụ cố định hoặc có thể điều chỉnh được (xem Hình 57 và 58)

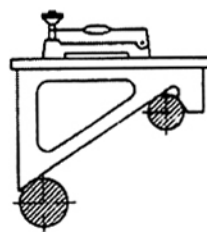
<sup>2)</sup> Điều này có nghĩa là một mặt phẳng đi qua một trong hai trục và càng gần với trục thứ hai càng tốt



Hình 56



Hình 57

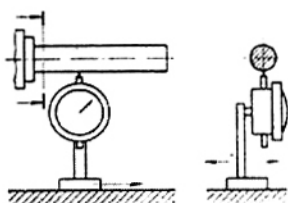


Hình 58

Dịch chuyển nivô dọc theo trục với quãng đường xác định, đọc chỉ số. Phép đo được biểu thị trong giới hạn của khoảng cách giữa các trục. Ví dụ, nếu khoảng cách là 300mm và chỉ số đọc của nivô là 0,06mm/1000mm, thì sai lệch của độ song song sẽ là  $0,06 \times 0,3 = 0,018\text{mm}$ .

#### 5.4.1.2.4 Độ song song của một trục với một mặt phẳng

Dụng cụ đo phải được đặt trên một giá đỡ có đế phẳng và được di chuyển dọc theo một mặt phẳng được xác định. Đầu đo trượt dọc theo mặt trụ (trục kiểm) đặc trưng cho trục (xem Hình 59)

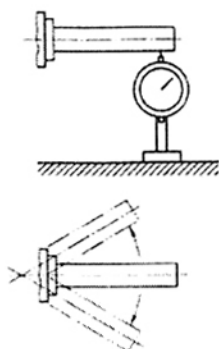


Hình 59

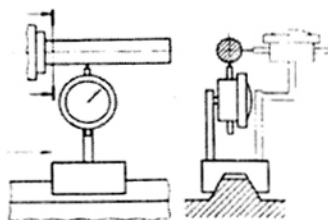
Tại mỗi điểm đo, sẽ nhận được số chỉ nhỏ nhất bằng di chuyển nhẹ nhàng dụng cụ đo theo hướng vuông góc đối với trục.

Trong trường hợp, trục quay, phải có đủ các phép đo ở vị trí trung bình và hai vị trí biên (xem Hình 60).

CHÚ THÍCH 20: Đối với sai lệch độ song song của mặt trụ đặc trưng cho trục, (xem 5.4.1.2.1)



Hình 60



Hình 61

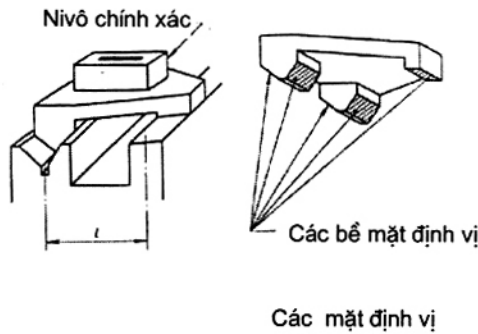
#### 5.4.1.2.5 Độ song song của một trục đối với giao tuyến hai mặt phẳng

Dụng cụ đo được kẹp trên giá đỡ với đáy có hình dáng phù hợp đặt trên hai mặt phẳng. Dụng cụ được di chuyển với khoảng cách xác định dọc theo đường thẳng của giao tuyến và đầu đo sẽ trượt dọc mặt trụ đặc trưng cho trục (xem Hình 61). Phép đo phải tiến hành trong hai mặt phẳng vuông góc được lựa chọn cho nguyên công quan trọng nhất của máy công cụ.

CHÚ THÍCH 21 Đối với sai lệch độ song song của mặt trụ đặc trưng cho trục, xem 5.4.1.2.1

#### 5.4.1.2.6 Độ song song của hai mặt phẳng đối với mặt phẳng thứ ba

Khi giao tuyến và mặt phẳng thứ ba được bố trí thuận tiện đối với nhau, sử dụng một khối lắp ráp và nivô chính xác (xem Hình 62). Bộ lắp ráp chuyển động dọc theo giao tuyến và sự thay đổi của các số chỉ góc nhân với  $l$  đặc trưng cho sai lệch độ song song (xem 5.4.1.2.3.2)

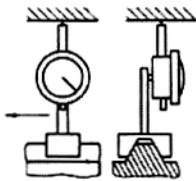


Hình 62

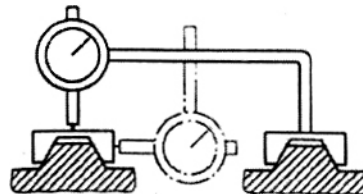
Nếu mặt phẳng thứ ba không được đặt ở vị trí thuận tiện thì phải sử dụng một đồng hồ so và một đồ gá lắp ráp (xem Hình 63). Đầu đo của đồng hồ phải đặt vuông góc so với mặt phẳng thứ ba, và đọc liên tục số chỉ của đồng hồ dọc theo đường giao tuyến.

Đối với các qui trình đo khác xem 5.4.1.2.2

Góc ôm giữa các mặt định vị của đồ gá lắp ráp phải ăn khớp chính xác với góc giao nhau của hai mặt phẳng. Điều này phải được kiểm tra với chất đánh dấu giống như bột đỏ của thợ lắp ráp.



Hình 63



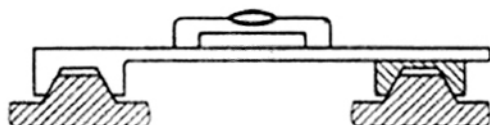
Hình 64

#### 5.4.1.2.7 Độ song song giữa hai đường thẳng, mỗi một đường được tạo bởi giao tuyến của hai mặt phẳng

Phép đo có thể tiến hành như trong 5.4.1.2.5. Đầu đo của dụng cụ đo tỳ lên trên một khối V được trượt dọc trên hai mặt phẳng tạo giao tuyến thứ hai. Phép đo phải được tiến hành trên hai mặt phẳng vuông góc đối với mặt phẳng khác (xem Hình 64)

Phương pháp này yêu cầu dụng cụ đo phải được lắp cứng vững, điều kiện này chỉ áp dụng đối với trường hợp hai đường thẳng gần nhau, về nguyên tắc chỉ được sử dụng ít nhất một nivô đối với phép đo độ song song trong mặt phẳng thẳng đứng (xem Hình 65).

CHÚ THÍCH 22: Nếu phép đo trực tiếp mặt phẳng hoặc đường thẳng khó khăn do trở ngại của các bộ phận máy công cụ nằm trong phạm vi đo thì phép đo có thể liên quan đến mặt phẳng chuẩn được tạo bởi, ví dụ, mặt phẳng ngang được xác định bởi một nivô chính xác.



Hình 65

#### 5.4.1.3 Dung sai

Dung sai độ song song của các đường thẳng hoặc các bề mặt của mặt phẳng được cho như sau:

Dung sai độ song song ...mm

Nếu độ song song chỉ được đo với chiều dài đã cho, chiều dài này phải được chỉ dẫn, ví dụ :

0,02mm trên chiều dài đo 300mm bất kỳ.

Về nguyên tắc, chiều của sai lệch không quan trọng, tuy nhiên, nếu sai lệch độ song song chỉ cho phép theo một chiều thì phải chỉ dẫn chiều, ví dụ:

Đầu tự do của trục chính chỉ cho phép hướng lên (so với bề mặt bàn máy).

Phải lưu ý là dung sai độ song song bao gồm dung sai hình dạng của các đường và bề mặt tương ứng, và kết quả đo phụ thuộc vào bề mặt đầu đo và bề mặt này cần được qui định khi có yêu cầu.

#### 5.4.2 Độ song song của chuyển động

##### 5.4.2.1 Định nghĩa

Thuật ngữ “độ song song” của chuyển động dựa vào vị trí quỹ đạo của điểm làm việc

(xem 5.2.3.1.2) của một bộ phận chuyển động của máy liên quan đến:

- Một mặt phẳng (giá đỡ hoặc đường hướng)
- Một đường thẳng (trục, giao tuyến của các mặt phẳng).
- Quĩ đạo của của một điểm trên bộ phận chuyển động khác của máy.

#### 5.4.2.2 Phương pháp đo

##### 5.4.2.2.1 Khái niệm chung

Các phương pháp đo thường giống các phương pháp đo độ song song của các đường thẳng và mặt phẳng đã sử dụng.

Bộ phận chuyển động phải được di chuyển xa đến mức có thể, theo phương pháp thông thường để tính đến tác động của khe hở và sai lệch trong đường hướng.

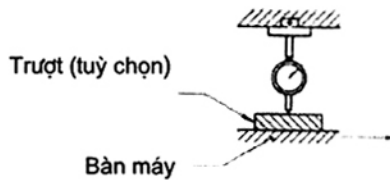
##### 5.4.2.2.2 Độ song song giữa một quỹ đạo và một mặt phẳng

###### 5.4.2.2.2.1 Mặt phẳng nằm trên chính bộ phận chuyển động

Một đồng hồ so được gắn trên một bộ phận cố định của máy và đầu đo tỷ vuông góc với bề mặt được đo. Bộ phận chuyển động được di chuyển trên khoảng cách đã định (xem Hình 66) .

Các phép đo này được áp dụng điển hình cho các máy phay và máy mài khi phôi được lắp trên bàn máy.

Đồng hồ so được lắp trên đầu trục chính, như chỉ dẫn trên Hình 66 và bàn máy được di chuyển ngang, kết quả của số chỉ của đồng hồ sẽ phản ánh độ chính xác (độ song song) được mong muốn của phôi gia công tinh.



Hình 66

###### 5.4.2.2.2.2 Mặt phẳng không nằm trên bộ phận chuyển động

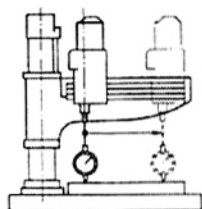
Dụng cụ đo được gắn trên bộ phận chuyển động và dịch chuyển trên khoảng cách xác định; đầu đo được tỷ vuông góc với bề mặt và trượt dọc theo bề mặt này (xem Hình 67).

Nếu đầu đo không thể tỷ trực tiếp lên bề mặt (ví dụ, cạnh của rãnh hẹp) thì sử dụng hai phương pháp sau:

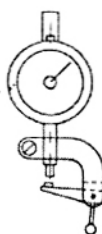
- Dùng một đồ gá đòn bẩy góc (xem Hình 68)



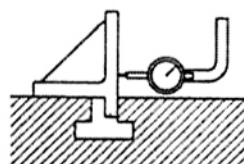
- Dùng một bộ phận có hình dáng phù hợp (xem Hình 69)



Hình 67



Hình 68



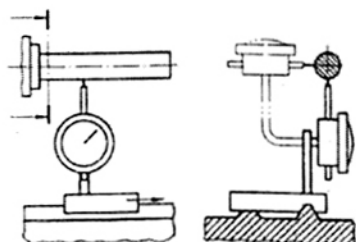
Hình 69

#### 5.4.2.2.3 Độ song song của một quỹ đạo đối với một trục

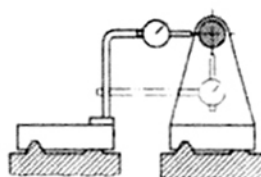
Dụng cụ đo được cố định với bộ phận chuyển động ở một khoảng cách đã định và chuyển động theo bộ phận này. Đầu đo trượt trên mặt trụ hoặc trục kiểm đặc trưng cho trục (xem Hình 70)

Khi trục quay, sử dụng vị trí trung bình (xem 5.4.1.2.1).

Trừ khi tất cả các mặt phẳng đều có tầm quan trọng ngang nhau, nếu có thể, phép đo phải được tiến hành trên hai mặt phẳng vuông góc được lựa chọn là quan trọng nhất với thực tế sử dụng máy.



Hình 70



Hình 71

#### 5.4.2.2.4 Độ song song của một quỹ đạo đối với giao tuyến của hai mặt phẳng

Độ song song giữa một trong hai mặt phẳng và quỹ đạo phải được đo tách riêng, theo 5.4.2.2.2. Vị trí của đường giao nhau được suy ra từ vị trí của mặt phẳng.

#### 5.4.2.2.5 Độ song song giữa hai quỹ đạo

Một đồng hồ so được gắn lên một trong các bộ phận chuyển động của máy sao cho đầu đo của nó được tỳ vào một điểm đã cho trên bộ phận chuyển động khác. Hai bộ phận này chuyển động cùng với

nhau theo cùng một hướng bằng khoảng cách đã định và sự thay đổi các số chỉ của dụng cụ đo được ghi lại (xem Hình 71).

Khi tất cả các mặt phẳng quan trọng như nhau, phép đo này phải được tiến hành trong hai mặt phẳng vuông góc được lựa chọn theo thực tế sử dụng máy.

#### 5.4.2.3 Dung sai

Dung sai độ song song của chuyển động cho phép thay đổi trong khoảng cách ngắn nhất giữa quỹ đạo của một điểm đã cho trên bộ phận chuyển động và một mặt phẳng, một đường thẳng hoặc quỹ đạo khác nằm trong chiều dài đã định.

Đối với phương pháp xác định dung sai, xem 5.4.1.3

### 5.4.3 Độ cách đều

#### 5.4.3.1 Định nghĩa

Độ cách đều liên quan đến khoảng cách giữa các trục và một mặt phẳng chuẩn. Có độ cách đều khi mặt phẳng đi qua trục song song với mặt phẳng chuẩn. Trục có thể là trục khác hoặc cùng một trục nhưng ở các vị trí khác nhau sau khi xoay.

#### 5.4.3.2 Phương pháp đo

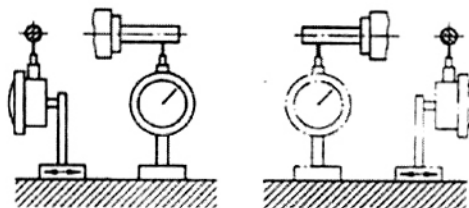
##### 5.4.3.2.1 Khái niệm chung

Độ cách đều giống độ song song giữa một mặt phẳng đi qua trục và mặt phẳng chuẩn.

Kiểm độ cách đều giữa hai trục hoặc một trục quay một mặt phẳng, thực tế là đo độ song song

(xem 5.4.1.2.4). Việc kiểm, đầu tiên là kiểm tra hai trục song song với một mặt phẳng sau đó kiểm chúng có cùng một khoảng cách so với mặt phẳng chuẩn này bằng việc sử dụng cùng một đồng hồ so trên hai mặt trụ đặc trưng cho các trục (xem Hình 72)

Nếu các mặt trụ này không giống nhau thì phải tính đến sự khác nhau của bán kính các tiết diện được kiểm.

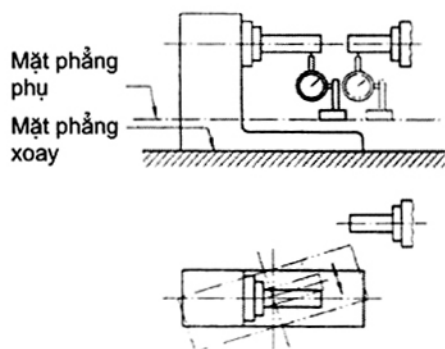


Hình 72

5.4.3.2.2 Trường hợp đặc biệt kiểm độ cách đều của hai trục so với mặt phẳng xoay của một trong hai trục

## TCVN 7011-1: 2007

Mặt phẳng xoay của bộ phận mang một trong hai trục không thể tiếp cận hoặc không thể cho phép dụng cụ đo chuyển động. Khi đó cần thiết phải đặt thêm một mặt phẳng phụ song song với mặt phẳng xoay (xem Hình 73).



Hình 73

Cần đặt và cố định mặt phẳng phụ này sao cho khi có một nivô đặt trên đó, nếu có thể trong hai hướng vuông góc, không có sai lệch khi bộ phận chuyển động xoay.

Độ cách đều của trục khi kiểm (nằm trong điểm giữa cũng như nằm ở các vị trí biên) cũng như trục cố định đều liên quan đến mặt phẳng phụ.

CHÚ THÍCH 23 : Khi sử dụng mặt phẳng phụ nằm ngang hoặc nghiêng thì đồng hồ so phải đặt ở vị trí góc để đảm bảo không có sự dịch chuyển không bình thường khi xoay.

### 5.4.3.3 Dung sai

Hiệu cho phép của khoảng cách không được đặt trước một dấu hiệu mà phải là giá trị chung cho toàn bộ hướng song song đến mặt phẳng chuẩn.

Nếu hiệu chỉ cho phép trong một hướng thì phải qui định hướng, ví dụ

- Trục 1 cao hơn trục 2.

### 5.4.4 Độ đồng trục, độ trùng nhau hoặc độ thẳng hàng<sup>3)</sup>

#### 5.4.4.1 Định nghĩa

Hai đường hoặc hai trục được gọi là đồng trục, trùng nhau hoặc thẳng hàng khi khoảng cách tương quan của chúng trên một chiều dài qui định không được vượt quá một giá trị đã cho. Khoảng cách đo được có thể được đặt trên các đoạn thẳng thực hoặc trên phần kéo dài của nó.

<sup>3)</sup> Từ "thẳng hàng" đôi khi được sử dụng trong thực tế với ý nghĩa chung của độ song song. Ở đây nó chỉ xem xét đến hai trục kết hợp với nhau hoặc một trục kéo dài vượt xa trục khác.

#### 5.4.4.2 Phương pháp đo

Dụng cụ đo được gắn trên một cần và được quay 360° xung quanh một trục. Kim của dụng cụ đo dịch chuyển trên một tiết diện đã cho A trên một mặt trụ đặc trưng cho trục thứ hai (xem Hình 74). Bất kỳ sự biến đổi nào trong số chỉ sẽ đặc trưng cho hai lần sai lệch của độ đồng trục. Do tiết diện lựa chọn để đo có thể giao với cả hai trục, việc kiểm có thể được tiến hành trên tiết diện B.

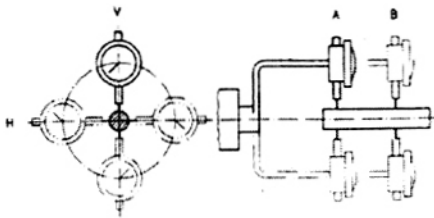
Nếu sai lệch được xác định trong hai mặt phẳng qui định (ví dụ mặt phẳng H và mặt phẳng V trong Hình 74), các biến đổi trong hai mặt phẳng này sẽ được ghi tách rời .

Trong trường hợp cần thiết, đặc biệt là trường hợp các trục nằm ngang, phải có sự lắp ráp rất cứng vững. Khi yêu cầu độ chính xác cao phải sử dụng đồng thời, hai dụng cụ đo cách nhau 180° để loại trừ ảnh hưởng của độ võng. Có thể sử dụng một giá đỡ, sai lệch của giá được bỏ qua khi khối lượng gấp đôi khối lượng của đồng hồ so. Trong trường hợp kiểm này, sử dụng đồng hồ so có khối lượng rất nhẹ.

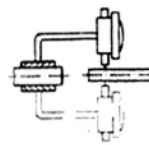
Do hướng đo thay đổi trong khi quay so với hướng của trọng lực, nên phải tính đến độ nhạy của dụng cụ đo đối với trọng lực.

Khi một trong hai trục là một trục quay, cần mang dụng cụ đo phải được cố định với trục kiểm đặc trưng cho trục quay khi mà sự quay ảnh hưởng đến trục. Nếu dụng cụ đo được yêu cầu để quay quanh một trục gá cố định, thì nó phải lắp trên một ổ trượt với lượng khe hở nhỏ nhất. Ổ này phải có đủ chiều dài để bảo đảm số chỉ không bị ảnh hưởng bởi khe hở trong ổ (xem Hình 75).

Nếu cả hai trục đều là trục quay, trục kiểm được đo có thể được đặt ở vị trí trung bình trong mặt phẳng đo (xem 5.4.1.2.1)



Hình 74



Hình 75

#### 5.4.4.3 Dung sai

Khi hướng sai lệch của độ đồng trục của hai trục hoặc hai đường không quan trọng thì dung sai cho như sau:

- Dung sai độ đồng trục của trục 1 so với trục 2 là ...mm trên chiều dài đã cho.

Trong trường hợp đặc biệt, có thể cho thêm chỉ dẫn phụ thuộc vào điều kiện vận hành, ví dụ:

## TCVN 7011-1: 2007

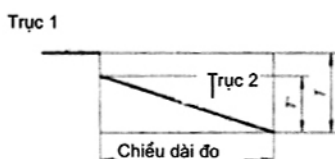
Trục 1 chỉ cao hơn trục 2.

Hoặc

Đầu tự do của trục 1 chỉ được hướng ra phía ngoài so với trục 2.

Trong trường hợp khác, điều này thuận tiện để đưa thêm vào, ngoài dung sai theo độ đồng trục, còn thêm dung sai độ song song giữa hai trục (xem Hình 76).

- Dung sai độ đồng trục giữa trục 1 so với trục 2 là:  $T$  mm trên chiều dài đã cho.
- Dung sai của độ song song giữa trục 1 và trục 2 là:  $T'$  trên chiều dài đã cho ( $T' < T$ ).



Hình 76

### 5.5 Độ vuông hoặc độ vuông góc

Độ vuông và độ vuông góc thường được sử dụng với cùng ý nghĩa:

Các phép đo độ vuông và độ vuông góc theo các quan điểm sau:

- Độ vuông góc của đường thẳng và mặt phẳng, xem 5.5.1;
- Độ vuông góc của chuyển động, xem 5.5.2.

#### 5.5.1 Độ vuông góc của các đường thẳng và mặt phẳng

##### 5.5.1.1 Định nghĩa

Hai mặt phẳng, hai đường thẳng, hoặc một đường thẳng và một mặt phẳng được gọi là vuông góc khi sai lệch độ song song liên quan đến hình vuông tiêu chuẩn không được vượt quá một giá trị đã cho. Hình vuông chuẩn này có thể là một ke vuông hoặc nivô vuông hoặc có thể gồm đường hoặc mặt phẳng động học.

##### 5.5.1.2 Phương pháp đo

###### 5.5.1.2.1 Khái niệm chung

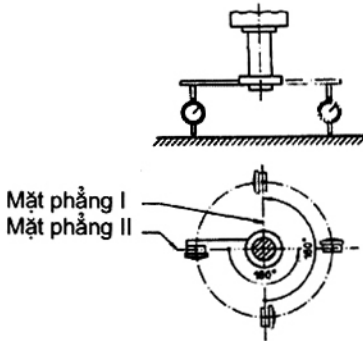
Phép đo độ vuông góc, trong thực tế là phép đo độ song song, thường áp dụng các khái niệm chung sau.

Đối với một trục quay, sử dụng phương pháp sau: một cần mang đồng hồ so được gắn trên trục chính và đầu đo được điều chỉnh song song với trục quay. Do trục chính quay, đồng hồ so vẽ ra một đường tròn, mặt phẳng của nó vuông góc với trục quay. Sai lệch độ song song giữa mặt phẳng của đường tròn và mặt phẳng có thể được đo bằng việc quét mặt phẳng được kiểm tra bằng kim của đồng hồ so.

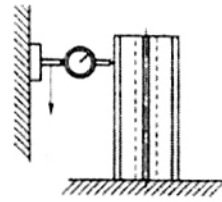
Sai lệch này biểu thị sự liên quan đến đường kính của đường tròn của chuyển động quay của dụng cụ (xem Hình 77).

a) Nếu không qui định mặt phẳng kiểm, đồng hồ so được quay hết  $360^\circ$  và lấy độ biến đổi lớn nhất của số chỉ của dụng cụ đo.

b) Nếu mặt phẳng kiểm được qui định (ví dụ mặt phẳng I và II), hiệu số ghi trong hai vị trí của đồng hồ, cách nhau  $180^\circ$ , phải được ghi lại cho mỗi mặt phẳng này.



Hình 77



Hình 78

Để loại trừ ảnh hưởng trượt chiều trục có chu kỳ (xem 5.6.1.2.2) của trục chính có thể làm phép đo không chính xác, sử dụng đồ gá có hai cân bằng nhau mang hai dụng cụ đo, đặt cách nhau  $180^\circ$ . Lấy trung bình số chỉ của đồng hồ so với điều kiện đồng hồ so được đặt ở vị trí "không" trong cùng một điểm tiếp xúc.

Việc kiểm này cũng được kiểm tra với chỉ một đồng hồ so. Sau khi kiểm lần thứ nhất, dụng cụ đo được di chuyển đến góc  $180^\circ$  so với trục chính và việc kiểm được lặp lại.

Nếu cần thiết, khe hở chiều trục sẽ bị loại bỏ bằng lực chiều trục phù hợp (xem 5. 6.2.1.1)

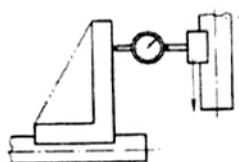
#### 5.5.1.2.2 Hai mặt phẳng vuông góc với nhau

Một trụ vuông được đặt lên một mặt phẳng ( xem Hình 78 ). Đồng hồ so được di chuyển dọc theo mặt phẳng khác và lấy số chỉ tại các khoảng bằng nhau. Quay trụ vuông  $180^\circ$  và đọc số chỉ lần thứ hai. Lấy giá trị trung bình đạt được từ hai lần ghi.

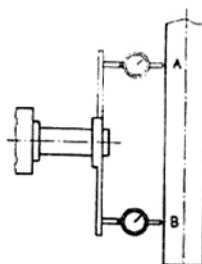
#### 5.5.1.2.3 Hai trục vuông góc với nhau

##### 5.5.1.2.3.1 Hai trục là các trục cố định

Ke vuông có đáy phù hợp được đặt lên trên trụ, đặc trưng cho một trong hai trục (xem Hình 79). Độ song song giữa cần tự do và trục thứ hai được đo bằng phương pháp đã mô tả có liên quan đến phép đo độ song song (xem 5.4.1.2.4)



Hình 79



Hình 80

#### 5.5.1.2.3.2 Một trong hai trục là trục quay

Một đồng hồ so được gắn vào một cần lắp trên một trục gá đặc trưng cho trục quay và được cho tiếp xúc với hai điểm A và B trên trụ đặc trưng cho trục kia (xem Hình 80). Sự thay đổi trên số chỉ được biểu thị liên quan đến khoảng cách AB.

Nếu trục thứ hai cũng là trục quay, trụ đặc trưng cho trục này được đưa đến vị trí trung bình của độ đảo trong mặt phẳng đo theo phương pháp đã mô tả có liên quan đến phép đo độ song song (xem 5.4.1.2.1).

#### 5.5.1.2.4 Một trục và một mặt phẳng vuông góc với nhau

##### 5.5.1.2.4.1 Trục cố định

Một ke vuông có một đáy phù hợp được đặt tiếp xúc với một trụ đặc trưng cho một trục.

Độ song song của cần tự do đối với mặt phẳng được đo theo hai hướng vuông góc bằng phương pháp đã cho có liên quan đến phép đo độ song song (xem 5.4.1.2.2)

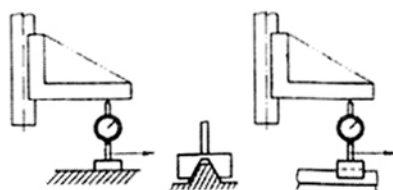
##### 5.5.1.2.4.2 Trục quay

Một đồng hồ so được gắn với một cần cố định trên trục chính và thao tác như đã cho 5.5.1.2.1.

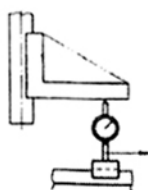
#### 5.5.1.2.5 Một trục vuông góc với giao tuyến của hai mặt phẳng.

##### 5.5.1.2.5.1 Trục cố định

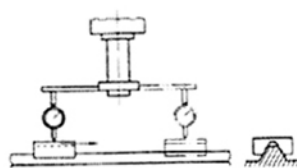
Một ke vuông có một đáy phù hợp được đặt tiếp xúc với trụ đặc trưng cho trục (xem Hình 82). Độ song song giữa đầu tự do của nó và giao tuyến được đo bằng phương pháp có liên quan đến phép đo độ song song (xem 5.4.1.2).



Hình 81



Hình 82



Hình 83

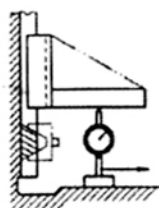
#### 5.5.1.2.5.2 Trục quay

Một đồng hồ so được gắn vào một cần lắp trên trục chính, đầu đo của đồng hồ được tỳ vào một khối V tựa trên bề mặt của hai mặt phẳng giao nhau. Trục chính được quay nửa vòng và khối V dịch chuyển mang đầu đo tiếp xúc với cùng một điểm trên khối V (xem Hình 83).

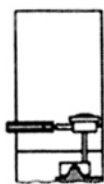
#### 5.5.1.2.6 Khi giao tuyến của hai mặt phẳng vuông góc với một mặt phẳng khác.

Một ke vuông (xem Hình 84) hoặc một đồng hồ so (xem Hình 85 và 86) tùy theo sự phù hợp, được lắp ghép với một đế phù hợp, được phép tỳ lên các mặt phẳng giao nhau.

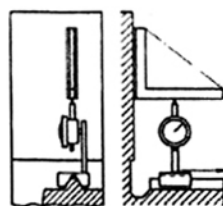
Độ song song giữa cạnh tự do và mặt phẳng thứ ba hoặc giao tuyến có thể được đo bằng phương pháp đã mô tả có liên quan đến phép đo độ song song (xem 5.4.1.2.2 hoặc 5.4.1.2.6). Phép đo phải được tiến hành ở vị trí xa tới mức có thể trong hai mặt phẳng vuông góc (xem Hình 85 và 86).



Hình 84



Hình 85



Hình 86

#### 5.5.1.2.7 Khi hai đường thẳng mà mỗi đường thẳng là giao tuyến của hai mặt phẳng vuông góc với nhau

Một ke vuông có đế phù hợp được đặt trên một trong các giao tuyến. Độ song song của cạnh tự do đối với đường thẳng thứ hai của giao tuyến được kiểm tra bằng phương pháp đã mô tả có liên quan đến phép đo độ song song (xem 5.4.1.2.6).

**CHÚ THÍCH 24** Nếu phép đo trực tiếp các mặt phẳng và đường thẳng có khó khăn do khoảng cách giữa chúng hoặc do trở ngại bởi các bộ phận máy thì có thể thực hiện phép đo liên quan đến một mặt phẳng chuẩn, ví dụ sử dụng một nivô.



5.5.1.3 Dung sai

Dung sai độ vuông góc có thể được cho bằng hai cách.

1) Khi độ vuông góc được đo bằng một ke chuẩn, dung sai của độ vuông góc được cho tương tự như dung sai của độ song song.

Nghĩa là, Dung sai độ vuông góc...mm đối với bất kỳ chiều dài đo...mm.

2) Khi độ vuông góc liên quan đến một trục được đo là hiệu số của các số chỉ của đường kính được đo, nghĩa là, dung sai của độ vuông góc...mm /...mm.

Khi sai lệch độ vuông góc chỉ được phép theo một hướng, thì phải chỉ dẫn hướng, ví dụ, đầu tự do của trục chính trên mặt trụ máy (chỉ vào bề mặt bàn máy trong trường hợp trục chính thẳng đứng).

5.5.2 Độ vuông góc của chuyển động

5.5.2.1 Định nghĩa

Thuật ngữ "độ vuông góc của chuyển động", đối với máy công cụ, đối với các vị trí kế tiếp trên quỹ đạo của một điểm trên một bộ phận chuyển động của máy liên quan đến:

- một mặt phẳng (giá đỡ hoặc đường hướng);
- một đường thẳng (trục hoặc giao tuyến của hai mặt phẳng);
- quỹ đạo của một điểm trên bộ phận chuyển động khác.

5.5.2.2 Phương pháp đo

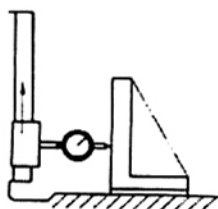
5.5.2.2.1 Khái niệm chung

Phép đo độ vuông góc của chuyển động trở thành phép đo độ song song bằng việc sử dụng một ke vuông phù hợp đối với điều kiện đã cho (xem 5.4.2).

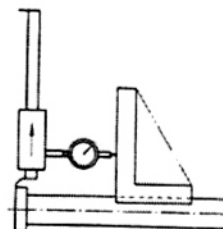
Bộ phận chuyển động được truyền động theo phương pháp thông thường để biểu lộ các ảnh hưởng của khe hở và khuyết tật trên đường hướng.

5.5.2.2.2 Độ vuông góc giữa quỹ đạo của một điểm và một mặt phẳng

Một ke vuông được đặt trên một mặt phẳng (xem Hình 87). Độ song song giữa chuyển động và cạnh tự do phải được đo theo hai hướng song song, phù hợp với 5.4.2.2.2 )



Hình 87



Hình 88

#### 5.5.2.2.2 Quĩ đạo của một điểm vuông góc đối với một trục

Một ke vuông, có đế phù hợp được đặt tỳ trên một trụ đặc trưng cho trục (xem Hình 88). Phép đo độ song song giữa chuyển động và cạnh tự do của ke vuông được tiến hành theo 5.4.2.2.2.

Nếu trục là một trục quay, trục gá đặc trưng cho trục phải được đặt trên vị trí trung bình của độ đảo trong mặt phẳng đo. Trong trường hợp đặc biệt ụ trục chính máy tiện có khả năng lắp một tấm kiểm. Đầu tiên đọc số chỉ của đồng hồ so tại một điểm trên tấm kiểm được đặt trên một đường kính song song với chuyển động. Lần đọc thứ hai cũng tại cùng một điểm sau khi quay trục chính  $180^\circ$ . Hiệu đại số của hai số chỉ cho biết sai lệch của độ vuông góc trên chiều dài đo. Trục cũng có thể sử dụng như chỉ dẫn trong 5.5.1.2.4.2, quỹ đạo sẽ được đặc trưng bởi một thước thẳng song song với trục.

#### 5.5.2.2.4 Hai quỹ đạo vuông góc với nhau

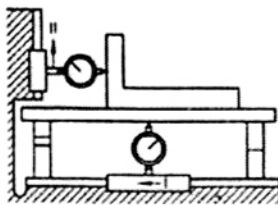
Hai quỹ đạo được so sánh bằng một ke vuông phù hợp được lắp trên một khối đo và thước thẳng. Ví dụ: bộ dụng cụ đo được chỉ dẫn trên Hình 89.

Một cạnh của ke vuông có thể vạch ra quỹ đạo I một cách chính xác bằng một đồng hồ so và quỹ đạo II được đo theo 5.4.2.

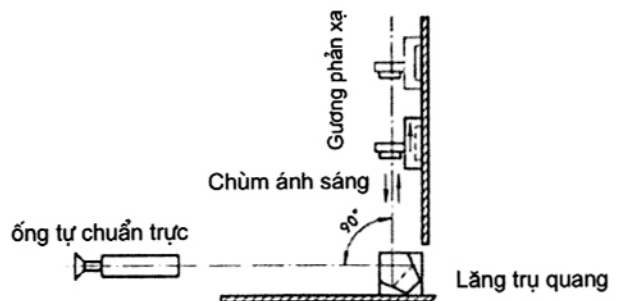
Cạnh của ke vuông cũng có thể đặt song song đối với quỹ đạo I với độ nghiêng lớn hơn dung sai để cho phép đồng hồ so chỉ làm việc trong một hướng, loại trừ sự kéo lê chúng. Trong trường hợp dưới đây sai lệch của độ vuông góc phải bằng hiệu của phạm vi số chỉ của hai đồng hồ so đối với cùng một phạm vi đo.

Độ võng của bộ phận được chất tải cần phải được xem xét .

Phép đo này cũng có thể được thực hiện bằng phương pháp quang (xem Hình 90).



Hình 89



Hình 90

### 5.5.2.3 Dung sai

Dung sai độ vuông góc của chuyển động đã cho là sự biến đổi cho phép đo trong phạm vi chiều dài đã cho (ví dụ, 300mm) của khoảng cách ngắn nhất giữa quỹ đạo của điểm trên bộ phận chuyển động của máy và cạnh tự do của ke vuông.

Đối với phương pháp xác định dung sai, xem 5.5.1.3.

## 5.6 Sự quay

Các phép đo liên quan đến chuyển động quay gồm có

- độ đảo, xem 5.6.2;
- trượt chiều trục chu kỳ, xem 5.6.2;
- độ đảo mặt đầu, xem 5.6.3

### 5.6.1 Độ đảo

#### 5.6.1.1 Định nghĩa

##### 5.6.1.1.1 Độ tròn

Độ tròn là sai số dạng tròn của một bộ phận nào đó trong mặt phẳng vuông góc đối với trục của nó tại một điểm đã cho.

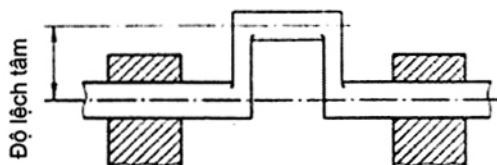
Đối với một trục, giá trị của độ tròn được cho bởi hiệu giữa đường kính vòng ngoại tiếp và đường kính có thể đo được nhỏ nhất của trục.

Đối với lỗ, giá trị của độ tròn được cho bởi hiệu giữa đường kính của đường tròn nội tiếp và đường kính lớn nhất đo được của của lỗ, mỗi một vòng được đo trong mặt phẳng vuông góc với trục.

Với các phương pháp đo thông thường, trong thực tế, định nghĩa này không thể áp dụng một cách cứng nhắc. Tuy nhiên, khi đo độ tròn của một bộ phận, định nghĩa này được giữ và phương pháp sử dụng được lựa chọn sao cho kết quả gần phù hợp đến mức có thể với định nghĩa này.

##### 5.6.1.1.2 Độ lệch tâm (xem Hình 91)

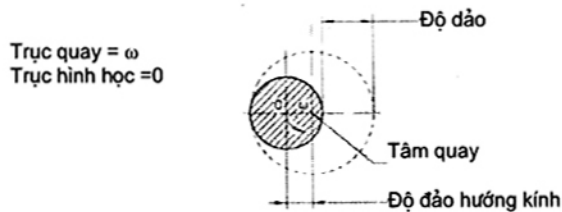
Khoảng cách giữa hai trục song song khi một trục quay quanh một trục kia (độ lệch tâm không phải là một sai số nhưng là một đối tượng kích thước có dung sai).



Hình 91

### 5.6.1.1.3 Độ đảo hướng kính của một trục tại một điểm

Khi trục hình học của một chi tiết không đồng trục với trục quay thì khoảng cách giữa hai trục này được gọi là độ đảo hướng kính.



Hình 92

### 5.6.1.1.4 Độ đảo của một bộ phận tại một tiết diện đã cho

Nếu không tính đến độ tròn, độ đảo bằng hai lần độ đảo hướng kính của trục trong tiết diện đã cho (xem Hình 92).

Thông thường đo độ đảo gồm

- độ đảo hướng kính của trục,
- độ tròn của bộ phận, và
- sai lệch hướng kính chuyển động của trục quay (sai số của ổ đỡ).

Điều quan trọng phải lưu ý khi kiểm hình học của máy công cụ, độ đảo hướng kính của một trục được đo bằng sự quan sát độ đảo của một chi tiết được lắp trên trục. Để tránh bất kỳ sự lẫn lộn trong suy nghĩ của con người trong việc kiểm máy và để loại trừ bất kỳ một sự rủi ro của sai hỏng, chỉ sử dụng thuật ngữ độ đảo trong tiêu chuẩn này và dung sai được chỉ dẫn đã cho được áp dụng có hệ thống đối với độ đảo để sao cho số chỉ của dụng cụ đo không được chia hết cho hai. Các phương pháp đo được đặt ra phải tính đến điều này.

**CHÚ THÍCH 25:** Đối với ổ bi, bi và vòng cách quay một vòng khi trục quay hơn hai vòng và thường là độ đảo của trục theo mỗi chu kỳ lặp lại nhiều vòng quay. Do đó, độ đảo phải được đo trên nhiều vòng quay, nhưng ít nhất là hai vòng quay.

Từ quan điểm của hệ thống đo, ổ đỡ của một mặt trụ hoặc mặt côn phải có một trục trùng hợp chính xác với một trục quay nếu đo trên chiều dài đã cho (sau khi cố định trục kiểm trong ổ đỡ này), độ đảo tại mỗi điểm đo không được lớn hơn giá trị cho phép.

## 5.6.1.2 Phương pháp đo

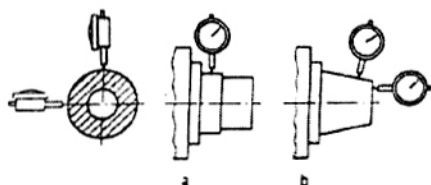
### 5.6.1.2.1 Phòng ngừa trước khi kiểm (xem 3.2.2)

## TCVN 7011-1: 2007

Trước khi tiến hành kiểm, trục chính phải được quay đủ để bảo đảm cho màng bôi trơn sẽ không thay đổi trong quá trình kiểm và nhiệt độ đạt được có thể được xem xét như nhiệt độ làm việc thông thường của máy.

### 5.6.1.2.2 Bề mặt ngoài

Đầu đo của đồng hồ so được đặt tiếp xúc với bề mặt quay được đo và số chỉ của dụng cụ đo đạt được khi trục chính quay chậm (xem Hình 93).



Hình 93

Trên bề mặt côn, đầu đo được đặt vuông góc với đường sinh và phải tính toán ảnh hưởng của độ côn đến kết quả. Hơn nữa, đường kính của đường tròn được kiểm sẽ thay đổi nếu có bất kỳ sự dịch chuyển chiều trục trong khi trục chính quay. Điều này gây ra độ đảo lớn hơn độ đảo thực. Do đó mặt côn chỉ được sử dụng để đo độ đảo nếu như độ côn không lớn. Sự trượt chiều trục của trục chính (xem 5.6.2.1) trong bất kỳ trường hợp được đo nào và điều này có thể ảnh hưởng đến phép đo được tính toán theo góc côn.

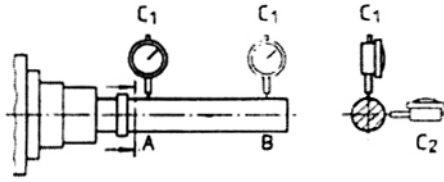
Kết quả của phép đo có thể bị ảnh hưởng bởi lực đẩy ngay trên đầu đo của đồng hồ so, để tránh sai sót mũi kim phải cứng vững và sắp thẳng hàng với trục của bề mặt quay.

### 5.6.1.2.3 Bề mặt trong

Đồng hồ so không thể được sử dụng trực tiếp trên mặt trụ hoặc lỗ côn, sử dụng một trục gá lắp vào trong lỗ. Phần trụ nhô ra của trục kiểm này được dùng để kiểm theo các mục trước. Tuy nhiên nếu kiểm này chỉ tiến hành trên một tiết diện của trục kiểm thì vị trí của chỉ một đường tròn được đo liên quan đến trục sẽ được xác định. Vì đường tâm của trục gá có thể cắt trục quay trong mặt phẳng đo, phép đo phải được tiến hành trên hai mặt cắt A và B cách nhau một khoảng cách xác định (xem Hình 94).

Ví dụ, một phép đo được tiến hành ở gần vị trí lắp trục kiểm còn một phép đo khác được tiến hành ở cách vị trí trước một khoảng cách xác định. Do các vấn đề về khả năng lắp ghép khi đưa trục kiểm vào lỗ đặc biệt là các lỗ côn nên các thao tác này phải được lặp lại ít nhất bốn lần, trục kiểm phải được quay đi một góc 90° tương ứng với trục chính. Kết quả đo là trung bình của các số chỉ của đồng hồ.

Trong mỗi trường hợp, độ đảo phải được đo trong mặt phẳng thẳng đứng rồi đo trong mặt phẳng nằm ngang (vị trí C<sub>1</sub> và vị trí C<sub>2</sub> trong Hình 94).



Hình 94

Các phương pháp trên yêu cầu các giải thích sau:

Cần có các bước để giảm tới mức nhỏ nhất ảnh hưởng lực kéo tiếp tuyến của dụng cụ đo với đầu đo.

Kiểm độ đảo trục chính bằng gia công và kiểm phôi trụ chỉ xem xét các sai lệch trong gối đỡ của trục chính. Thực tế này đưa đến các kiểm làm cho không có thông tin về hình dáng chính xác của lỗ trụ hoặc lỗ côn hoặc vị trí thực của lỗ liên quan đến trục quay.

Các phương pháp trên chỉ áp dụng đối với trục chính được lắp vào các ổ bi và ổ lăn. Trục chính tự định tâm khi quay (ví dụ bằng áp suất thủy lực) có thể được kiểm chỉ khi làm việc tại tốc độ bình thường. Trong trường hợp như vậy, phải sử dụng các dụng cụ đo không tiếp xúc, ví dụ, bộ cảm biến điện dung, đầu đo điện từ hoặc bất kỳ một dụng cụ đo nào phù hợp.

### 5.6.1.3 Dung sai

Dung sai độ đảo là sai lệch cho phép theo quỹ đạo của các điểm tại tiết diện của bề mặt quay. Nó không được đặt trước bằng một dấu hiệu. Nó bao gồm sai số hình dáng của bề mặt quay. Sự dịch chuyển và sai lệch độ song song của trục của mặt phẳng này liên quan đến trục quay (sai số vị trí) và sự dịch chuyển của trục quay nếu bề mặt của ổ bi hoặc lỗ không tròn (sai lệch trong ổ đỡ). Đối với các bề mặt có kích thước nhỏ hướng trục (ví dụ đầu trục chính của máy mài), chỉ cần một mặt phẳng đo, nhưng đối với các bề mặt dài hơn, phải có thêm mặt phẳng đo riêng.

Khi có yêu cầu xác định phép đo độ đảo chỉ trong mặt phẳng đã cho hoặc trên một chiều dài xác định, phải qui định mặt phẳng hoặc chiều dài này.

## 5.6.2 Trượt chiều trục chu kỳ

### 5.6.2.1 Định nghĩa

#### 5.6.2.1.1 Khe hở chiều trục nhỏ nhất

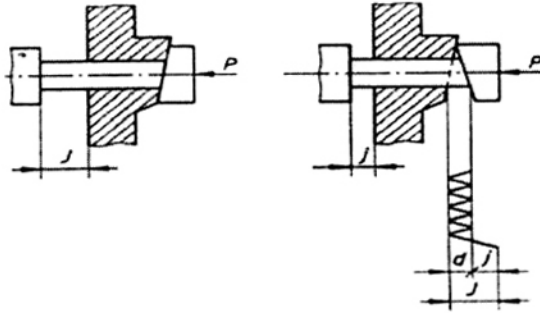
Khe hở chiều trục nhỏ nhất là giá trị nhỏ nhất có thể của sự dịch chuyển chiều trục bộ phận quay, được đo tại chỗ tỳ của mỗi điểm trong nhiều vị trí bao quanh trục của nó (xem Hình 95)

#### 5.6.2.1.2 Trượt chiều trục

Phạm vi chuyển động qua lại dọc theo trục của một bộ phận quay khi bộ phận này được quay, không tính đến ảnh hưởng của khe hở chiều trục nhỏ nhất do lực chiều trục P theo hướng đã cho (xem Hình 95).

**TCVN 7011-1: 2007**

Khi trượt chiều trục của một bộ phận quay còn nằm trong vùng dung sai, bộ phận này có thể được xem là cố định theo chiều trục của nó.



- J = Khe hở chiều trục lớn nhất
- j = Khe hở chiều trục nhỏ nhất
- d = Trượt chiều trục chu kỳ

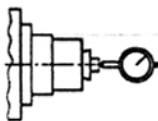
**Hình 95**

**5.6.2.2 Phương pháp đo**

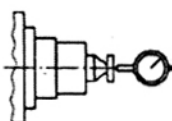
**5.6.2.2.1 Yêu cầu chung**

Để loại trừ ảnh hưởng của khe hở ổ bi chặn phải đặt một lực nhỏ vào trục chính theo hướng đo, đầu đo của đồng hồ so phải được đặt vào tâm quay của mặt trước. Lấy số chỉ của đồng hồ so khi quay trục chính liên tục với tốc độ chậm, lực sẽ được duy trì theo hướng đã định.

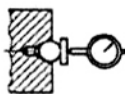
Nếu trục chính rỗng thì phải lắp một trục kiểm ngán có mặt trước vuông góc với trục và đầu đo có phần tiếp xúc được vẽ tròn tỳ vào mặt này (xem Hình 96). Cách khác, có thể sử dụng trục kiểm có mặt tròn với đầu đo có phần tiếp xúc phẳng (xem Hình 97). Nếu trục chính có lỗ tâm, phải dùng viên bi bằng thép đưa vào lỗ tâm để đầu đo có phần tiếp xúc phẳng tỳ vào (xem Hình 98)



**Hình 96**



**Hình 97**



**Hình 98**

### 5.6.2.2.2 Ứng dụng

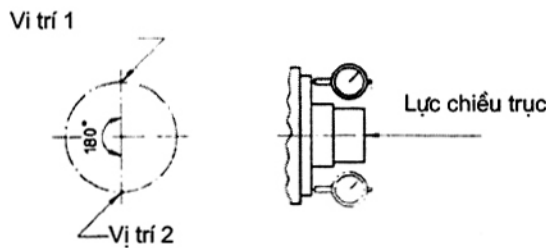
Độ trượt chiều trục chu kỳ có thể được đo bằng một thiết bị cho phép tác dụng lực dọc theo trục và một đồng hồ so được đặt trên cùng một trục.

Đối với vít me, lực chiều trục có thể được tác động vào do sự dịch chuyển của bàn dao khi có đai ốc truyền động. Các tấm mặt đầu quay ngang được đỡ thích hợp trên ổ chặn bằng chính khối lượng của chúng. Tuy nhiên, khi sử dụng một ổ chặn có tải trọng đặt trước, không cần có lực tác động vào trục chính.

Nếu có thể đặt đồng hồ so trên trục, giá trị độ trượt chiều trục có thể đạt được bằng sử dụng hai đồng hồ so (xem Hình 99). Số chỉ của đồng hồ so được lấy tại các vị trí góc khác nhau. Giá trị độ trượt chiều trục được lấy bằng hiệu giữa các giá trị trung bình lớn nhất và nhỏ nhất.

CHÚ THÍCH 26 Nếu ổ chặn ở dạng bi hoặc dạng con lăn thì phép đo phải được tiến hành khi quay ít nhất hai vòng.

Cần tiến hành các bước để giảm tới mức nhỏ nhất ảnh hưởng của lực kéo tiếp tuyến với đầu đo của dụng cụ đo.



Hình 99

### 5.6.2.3 Dung sai

Dung sai độ trượt chiều trục xác định giới hạn của độ trượt chiều trục của trục chính khi quay chậm với lực chiều trục nhẹ. Hướng của trục phải được chỉ dẫn (ví dụ, đặt một lực nhẹ hướng về phía thân máy). Có thể cần tiến hành hai phép đo bằng đặt một lực đầu tiên trên hướng thứ nhất rồi đặt trên hướng đối diện. Trong trường hợp này có thể biểu thị các dung sai cho hai hướng.

## 5.6.3 Độ đảo mặt đầu

### 5.6.3.1 Định nghĩa

Độ đảo của một bề mặt quay xung quanh một trục:

a) Độ đảo mặt đầu của bề mặt



**TCVN 7011-1: 2007**

Độ đảo mặt đầu là sai lệch của bề mặt phẳng khi bề mặt này quay quanh một trục và không còn vuông góc với trục. Độ đảo được cho bởi khoảng cách  $H$  của hai mặt phẳng vuông góc đối với trục, giữa các mặt phẳng này các điểm của bề mặt được di chuyển khi quay.

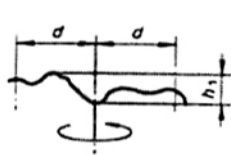
b) Độ đảo mặt đầu tại nơi cách trục một khoảng cách  $d$

Độ đảo được đặc trưng bởi khoảng cách  $h$  giữa hai bề mặt vuông góc đối với trục này, giữa các mặt phẳng, phần của bề mặt được mô tả bởi sự chuyển động của trụ quay, đường kính của trụ là  $2d$  và trụ có trục đối xứng là trục quay lý thuyết của bề mặt.

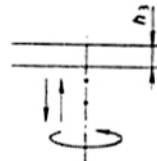
Độ đảo mặt đầu là kết quả của các sai lệch biến đổi của của bề mặt và trục quay ( $h_1, h_2, h_3$ ) (xem Hình 100, 101 và 102)

- a) bề mặt không phẳng;
- b) bề mặt và trục quay không vuông góc;
- c) sự dịch chuyển chiều trục có chu kỳ của trục.

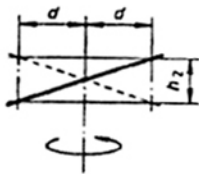
CHÚ THÍCH 27 Khi mặt phẳng liên quan có một trục hình học (phần A, Hình 103) không trùng với trục quay thì độ đảo hướng kính sinh ra độ đảo mặt đầu. Sai lệch này là do sai lệch độ vuông góc của mặt mút đối với trục quay.



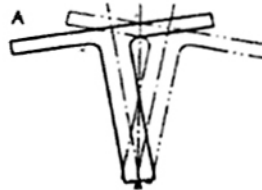
Hình 100



Hình 101



Hình 102



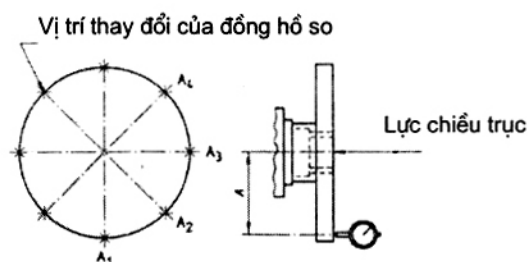
Hình 103

**5.6.3.2 Phương pháp đo**

Sự kiểm tra độ đảo mặt đầu liên quan đến sự quay của tấm kiểm. Đối tượng kiểm là toàn bộ các điểm trong cùng một đường tròn trên mặt mút của cùng một tấm, vuông góc với trục quay và vị trí chiều trục của mặt phẳng này không thay đổi khi quay trục chính. Do xu hướng của độ đảo mặt đầu là làm tăng khoảng cách của nó đến trục quay, phép đo phải tiến hành trên chu vi đường tròn tương ứng với các điểm xa nhất so với đường tâm .

Đồng hồ so phải được đặt ở một khoảng cách đã cho A so với điểm tâm và vuông góc với mặt mút (xem Hình 104) và đặt liên tiếp tại một loạt các điểm đặt cách nhau theo vòng chu vi. Phải ghi lại hiệu giữa các số chỉ lớn nhất và nhỏ nhất của đồng hồ so tại mỗi điểm này; hiệu lớn nhất này sẽ là độ đảo mặt đầu. Trục chính được quay liên tục với tốc độ chậm và chịu tác động một lực nhẹ ở đầu mút để loại trừ ảnh hưởng của khe hở trong ổ chặn. Các tấm mặt đầu nằm ngang được chỉ dẫn trong 5.6.2.2.2, được đỡ phù hợp trên ổ chặn bằng chính khối lượng của chúng .

Phải xác định hướng tác động của lực nhẹ đặt vào trục chính khi kiểm (ví dụ, tác động một lực nhẹ hướng về phía thân).



Hình 104

**CHÚ THÍCH 28** Nếu có yêu cầu để phân tích nguồn gốc của độ đảo mặt đầu, sai lệch của bề mặt và sai lệch của trục phải được đo tách riêng. Trong bất kỳ trường hợp nào cũng cần đo sự dịch chuyển chiều trục của trục. Nếu tấm kiểm được gia công sau khi lắp (nghĩa là được gia công trên chính máy công cụ mà tấm này được lắp vào), đồng hồ so được giữ ở vị trí "không" khi đặt dụng cụ. Đặt mũi đo của đồng hồ tại góc  $180^\circ$  so với vị trí "không" sẽ cho độ đảo mặt đầu h, giá trị của độ đảo bằng hai lần độ dịch chuyển dọc trục.

### 5.6.3.3 Dung sai

Dung sai, được đo liên quan đến mặt phẳng vuông góc với trục quay, đặc trưng cho sai lệch cho phép lớn nhất tại bất kỳ điểm nào của tất cả các quỹ đạo của các điểm trên đường tròn đã cho của bề mặt được đo, dung sai bao gồm các sai số hình dáng của mặt mút, góc của mặt mút liên quan đến trục quay, độ đảo hướng kính và độ trượt chiều trục có chu kỳ của trục chính. Tuy nhiên dung sai này không bao gồm khe hở nhỏ nhất và khe hở lớn nhất của bộ phận quay (xem Hình 95, 100 đến 102).

## 6 Các kiểm đặc biệt

### 6.1 Sự chia

#### 6.1.1 Định nghĩa sai số

Phần này đề cập các định nghĩa của các sai số chia của các thang chia độ, tay quay kiểu truyền động bánh răng, các tấm chia, bước của vít dẫn, v.v...

Nhìn chung có thể thừa nhận các sai số sau:

## TCVN 7011-1: 2007

- a) sai số riêng của khoảng chia;
- b) sai số kế tiếp của khoảng chia;
- c) sai số cục bộ của khoảng chia;
- d) sai số tích lũy (hoặc các bước trong khoảng đã cho);
- e) sai số tổng của khoảng chia;

### 6.1.1.1 Sai số riêng của khoảng chia

Hiệu đại số giữa số thực và số danh nghĩa của khoảng chia.

VÍ DỤ

$(ab - a'b')$  đối với khoảng chia thứ hai của Hình 105 (khoảng chia a được xem xét ở đây là khoảng cách giữa hai đoạn thẳng kế tiếp; nhiều khoảng chia tạo thành một đoạn).

### 6.1.1.2 Sai số kế tiếp của khoảng chia

Sai số thực giữa hai sai số kế tiếp bằng hiệu đại số của các sai số riêng của hai khoảng chia.

VÍ DỤ

$(ab - a'b') - (bc - b'c') = ab - bc$  trong Hình 105 đối với khoảng chia thứ hai, liên quan đến khoảng chia thứ ba.

### 6.1.1.3 Sai số cục bộ của khoảng chia

Tổng của các lượng (giá trị tuyệt đối) của hai sai số riêng dương và âm lớn nhất trong một khoảng)

VÍ DỤ

Biên độ MN trong khoảng 0 đến 6 của Hình 106.

Nếu toàn bộ sai số có cùng dấu (dương hoặc âm) trong một khoảng xác định thì sai số của khoảng chia bằng giá trị tuyệt đối lớn nhất của các sai số riêng.

### 6.1.1.4 Sai số tích lũy

Hiệu giữa tổng của các khoảng chia k và giá trị danh nghĩa lý thuyết của tổng này. Bước trong dãy khoảng chia có thể được xác định bằng tính toán tổng đại số của sai số riêng của mỗi một khoảng chia hoặc bằng sự so sánh vị trí thực của kim dụng cụ đo với vị trí mà nó sẽ có nếu các khoảng chia có sai số tự do (xem Hình 105)

### 6.1.1.5 Sai số tổng của khoảng chia

Tổng của các giá trị (giá trị tuyệt đối) của các đoạn âm và dương lớn nhất trong khoảng đã cho. Khoảng này có thể tương ứng với toàn bộ thước, cho ví dụ  $360^\circ$ , biên độ RS trong Hình 108.

### 6.1.1.6 Đồ thị đặc trưng cho các sai số này

Lấy một thước chia độ, có vạch đã cho, với các thang chia lý thuyết, các khoảng chia được chỉ dẫn trên Hình 105:

- 1) Nếu vẽ một đồ thị ( xem Hình 106 ) có hoành độ là các khoảng chia và tung độ là các sai số riêng , biên độ lớn nhất MN đặc trưng cho sai số cục bộ của khoảng chia trong đoạn 0 đến 6 . Đối với toàn bộ loạt của thước, sai số cục bộ này được đặc trưng bởi PH.
- 2) Nếu vẽ một đồ thị (xem Hình 107) có hoành độ là các khoảng chia và tung độ của sai số kế tiếp của khoảng chia, đồ thị này cho phép các vị trí của sai số lớn nhất trong đoạn đã cho
- 3) Nếu vẽ một đồ thị (xem Hình 108) có hoành độ là các khoảng chia và tung độ vị trí của mỗi khoảng chia liên quan đến vị trí lý thuyết của nó, biên độ lớn nhất RS chỉ ra bằng đồ thị, đặc trưng cho sai số tổng của khoảng chia.

Phải chú ý là Hình 106 có thể suy ra từ Hình 108 như sau: tung độ của bước thứ k của Hình 106 bằng hiệu giữa tung độ của các bước thứ k và k-1 của Hình 108 <sup>4)</sup>.

### 6.1.2 Phương pháp đo

Do phép đo sai số của khoảng chia thường yêu cầu các dụng cụ đặc biệt, nên cần tham khảo các chú thích để cập đến đối tượng này.

### 6.1.3 Dung sai

Thông thường, không cần thiết phải định dung sai cho mỗi sai số trong 5 sai số được định nghĩa. Do vậy đối với các khoảng chia theo đường thẳng, dung sai luôn được chỉ dẫn bằng sai số tích lũy (hoặc bước) trong một khoảng đã cho. Ví dụ, 300mm; đối với khoảng chia theo đường tròn thường cho sai số riêng và sai số tổng.

CHÚ THÍCH 29 Khi kiểm máy công cụ, thường sai số chia bao gồm các sai số gây ra bởi thiết bị điều khiển được sử dụng trong việc chia. Các giá trị riêng của sai số thành phần (ví dụ, sai số chia, vị trí lệch tâm của thang đo liên quan đến trục quay, khe hở bộ phận, v.v...) tạo thành sai số tổng, khi sai số tổng được lấy cùng với nhau. Người sử dụng máy công cụ ít quan tâm đến sai số thành phần này.

CHÚ THÍCH 30 Cần chú ý đến thực tế là độ chính xác cho bởi cơ cấu chia theo đường tròn, ngoài ra độ chính xác thực chất của đĩa chia, phụ thuộc vào sai lệch độ đồng tâm của nó lắp trên trục của trục chính máy công cụ.

## 6.2 Xác định các sai lệch vị trí theo đường thẳng của cụm vít me

Để xác định các sai lệch này, cần phải kiểm tra kích thước hình học của tất cả các phần tử tham gia vào các sai lệch, đặc biệt là vít me (vít dẫn).

Về đặc tính, bất kỳ một bộ sai số nào đều có hai thành phần, sai số chu kỳ và sai số lũy tiến, bỏ qua ảnh hưởng của các sai số do khả năng lặp lại và thời gian. Sai số chu kỳ có thể được xem xét như bất kỳ một sai số thành phần nào được lặp lại ít nhất một lần dọc trục vít me của máy công cụ, sai số lũy

<sup>4)</sup>Sai số riêng  $ab-a'b'$  có thể được đặt trong dạng  $(aa'+a'b) - (a'b'+bb')$  hoặc như  $(b'b - a'a)$ ; công thức này đặc trưng cho hiệu thực giữa mỗi cặp của đường của một khoảng chia đã cho (xem hình 105).

## **TCVN 7011-1: 2007**

tiến là một sai số không chu kỳ. Đặc biệt với máy có vị trí tắt (off) trực tiếp vít me, sai số chu kỳ có thể đóng góp phần lớn vào sai số tổng.

Độ chính xác bước của vít me chỉ là một trong các yếu tố số điều khiển độ chính xác dịch chuyển. Khe hở trong một số bộ phận và các độ võng rất quan trọng. Có thể thực hiện để gắn liền mỗi yếu tố đối với dung sai riêng mà dung sai tổng thể tương ứng với độ chính xác mong đợi của máy.

Do đó khi kiểm máy công cụ, chỉ có sai lệch của thành phần vít me cần thiết được xác định bằng việc kiểm hình học và kiểm thực tế.

Đối với kiểm hình học, có thể sử dụng một số phương pháp, bao gồm sử dụng một vít me và đồng hồ so, căn mẫu và đồng hồ so hoặc phép đo giao thoa lade.

Đối với việc kiểm gia công, phải đo phôi gia công và chiều dài của nó, ví dụ trong trường hợp đặc biệt của một vít me máy tiện, kiểm gia công có thể tiến hành bằng việc gá đặt phôi trên máy tại điểm bất kỳ dọc theo thân máy và quay vít me đến chiều dài lớn nhất tới 300mm. Kiểm bước đạt được trên phôi, ví dụ bằng một máy đo.

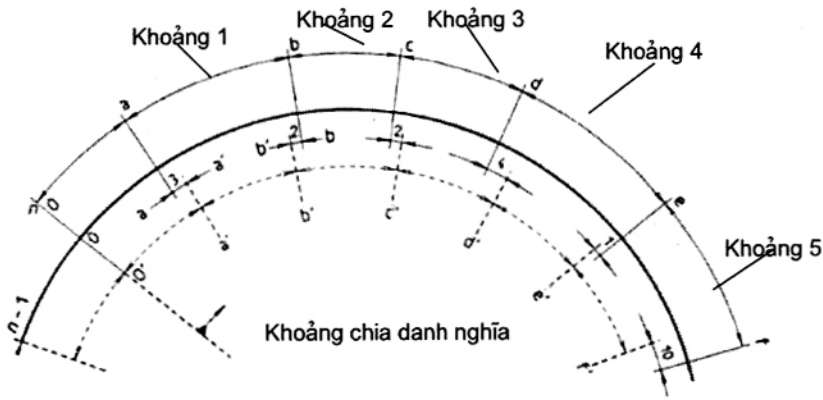
### **6.3 Khe hở góc**

#### **6.3.1 Định nghĩa**

Khe hở góc của một bộ phận chuyển động được xác định bằng sự dịch chuyển góc được cho phép bằng khe hở có thể tồn tại trong hệ thống khoá của nó khi bộ phận đã được khoá.

#### **6.3.2 Phương pháp đo (kiểm thiết bị / bộ phận chỉ thị)**

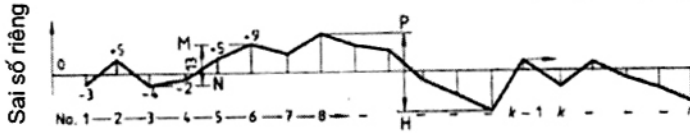
Phép kiểm này có thể tiến hành bằng cách cố định một thanh có đủ chiều dài vuông góc với trục quay để thực hiện phép đo trên khoảng cách đã cho trên thiết bị / bộ phận chỉ thị. Tại khoảng cách này, một đồng hồ so được lắp sao cho đầu đo của nó tỳ vào thanh. Mômen xoắn tác động lên thiết bị theo một hướng rồi tác động lên hướng đối diện và hiệu của chúng được đọc trên đồng hồ so. Giá trị của mômen xoắn được lựa chọn không cộng thêm bất kỳ một sai số đáng kể nào do sai lệch của bộ phận / thiết bị chỉ thị.



Hình 105

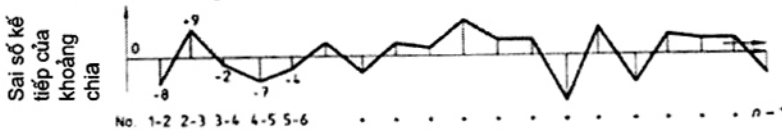
Xác định sai số cục bộ của khoảng chia

MN = sai số cục bộ trong đoạn từ 0 đến 6  
 PH = sai số cục bộ trong đoạn từ 0 đến n



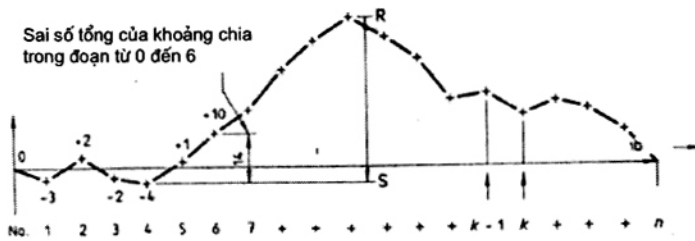
Hình 106

Sai số kế tiếp của khoảng chia



Hình 107

Định nghĩa sai số tổng của khoảng chia



Hình 108

## **TCVN 7011-1: 2007**

### **6.3.3 Dung sai khe hở góc**

Dung sai của khe hở góc là khe hở góc lớn nhất cho phép được biểu thị như một góc hoặc tang của góc.

## **6.4 Khả năng lặp lại chỉ thị góc của thiết bị**

### **6.4.1 Định nghĩa**

Khả năng lặp lại của chỉ thị góc được định nghĩa là hiệu (phạm vi) lớn nhất của dịch chuyển góc do kết quả của một loạt các thử nghiệm khi tiếp cận bất kỳ một vị trí đích của góc nào trong cùng điều kiện về hướng và tốc độ tiếp cận (khi có thể thực hiện được, cần có sự kẹp chặt đặt tại cuối mỗi lần tiếp cận và gồm cả khe hở góc).

Đối với khả năng lặp lại vị trí góc điều khiển số liên tục, xem TCVN 7011 – 2.

### **6.4.2 Phương pháp đo**

Việc kiểm được tiến hành giống như cách kiểm với khe hở góc, với một cần và một đồng hồ so. Đối với một vị trí chỉ thị đã cho, bộ phận chuyển động phải được quay hết một vòng. Hiệu lớn nhất giữa các số chỉ được tiến hành giữa chốt kế tiếp đặc trưng khả năng lặp lại tương ứng với vị trí này. Các phép đo phải được lặp lại tại mỗi vị trí chỉ thị.

### **6.4.3 Dung sai lặp lại**

Dung sai lặp lại là phạm vi cho phép của các sai lệch góc đo được, được biểu thị như một góc hoặc tang của góc này, bao gồm dung sai khe hở góc (trong thực tế, dung sai lặp lại không thể xác định riêng dung sai của khe hở góc).

## **6.5 Sự giao nhau của trục**

### **6.5.1 Định nghĩa**

Hai trục không song song được gọi là giao nhau khi khoảng cách ngắn nhất giữa chúng nằm trong dung sai xác định.

### **6.5.2 Phương pháp đo**

#### **6.5.2.1 Phép đo trực tiếp**

Điểm giao nhau của hai trục không song song có thể được xác định bằng các phép đo giữa các trục đặc trưng cho các trục này. Các phương pháp này cũng giống như các phương pháp kiểm tra độ cách đều hai trục với một mặt phẳng phụ (xem 5.4.3.2.1). Sự kiểm tra này sẽ dễ dàng hơn nếu các trục được thay thế bằng hai thanh được gia công phù hợp, với một mặt phẳng trong một mặt phẳng song song với trục của chúng. Phép đo được tiến hành giữa hai mặt phẳng để xác định sai lệch của sự giao nhau (xem Hình 109).

#### **6.5.2.2 Phép đo gián tiếp**

Phép đo gián tiếp có thể được tiến hành bằng sử dụng một mặt phẳng tham khảo riêng biệt, ví dụ một tấm kiểm được đặt song song với hai trục. Các phép đo độc lập được lấy từ mặt phẳng chuẩn đến mỗi trục và được so sánh.

### 6.5.3 Dung sai hai trục cắt nhau

Khoảng cách giữa hai trục cắt nhau, khi không quan trọng mà trục 1 đi qua trước hoặc sau trục 2, được cho như sau:

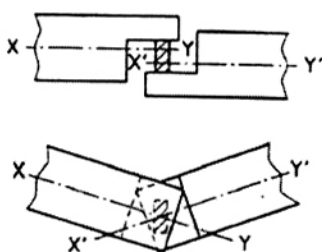
Khoảng cách của trục 1 đối với trục 2 :  $\pm \dots$ mm.

Trong trường hợp khác, khi dung sai phụ thuộc vào điều kiện vận hành, thì được qui định như sau:

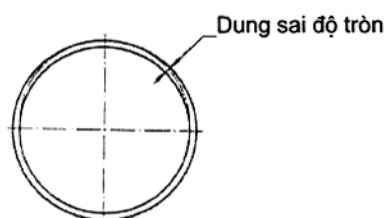
...mm khi trục 1 cao hơn trục 2.

### 6.6 Độ tròn

Một đường nằm trong một mặt phẳng được gọi là tròn khi toàn bộ các điểm của nó nằm giữa hai đường tròn đồng tâm mà khoảng cách hướng kính của chúng không được vượt quá giá trị đã cho, (xem Hình 110).



Hình 109



Hình 110

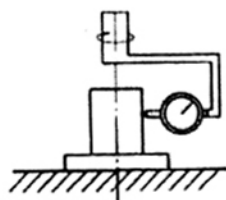
Độ tròn có thể liên quan đến hình dáng của phôi kiểm hoặc hình dáng của quỹ đạo được vạch ra bởi các bộ phận chuyển động.

### 6.6.2 Phương pháp đo trên phôi kiểm

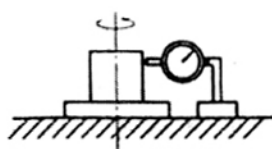
#### 6.6.2.1 Máy đo độ tròn có cảm biến quay hoặc bàn quay

Trong cả hai trường hợp phôi kiểm được đặt vào giữa bàn (độ lệch tâm nhỏ có thể được bù trừ). Trong trường hợp thứ nhất, dụng cụ được quay quanh phôi kiểm (xem Hình 111), trong khi ở trường hợp thứ hai thì bàn quay (xem Hình 112). Vẽ đồ thị trong hệ tọa độ độc cực để đánh giá độ tròn.





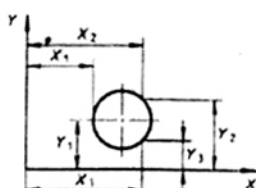
Hình 111



Hình 112

### 6.6.2.2 Máy đo tọa độ

Một dụng cụ di chuyển dọc theo chu vi đặt vị trí của mỗi điểm ở dạng các tọa độ X và Y (xem Hình 113). Từ dữ liệu này, xác định biên dạng tròn và sai lệch đường tròn.



Hình 113



Hình 114

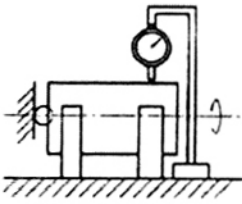
### 6.6.2.3 Phép chiếu biên dạng

Đường biên dạng được kiểm tra bằng việc chiếu đường này lên trên màn hình để tạo ra hình ảnh của đường tròn (xem Hình 114). Hai đường tròn đồng tâm đặc trưng cho vùng dung sai và sai lệch độ tròn.

CHÚ THÍCH 31 Phương pháp này được hạn chế cho phôi kiểm nhỏ hơn do kích thước của máy chiếu.

### 6.6.2.4 Phương pháp khối V

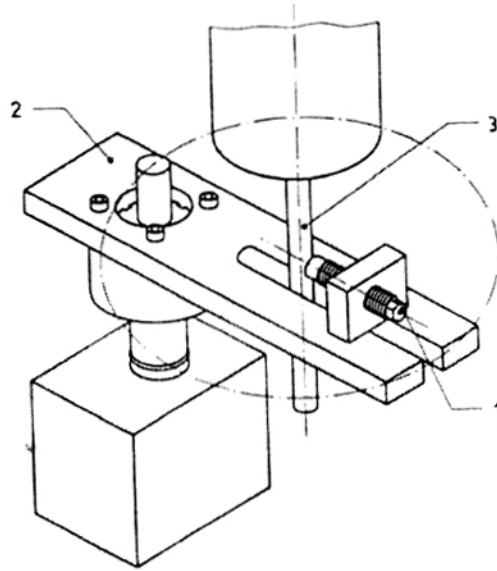
Phôi kiểm được đặt trên hai khối V (tốt nhất là với góc ôm 108°). Quay phôi kiểm và sai lệch độ tròn được đo bằng một đồng hồ so (xem Hình 115).



Hình 115

Chỉ dẫn:

- 1 - Đầu dò một kích thước
- 2 - Đồ gá quay đặc biệt
- 3 - Trục kiểm



Hình 116

### 6.6.3 Phép đo chuyển động tròn của máy điều khiển số (NC)

Các chuyển động tròn có thể bị ảnh hưởng bởi tác động của tốc độ tiến. Các kết quả được so sánh với kết quả đạt được trên các chi tiết được gia công, nếu đường kính và tốc độ tiến để gia công và để đo trực tiếp chuyển động tròn giống nhau.

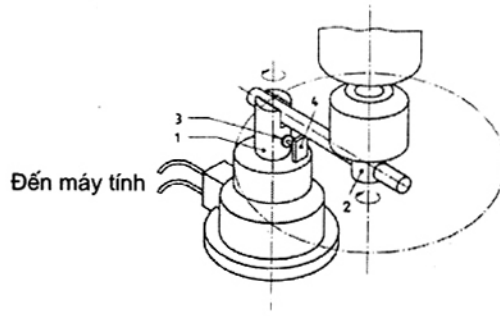
#### 6.6.3.1 Đầu dò quay một chiều

Đầu dò một kích thước, ví dụ, đầu đo điện, được di chuyển bằng máy NC trên một quỹ đạo tròn. Đầu dò được quay bằng một đồ gá quay đặc biệt và đo sự dịch chuyển so với trục kiểm (Hình 116) hoặc một mẫu tròn (xem Hình 118) hoặc đích được cố định trên một đồ gá quay đặc biệt và được quay cùng với đầu dò (xem Hình 117). Tín hiệu của đầu dò được vẽ thành một đường tròn (một đường tròn được chỉ ra trong Hình 110). Sơ đồ tròn có thể được tạo ra, ví dụ bằng một máy vẽ đồng bộ, bằng sự đánh giá của máy tính hoặc bằng việc sử dụng một dụng cụ phân tích trong đồ gá quay và máy vẽ.

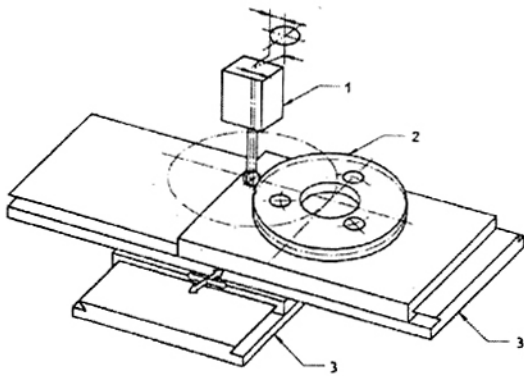
#### 6.6.3.2 Mẫu tròn và đầu dò hai chiều

Một đầu dò phẳng (hai chiều) được di chuyển bởi máy NC trên một quỹ đạo tròn tương đối với mẫu tròn không quay đầu dò (xem 118). Đường kính được lập trình của quỹ đạo tròn được lựa chọn sao cho đầu dò hai chiều luôn tiếp xúc với mẫu tròn. Hai tín hiệu của đầu dò được vẽ trực tiếp trên máy vẽ XY tạo ra biểu đồ tròn (một biểu đồ tròn được chỉ dẫn trong Hình 110).

- 1 Đồ gá quay đặc biệt 1
- 2 Đồ gá quay đặc biệt 2
- 3 Đầu dò một kích thước
- 4 Đích

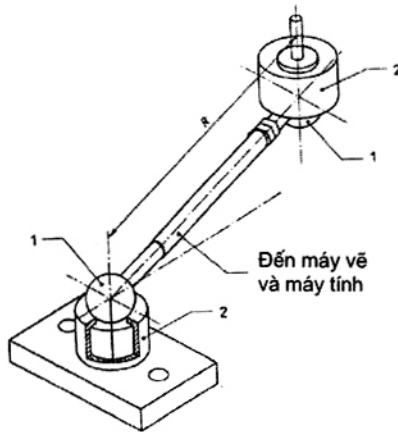


Hình 117



- 1 Đầu dò hai chiều
- 2 Mẫu tròn
- 3 Bàn trượt của máy

Hình 118



- 1 Bi
- 2 Ống kẹp

Hình 119

### 6.6.3.3 Cẩn bi ống lồng

Một cẩn bi ống lồng (xem Hình 119) được gắn vào hai ống kẹp phù hợp trên máy NC, một ống kẹp đặt trên bàn máy còn một ống lắp vào đầu trục chính được di chuyển theo quỹ đạo tròn so với bàn. Do sự thay đổi khoảng cách giữa hai bi. Tín hiệu đo được vẽ thành một biểu đồ tròn (biểu đồ tròn được chỉ dẫn

trên Hình 110). Biểu đồ tròn có thể được tạo ra, ví dụ bằng một máy vẽ đồng bộ hoặc bằng sự đánh giá của máy tính.

## 6.7 Độ trụ

CHÚ THÍCH 32 Mặc dù việc kiểm tra độ tròn, độ thẳng và độ song song bằng dung sai độ trụ là một kỹ thuật tiện ích, phép đo độ trụ theo định nghĩa của nó có thể hiện nay rất khó khăn. Các đặc tính riêng bao gồm độ trụ được dùng cho các chi tiết có liên quan.

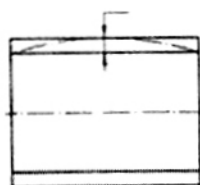
### 6.7.1 Định nghĩa

Một bề mặt được gọi là hình trụ khi toàn bộ các điểm của nó nằm giữa hai trụ tròn xoay đồng trục, khoảng cách hướng kính của chúng không được vượt quá giá trị đã cho (xem Hình 120).

### 6.7.2 Phương pháp đo

Toàn bộ qui trình bao gồm phép đo sai lệch kích thước đối với chuẩn trụ.

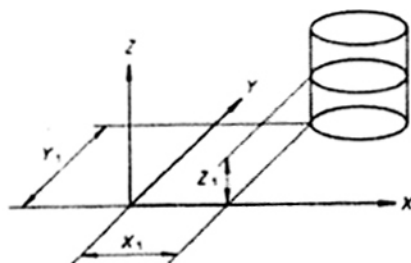
Dung sai độ trụ



Hình 120

#### 6.7.2.1 Máy đo tọa độ

Biên dạng tròn của mỗi mặt cắt được xác định bởi một đầu dò quét quanh chu vi (xem Hình 121)



Hình 121

#### 6.7.2.2 Máy đo độ tròn có đầu dò quay hoặc bàn quay

Trong cả hai trường hợp mẫu kiểm được đặt vào giữa bàn và đầu dò có thể di chuyển song song với đường tâm của bàn quay. Trong trường hợp thứ nhất, đầu dò được quay quanh mẫu kiểm (xem Hình

**TCVN 7011-1: 2007**

111), trong khi ở trường hợp thứ hai thì bàn quay (xem Hình 112). Độ trụ được xác định bởi sự chổng Hình của biểu đồ cực lấy ở các mặt cắt khác nhau.

CHÚ THÍCH 33 Phương pháp này cho độ chính xác cao với độ thẳng hàng, nhưng yêu cầu thiết bị đắt tiền.

**6.7.2.3 Phương pháp khối V**

Mẫu kiểm được đỡ trên hai khối V (khối V tốt nhất có góc ôm  $108^\circ$ ). Mẫu kiểm được quay và sai lệch của độ tròn được đo bằng một đồng hồ so (xem Hình 115). Qui trình được lặp lại tại một số mặt cắt để cung cấp số chỉ của độ trụ.

**6.8 Độ không đối của đường kính gia công**

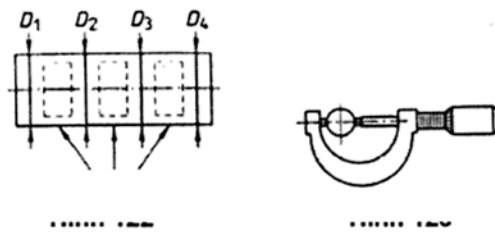
**6.8.1 Định nghĩa**

Đường kính được gọi là không đối khi sự thay đổi giữa các đường kính gia công tại các khoảng dọc theo phiêi kiểm được đo trong một mặt phẳng chiếu trục, nằm trong khoảng đường kính lớn nhất và nhỏ nhất đã cho (xem Hình 122).

**6.8.2 Phương pháp đo**

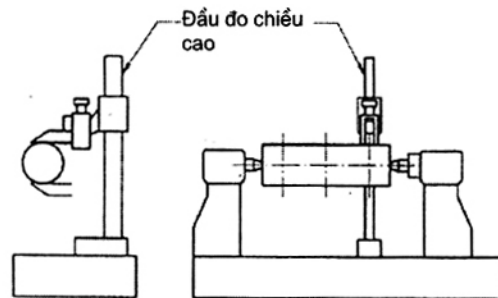
**6.8.2 Thước vận hoặc dụng cụ đo hai điểm giống nhau**

Số chỉ được lấy tại mỗi một dải chỉ trong một mặt phẳng. Phép đo có thể được tiến hành khi phiêi kiểm còn đang kẹp trên máy công cụ (xem Hình 123).



**6.8.2.2 Đầu đo chiều cao**

Mẫu kiểm được cố định theo phương nằm ngang giữa hai mũi tâm hoặc được đỡ bởi các khối V. Các điểm cao nhất hoặc thấp nhất của đường kính gia công được đo bằng đầu đo chiều cao (xem Hình 124)



**Hình 124**

**Phụ lục A**

( Tham khảo )

**Dụng cụ và thiết bị để kiểm máy công cụ****A1 Yêu cầu chung**

Thiết bị đo được mô tả trong phụ lục này được sử dụng để kiểm hình học của máy công cụ. Khi cần thiết tham khảo các tiêu chuẩn khác phù hợp .

Mục A2 đến A5 mô tả các dụng cụ chính xác để kiểm máy công cụ. Độ chính xác máy là độ chính xác của dụng cụ đo dùng với mục đích kiểm tra (không dùng cho các phòng tiêu chuẩn).

Khi có thể thực hiện được, các sai số đo đối với các dụng cụ này được lấy bằng hoặc ít hơn 10% của miền dung sai cho các yếu tố được kiểm.

Thiết bị đo phải được hiệu chuẩn tại các khoảng không thay đổi so với các tiêu chuẩn tham khảo đã biết, đối với các yêu cầu của hệ thống đo lường. Nếu cần thiết, phải cung cấp các biểu đồ hiệu chuẩn để chỉ ra điều kiện của thiết bị.

Thiết bị đo chỉ được sử dụng khi nhiệt độ xung quanh ổn định và phải giữ ổn định đến mức có thể trong quá trình kiểm.

Phải chú ý để ngăn chặn sự làm nhiễu loạn đến thiết bị do rung động, từ trường, sự chạm điện, v.v...

**A.2 Thước thẳng****A2.1 Mô tả**

Thước thẳng là đặc trưng quan trọng đối với độ chính xác đã cho, về một đường chuẩn thẳng, bằng chuẩn này các sai lệch của độ thẳng và độ phẳng của một bề mặt có thể được xác định.

Có hai kiểu cơ bản của thước thẳng:

- thước thẳng có dạng hình cung (xem Hình A.1 a) với một cạnh;
- thước thẳng với hai bề mặt song song, dạng này có thể :
  - mặt cắt đơn với một gân đặc hoặc gân nhẹ (có lỗ), (xem Hình A.1 b)
  - mặt cắt hình chữ nhật phẳng (xem Hình A.1 c)

Thước thẳng phải được nhiệt luyện và có trạng thái ổn định.

**A.2.2 Độ chính xác**

Để kiểm máy công cụ, thước thẳng phải theo các điều kiện sau:

**A.2.2.1 Sai lệch cho phép**

**TCVN 7011-1: 2007**

Mômen quán tính của các mặt cắt phải bảo đảm sao cho độ võng tự nhiên của thước thẳng, khi đặt lên trên hai gối đỡ ở tại hai đầu mút không được vượt quá 0,01mm trên 1000mm.

Giá trị chính xác của độ võng tự nhiên, đặc trưng cho độ võng lớn nhất của thước thẳng phải được đánh dấu trên một trong các bề mặt của chúng.

**A.2.2.2 Độ phẳng và độ thẳng của các mặt làm việc**

Các sai số về độ phẳng và độ thẳng của các mặt làm việc của thước thẳng khi được đỡ tại các vị trí thuận lợi ( xem Hình A.1 ) không được vượt quá đại lượng sau:

$$\frac{(2 + 0,01L)}{1000}$$

Trong đó, L là chiều dài làm việc, tính theo mm.

Ngoài ra, sai số trên bất kỳ chiều dài nào đến 300mm không được lớn hơn 0,005mm.

**A.2.2.3 Độ song song của các mặt làm việc**

Đối với thước thẳng có hai mặt song song, sai số về độ song song của các mặt làm việc theo mm không được lớn hơn 1,5 lần dung sai độ thẳng của chúng, nghĩa là sẽ bằng:

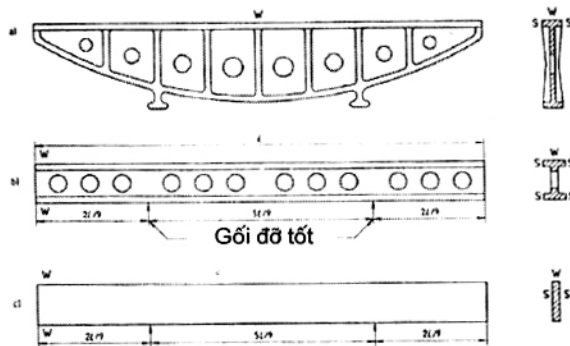
$$\frac{1,5(2 + 0,01L)}{1000}$$

**A.2.2.4 Độ thẳng của các mặt bên, theo mm**

$$\frac{10(2 + 0,01L)}{1000}$$

**A.2.2.5 Độ song song của các mặt bên, theo mm**

$$\frac{15(2 + 0,01L)}{1000}$$



W : mặt làm việc

S : mặt bên

**Hình A.1 Các vị trí đỡ tốt nhất đối với thước thẳng**

**A.2.2.6 Độ vuông góc của các mặt bên đối với mặt làm việc**

$\pm 0,0025$  đối với một chiều dài đo 10mm

**A.2.2.7 Bề mặt tinh của các bề mặt làm việc**

Các bề mặt làm việc được sử dụng khi đo phải là mặt được gia công tinh hoặc cạo.

**A.2.2.8 Chiều rộng của thước thẳng**

Khi thước thẳng được sử dụng với một nivô, chiều rộng của các mặt làm việc không được lớn hơn 35mm.

**A.2.3 Phòng ngừa khi sử dụng**

Thước thẳng thường được sử dụng theo phương nằm ngang, cũng có thể đặt ở các mặt bên với mặt làm việc thẳng đứng hoặc đặt trên gối đỡ với mặt làm việc nằm ngang.

Trong các trường hợp dưới đây, vị trí gối đỡ phải được lựa chọn thích hợp sao cho độ võng tự nhiên là nhỏ nhất. Trong trường hợp thước thẳng có mặt cắt ngang đều, gối đỡ được đặt với khoảng cách bằng  $5L / 9$  và đặt tại khoảng cách  $2L / 9$  so với đầu mút ( xem Hình A.1 ). Các vị trí đặc biệt này đối với các gối đỡ phải được đánh dấu rõ ràng trên thước thẳng.

Khi một thước thẳng không được đặt trên hai gối đỡ tốt nhất của chúng và đặc biệt khi nó được đỡ tại hai đầu mút thì phải tính độ võng tự nhiên của nó.

Bảng A.1 chỉ ra các ví dụ, năm thước thẳng có chiều dài khác nhau được đặt theo các điều kiện trên . Độ võng tự nhiên phụ thuộc trực tiếp vào mô đun đàn hồi E của vật liệu được sử dụng . Giá trị của độ võng cho trong bảng A.2 tương ứng với thước thẳng làm bằng gang thông thường  $E= 98\text{kN/mm}^2$ . Trong trường hợp vật liệu bằng thép ,  $E= 196\text{kN/mm}^2$ , độ võng sẽ giảm một nửa. Trong trường hợp gang chất lượng cao , cho ví dụ  $E= 147\text{kN/mm}^2$  , độ võng sẽ tính theo tỷ lệ đối với mô đun đàn hồi.

**A.3 Trục kiểm có chuỗi côn**

Một trục kiểm đặc trưng, nằm trong giới hạn đã cho là trục được dùng kiểm độ đảo hoặc vị trí liên quan đến các bộ phận khác của máy công cụ.

**A.3.1 Mô tả**

Trục kiểm có chuỗi côn được lắp vào lỗ côn của trục chính máy được kiểm, phần trụ được sử dụng làm chuẩn đo (xem Hình A.2 a) và b)). Trục được làm bằng thép chất lượng cao và được tôi cứng không mạ hoặc được mạ crom cứng.

Trục kiểm có các đặc tính sau:

- các lỗ tâm phải được mài hoặc mài nghiền, có rãnh bảo vệ ở các đầu mút, dùng để chế tạo và kiểm tra ;



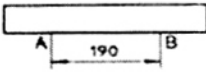
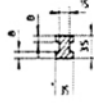
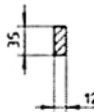
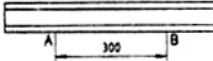
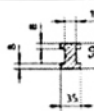
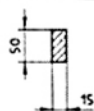
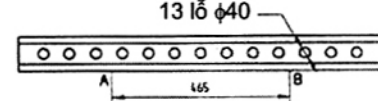
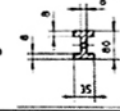
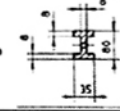
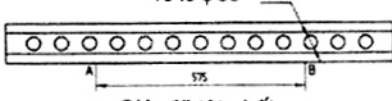
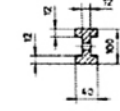
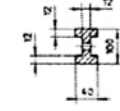
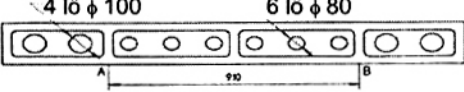
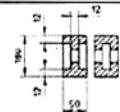
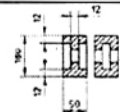
**TCVN 7011-1: 2007**

- b) bốn đường chuẩn r cách nhau  $90^\circ$  ( 1,2,3,4 ); khoảng cách giữa các dấu tại hai đầu mút của phần trụ đặc trưng cho chiều dài đo l : 75mm, 150mm, 200mm, 300mm hoặc 500mm;
- c) trong trường hợp côn Morse và hệ mét có độ côn nhỏ, trục kiểm tự định tâm trong lỗ côn [ xem Hình A2 a)]. Trên trục phải có phần ren để có thể dùng đai ốc tháo trục kiểm ra khỏi lỗ côn;
- d) trong trường hợp chuôi có độ côn lớn [ xem Hình A.2 b)], trục kiểm phải có một lỗ ren để cố định trục kiểm bằng trục ren hoặc bằng một chốt hãm như được sử dụng với thiết bị thay dao tự động [ xem Hình A.2 c)].

Để tránh trục kiểm bị đảo ngược các đầu khi mài, cho phép lắp phần kéo dài P vào trục kiểm có chiều dài từ 14mm đến 32mm và đường kính nhỏ hơn không đáng kể so với phần trụ [ xem Hình A.2 d)].

Bảng A.1- Thước thẳng

Kích thước tính bằng milimét

STT	Chiều dài		Sơ đồ	Kiểu rộng		Kiểu bình thường	
	Làm việc	Tổng		Mặt cắt	Khối lượng <sup>2)</sup> kg	Mặt cắt	Khối lượng <sup>2)</sup> kg
1	300	340			2		1
2	500	540	 Giá đỡ tốt nhất		4		3
3	800	840					5
4	1000	1040	 Giá đỡ tốt nhất				12
5	1600	1640					33

1) Chiều dài tổng phải lớn hơn chiều dài làm việc một chút để sao cho khi kiểm không sử dụng hai đầu mút của thước thẳng mà các đầu mút này khó gia công chính xác.  
Khối lượng của thước được chế tạo bằng gang xám, sẽ lớn hơn một chút khi thước được làm bằng thép.

Bảng A.2 – d Các yêu cầu độ chính xác tương ứng với năm thước thẳng trong Bảng A.1

Kích thước tính bằng milimét

STT	Kích thước	Độ võng khi gối đỡ đặt tại hai đầu mút và thước được chế tạo bằng gang <sup>2)</sup>	Các mặt làm việc		Các mặt cạnh		
			ộ thẳng	Độ song song	Độ thẳng	Độ song song	Độ vuông góc đối với mặt làm việc
1	300 thường 300 rộng	0,001	0,005	0,0075	0,050	0,075	±0,008
2	500 thường 500 rộng	0,003	0,007	0,0105	0,070	0,105	±0,012
3	600	0,004	0,010	0,0150	0,100	0,150	±0,020
4	1000	0,008	0,012	0,0180	0,120	0,180	±0,025
5	1600	0,016	0,018	0,0270	0,180	0,270	±0,045

1)  $E = 98 \text{ kN/mm}^2$ .  
2) Dung sai cục bộ = 0,005 mm trên chiều dài 300mm

## TCVN 7011-1: 2007

Hình A.3 là ví dụ của một loạt các trục phù hợp. Kích thước ngoài (đường kính và chiều dài) và đường biên lỗ của trục này được xác định để sao cho (trừ côn Morse số 0 và số 1) độ võng tại đầu tự do do khối lượng của phần nhô ra của trục kiểm và độ võng gây ra bởi lực ép của đồng hồ so là không đáng kể khi kiểm với các dụng cụ này.

Bảng A.3 cho các giá trị của độ võng. Các độ võng này được tính toán với  $E = 206 \text{ kN/mm}^2$ , trường hợp đối với các giá trị nhỏ hơn một chút ( $E = 176 \text{ kN/mm}^2$  đến  $186 \text{ kN/mm}^2$ ), độ võng vẫn không đáng kể.

Trong trường hợp độ côn 7/24, bảng A.4 chỉ dẫn sự tương ứng giữa kích thước phần trụ và kích thước của côn.

Nếu trục kiểm có kích thước khác với kích thước cho trong Hình A.3 được sử dụng để kiểm độ thẳng hàng thì phải đánh dấu rõ ràng trên trục để phân biệt độ võng của chúng và phải lưu ý khi kiểm máy

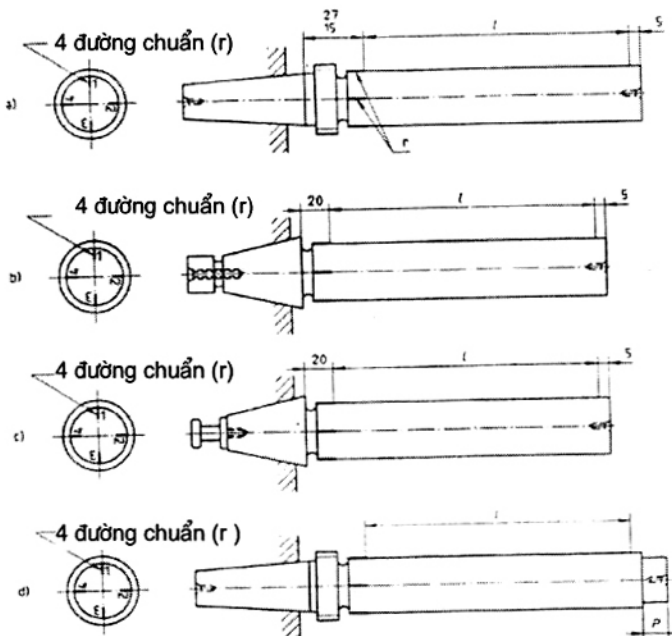
Đối với các trục kiểm có khối lượng trên 5kg có xu hướng gây ra độ võng của trục chính, khi kiểm phải lưu ý đến giá trị này.

### A.3.2 Độ chính xác

Trục kiểm phải đạt được các yêu cầu cho trong bảng A.3, A.4 và A.5.

Để đạt được sự lắp ghép tốt trong lỗ côn trục chính của máy được kiểm, độ chính xác của chuôi côn phải bằng đúng với độ chính xác của đầu đo côn.

Kích thước tính bằng milimét



Hình A.2 Trục kiểm có côn Morse và côn hệ mét

**Bảng A.3 – Trục kiểm – Các giá trị độ võng**

Số côn	Chiều dài làm việc mm	Trục kiểm không có phần kéo dài Kiểu A					Trục kiểm có phần kéo dài Kiểu C					Nhận xét
		Khối lượng tổng Xấp xỉ bằng kg	Độ võng tự nhiên <sup>1)</sup> mm	Độ võng bổ sung khi tải trọng tác động vào đầu tự do		Độ võng tổng mm	Khối lượng tổng Xấp xỉ bằng kg	Độ võng tự nhiên <sup>1)</sup> mm	Độ võng bổ sung khi tải trọng tác động vào đầu tự do		Độ võng tổng mm	
				P g	mm							
Morse số 0	75	0,11	0,000 65	50	0,0009	0,001 6	0,12	0,0009	50	0,0009	0,0018	Có tính đến độ võng  Độ võng không đáng kể
Morse số 1	75	0,13	0,000 5	50	0,0007	0,001 2	0,14	0,0007	50	0,0007	0,0014	
Morse số 2	150	0,73	0,001 5	100	0,0006	0,002 1	0,79	0,0019	100	0,0006	0,0025	
Morse số 3	200	0,96	0,001 8	100	0,0007	0,002 5	1,09	0,0022	100	0,0007	0,0029	
Morse số 4	300	2,2	0,003 3	100	0,0007	0,004	2,28	0,0039	100	0,0007	0,0046	
Morse số 5	300	3	0,002 6	100	0,0006	0,003 2	3,14	0,0031	100	0,0006	0,0037	
Morse số 6	500	10	0,005 8	100	0,00035	0,006 2	10,32	0,0066	100	0,00035	0,007	
Mét 80 và lớn hơn	500	15	0,003 5	100	0,00015	0,003 7	15,24	0,0039	100	0,00015	0,0041	

1) Các hình chỉ sự phù hợp với sự khác nhau theo độ võng tự nhiên tại hai đầu mút của chiều dài đo

**Bảng A.4 – Trục kiểm – Phần trụ của chuỗi côn 7/24**

Số côn 7/24	30	40	45	50	
				Trục ngắn	Trục dài
Chiều dài đo, l	200mm	300mm	300mm	300mm	500mm
Số côn Morse của trục kiểm	3	4 và 5	4 và 5	4 và 5	6

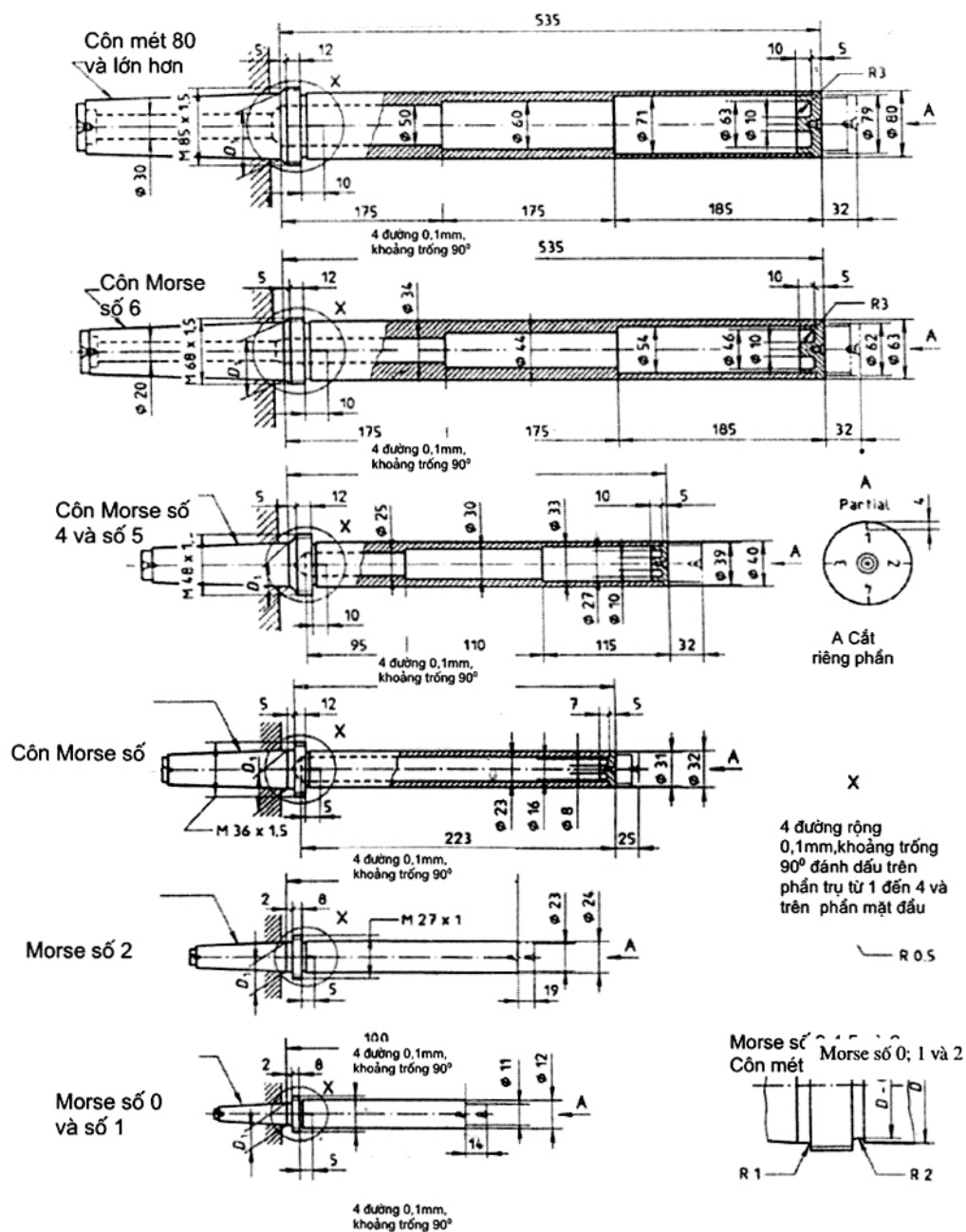
**Bảng A.5 – Trục kiểm – Các yêu cầu**

Kích thước tính bằng milimét

Chiều dài đo, l	75	150	200	300	500
Tổng độ đảo dọc theo toàn bộ chiều dài	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003
Sự biến đổi lớn nhất theo đường kính của phần trụ	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003
Dung sai côn	Độ chính xác của chuỗi côn phải tương ứng với đầu đo côn				

Trong trường hợp trục kiểm rỗng, các bạc ở hai đầu phải cứng vững và cố định chắc chắn để không bị biến dạng ở vị trí lắp ( ví dụ, lắp ghép chặt ).

Kiểm máy bằng một trục kiểm lắp vào giữa hai mũi tâm và kiểm độ đảo tại một số điểm có khoảng cách bằng nhau dọc theo đường tâm trục kiểm và đo đường kính của phần trụ trong hai mặt phẳng chiều trục tương ứng với bốn đường chuẩn. Dung sai cho trong bảng A.5 phải theo mối tương quan với chiều dài đo. Bề mặt của phần trụ phải được mài tinh để giảm ma sát tại điểm tiếp xúc của kim đồng hồ so.

**CHÚ THÍCH:**

- 1 Phải cung cấp một đai ốc tháo cho mỗi một trục kiểm
- 2 Đặc biệt với chuỗi côn, theo qui định của tiêu chuẩn này, kích thước  $D_1$  phải được xác định. Trục kiểm phải có lỗ tâm ở dạng bảo vệ được mài và mài nghiêng tại mỗi đầu mút.
- 3 Phần được chỉ dẫn trong đường gạch ngang là phần của trục kiểm được chỉ dẫn trong hình A.2 d); phần kéo dài P được cộng thêm để trợ giúp chế tạo. Chiều dài tổng sẽ tăng lên do đại lượng này và cũng chỉ ở lỗ đầu tiên, đầu cuối không thay đổi Morse

**Hình A.3 Trục kiểm**

### A.3.3 Phòng ngừa khi sử dụng

Chuôi côn của trục kiểm phải được lắp khít trong lỗ côn trục chính máy được kiểm; cần chú ý đến trục chính.

Để kiểm độ đảo, trục kiểm được lắp vào trục chính trong 4 vị trí, mỗi vị trí cách vị trí trước  $90^\circ$  và lấy giá trị trung bình của bốn kết quả đo.

Để kiểm tra độ chính xác của vị trí nằm ngang một bộ phận hoặc hai bộ phận song song phải tiến hành đo liên tục trên hai đường chuẩn đối diện trên bề mặt trụ của trục kiểm, quay trục kiểm và trục chính đi  $180^\circ$ .

Sau khi lắp trục kiểm vào trong lỗ côn trục chính, phải để thời gian tiêu tan nhiệt của tay người vận hành và để nhiệt ổn định rồi mới tiến hành kiểm.

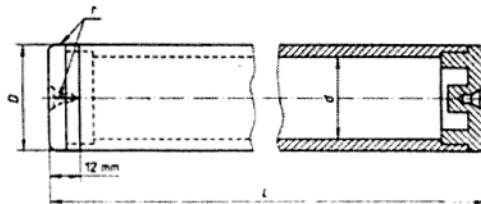
Trong trường hợp, trục kiểm có côn Morse số 0 và số 1, cần thiết phải tính độ võng tự nhiên của chúng. Khi kiểm chỉ được sử dụng với đồng hồ so có số chỉ đến  $0,001\text{mm}$  và có lực tỷ không được vượt quá  $0,5\text{N}$ . Đồng hồ so phải được đặt vào mặt bên dưới của trục kiểm để chống lại độ võng tự nhiên của trục kiểm.

### A.4 Trục kiểm chống tâm hai đầu

#### A.4.1 Mô tả

Trong khi trục kiểm có chuôi côn được dùng đặc trưng cho một trục quay thì một trục kiểm lắp giữa hai mũi tâm ( xem Hình A.4 ) đặc trưng cho một đường thẳng đi qua hai điểm. Đường tâm của trục kiểm phải thẳng và trùng với đường tâm của mặt trụ ngoài.

Trên mỗi đầu có bốn vạch dấu nằm trong hai mặt phẳng chiều trục vuông góc với nhau, các lỗ tâm được lõm vào để bảo vệ. Các trục kiểm này thường được chế tạo bằng ống thép kéo nóng để hàn. Hai đầu ống được lắp với bạc đã gia công tinh có lỗ tâm được mài và mài nghiền dùng để gia công và kiểm. Các bạc phải cứng vững và phải bảo đảm cố định trên trên ống và bảo đảm không bị biến dạng tại vị trí lắp bên ngoài ống phải mài và phải đạt độ trụ yêu cầu. Quá trình gia công yêu cầu chiều dày thành mà chiều dày này thường không có sẵn ở ống thông thường; đó là việc cần thiết để gia cố cho các ống áp suất cao. Vật liệu trục phải được ổn định trước khi mài lần cuối. Phần trụ phải được làm cứng và cho phép mạ crôm cứng để làm tăng sự chống mài mòn của chúng.



Hình A.4 Trục kiểm lắp giữa hai mũi tâm

## TCVN 7011-1: 2007

### A.4.2 Độ chính xác

Vấn đề thực sự liên quan đến trục kiểm lắp giữa hai mũi tâm là độ chính xác chế tạo chúng. Do độ thẳng của máy công cụ được kiểm đòi hỏi được đo đến độ chính xác 0,01mm trên chiều dài đo 300mm nên trục kiểm phải có độ thẳng không nhỏ hơn 0,003mm trên cùng chiều dài đo.

Khi trục kiểm có chiều dài lớn hơn 300mm thì trục phải có dạng ống, chiều dày của ống phải được lựa chọn sao cho giảm được khối lượng nhưng không giảm độ cứng vững.

Đối với trục kiểm có chiều dài lớn hơn 1600mm, rất khó chế tạo chính xác. Với các thiết bị có chiều dài lớn, cần thiết phải sử dụng các phương pháp kiểm thay thế khác như thiết bị quang, kéo dây và kính hiển vi, v.v....

Các ví dụ trong bảng A.6 cho bốn phạm vi phù hợp của trục kiểm để thực hiện các phép kiểm chính được yêu cầu trên máy công cụ.

Trục kiểm được kiểm bằng cách lắp vào giữa hai mũi tâm và kiểm tại các đoạn bằng nhau, ví dụ các đoạn 50mm hoặc 100mm, đo độ đảo và đường kính trong hai mặt phẳng chiều trục vuông góc với nhau. Các mặt phẳng này tương ứng với bốn đường chuẩn được đánh dấu trên bề mặt trụ.

**Bảng A.6 – Các dạng trụ kiểm**

Chiều dài toàn bộ L mm	Đường kính ngoài D mm	Đường kính trong d mm	Khối lượng có đầu ống ngoài	Độ võng tự nhiên <sup>1)</sup> m	Độ chính xác		Hoàn chỉnh bề mặt
					Sự biến đổi lớn nhất theo đường kính mm	Độ đảo lớn nhất mm	
$150 \leq L \leq 300$	40	0	1,5 đến 3	0,00002 đến 0,00004	0,003	0,003	Mài tinh
$301 \leq L \leq 500$	63	50	2,7 đến 4,5	0,0001 đến 0,0007	0,003	0,003	
$501 \leq L \leq 1000$	80	61	8,3 đến 16,5	0,0005 đến 0,008	0,004	0,007	
$1001 \leq L \leq 1600$	125	105	28,2 đến 45	0,003 đến 0,019	0,005	0,010	

<sup>1)</sup> E = 206 kN/mm<sup>2</sup>

### A.4.3 Phòng ngừa khi sử dụng

Để kiểm tra độ song song, đầu đo của đồng hồ so được đặt lên đường chuẩn trên bề mặt trụ của trục kiểm và trên vị trí đối diện sau khi quay trục kiểm đi một góc 180°. Kiểm nhắc lại hai vị trí đối xứng của đường chuẩn sau khi đảo đầu trục kiểm. Giá trị trung bình của bốn lần đo là kết quả kiểm. Phương pháp đo này dùng để loại trừ phần lớn các nguyên nhân của sai lệch sinh ra do độ chính xác của trục kiểm.

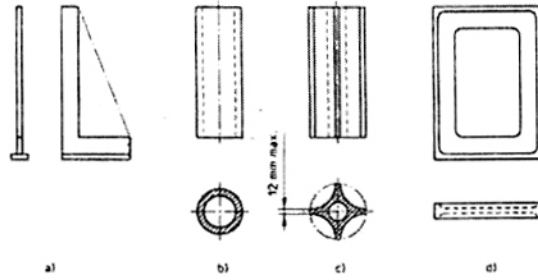
### A.5 Thước vuông góc (ke kiểm)

Các dạng chính của ke vuông góc là:

Ke kiểm đặc trưng bởi một mặt phẳng và một cạnh tại góc vuông, có hoặc không có gân tăng cường [ xem Hình A.5 a)];

1) Ke kiểm lăng trụ, đặc trưng bởi một trục vuông góc với một mặt phẳng [ xem Hình A.5 b) và Hình A.5 c)];

2) Ke kiểm kiểu khối có hoặc không có gân tăng cường [ xem Hình A.5 d)].



**Hình A.5 Các kiểu chính của ke kiểm**

#### A.5.1 Mô tả

Kích thước của ke kiểm thường không lớn hơn 500mm. Để kiểm tra độ vuông góc trên một cạnh lớn sử dụng phương pháp quang là thực tế hơn cả.

Ke kiểm được làm bằng thép, gang hoặc bằng vật liệu phù hợp khác, chúng phải được làm cứng và ổn định.

#### A.5.2 Độ chính xác

Ke kiểm phải cấu trúc sao cho phù hợp với các yêu cầu sau.

##### A.5.2.1 Dung sai độ phẳng và độ thẳng

Dung sai độ phẳng của ke vuông có hai cạnh hoặc dung sai độ thẳng của ke kiểm trụ được cho bằng:

$$\frac{(2 + 0,01L)}{1000}$$

Trong đó, L là chiều dài làm việc, tính theo mm.

##### A.5.2.2 Dung sai độ vuông góc

0,005 mm đối với bất kỳ chiều dài đo của 300mm. Góc có thể nhỏ hơn hoặc lớn hơn 90°

Đối với dạng ke vuông chỉ dẫn trên Hình A.5 a) , cả hai bề mặt làm việc của cạnh thẳng đứng phải vuông góc với cạnh đáy .

##### A.5.2.3 Gia công tinh mặt làm việc



## TCVN 7011-1: 2007

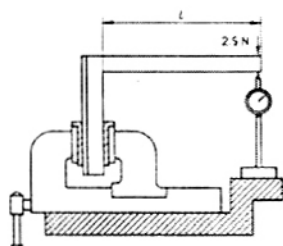
Các mặt làm việc phải được mài tinh hoặc cạo.

### A.5.2.4 Dung sai về độ cứng vững của ke kiểm có hai cạnh

Khi tải trọng 2,5 N được đặt tại điểm biên của một cạnh yếu hơn trong hai cạnh của ke kiểm trong hướng song song đối với cạnh kia ( xem Hình A.6), độ võng tính theo mm, không được vượt quá:

$$\frac{(0,7\sqrt{L})}{1000}$$

Trong đó, L là chiều dài làm việc cạnh ngắn hơn của ke vuông, tính bằng mm



Hình A.6 Phép đo cứng vững của ke kiểm có hai cạnh

### A.5.3 Phòng ngừa khi sử dụng

Dung sai độ vuông góc trên các máy công cụ thường thay đổi từ 0,03mm/1000mm đến 0,05mm/1000mm. Ke kiểm thường dùng để áp dụng cho các dung sai này. Tuy nhiên, đối với các dung sai nhỏ hơn phải tính toán sai số của ke vuông được sử dụng. Khi sử dụng, cần xem xét kỹ một số phương pháp đo khác không liên quan đến việc sử dụng ke kiểm.

## A.6 Nivô chính xác

Các nivô cồn ( Hình A.7 ) và nivô điện ( xem Hình A.8 ) là hai dạng nivô chính xác.

Các dạng nivô có hai chức năng chính:

- xác định mức tuyệt đối;
- so sánh sự thay đổi nhỏ của góc hoặc độ dốc

Độ chính xác yêu cầu của lần kiểm được thực hiện xác định độ nhạy và dạng của nivô được yêu cầu.

### A.6.1 Nivô cồn

#### A.6.1.1 Mô tả

Nivô được lắp với một thước vắn hoặc với vạch chia độ trên ống, có hoặc không có vít điều chỉnh.

Trong trường hợp thứ nhất, sự thay đổi theo độ dốc được đọc trên sai lệch của thước vắn; trong trường hợp thứ hai đọc trực tiếp trên vạch chia độ của ống.

Sự không đổi của nivô hoặc độ nhạy hiển thị,  $n$ , là sự thay đổi theo độ nghiêng, được biểu thị bằng milimét trên milimét (hoặc theo giây của cung) tạo ra sự dịch chuyển của bong bóng( bọt ) theo một vạch chia.

#### **A.6.1.2 Độ chính xác**

Để kiểm máy công cụ, nivô phải có độ chính xác 0,005mm/1000mm đến 0,01mm/1000mm và bong bóng dịch chuyển đi ít nhất một vạch chia đối với sự thay đổi của góc không lớn hơn 0,05mm/1000mm.

Độ phẳng của đế phải theo dung sai sau:

0,004mm đối với chiều dài  $L \leq 250\text{mm}$ ;

0,006mm đối với  $250\text{mm} < L \leq 500\text{mm}$ .

Trong trường hợp nivô có đáy phẳng không biến đổi liên tục thì quan trọng là đáy không lồi.

#### **A.6.1.3 Phòng ngừa khi sử dụng**

Việc kiểm với một nivô phải tiến hành trong thời gian ngắn nhất có thể và phép đo được nhắc lại trong hướng đảo chiều để tính đến các sự biến đổi nhiệt độ có thể xảy ra giữa số chỉ đầu tiên và số chỉ cuối cùng.

Do ống thủy của nivô có khả năng biến dạng theo thời gian, nên nivô cần phải được hiệu chuẩn lại theo các chu kỳ thường xuyên. Ngày, tháng của mỗi một lần hiệu chuẩn phải được ghi trên tờ kết quả hiệu chuẩn nivô.

### **A.6.2 Nivô điện**

#### **A.6.2.1 Mô tả và độ chính xác**

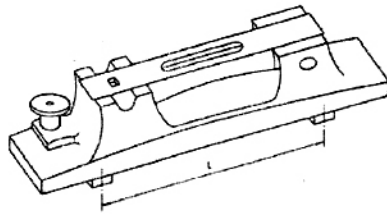
So sánh với nivô cồn, nivô điện có độ nhạy hơn, cho kết quả nhanh hơn và ít bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ và có thể giao tiếp tự động với thiết bị in.

#### **A.6.2.2 Phòng ngừa khi sử dụng**

Do độ khuếch đại của nivô điện có thể điều chỉnh được và quan trọng là độ khuếch đại được hiệu chuẩn định kỳ bằng sử dụng một thanh hình sin gây ra độ nghiêng nivô theo một góc đã cho. Một số nivô điện bị ảnh hưởng bất lợi do lực của từ trường, ví dụ, mâm cặp từ hoặc đế của đồng hồ so có từ.

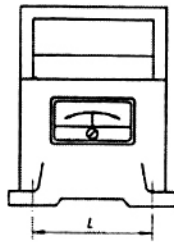
Phải bảo đảm bề mặt của nivô vuông góc với hướng đo và nivô phải nằm trong qui định của nhà chế tạo dụng cụ. Khi kiểm tra nivô tuyệt đối, phải lấy hai giá trị số chỉ của nivô, số chỉ thứ hai được lấy sau khi quay nivô đi một góc  $180^\circ$ .

Kết quả được xác định bằng trung bình cộng giá trị hai số chỉ của nivô.



Hình A.7 Nivô côn điều chỉnh được

Khi khảo sát phép đo địa hình, điều quan trọng là biết được khoảng cách  $L$  là các vị trí giữa của các điểm tựa ( xem Hình A.7 và A.8 ) và lấy số ghi bằng di chuyển nivô và điểm tựa của nó theo số gia của  $L$  giữa mỗi lần đọc, bảo đảm chắc chắn rằng chân cuối được đặt cùng một điểm đặt chân đầu khi đo lần trước

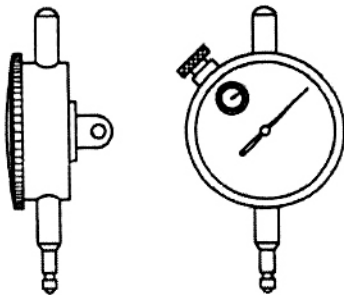


Hình A.8 Nivô điện

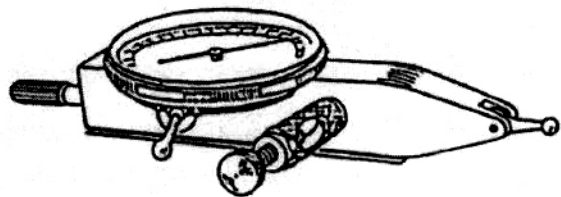
Có hai dạng đầu dò: đồng hồ so và đầu dò điện

**A.7.1 Đồng hồ so (xem Hình A.9 và A.10)**

Đối với các chi tiết của đồng hồ so, tham khảo ISO 463. Khi kiểm thông thường có thể sử dụng đồng hồ so 0,01mm nhưng đối với các phép kiểm chính xác hơn (ví dụ, độ đảo trục chính máy công cụ) phải sử dụng đồng hồ so có độ phân giải 0,001mm.



Hình A.9 Đồng hồ so



Hình A.10 Đồng hồ so

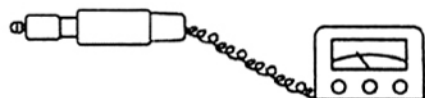
Đặc tính chủ yếu của dụng cụ này là:

- Các sai số đường cong;
- Giá trị lớn nhất của hiện tượng trễ;
- Giá trị lớn nhất của lực đo tại đầu hành trình và cuối hành trình của đầu đo ;
- Sự biến đổi cục bộ lớn nhất của lực đo thường có các giá trị khác nhau của sự dịch chuyển đi vào hoặc đi ra của trụ trượt tại mỗi vị trí của hành trình;
- Khả năng lặp lại khi sử dụng đảo ngược.

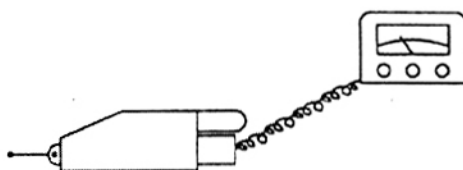
Trong trường hợp này sử dụng đồng hồ so có hành trình ngắn và trong thực tế chúng có giá trị trễ thấp và lực tiếp xúc nhẹ.

### A.7.2 Đầu dò điện

Đầu dò điện bao gồm có một đầu đo được nối với một bộ khuếch đại. Bộ khuếch đại này có khả năng hiển thị sự dịch chuyển đường của đầu dò với độ chính xác cao. Đầu đo có thể được thiết kế ở dạng đầu từ hoặc đầu đòn bẩy (xem Hình A.11 và A.12).



Hình A.11 Đầu từ



Hình A.12 Đầu đòn bẩy

### A.7.3 Phòng ngừa khi sử dụng

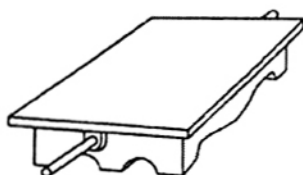
Giá đỡ dùng cho đầu đo và đầu dò điện phải đủ độ cứng để phòng ngừa các sai số không mong muốn.

Đầu đo của đồng hồ so hoặc đầu dò điện phải vuông góc với bề mặt được kiểm để tránh sai sót.

## A.8 Bàn kiểm

### A.8.1 Mô tả

Kích thước của bàn kiểm có phạm vi từ 160mm x 100mm đến 2500mm x 1600mm. Các bàn bằng gang nhỏ hơn 400mm x 250mm được trang bị tay nắm thích hợp để cho phép thao tác (xem Hình A.13). Các bàn kiểm bằng gang lớn hơn 400mm x 250mm phải có tay cầm tháo được. Bàn kiểm bằng đá granit không có tay cầm (xem Hình A.14).



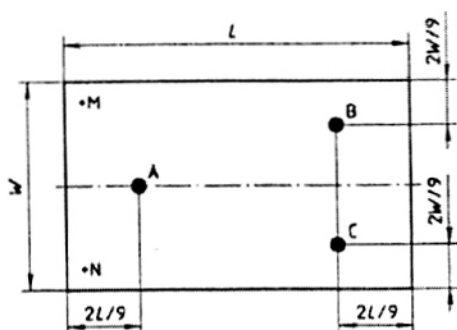
Hình A.13 Bàn kiểm bằng thép hoặc bàn kiểm bằng gang



Hình A.14 Bàn kiểm granite điển hình

### A.8.2 Phòng ngừa khi sử dụng

Bàn kiểm có kích thước đến 1000mm x 630mm được trang bị với ba chân đỡ có thể điều chỉnh được, chân an toàn để phòng nghiêng được đặt riêng ở cuối bàn với kích thước 400mm x 250mm và dài hơn. Bàn kiểm cỡ lớn 1000mm x 630mm được đỡ trên 5 hoặc nhiều hơn 5 chân để điều chỉnh được (xem Hình A. 15).



Chỉ dẫn

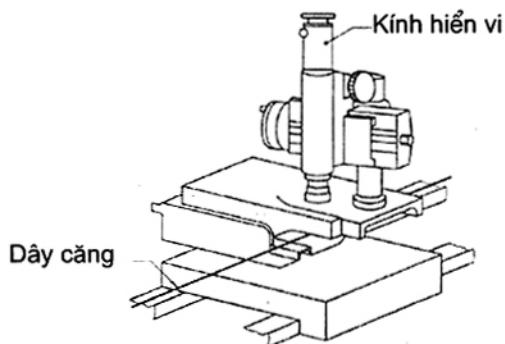
A, B, C Chân đỡ của bàn kiểm  
bảo đảm độ võng nhỏ nhất do  
khối lượng của nó  
M, N Chân đỡ an toàn

Hình A.15 Vị trí chân đế của bàn kiểm cỡ lớn

### A.9 Kính hiển vi với dây căng (xem Hình A.16)

#### A.9.1 Mô tả

Dụng cụ đo bao gồm một kính hiển vi có đường chữ thập và thước vạn điều chỉnh được để chỉ dẫn độ chính xác vị trí đối với dây căng.



Hình A.16 Kính hiển vi với dây căng

### A.9.2 Độ chính xác

Kính hiển vi có thể được điều chỉnh trên máy bằng một nivô chính xác (có thể thực hiện với sự trợ giúp của kính hiển vi). Hai đầu dây được nối bằng vạch chéo chữ thập của kính hiển vi đo. Số ghi được lấy theo mặt phẳng nằm ngang do bàn nằm ngang.

### A.9.3 Phòng ngừa khi sử dụng

Phải cẩn thận khi điều khiển dây, dây này phải đủ độ căng và không bị nối. Đường kính của dây phải nhỏ đến mức có thể, trong bất kỳ trường hợp nào cũng không được lớn hơn 0,1mm. Khi kiểm với độ dài đến 20m và lớn hơn không cần thiết phòng ngừa đặc biệt.

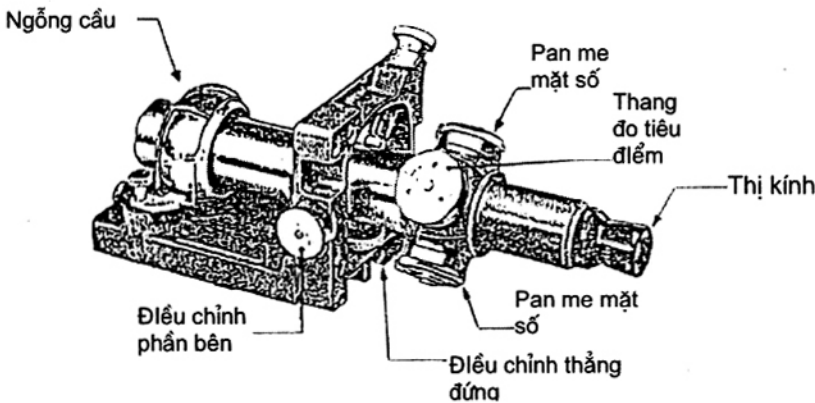
## A.10 Ống lồng thẳng hàng

### A.10.1 Mô tả

Ống lồng thẳng hàng (Hình A.17) có cơ cấu được thiết kế để kiểm độ thẳng, độ song song và độ vuông góc. Thông qua sự lắp đặt thấu kính đặt trong thân ống, hình chiếu dây chéo đứng và ngang có thể được chiếu lên một bảng.

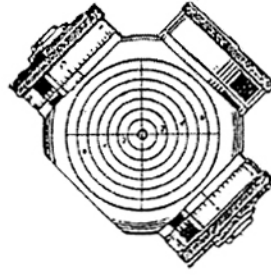
### A.10.2 Độ chính xác

Sự dịch chuyển thẳng đứng và nằm ngang của vạch chéo chữ thập đến điểm đích được đo trực tiếp theo milimét bằng panme dạng mặt số (Hình A.18). Thang đo chia độ điều tiêu thay đổi vị trí của thấu kính để điều tiêu, cho phép các đích được điều chỉnh tiêu điểm từ điểm không đến vô cực. Tiêu điểm của các dây chéo chữ thập đạt được tại thị kính. Ống lồng phần lớn được lắp trên một đế nằm ngang (Hình A.17) bao gồm ngỗng cầu để cho phép điều chỉnh ngang và thẳng đứng đường ngắm.



Hình A.17 Ống lồng thẳng hàng trên một đế nằm ngang

Độ thẳng có thể được đo bằng dịch chuyển đích dọc theo đường ngắm (Hình 19). Đồ gá làm cho nivô chính xác và ke vuông quang sẽ mở rộng khả năng của dụng cụ để đo độ song song và độ vuông góc.



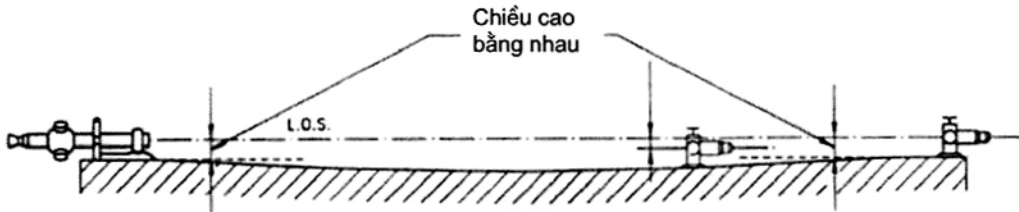
Hình A.18 Hình chiếu của dây chéo nhau, đích và pan me mặt số

**A.10.3 Phòng ngừa khi sử dụng**

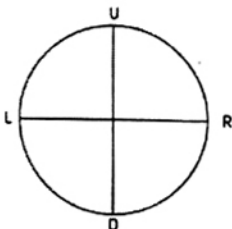
Cần phải phòng ngừa khi sử dụng những điều sau:

- a) Tránh sử dụng khi thay đổi nhiệt độ có thể gây ra khúc xạ quá mức ;
- b) Bảo đảm đáy lắp đích có từ tính được làm sạch;
- c) Bảo đảm số ghi của pan me mặt số thể hiện chính xác, ví dụ. +ve không được nhầm với -ve. Qui tắc qui ước được đề xuất là nguyên lý "LURD" (xem Hình A.20) (ví dụ, sang trái, đi lên, sang phải, đi xuống);
- d) Bảo đảm cho việc chỉnh tiêu điểm được sắc nét;
- e) Bảo đảm dụng cụ phải được lắp đặt cứng vững.

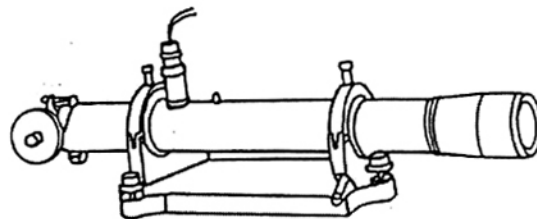
**A.11 Ống tự chuẩn trực (Hình A.21)**



Hình A19 Kiểm tra độ thẳng bằng đo sự dịch chuyển so với đường ngắm



Hình A.20 Nguyên lý LURD



Hình A.21 Ống tự chuẩn trực

**A.11.1 Mô tả**

Các dây đích chiếm vị trí của nguồn sáng, được minh họa bằng một đèn và tụ điện ở cạnh bên, ánh sáng được phản chiếu dọc theo trục quang bởi gương phản xạ trong suốt.

Hình ảnh được phản chiếu của dây, được tạo ra trong cùng một mặt phẳng như chính bản thân các dây được quan sát thông qua một kính hiển vi công suất thấp được lắp với một thị kính của pan me, bằng các thị kính này, đo sự biến đổi theo vị trí của Hình ảnh được phản chiếu.

**A.11.2 Độ chính xác**

Trên thân panme được chia độ theo 1/2 giây và với một bề mặt phản xạ tốt, nó có thể cho các số ghi lặp lại trong phạm vi 1/4 giây.

**A.11.3 Phòng ngừa khi sử dụng**

Trong quá trình đo, kính viễn vọng của ống chuẩn trực tự động phải được làm liền khối với thành phần đỡ trên đường kiểm tra và được lắp trên một giá đỡ cứng vững và ổn định. Bất kỳ một sai lệch nào của máy cũng phải chú ý.

Đây là điều quan trọng để tránh sự rung động hoặc sự thay đổi nhiệt độ nhanh.

**A.12 Ke kiểm quang di chuyển nhanh****A.12.1 Mô tả**

Ke kiểm quang di chuyển nhanh được sử dụng để kết nối với ống lồng thẳng hàng và ba đích chuẩn để tạo mặt phẳng chuẩn dùng kiểm tra độ phẳng của một mặt phẳng (xem Hình A.22). Một ống lồng được lắp trên một khung, trên đó có mang thiết bị quang quay, một lăng trụ ngũ giác. Khung gồm một giá đỡ điều chỉnh được tạo ra sự quét mặt phẳng bằng một dụng cụ đặt ở tâm của các đích chuẩn.

**A.12.2 Độ chính xác**

Các đích được mô tả trong A.10 và một pan me mặt số trên một khối quang quay, đo sự dịch chuyển thẳng đứng của điểm đích đối với các dây chéo chữ thập.

**A.12.3 Phòng ngừa khi sử dụng**

- Tránh có sự thay đổi nhiệt độ có thể gây ra khúc xạ quá mức.
- Bảo đảm đáy lắp đích có từ tính được làm sạch.
- Bảo đảm số ghi của pan me mặt số thể hiện chính xác, ví dụ. +ve không được nhầm với -ve. Qui tắc qui ước được đề xuất là nguyên lý "LURD" (xem Hình A.20) (ví dụ, sang trái, đi lên, sang phải, đi xuống).
- Bảo đảm cho việc chỉnh tiêu điểm được sắc nét.
- Bảo đảm dụng cụ phải được lắp đặt cứng vững.

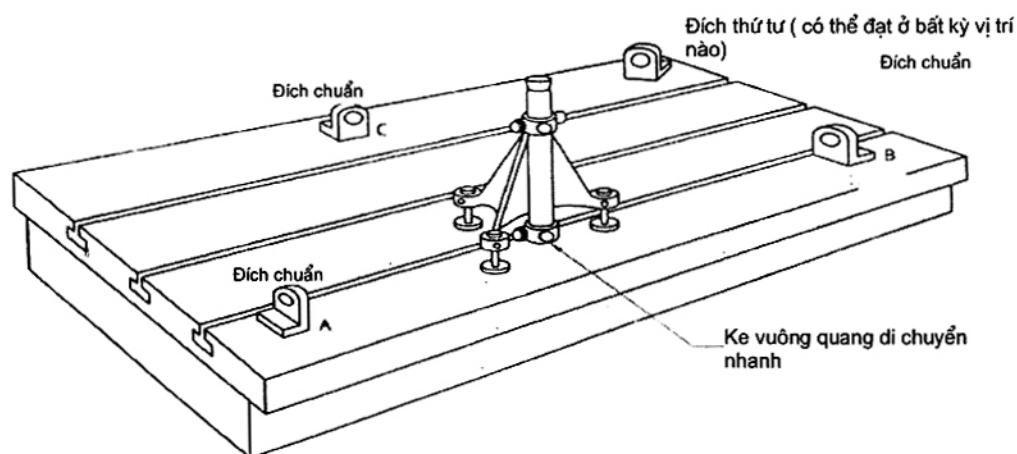


## A.13 Dụng cụ đo giao thoa la ze

### A.13.1 Mô tả

Sự phát triển của dụng cụ đo giao thoa đã cung cấp cho công nghiệp máy công cụ với một tiêu chuẩn độ chính xác cao có thể sử dụng trên toàn bộ các dạng và kích thước của máy công cụ

Hiện nay kỹ thuật lade nêông - heli rất ổn định đặc trưng cho trạng thái sáng tạo theo tiêu chuẩn chiều dài lade và trong thực tế, các giới hạn đã trở thành tiêu chuẩn chiều dài được chấp nhận.



Hình A.22 Lắp đặt ke kiểm quang di chuyển nhanh

### A.13.2 Độ chính xác

Độ chính xác của dụng cụ giao thoa được xác định bằng chiều dài sóng lade và tốt hơn 0,5 phần trên một triệu.

Dụng cụ giao thoa lade có khả năng đo 5 trong 6 bậc tự do; định vị đường, độ thẳng theo phương nằm ngang, độ thẳng theo phương thẳng đứng, bước và sự quay chệch cũng như là độ vuông góc giữa hai trục. Toàn bộ sáu bậc tự do có tầm quan trọng như nhau vì sai số định vị, do các chuyển động góc không mong muốn hoặc do sự chuyển dịch không thẳng, làm cho sai số định vị đường trên một trục tọa độ có khả năng lớn hơn.

Các nguồn gốc sai số được xem xét trước khi bắt đầu đo là:

#### a) Sai số môi trường

Đối với phép đo đường thẳng cần thiết phải nhận ra rằng độ chính xác tuyệt đối của dụng cụ đo giao thoa được xác định trực tiếp bằng điều kiện môi trường xung quanh đã biết chính xác, trên thực tế, điều kiện ổn định. Một sai số xấp xỉ một phần triệu sẽ gánh chịu mỗi một sai số của 1°C trong nhiệt độ môi trường xung quanh, áp suất tuyệt đối 2,5 mmHg và độ ẩm tương đối 30%. Các sai số này có thể khắc phục một phần bằng sử dụng bù bằng tay hoặc bù tự động, có thể được nối ghép với sự hiện thị của lade.

Điều quan trọng nhất là giữ nguyên các điều kiện ổn định trong suốt chu kỳ kiểm.

b) Nhiệt độ bề mặt gia công

Nguồn gốc sai số đáng kể khác trong việc đánh giá dụng cụ đo giao thoa máy công cụ là ảnh hưởng của nhiệt trên chính máy công cụ. Đối với các máy công cụ sử dụng vít me bằng thép để xác định vị trí của đài dao thì các ảnh hưởng này đặc trưng cho một sự giãn nở xấp xỉ bằng  $0,0000108\text{mm/mm}$  khi nhiệt độ của vít me tăng lên  $1^\circ\text{C}$ . Nếu tổng dịch chuyển của đài dao là  $1000\text{mm}$  thì ảnh hưởng này đặc trưng cho sự thay đổi khả năng theo chiều dài  $0,0108\text{mm}$  trên  $^\circ\text{C}$  thay đổi theo nhiệt độ của vít me.

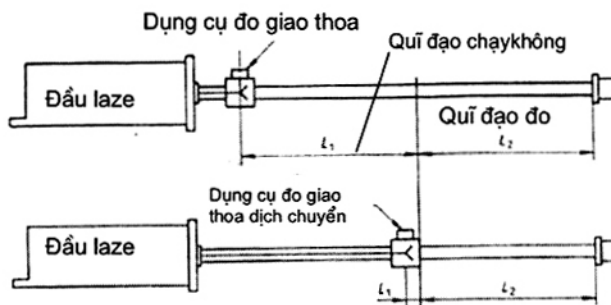
c) Sai số quỹ đạo chạy không

Quỹ đạo chạy không là sai số được kết hợp với sự thay đổi theo điều kiện môi trường trong khi đo. Theo thuật ngữ đơn giản, đó là một sai số do chiều dài không bù của của quỹ đạo đèn lade và nó xảy ra khi các điều kiện khí quyển bao quanh chùm tia lade thay đổi (gây ra một sự thay đổi trong chiều dài sóng lade) và khi nhiệt độ trong vật liệu mà trên đó lắp dụng cụ đo giao thoa quang và vật phản xạ đích (do khoảng cách giữa dụng cụ đo giao thoa và gương phản xạ ở đằng sau tăng lên hoặc giảm đi (xem Hình 23).

Vùng quỹ đạo chạy không của quỹ đạo đo lade là khoảng cách giữa dụng cụ đo giao thoa quang và vị trí đặt lại (hoặc vị trí 0) của phép đo. Nếu không có sự chuyển động giữa dụng cụ đo giao thoa và góc lập phương (gương phản xạ sau) và điều kiện môi trường bao quanh quỹ đạo chùm lade thay đổi thì chiều dài sóng sẽ thay đổi trên toàn bộ quỹ đạo ( $L_1 + L_2$ ). Nếu giá trị bù tốc độ ánh sáng thay đổi để hiệu chỉnh với điều kiện môi trường mới thì hệ thống đo lade sẽ hiệu chỉnh đối với sự thay đổi của chiều dài sóng lade trên khoảng cách  $L_2$  nhưng hiệu chỉnh sẽ không xảy ra trên khoảng cách quỹ đạo chết  $L_1$ .

d) Sai số Cosin

Sự không thẳng hàng của quỹ đạo chùm lade với trục chuyển động của máy công cụ sẽ gây ra một sai số giữa khoảng cách đo và khoảng cách thực bị dịch chuyển. Sai số không thẳng hàng này thường đưa đến sai số cosin, bởi vì lượng sai số tỷ lệ với cosin của góc tạo bởi sự không thẳng hàng giữa chùm tia và chuyển động.



Hiệu chỉnh sự lắp đặt đối với sai số quỹ đạo chết nhỏ nhất

Hình A.23 Sai số quỹ đạo chạy không

### **TCVN 7011-1: 2007**

Khi hệ thống đo lade không thẳng hàng với trục chuyển động của máy công cụ, sai số cosin sẽ gây ra khoảng cách được đo ngắn hơn khoảng cách thực (xem Hình A.24).

Khoảng cách đo bằng hệ thống đo lade là  $L_{LMS}$  khi khoảng cách thực được dịch chuyển bằng máy công cụ là  $L_M$ . Khi vẽ một cung tròn có bán kính  $L_{LMS}$  có điểm tâm tại vị trí A, người ta có thể dễ dàng nhìn thấy  $L_{LMS}$  ngắn hơn  $L_M$ .

Chỉ có cách loại trừ sai số cosin là tạo qui trình thẳng hàng tốt trong khi lắp đặt.

#### **c) Sai số bù Abbe**

Nếu một phép đo được lấy tại một vị trí có sự bù do sự dịch chuyển đo thì bất kỳ một chuyển động góc nào của phần tử sẽ có sai số (xem Hình A.25).

Qui tắc ngón tay cái tiện ích cho sai số gần đúng đối với một chuyển động góc. Đối với một cung giây của chuyển động góc, sai số đưa ra xấp xỉ bằng  $5\mu\text{m}/\text{m}$  của bù. Đối với 200mm bù Abbe và chuyển động góc 2 cung giây, sai số theo dịch chuyển đo là  $200\text{mm} \times 5\mu\text{m}/\text{m}/\text{cung-giây} \times 2 \text{ cung-giây} = 2 \mu\text{m}$ .

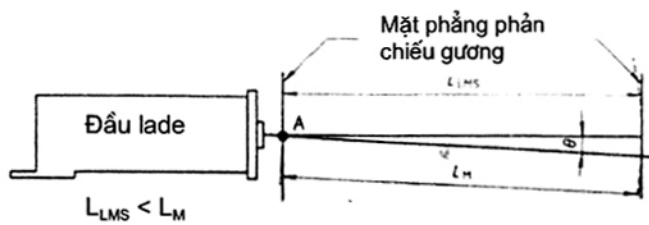
### **A.13.3 Phòng ngừa khi sử dụng**

Khi lắp đặt hệ thống đo lade để đánh giá một máy công cụ, phải theo ba hướng dẫn sau:

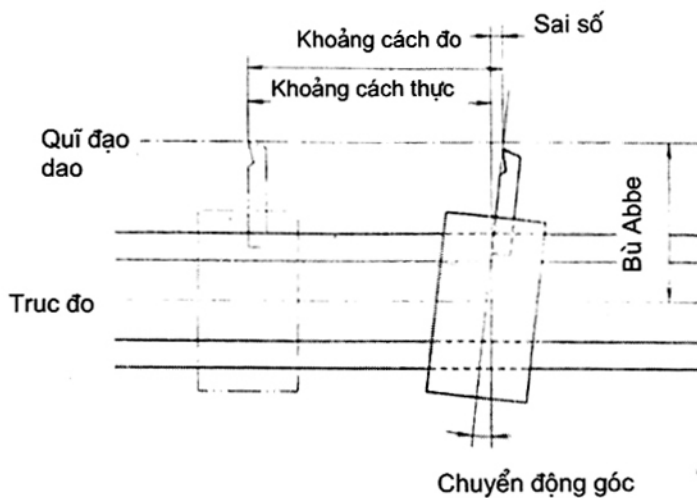
- a) lựa chọn lắp đặt chính xác để đo các thông số theo yêu cầu;
- b) sai số điện áp nhỏ nhất của nguồn (độ thẳng hàng, sự bù, quỹ đạo chạy không v.v...);
- c) mô phỏng điều kiện làm việc của máy công cụ gần giống như có thể;

Mỗi khi lắp đặt riêng phải phân tích cẩn thận để bảo đảm rằng phép đo sai số máy công cụ đặc trưng cho sai số của phôi gia công. Phép đo sẽ phản ánh các chuyển động tương quan của dụng cụ cắt và phôi. Khi đo luôn phải lắp một bộ phận quang vào nơi dụng cụ cắt làm việc và một bộ phận quang khác tại vị trí của phôi.

Dụng cụ đo lade phải được đặt để số lượng đo lớn nhất mà không cần định vị lại đầu lade. Mặc dù hệ thống đo lade rất chính xác nhưng độ chính xác của chúng phụ thuộc vào lúc lắp đặt ban đầu và sự loại bỏ các sai số điện áp.



Hình A.24 Sai số Cosin



Hình A.24 Sai số bù Abbe