

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 7011-4:2013

ISO 230-4:2005

Xuất bản lần 2

**QUI TẮC KIỂM MÁY CÔNG CỤ –
PHẦN 4: KIỂM ĐỘ TRÒN CHO MÁY CÔNG CỤ
ĐIỀU KHIỂN SỐ**

Test code for machine tools –

Part 4: Circular tests for numerically controlled machine tools

HÀ NỘI - 2013

Lời nói đầu

TCVN 7011-4:2013 thay thế cho TCVN 7011-4:2002.

TCVN 7011-4:2013 hoàn toàn tương đương với ISO 230-4:2005.

TCVN 7011-4:2013 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 39 Máy công cụ biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ TCVN 7011 (ISO 230) *Qui tắc kiểm máy công cụ* bao gồm các phần sau:

- TCVN 7011-1:2007 (ISO 230-1:1996) *Phần 1: Độ chính xác hình học của máy khi vận hành trong điều kiện không tải hoặc gia công tinh;*
- TCVN 7011-2:2007 (ISO 230-2:1997) *Phần 2: Xác định độ chính xác và khả năng lặp lại định vị của trục điều khiển số;*
- TCVN 7011-3:2007 (ISO 230-3:2001) *Phần 3: Xác định các ảnh hưởng nhiệt;*
- TCVN 7011-4:2013 (ISO 230-4:2005) *Phần 4: Kiểm độ tròn cho máy công cụ điều khiển số;*
- TCVN 7011-5:2007 (ISO 230-5:2000) *Phần 5: Xác định tiếng ồn do máy phát ra;*
- TCVN 7011-6:2007 (ISO 230-6:2002) *Phần 6: Xác định độ chính xác định vị theo các đường chéo khối và đường chéo bề mặt (Kiểm sự dịch chuyển theo đường chéo);*
- TCVN 7011-7:2013 (ISO 230-7:2006) *Phần 7: Độ chính xác hình học của các trục tâm của chuyển động quay;*
- TCVN 7011-8:2013 (ISO/TR 230-8:2010) *Phần 8: Rung động;*
- TCVN 7011-9:2013 (ISO/TR 230-9:2005) *Phần 9: Ước lượng độ không đảm bảo đo cho các phép kiểm máy công cụ theo bộ TCVN 7011 (ISO 230), công thức cơ bản.*

Bộ ISO 230 *Qui tắc kiểm máy công cụ* còn có các phần sau:

- ISO 230-10:2011 *Part 10: Determination of the measuring performance of probing systems of numerically controlled machine tools;*
- ISO/WD TR 230-11 *Part 11: Measuring instruments and their application to machine tool geometry.*

Qui tắc kiểm máy công cụ –

Phần 4: Kiểm độ tròn cho máy công cụ điều khiển số

Test code for machine tools –

Part 4: Circular tests for numerically controlled machine tools

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này qui định phương pháp kiểm và phương pháp đánh giá sai lệch độ tròn theo hai chiều, sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều, sai lệch độ tròn và sai lệch hướng kính của quỹ đạo theo đường tròn được tạo bởi các chuyển động đồng thời của hai trục điều khiển số tịnh tiến. Các dụng cụ đo liên quan được mô tả trong 6.6.3 của TCVN 7011-1:2007 (ISO 230-1:1996).

Tiêu chuẩn này đưa ra phương pháp đo đặc tính công tua của máy công cụ điều khiển số.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi (nếu có).

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

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau.

3.1

Quỹ đạo danh nghĩa (nominal path)

Quỹ đạo theo đường tròn được lập trình và điều khiển số được xác định bằng đường kính (hoặc bán kính), vị trí tâm và hướng của quỹ đạo trong vùng gia công của máy công cụ và có thể là đường tròn hoặc cung tròn có góc không nhỏ hơn 90°.

3.2

Quĩ đạo thực (actual path)

Quĩ đạo được tạo bởi máy công cụ khi được lập trình chuyển động theo quĩ đạo danh nghĩa.

3.3

Sai lệch độ tròn theo hai chiều, $G(b)$ (bi-directional circular deviation, $G(b)$)

Khoảng cách hướng kính nhỏ nhất giữa hai đường tròn đồng tâm (các đường tròn vùng nhỏ nhất) bao quanh hai quĩ đạo thực, trong đó một quĩ đạo được tạo bởi chuyển động tạo công tua cùng chiều kim đồng hồ còn quĩ đạo kia được tạo bởi chuyển động tạo công tua ngược chiều kim đồng hồ.

Xem Hình 1.

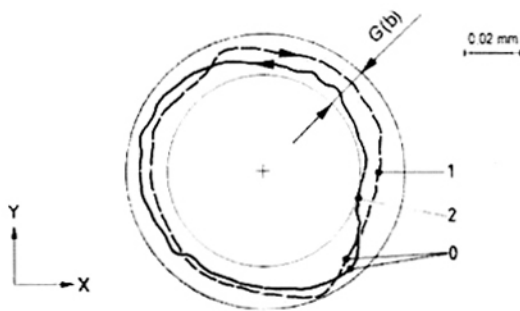
CHÚ THÍCH 1: Sai lệch độ tròn theo hai chiều $G(b)$ có thể được đánh giá là phạm vi sai lệch hướng kính lớn nhất xung quanh đường tròn xác định theo phương pháp bình phương nhỏ nhất. Đường tròn xác định theo phương pháp bình phương nhỏ nhất được tính toán theo hai quĩ đạo thực, nghĩa là quĩ đạo theo chiều kim đồng hồ và quĩ đạo ngược chiều kim đồng hồ.

CHÚ THÍCH 2: Sai lệch độ tròn theo hai chiều $G(b)$ không bao gồm các sai số lắp đặt, nghĩa là các sai số định tâm dụng cụ đo.

CHÚ THÍCH 3: Đo sai lệch độ tròn theo hai chiều $G(b)$ yêu cầu việc sử dụng dụng cụ kiểm chỉ cần hiệu chuẩn đo độ dịch chuyển (không cần hiệu chuẩn đo chiều dài đối với đường kính quĩ đạo). Phép đo sai lệch hướng kính F và giá trị sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều D yêu cầu dụng cụ kiểm được hiệu chuẩn cả về chiều dài và độ dịch chuyển (xem Phụ lục A).

CHÚ THÍCH 4: Một đường nằm trong một mặt phẳng được gọi là đường tròn khi toàn bộ các điểm của nó nằm giữa hai đường tròn đồng tâm mà khoảng cách hướng kính của chúng không vượt quá giá trị qui định (xem Hình 2 và 6.6.1 của TCVN 7011-1:2007).

CHÚ THÍCH 5: Ký hiệu $G(b)$ là cho các phép đo chỉ với dụng cụ đo ngoài, ví dụ như được mô tả trong 6.6.3 của TCVN 7011-1:2007. Các kết quả từ việc kiểm độ tròn sử dụng tín hiệu phản hồi được gọi là "sai lệch độ tròn theo hai chiều sử dụng tín hiệu phản hồi, $G(b)_r$ ", xem Phụ lục E.



CHÚ DẪN:

- + Tâm của đường tròn xác định theo phương pháp bình phương nhỏ nhất của hai quĩ đạo thực
 - 0 Điểm bắt đầu
 - 1 Quĩ đạo thực, theo chiều kim đồng hồ
 - 2 Quĩ đạo thực, ngược chiều kim đồng hồ
- Sai lệch độ tròn theo hai chiều $G(b)_{XY} = 0,015 \text{ mm}$

Hình 1 – Đánh giá sai lệch theo hai chiều $G(b)$

3.4

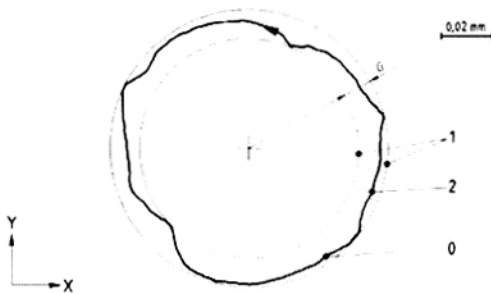
Sai lệch độ tròn, G (circular deviation, G)

Khoảng cách hướng kính nhỏ nhất giữa hai đường tròn đồng tâm (các đường tròn vùng nhỏ nhất) bao quanh quỹ đạo thực của quỹ đạo tạo công tua cùng chiều hoặc ngược chiều kim đồng hồ, và có thể được đánh giá là phạm vi hướng kính lớn nhất bao quanh đường tròn xác định theo phương pháp bình phương nhỏ nhất.

Xem Hình 2.

CHÚ THÍCH 1: Các chú thích cho sai lệch độ tròn theo hai chiều $G(b)$ cũng áp dụng cho sai lệch độ tròn G . Sự khác nhau giữa sai lệch độ tròn G và sai lệch hướng kính F xem trong Phụ lục A.

CHÚ THÍCH 2: Tên gọi G là cho các phép đo chỉ với dụng cụ đo ngoài, ví dụ như được mô tả trong 6.6.3 của TCVN 7011-1:2007. Các kết quả từ việc kiểm độ tròn sử dụng tín hiệu phản hồi được gọi là "sai lệch độ tròn sử dụng tín hiệu phản hồi, G_r ", xem Phụ lục D.



CHÚ DẪN:

+ Tâm của đường tròn xác định theo phương pháp bình phương nhỏ nhất của hai quỹ đạo thực

0 Điểm bắt đầu

1 Các đường tròn vùng nhỏ nhất

2 Quỹ đạo thực

Sai lệch độ tròn $G_{XY} = 0,012$ mm

Hình 2 - Đánh giá sai lệch độ tròn, G

3.5

Sai lệch hướng kính, F (radial deviation, F)

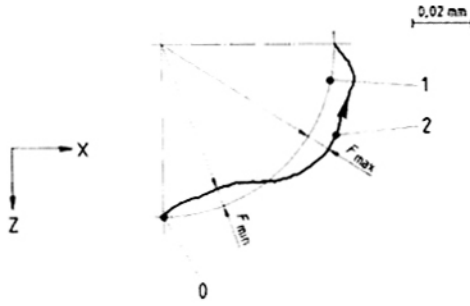
Sai lệch giữa quỹ đạo thực và quỹ đạo danh nghĩa, tại đó tâm của quỹ đạo danh nghĩa nhận được:

- Từ việc định tâm các dụng cụ đo trên máy công cụ, hoặc
- Từ việc phân tích định tâm đường tròn xác định theo phương pháp bình phương nhỏ nhất cho chỉ một đường tròn kín.

CHÚ THÍCH 1: Sai lệch dương được đo theo hướng ra xa tâm của đường tròn, sai lệch âm được đo theo hướng vào tâm của đường tròn (xem Hình 3). Sai lệch hướng kính được cho bởi giá trị lớn nhất F_{max} , và giá trị nhỏ nhất F_{min} .

CHÚ THÍCH 2: Các sai số lắp đặt có thể nằm trong sai số hướng kính F ; việc này chỉ áp dụng cho trường hợp a).

CHÚ THÍCH 3: Sự khác nhau giữa sai lệch hướng kính F và sai lệch độ tròn G , xem Phụ lục A.



CHÚ DẪN:

+ Tâm của đường tròn danh nghĩa

0 Điểm bắt đầu

1 Quỹ đạo danh nghĩa

2 Quỹ đạo thực

Sai lệch hướng kính: $F_{ZX,max} = +0,008 \text{ mm}$

$F_{ZX,min} = -0,006 \text{ mm}$

Hình 3 – Đánh giá sai lệch hướng kính F

3.6

Sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều, D (mean bi-directional radial deviation, D)

Sai lệch giữa bán kính quỹ đạo danh nghĩa và bán kính đường tròn xác định theo phương pháp bình phương nhỏ nhất của hai quỹ đạo thực tròn kín, trong đó một quỹ đạo được tạo bởi chuyển động tạo công tua cùng chiều kim đồng hồ còn quỹ đạo kia được tạo bởi chuyển động tạo công tua ngược chiều kim đồng hồ.

CHÚ THÍCH: Sự khác nhau giữa sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều D và sai lệch độ tròn theo hai chiều G(b), xem trong Phụ lục A.

3.7

Sự nhận dạng đường trục (identification of axes)

Ký hiệu của các đường trục chuyển động để tạo ra quỹ đạo thực.

3.8

Chiều tạo công tua (sense of contouring)

(Tạo công tua cùng chiều/ngược chiều kim đồng hồ) Trình tự của các chỉ số biểu thị chiều tạo công tua.

CHÚ THÍCH: Thứ tự của các chỉ số phù hợp với thứ tự trong đó cung tròn đi qua phần dương của các trục. Ví dụ GXY biểu thị sai lệch độ tròn ngược chiều kim đồng hồ, bởi vì một cung tròn ngược chiều kim đồng hồ trong mặt phẳng XY chạy từ trục X+ đến trục Y+. Trong trường hợp kết quả theo hai chiều, chỉ số biểu thị chiều của cung tròn đầu tiên.

4 Điều kiện kiểm

4.1 Môi trường kiểm

Nơi có thể kiểm soát được nhiệt độ môi trường, nhiệt độ phải được thiết lập ở 20 °C. Nếu không, đầu ra của dụng cụ đo và các số đọc danh nghĩa của máy phải được điều chỉnh tới các kết quả tới hạn

được hiệu chỉnh đúng theo 20 °C (chỉ dùng để đo sai lệch hướng kính).

Máy và dụng cụ đo nếu liên quan phải được đặt trong môi trường kiểm trong khoảng thời gian đủ dài để đạt được điều kiện ổn định về nhiệt trước khi kiểm. Chúng phải được bảo vệ khỏi gió lùa và bức xạ từ bên ngoài như mặt trời, các nguồn nhiệt ngoài trời, vv.

4.2 Máy được kiểm

Máy phải được lắp ráp hoàn chỉnh và có đầy đủ chức năng vận hành. Trước khi bắt đầu kiểm phải hoàn thành kiểm tra toàn bộ chức năng và vận hành ở mức cần thiết.

Các phép kiểm tròn phải được thực hiện đối với máy trong điều kiện không tải, nghĩa là trên máy không có chi tiết gia công.

4.3 Làm nóng máy

Trước khi kiểm phải làm nóng máy một cách thích hợp, như theo qui định của nhà chế tạo máy và/hoặc thỏa thuận giữa nhà chế tạo/nhà cung cấp và khách hàng.

Nếu không có các điều kiện khác, sự dịch chuyển ban đầu phải được hạn chế và chỉ thực hiện các chuyển động cần thiết khi lắp đặt dụng cụ đo.

4.4 Các thông số kiểm

Các thông số kiểm bao gồm:

- a) Đường kính (hoặc bán kính) của quỹ đạo danh nghĩa;
- b) Lượng chạy dao tạo công tua;
- c) Chiều tạo công tua – theo chiều kim đồng hồ hoặc ngược chiều kim đồng hồ, theo 3.8;
- d) Các đường trục của máy được chuyển động để tạo quỹ đạo thực;
- e) Vị trí của dụng cụ đo trong vùng gia công của máy công cụ;
- f) Nhiệt độ (nhiệt độ môi trường, nhiệt độ dụng cụ đo, nhiệt độ máy) và hệ số giãn nở (của máy công cụ, của dụng cụ đo) được sử dụng để bù cho phép đo sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều D và sai lệch hướng kính F;
- g) Phương pháp thu nhận dữ liệu (phạm vi thu nhận dữ liệu nếu khác 360°, các điểm bắt đầu và kết thúc của chuyển động thực, số điểm đo được lấy dùng cho thu nhận dữ liệu số, xử lý làm tròn dữ liệu mặc dù có áp dụng hay không áp dụng);
- h) Bất kỳ chương trình bù gia công nào được sử dụng trong quá trình kiểm;
- i) Vị trí của các bộ phận di trượt hoặc chuyển động trên các trục không được kiểm.

4.5 Hiệu chuẩn dụng cụ kiểm

Đối với việc kiểm tra sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều D và sai lệch hướng kính F, phải

TCVN 7011-4:2013

biết kích thước chuẩn của dụng cụ kiểm.

CHÚ THÍCH: Đối với các phép kiểm độ tròn sử dụng tín hiệu phản hồi, xem Phụ lục D.

4.6 Độ không đảm bảo kiểm

Các thành phần chính của độ không đảm bảo kiểm đối với sai lệch độ tròn theo hai chiều $G(b)$ và sai lệch độ tròn G là:

- Độ không đảm bảo đo của dụng cụ kiểm;
- Khả năng lặp lại của máy công cụ được kiểm, ví dụ như sự lặp lại của phép kiểm độ tròn;
- Độ trôi nhiệt độ của máy công cụ và/hoặc dụng cụ kiểm, ví dụ theo phép kiểm độ trôi theo ISO/TR 16015.

Các thành phần chính của độ không đảm bảo kiểm đối với sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều D và sai lệch hướng kính F là:

- Các thành phần đối với các sai lệch $G(b)$ và G (xem ở trên);
- Độ không đảm bảo của phép đo nhiệt độ của máy công cụ và dụng cụ kiểm [do độ không đảm bảo của cảm biến đo nhiệt độ và độ không đảm bảo do vị trí của cảm biến đo nhiệt độ];
- Độ không đảm bảo của các hệ số giãn nở nhiệt của máy công cụ và dụng cụ kiểm (được sử dụng để bù theo 20 °C).

5 Quy trình kiểm

Để xác định sai lệch độ tròn theo hai chiều $G(b)$ và sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều D , phải đo hai quỹ đạo thực liên tiếp: một quỹ đạo chiều tạo công tua cùng chiều kim đồng hồ và một quỹ đạo chiều tạo công tua ngược chiều kim đồng hồ.

Tất cả dữ liệu đo tương ứng với đường quỹ đạo thực (bao gồm tất cả các đỉnh tại các điểm đảo chiều) phải được sử dụng để đánh giá.

Đối với sai lệch hướng kính F của một phần đường tròn, sai số lắp đặt cần giảm tới giá trị nhỏ nhất.

6 Thể hiện kết quả

Sử dụng phương pháp đồ thị là thích hợp nhất để thể hiện kết quả kiểm, với dữ liệu kết quả được qui định dưới dạng số:

- Sai lệch độ tròn theo hai chiều $G(b)$;
- Sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều D , được hiệu chỉnh theo 20 °C;
- Sai lệch độ tròn G , cho tạo công tua cùng chiều và ngược chiều kim đồng hồ;
- Sai lệch hướng kính F_{\max} và F_{\min} , cho tạo công tua cùng chiều và ngược chiều kim đồng hồ, được

hiệu chỉnh theo 20 °C.

Các ví dụ điển hình về thể hiện kết quả được cho trên các Hình 4, 5, và 6.

CHÚ THÍCH: Để rõ ràng hơn, trong tiêu chuẩn này thể hiện kết quả kiểm trên ba hình vẽ. Trong báo cáo kiểm, ba hình này có thể được kết hợp vào một hình.

Báo cáo kiểm phải bao gồm thông tin sau:

- Ngày tháng năm kiểm;
- Tên máy;
- Dụng cụ đo;
- Các thông số kiểm (xem 4.4).

Phải ghi rõ tỉ lệ phóng đại của đồ thị.

Cần ghi rõ độ không đảm bảo kiểm.

7 Các điểm được thỏa thuận giữa nhà cung cấp/nhà chế tạo và khách hàng

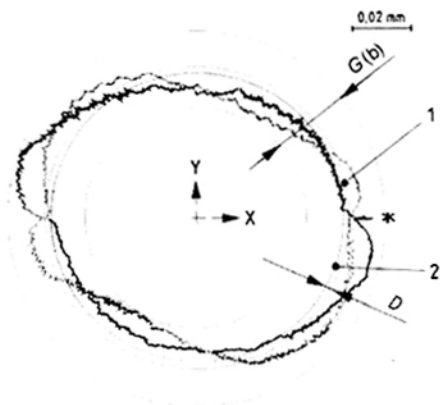
Các điểm được thỏa thuận giữa nhà cung cấp/nhà chế tạo và khách hàng là:

- a) Quy trình làm nóng máy trước khi kiểm máy (xem 4.3);
- b) Các thông số kiểm (xem 4.4);
- c) Yêu cầu và thể hiện dữ liệu kết quả kiểm nào cho sai lệch độ tròn theo hai chiều G(b), sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều D, sai lệch độ tròn G và/hoặc sai lệch hướng kính F [từ 6a đến 6d)].

Thời gian kiểm: ngày/tháng/năm	Tên máy: xyz	Thời gian kiểm: ngày/tháng/năm	Tên máy: xyz
Dụng cụ đo: abc		Dụng cụ đo: abc	
Các thông số kiểm		Các thông số kiểm	
Đường kính của quĩ đạo danh nghĩa:	40 mm	Đường kính của quĩ đạo danh nghĩa:	250 mm
Lượng chạy dao tạo công tua:	500 mm/min	Lượng chạy dao tạo công tua:	1000 mm/min
Chiều tạo công tua:	—	Chiều tạo công tua:	+ X đến + Y
Trục gia công khi kiểm (X, Y, Z):	XY	Trục gia công khi kiểm (X, Y, Z):	XY
Vị trí của dụng cụ đo		Vị trí của dụng cụ đo	
- Tâm của đường tròn (X/Y/Z):	250/250/100 mm	- Tâm của đường tròn (X/Y/Z):	250/250/300 mm
- Bù đến chuẩn dụng cụ (X/Y/Z):	0/0/- 80 mm	- Bù đến chuẩn dụng cụ (X/Y/Z):	0/0/- 80 mm
- Bù đến chuẩn chi tiết gia công (X/Y/Z):	0/0/30 mm	- Bù đến chuẩn chi tiết gia công (X/Y/Z):	0/0/230 mm
Phương pháp thu nhận dữ liệu		Phương pháp thu nhận dữ liệu	
- Điểm bắt đầu:	cung phần tư thứ tư	- Điểm bắt đầu:	cung phần tư thứ tư
- Điểm dừng:	cung phần tư thứ tư	- Điểm dừng:	cung phần tư thứ tư

TCVN 7011-4:2013

- Số điểm đo (dạng số):	1500	- Số điểm đo (dạng số):	1800
- Xử lý làm tròn dữ liệu:	không	- Xử lý làm tròn dữ liệu:	không
Sử dụng bù:	không	Sử dụng bù:	không
Vị trí của trục không kiểm:	Z = 150 mm	Vị trí của trục không kiểm:	Z = 350 mm



CHÚ DẪN:

+ Tâm của đường tròn xác định theo phương pháp bình phương nhỏ nhất của hai quỹ đạo thực

* Điểm bắt đầu

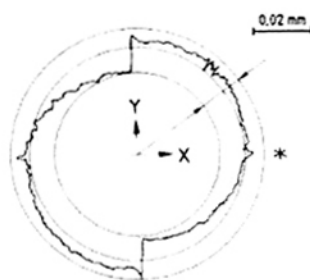
Đường đậm quỹ đạo thực, từ +Y đến +X

Đường mảnh quỹ đạo thực, từ +X đến +Y

Sai lệch độ tròn theo hai chiều $G(b)_{XY} = 0,028 \text{ mm}$

Sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều $D_{XY} = 0,001 \text{ mm}$

Hình 4 – Ví dụ biểu diễn dữ liệu sai lệch độ tròn theo hai chiều $G(b)$ và sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều D



CHÚ DẪN:

+ Tâm của các đường tròn vùng nhỏ nhất

* Điểm bắt đầu

Sai lệch độ tròn: $G_{ZX} = 0,018 \text{ mm}$

Hình 5 – Ví dụ biểu diễn dữ liệu sai lệch độ tròn G

Thời gian kiểm: ngày/tháng/năm Tên máy: xyz

Dụng cụ đo: abc

Các thông số kiểm

Đường kính của quỹ đạo danh nghĩa:	150 mm
Lượng chạy dao tạo công tua:	300 mm/min
Chiều tạo công tua:	+ Y đến + X
Trục gia công khi kiểm (X, Y, Z):	XY

Vị trí của dụng cụ đo

- tâm của đường tròn (X/Y/Z):	250/250/100 mm
- bù đến chuẩn dụng cụ (X/Y/Z):	0/0/- 80 mm
- bù đến chuẩn chi tiết gia công (X/Y/Z):	0/0/30 mm

Nhiệt độ

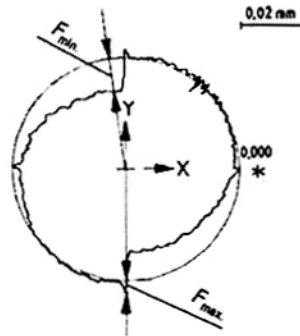
- nhiệt độ môi trường:	22 °C
- nhiệt độ dụng cụ đo:	22 °C
- nhiệt độ máy:	22 °C

Phương pháp thu nhận dữ liệu

- điểm bắt đầu:	cung phần tư thứ tư
- điểm dừng:	cung phần tư thứ tư
- số điểm đo (dạng số):	1800
- xử lý làm tròn dữ liệu:	không

Sử dụng bù: nhiệt độ

Vị trí của trục không kiểm: Z = 150 mm



CHÚ DẪN:

+ Tâm của đường tròn xác định theo phương pháp bình phương nhỏ nhất

* Điểm bắt đầu

0,000 Quỹ đạo danh nghĩa

Sai lệch hướng kính: $F_{XY,max} = +0,005$ mm

$F_{XY,min} = -0,013$ mm

Hình 6 – Ví dụ thể hiện dữ liệu cho sai lệch hướng kính F

Phụ lục A

(Tham khảo)

**Sự khác nhau giữa các sai lệch độ tròn G và G(b)
và giữa các sai lệch hướng kính F và D**

Bảng A.1 chỉ ra sự khác nhau giữa các sai lệch độ tròn G và G(b) và giữa các sai lệch hướng kính F và D.

Bảng A.1

Ảnh hưởng	Sai lệch độ tròn G và G(b)	Sai lệch hướng kính F và D
Sai lệch hình dạng ^a	Được tính đến	Được tính đến
Sai lệch đường kính ^b	Không tính đến, do các đường kính của các đường tròn trong vùng nhỏ nhất không được đánh giá	Được tính đến
Sai lệch vị trí ^c	Không tính đến, do vị trí của các đường tròn trong vùng nhỏ nhất chỉ được xác định bởi quỹ đạo thực	Tính đến trong F cho cung tròn, không tính đến trong F cho đường tròn kín và không tính đến trong D
^a Sai lệch giữa đường tròn và dạng của quỹ đạo thực (ví dụ sai lệch dạng hình elíp). ^b Sai lệch giữa đường kính của quỹ đạo danh nghĩa và đường kính của quỹ đạo thực. ^c Sai lệch giữa vị trí của tâm của quỹ đạo danh nghĩa và tâm của quỹ đạo thực (ví dụ sai lệch vị trí theo trục X và trục Y).		

Phụ lục B

(Tham khảo)

Ảnh hưởng của các sai lệch gia công điển hình đối với các quỹ đạo tròn

B.1 Tổng quan

Phụ lục này đưa ra các ảnh hưởng chủ yếu của các loại sai lệch gia công điển hình đối với các quỹ đạo tròn. Nói chung các sai lệch riêng này chỉ ra một ảnh hưởng kết hợp đối với các quỹ đạo tròn đo được thực tế. Do đó thông tin trong Phụ lục này là không đủ để phân tích chi tiết phép đo theo đường tròn.

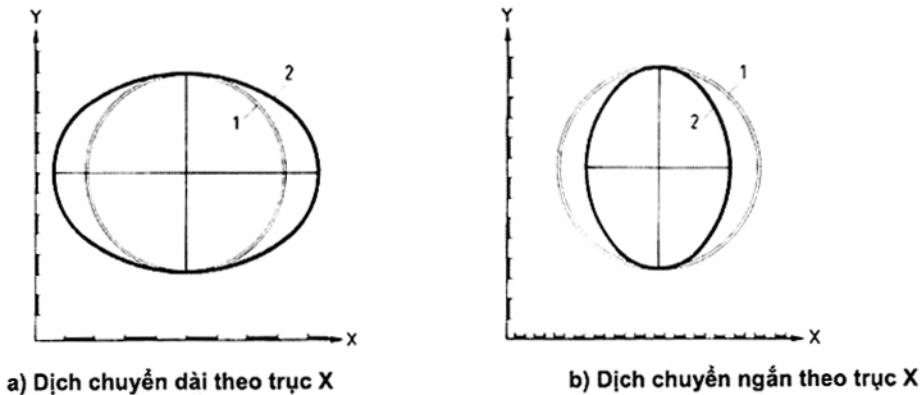
Quỹ đạo theo đường tròn được tạo ra bởi hai trục tịnh tiến trên máy điều khiển số bị ảnh hưởng bởi sai lệch hình học của hai trục và sai lệch gây ra do điều khiển số và bộ truyền của nó.

B.2 Ảnh hưởng của các sai lệch hình học

B.2.1 Ảnh hưởng của sai lệch định vị theo đường lữ tiến

Khi dịch chuyển dài theo trục X, ví dụ, do sai lệch tỉ lệ, quỹ đạo tròn sẽ thay đổi thành elíp có đường kính lớn song song với trục X. Nếu giả sử trục Y không có sai lệch, đường kính của quỹ đạo song song với trục Y là không thay đổi, nghĩa là đường kính bằng với đường kính danh nghĩa [xem Hình B.1 a)].

Khi dịch chuyển ngắn theo trục X và giả sử trục Y không có sai lệch, quỹ đạo tròn sẽ thay đổi thành elíp có đường kính lớn song song với trục Y. Đường kính này bằng đường kính danh nghĩa [xem Hình B.1 b)].



CHÚ DẪN:

1 Quỹ đạo danh nghĩa

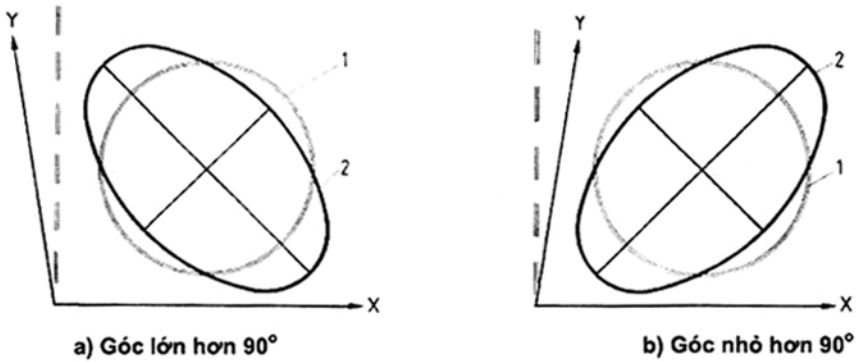
2 Quỹ đạo thực

Hình B.1 - Ảnh hưởng của các dịch chuyển ngắn và dài của một trục đối với các quỹ đạo tròn

B.2.2 Ảnh hưởng của độ không vuông góc của các trục

Khi hai trục X và Y không vuông góc với nhau và góc giữa hai trục này lớn hơn 90° , quỹ đạo đường tròn sẽ thay đổi thành elíp với các trục chính tại $\pm 45^\circ$. Đường kính lớn của elíp ở góc -45° [xem Hình B.2 a)]. Thêm vào đó, được giả thiết rằng sai lệch do độ không vuông góc chỉ là sai lệch trong mặt phẳng XY.

Khi góc giữa hai trục nhỏ hơn 90° , quỹ đạo đường tròn sẽ thay đổi thành elíp với các trục chính tại $\pm 45^\circ$ nhưng đường kính lớn của elíp ở góc $+45^\circ$ [xem Hình B.2 b)].

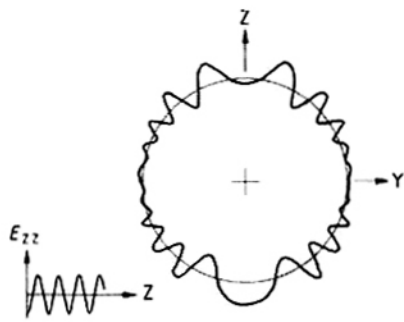


- CHÚ DẪN:
- 1 Quỹ đạo danh nghĩa
 - 2 Quỹ đạo thực

Hình B.2 - Ảnh hưởng của độ không vuông góc của các trục đối với các quỹ đạo tròn

B.2.3 Ảnh hưởng của các sai lệch có tính chu kỳ

Các sai lệch có tính chu kỳ cũng ảnh hưởng đến quỹ đạo tròn. Sai lệch này do quỹ đạo tròn không có dạng elíp. Hình B.3 biểu thị các thay đổi đến quỹ đạo nếu giả thiết có sai lệch định vị trục Z có tính chu kỳ.



Hình B.3 - Ảnh hưởng của các sai lệch có tính chu kỳ của trục Z

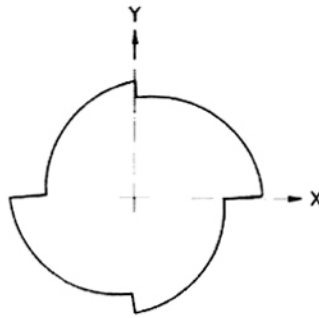
B.3 Ảnh hưởng của điều khiển số và bộ truyền của nó

B.3.1 Tổng quan

Một quỹ đạo tròn được tạo ra bởi hai trục tịnh tiến và được điều khiển số đưa ra thông tin trên cơ sở đáp ứng của điều khiển số và bộ truyền của nó. Chuyển động của mỗi trục khá phức tạp, với hành trình, vận tốc và gia tốc của mỗi trục thay đổi theo một đường sin hoặc đường cosin nếu lượng chạy dao theo quỹ đạo tròn được giữ không đổi.

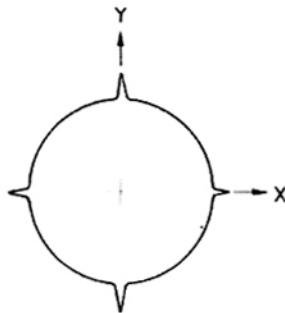
B.3.2 Ảnh hưởng của sai số đảo chiều

Khi có sai số đảo chiều theo chiều trục, sẽ xuất hiện các bước nhảy tại các điểm đảo chiều đó. Hình B.4 biểu thị sai số đảo chiều hành trình điển hình xuất hiện tại bốn điểm góc phần tư (từ cả hai trục) cho bốn cung phần tư với các tâm khác nhau. Đối với hành trình thông thường, hình vẽ chỉ ra hình dạng được tạo ra bởi tạo công tua ngược chiều kim đồng hồ.



Hình B.4 – Các bước nhảy đảo chiều theo góc phần tư

Khi xuất hiện khôi phục sai số đảo chiều (do việc sử dụng các tỉ lệ phản hồi hoặc việc sử dụng bù đảo chiều trong máy CNC), các hiệu ứng trễ thời gian sẽ là nguyên nhân gây ra các đỉnh hoặc các "gai" tại các điểm đảo chiều (xem Hình B.5). Độ lớn của các "gai" này phụ thuộc khe hở cơ khí và sự trễ thời gian.



Hình B.5 – Các gai đảo chiều theo góc phần tư

Chú ý rằng các "bước nhảy" và các "gai" tại các điểm đảo chiều thực tế được làm biến dạng thành "phẳng" và sẽ được hiển thị trên các đường tròn gia công, nhưng không xuất hiện trên các kiểm tra

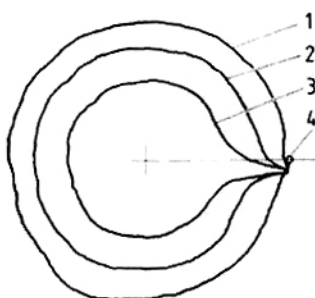
TCVN 7011-4:2013

chuẩn độ chính xác và khả năng lặp lại định vị của trục tịnh tiến (ví dụ phù hợp với TCVN 7011-2 (ISO 230-2), bởi vì các phép đo chỉ được thực hiện sau khi đã dừng các chuyển động của máy, tuân theo các kiểm tra chuẩn này.

Trong thực tế, cả các "gai" và các "bước nhảy" có thể cùng xuất hiện với số lượng khác nhau. Thêm vào đó, nếu việc bù sai số đảo chiều và/hoặc bù ma sát được áp dụng không khớp chính xác với sai số đang tồn tại, thì khi đó có thể xuất hiện các hình dạng phức tạp tại góc phần tư, bao gồm cả các "gai lõm" và các "bước nhảy lõm".

B.3.3 Ảnh hưởng của gia tốc trục

Nếu lượng chạy dao đối với quỹ đạo tròn tăng lên thì gia tốc của trục tăng theo. Bộ truyền động của trục có thể tác động bằng phương pháp mà biên độ chuyển động giảm tại tần số cao hơn ở lượng chạy dao cao. Kết quả là đường kính của các quỹ đạo sẽ nhỏ hơn đường kính của quỹ đạo tròn danh nghĩa (xem Hình B.6).



CHÚ DẪN:

Các quỹ đạo thực của các chuyển động tròn với

- 1 Lượng chạy dao tạo công tua thấp
- 2 Lượng chạy dao tạo công tua trung bình
- 3 Lượng chạy dao tạo công tua cao
- 4 Các điểm bắt đầu và kết thúc

Hình B.6 - Ảnh hưởng của gia tốc trục

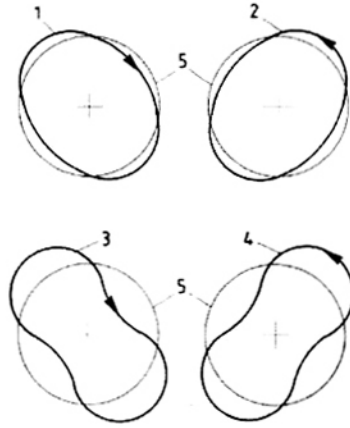
Các thuật toán điều khiển đặc biệt trong bộ điều khiển số của máy (ví dụ vòng lặp điều khiển tỉ lệ toàn bộ) có thể tạo các đường tròn lớn hơn quỹ đạo tròn danh nghĩa tại các lượng chạy dao cao hơn, do vậy bù vào ảnh hưởng của gia tốc của các trục tương ứng.

B.3.4 Ảnh hưởng của các sai số kéo theo khác nhau (sự ghép đôi không tương xứng của vị trí vòng lặp thu được)

Nếu các sai số dưới đây của hai trục cần phải khác nhau, quỹ đạo tròn sẽ thay đổi thành một đường elíp. Các trục chính của elíp này nằm ở góc $\pm 45^\circ$.

Phụ thuộc vào chiều tạo công tua [cùng chiều hoặc ngược chiều kim đồng hồ], đường kính lớn nằm ở góc $+ 45^\circ$ hoặc $- 45^\circ$ (xem Hình B.7).

Khi lượng chạy dao tăng lên thì sai lệch elíp so với đường tròn cũng tăng theo.



CHÚ DẪN:

Các quỹ đạo thực của các chuyển động tròn với

- 1 Lượng chạy dao tạo công tua thấp theo chiều kim đồng hồ
- 2 Lượng chạy dao tạo công tua thấp ngược chiều kim đồng hồ
- 3 Lượng chạy dao tạo công tua cao theo chiều kim đồng hồ
- 4 Lượng chạy dao tạo công tua cao ngược chiều kim đồng hồ
- 5 Quỹ đạo danh nghĩa

Hình B.7 - Ảnh hưởng của các sai số kéo theo khác nhau

Phụ lục C

(Tham khảo)

Sự điều chỉnh đường kính và lượng chạy dao tạo công tua

Đường kính của quĩ đạo danh nghĩa và lượng chạy dao tạo công tua được xác định bằng sự thỏa thuận giữa nhà cung cấp và khách hàng hoặc bằng các tiêu chuẩn máy tương ứng.

Nếu đường kính hoặc lượng chạy dao tạo công tua được lựa chọn khác so với các giá trị được qui định, chúng sẽ được điều chỉnh theo công thức sau để giữ gia tốc của trục không đổi:

$$V_1 = V_2 \sqrt{d_1 / d_2}$$

Trong đó

V_1 là lượng chạy dao tạo công tua được tính toán;

V_2 là lượng chạy dao tạo công tua được qui định;

d_1 là đường kính kiểm của quĩ đạo danh nghĩa;

d_2 là đường kính qui định của quĩ đạo danh nghĩa.

Sự thay đổi của đường kính nên là nhỏ nhất, do:

- Ảnh hưởng của sai lệch hình học của máy công cụ tăng khi tăng đường kính của quĩ đạo danh nghĩa và
- Ảnh hưởng của các sai số kéo theo khác nhau tăng khi tăng lượng chạy dao tạo công tua.

VÍ DỤ: Khi

- Đường kính qui định d_2 là 100 mm,
- Lượng chạy dao tạo công tua qui định V_2 là 500 mm/min và
- Đường kính kiểm d_1 là 125 mm,
- Lượng chạy dao tạo công tua tính toán V_1 được tính bằng:

$$500 \sqrt{125/100} = 559 \text{ mm/min}$$

Phụ lục D

(Tham khảo)

Kiểm độ tròn sử dụng tín hiệu phản hồi

Kiểm độ tròn được thực hiện khi không có dụng cụ đo ngoài, ví dụ như, được mô tả trong 6.6.3 của TCVN 7011-1:2007 (ISO 230-1:1996), nhưng sử dụng tín hiệu phản hồi trong của các bộ dẫn động các trục máy, phải được qui vào là "kiểm độ tròn sử dụng tín hiệu phản hồi".

Các giá trị sai lệch độ tròn theo hai chiều và sai lệch độ tròn từ các phép kiểm độ tròn sử dụng tín hiệu phản hồi phải được xem xét là:

- Sai lệch độ tròn theo hai chiều sử dụng tín hiệu phản hồi $G(b)_r$,
- Sai lệch độ tròn sử dụng tín hiệu phản hồi G_r .

Các phép kiểm độ tròn sử dụng tín hiệu phản hồi không được sử dụng để qui định các giá trị sai lệch hướng kính hoặc các giá trị sai lệch hướng kính trung bình theo hai chiều.

Đối với máy công cụ với các thang chia tuyến tính, kiểm độ tròn sử dụng tín hiệu phản hồi có thể được sử dụng để thừa nhận, ví dụ, ảnh hưởng của các sai lệch chu kỳ (mô tả trong B.2.3), ảnh hưởng của sai số đảo chiều (B.3.2), ảnh hưởng của gia tốc của trục (B.3.3), ảnh hưởng của các sai số kèm theo (B.3.4).

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 7011-2 (ISO 230-2), *Điều kiện kiểm máy công cụ - Phần 2: Xác định độ chính xác và khả năng lặp lại định vị của trục điều khiển số*
- [2] ISO/TR 16015:2003, *Geometrical product specifications (GPS) – Systematic errors and contributions to measurement uncertainty of length measurement due to thermal influences (Yêu cầu đặc tính hình học của sản phẩm (GPS) – Sai số hệ thống và các thành phần của độ không đảm bảo đo của phép đo chiều dài do các ảnh hưởng của nhiệt)*
- [3] ANSII/ASME B5.54-1992, *Methods for Performance, Evaluation of Computer Numerically Controlled Machining Centers*
- [4] BRYAN, J.B. A simple method for testing measuring machines and machine tools; Part 1: Precision Engineering April 4 2 (1982), p.61; Part 2: Precision Engineering July 4 3 (1982), p.125
- [5] BURDEKIN, M. and Park, J. CONTISURE. A Computer Aided System for assessing the contouring accuracy of NC machine tools, MATADOR Conference, April 1988, p.197
- [6] KAKINO, Y., IHARA, Y. And SHINOHARA, A. Accuracy Inspection of NC Machine Tools by Double Ball
- [7] Bar method, Carl-Hanser Verlag, 1993; in German: Carl-Hanser Verlag, 1993; In Japanese: Realize, Inc., 1989
- [8] KNAPP, W. and HRPVAT, S. The Circular Test for Testing NC Machine Tools, S.HROVAT, Trottenstr. 79, CH-8037 Zurich, 1987, ISBN 3-906391-03-5
- in French: S. Hrovat, Trottenstr. 79, CH-8037. Zurich, 1986, ISBN 3-906391-02-7
- in Russia: NPO ENIMS, 5th Donskoi pr.21-b, 117926 Moscow, Russia, 1992
- in German: S. Hrovat, Trottenstr. 79, CH-8037. Zurich, 1986, ISBN 3-906391-01-9
- in Japanese: Nachi-Fujikoshi, World Trade Centre Building, 2-4-1, Hamamatsu-cho, Minato-ku, Tokyo 105.
- [9] NAKAZAWA, H. And ITO, K. Measurement System of Contouring Accuracy on NC Machine Tools, Bull. Japan Soc. Prec. Eng., 12 4 (Dec. 1978), p.189.