



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)  
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0035224

(51)<sup>7</sup> G05B 19/00

(13) B

(21) 1-2019-03522

(22) 02/07/2019

(30) 2018-129074 06/07/2018 JP

(45) 25/04/2023 421

(43) 30/01/2020 382A

(73) FANUC Corporation (JP)

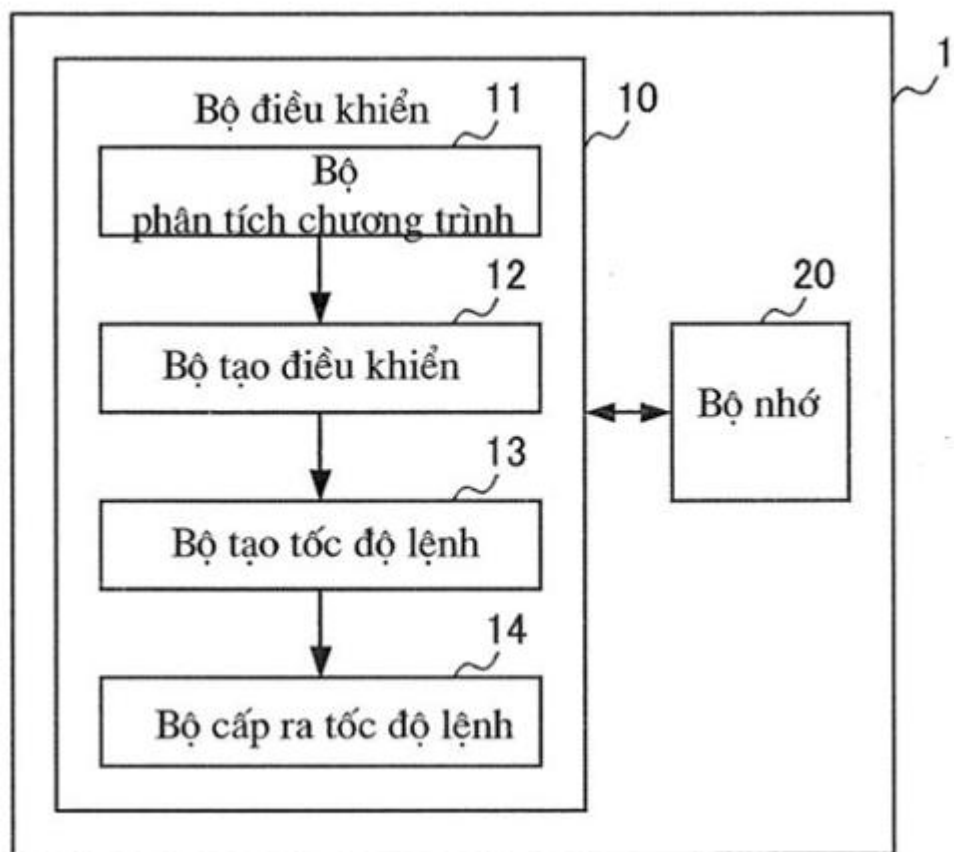
3580, Shibokusa Aza-komanba, Oshino-mura, Minamitsuru-gun, Yamanashi 401-0597 Japan

(72) UENISHI Daisuke (JP).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) BỘ ĐIỀU KHIỂN SỐ, PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN SỐ VÀ VẬT GHI ĐỌC  
ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH

(57) Sáng chế đề cập đến bộ điều khiển số, phương pháp điều khiển số, và chương trình điều khiển số có khả năng ngăn chặn việc giảm chất lượng bề mặt gia công trong khi vẫn tăng hiệu quả gia công. Bộ điều khiển số (1) bao gồm: bộ phân tích chương trình (11), mà phân tích chương trình gia công để điều khiển máy công cụ và tính khoảng cách di chuyển tích lũy cho mỗi khối lệnh trên cơ sở tọa độ chỉ định; bộ tạo điểm điều khiển (12), mà tạo ra, trên cơ sở khoảng cách di chuyển và tốc độ chỉ định cho mỗi khối lệnh, điểm điều khiển như một nhóm của khoảng cách di chuyển và tốc độ tại điểm bắt đầu và điểm kết thúc trong khối lệnh; bộ tạo tốc độ lệnh (13), mà tạo ra đường cong tham số xác định tốc độ lệnh dùng cho khoảng cách di chuyển trên cơ sở các điểm điều khiển; và bộ cấp ra tốc độ lệnh (14), mà cấp ra tốc độ lệnh đã được tạo ra trên mỗi bộ nội suy.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến bộ điều khiển số, phương pháp điều khiển số, và chương trình điều khiển số để thay đổi tốc độ lệnh trong khi gia công.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Trong một số trường hợp thông thường, chương trình gia công để điều khiển máy công cụ có tốc độ tiến dao đặt ban đầu để thực hiện việc gia công ở tốc độ không đổi. Trong chương trình gia công, lệnh tốc độ có thể được dùng cho cho mỗi khối lệnh (ví dụ, xem tài liệu sáng chế 1), và do vậy, trong một số trường hợp, lệnh tốc độ cho mỗi khối lệnh đã được thay đổi để đáp lại mức thay đổi tải gia công theo hình dạng hoặc vị trí gia công nhằm rút ngắn thời gian gia công, do vậy làm gia tăng hiệu quả gia công.

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 2017-204072

Tuy nhiên, do máy, mà tăng tốc hoặc giảm tốc ở tốc độ cao, có khả năng tuân theo lệnh tốc độ ngay lập tức, tốc độ không thay đổi một cách trơn tru khi trị số lệnh thay đổi trong khi gia công. Do vậy, việc tăng đột ngột tải gia công do tác động tăng tốc/giảm tốc đã gây ra rung động cắt, v.v., dẫn đến các vấn đề làm giảm thời hạn sử dụng dụng cụ và chất lượng bề mặt gia công.

Trong khi tác động có thể được ngăn chặn bằng cách điều khiển việc tăng tốc/giảm tốc, do điều đó kéo dài thời gian gia công, các cài đặt được thực hiện để hoàn thành việc tăng tốc/giảm tốc trong khoảng thời gian ngắn. Điều này đã dẫn đến trường hợp mà trong đó chất lượng bề mặt gia công khác nhau không liên tục giữa các vị trí thay đổi tốc độ ngay cả trên cùng một bề mặt gia công, được xác định là có chất lượng bề mặt gia công có khuyết tật.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Sáng chế đề xuất bộ điều khiển số, phương pháp điều khiển số, và chương trình điều khiển số có khả năng ngăn chặn việc giảm chất lượng bề mặt gia công trong khi vẫn tăng hiệu quả gia công.

(1) Bộ điều khiển số theo sáng chế (ví dụ, bộ điều khiển số 1 được mô tả dưới đây) bao gồm: bộ phân tích chương trình (ví dụ, bộ phân tích chương trình 11 được mô tả dưới đây), mà phân tích chương trình gia công để điều khiển máy công cụ và tính khoảng cách di chuyển tích lũy cho mỗi khối lệnh trên cơ sở tọa độ chỉ định; bộ tạo điểm điều khiển (ví dụ, bộ tạo điểm điều khiển 12 được mô tả dưới đây), mà tạo ra, trên cơ sở khoảng cách di chuyển và tốc độ chỉ định cho mỗi khối lệnh, điểm điều khiển như một nhóm của khoảng cách di chuyển và tốc độ tại điểm bắt đầu và điểm kết thúc trong khối lệnh; bộ tạo tốc độ lệnh (ví dụ, bộ tạo tốc độ lệnh 13 được mô tả dưới đây), mà tạo ra đường cong tham số xác định tốc độ lệnh dùng cho khoảng cách di chuyển trên cơ sở các điểm điều khiển; và bộ cấp ra tốc độ lệnh (ví dụ, bộ cấp ra tốc độ lệnh 14 được mô tả dưới đây), mà cấp ra tốc độ lệnh đã được tạo ra trên mỗi bộ nội suy.

(2) Trong bộ điều khiển số được mô tả trong mục (1), bộ tạo tốc độ lệnh có thể điều chỉnh tốc độ lệnh nhờ dùng hệ số định trước.

(3) Trong bộ điều khiển số được mô tả trong mục (1) hoặc (2), đường cong tham số có thể là đường bất kỳ trong số đường cong B-spline, đường cong Bézier, và đường cong B-spline hợp lý không đồng nhất (NURBS - non-uniform rational B-spline).

(4) Trong bộ điều khiển số được mô tả trong mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3), bộ tạo điểm điều khiển có thể bỏ qua các điểm điều khiển có tốc độ bằng các tốc độ của cả các điểm điều khiển trước và sau của chúng.

(5) Trong bộ điều khiển số được mô tả trong mục (4), bộ tạo điểm điều khiển có thể bỏ qua các điểm điều khiển có sự chênh lệch tốc độ với các điểm điều khiển trước và sau của chúng nằm trong khoảng tốc độ chỉ định.

(6) Phương pháp điều khiển số theo sáng chế được thực thi bởi máy tính (ví dụ, bộ điều khiển số 1 được mô tả dưới đây), phương pháp điều khiển số này bao gồm: bước phân tích

chương trình để phân tích chương trình gia công nhằm điều khiển máy công cụ và tính khoảng cách di chuyển tích lũy cho mỗi khối lệnh trên cơ sở tọa độ chỉ định; bước tạo điểm điều khiển để tạo ra, trên cơ sở khoảng cách di chuyển và tốc độ chỉ định cho mỗi khối lệnh, điểm điều khiển như một nhóm của khoảng cách di chuyển và tốc độ tại điểm bắt đầu và điểm kết thúc trong khối lệnh; bước tạo tốc độ lệnh để tạo ra đường cong tham số xác định tốc độ lệnh dùng cho khoảng cách di chuyển trên cơ sở các điểm điều khiển; và bước cấp ra tốc độ lệnh để cấp ra tốc độ lệnh đã được tạo ra trên mỗi bộ nội suy.

(7) Chương trình điều khiển số theo sáng chế để khiến cho máy tính (ví dụ, bộ điều khiển số 1 được mô tả dưới đây) thực thi: bước phân tích chương trình để phân tích chương trình gia công nhằm điều khiển máy công cụ và tính khoảng cách di chuyển tích lũy cho mỗi khối lệnh trên cơ sở tọa độ chỉ định; bước tạo điểm điều khiển để tạo ra, trên cơ sở khoảng cách di chuyển và tốc độ chỉ định cho mỗi khối lệnh, điểm điều khiển như một nhóm của khoảng cách di chuyển và tốc độ tại điểm bắt đầu và điểm kết thúc trong khối lệnh; bước tạo tốc độ lệnh để tạo ra đường cong tham số xác định tốc độ lệnh dùng cho khoảng cách di chuyển trên cơ sở các điểm điều khiển; và bước cấp ra tốc độ lệnh để cấp ra tốc độ lệnh đã được tạo ra trên mỗi bộ nội suy.

Bộ điều khiển số theo sáng chế có khả năng ngăn chặn việc giảm chất lượng bề mặt gia công trong khi vẫn tăng hiệu quả gia công.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Fig.1 là hình vẽ thể hiện ví dụ về chương trình gia công theo phương án thứ nhất;

Fig.2 là hình vẽ thể hiện ví dụ về sự chuyển tiếp tốc độ chỉ định cho mỗi khối lệnh trong chương trình gia công theo phương án thứ nhất;

Fig.3 là hình vẽ thể hiện ví dụ về sự chuyển tiếp tốc độ khi tăng tốc/giảm tốc được điều khiển đến tốc độ chỉ định nhờ dùng kỹ thuật thông thường trên cơ sở chương trình gia công theo phương án thứ nhất;

Fig.4 là hình vẽ thể hiện ví dụ về sự chuyển tiếp tốc độ khi tốc độ lệnh dùng cho máy

công cụ được điều khiển trên cơ sở đường cong tham số, mà được tạo ra từ chương trình gia công bởi bộ điều khiển số theo phương án thứ nhất;

Fig.5 là hình vẽ thể hiện cấu hình chức năng của bộ điều khiển số theo phương án thứ nhất;

Fig.6 là biểu đồ thể hiện sự kết hợp của khối lệnh với khoảng cách di chuyển tích lũy và tốc độ chỉ định theo phương án thứ nhất;

Fig.7 là sơ đồ công nghệ thể hiện phương pháp tạo điểm điều khiển theo phương án thứ nhất;

Fig.8 là biểu đồ thể hiện ví dụ về việc tạo ra điểm điều khiển theo phương án thứ nhất;

Fig.9 là đồ thị thể hiện ví dụ về việc tạo ra các điểm điều khiển và đường cong B-spline theo phương án thứ nhất;

Fig.10 là đồ thị thể hiện mức thay đổi do bậc của đường cong tham số theo phương án thứ hai;

Fig.11 là hình vẽ thể hiện ví dụ về phương pháp chỉ định hệ số trong chương trình gia công theo phương án thứ hai;

Fig.12 là đồ thị thể hiện ví dụ về kết quả điều chỉnh của tốc độ lệnh theo phương án thứ hai;

Fig.13 là hình vẽ thể hiện ví dụ về thông tin tốc độ theo chế độ trong chương trình gia công theo phương án thứ ba;

Fig.14 là hình vẽ thể hiện ví dụ về các điểm điều khiển, mà được tạo ra nhờ dùng tốc độ được mô tả trong khối lệnh trong chương trình gia công và thông tin tốc độ theo chế độ cũng như đường cong tham số trên cơ sở các điểm điều khiển này theo phương án thứ ba;

Fig.15 là hình vẽ thể hiện ví dụ về các điểm điều khiển do bỏ qua từ chương trình gia công cũng như đường cong tham số trên cơ sở các điểm điều khiển này theo phương án thứ ba;

Fig.16 là sơ đồ công nghệ thể hiện phương pháp tạo điểm điều khiển theo phương án thứ ba;

Fig.17 là biểu đồ thể hiện ví dụ mà trong đó không có các điểm điều khiển nào lấy được từ chương trình gia công được bỏ qua theo phương án thứ ba;

Fig.18 là biểu đồ thể hiện ví dụ mà trong đó một số điểm điều khiển lấy được từ chương trình gia công được bỏ qua theo phương án thứ ba; và

Fig.19 là hình vẽ thể hiện ví dụ về phương pháp chỉ định hàm số bỏ qua các điểm điều khiển trong chương trình gia công theo phương án thứ ba.

### Mô tả chi tiết sáng chế

#### Phương án thứ nhất

Phương án thứ nhất thực hiện sáng chế sẽ được mô tả dưới đây. Bộ điều khiển số 1 theo phương án thứ nhất thực thi chương trình gia công mà trong đó tọa độ biểu thị vị trí của mỗi trục và tốc độ tiến dao được chỉ định cho mỗi khối lệnh, và điều khiển máy công cụ. Khi thực thi chương trình gia công, bộ điều khiển số 1 phân tích mỗi khối lệnh và điều khiển tốc độ tiến dao thực lên đến tọa độ chỉ định trên cơ sở tốc độ chỉ định. Ở giai đoạn này, bộ điều khiển số 1 tạo ra đường cong tham số với mức thay đổi tốc độ thoải hơn dùng cho các điểm điều khiển kết hợp khoảng cách di chuyển tích lũy tính từ tọa độ chỉ định cho mỗi khối lệnh với tốc độ chỉ định, và cấp ra tốc độ lệnh dùng cho khoảng cách di chuyển trên cơ sở đường cong tham số đã được tạo ra.

Fig.1 là hình vẽ thể hiện ví dụ về chương trình gia công theo phương án thứ nhất. Theo ví dụ này, có chỉ định rằng việc gia công được thực thi từ điểm gốc được chỉ định trong khối số 1 đến các tọa độ (10.0, 10.0) trong khối số 2 ở tốc độ tiến dao F1000. Tương tự, có chỉ định rằng việc gia công được thực thi đến các tọa độ (15.0, 13.0) trong khối số 3 ở tốc độ tiến dao F2000, đến các tọa độ (18.0, 11.0) trong khối số 4 ở tốc độ tiến dao F2500, và đến các tọa độ (20.0, 5.0) trong khối số 5 ở tốc độ tiến dao F1100.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện ví dụ về sự chuyển tiếp tốc độ chỉ định cho mỗi khối lệnh trong chương trình gia công theo phương án thứ nhất. Theo ví dụ này, tốc độ chỉ định cho mỗi khối lệnh được vẽ tương đối với khoảng cách di chuyển tích lũy từ điểm gốc, mà đọc được từ

chương trình gia công được thể hiện trên Fig.1.

Nếu máy công cụ được điều khiển theo tốc độ chỉ định, tốc độ thay đổi không liên tục ở vị trí nơi mà khối lệnh được chuyển (ví dụ, ở vị trí A nơi mà khối số 2 chuyển sang khối số 3, vị trí B nơi mà khối số 3 chuyển sang khối số 4, và tương tự). Điều đó gây ra việc tăng đột ngột tải gia công ở các vị trí này, dẫn đến nguy cơ thời hạn sử dụng dụng cụ bị giảm và giảm chất lượng bề mặt gia công.

Fig.3 là hình vẽ thể hiện ví dụ về sự chuyển tiếp tốc độ khi tăng tốc/giảm tốc được điều khiển đến tốc độ chỉ định nhờ dùng kỹ thuật thông thường trên cơ sở chương trình gia công theo phương án thứ nhất. Trong trường hợp này, tốc độ lệnh thay đổi thoải nhiều hơn so với trong trường hợp trên Fig.2, ngăn chặn việc tăng đột ngột tải gia công, nhưng thời gian cần để gia công kéo dài để đáp lại thời gian cần để tăng tốc/giảm tốc. Nếu thời gian cần để tăng tốc/giảm tốc được rút ngắn để đáp lại vấn đề nêu trên, do mức thay đổi tốc độ tạo thành gây ra mức thay đổi đột ngột về chất lượng bề mặt gia công giữa các khối lệnh, có khả năng là, khi cần có chất lượng bề mặt liên tục, chất lượng bề mặt gia công sẽ được xác định là có khuyết tật.

Fig.4 là hình vẽ thể hiện ví dụ về sự chuyển tiếp tốc độ khi tốc độ lệnh dùng cho máy công cụ được điều khiển trên cơ sở đường cong tham số, mà được tạo ra từ chương trình gia công bởi bộ điều khiển số 1 theo phương án thứ nhất. Theo ví dụ này, các điểm điều khiển tương ứng với điểm bắt đầu và điểm kết thúc của khối lệnh được tạo ra, và đường cong tham số được vẽ trên cơ sở các điểm điều khiển này.

Trong trường hợp này, tốc độ lệnh thay đổi thoải nhiều hơn, và hơn nữa, so với thời gian gia công trên cơ sở tốc độ chỉ định trong chương trình gia công, vùng có tốc độ cao hơn và vùng có tốc độ thấp hơn được tạo ra, do vậy duy trì thời gian gia công gần như bằng nhau.

Fig.5 là hình vẽ thể hiện cấu hình chức năng của bộ điều khiển số 1 theo phương án thứ nhất. Bộ điều khiển số 1 là bộ xử lý thông tin bao gồm bộ điều khiển 10 và bộ nhớ 20. Để tạo ra đường cong tham số từ tọa độ và tốc độ được chỉ định trong khối lệnh trong chương trình gia công và cấp ra tốc độ lệnh thực trên cơ sở đường cong tham số, bộ điều khiển 10 bao gồm



bộ phân tích chương trình 11, bộ tạo điểm điều khiển 12, bộ tạo tốc độ lệnh 13, và bộ cấp ra tốc độ lệnh 14. Các bộ chức năng này được thực hiện bằng cách đọc và thực thi chương trình điều khiển số từ bộ nhớ 20 bởi bộ điều khiển 10.

Bộ phân tích chương trình 11 đọc và phân tích chương trình gia công để điều khiển máy công cụ từ bộ nhớ 20 hoặc thiết bị bên ngoài. Cụ thể hơn, theo phương án thứ nhất, bộ phân tích chương trình 11 trích điểm kết thúc tọa độ và trị số chỉ định của tốc độ từ mỗi khối lệnh tạo ra chương trình gia công.

Hơn nữa, bộ phân tích chương trình 11 tính hành trình tích lũy  $B_p$  từ điểm bắt đầu gia công đến điểm kết thúc của mỗi khối lệnh trên cơ sở tọa độ đã được trích, và thu được khoảng cách di chuyển tích lũy  $B_p$  và tốc độ chỉ định  $F_p$  cho mỗi khối lệnh.

Fig.6 là biểu đồ thể hiện sự kết hợp của khối lệnh với khoảng cách di chuyển tích lũy và tốc độ chỉ định theo phương án thứ nhất. Tọa độ và trị số chỉ định của tốc độ được trích ra từ mỗi khối lệnh, và khoảng cách di chuyển tích lũy và tốc độ chỉ định được kết hợp với khối số.

Nhờ dùng hành trình  $\Delta A_i$  dọc theo mỗi trục, khoảng cách di chuyển  $\Delta B_p$  cho mỗi khối lệnh được xác định như sau:

Công thức toán 1

$$\Delta B_p = \sqrt{\Delta A_1^2 + \Delta A_2^2 + \dots}$$

Ví dụ, nếu lệnh dùng cho hai trục X và Y, công thức sau được thiết lập:

Công thức toán 2

$$\Delta B_p = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Do vậy, khoảng cách di chuyển  $\Delta B_p$  có thể được tính trên cơ sở tọa độ chỉ định cho mỗi khối lệnh nhờ dùng công thức sau:

Công thức toán 3

$$\Delta B_0 = \sqrt{0^2 + 0^2} = 0$$

$$\Delta B_1 = \sqrt{10^2 + 10^2} = 14.142$$

$$\Delta B_2 = \sqrt{(15 - 10)^2 + (13 - 10)^2} = 5.831$$

và khoảng cách di chuyển tích lũy được xác định như sau:

$$B_0 = \Delta B_0 = 0$$

$$B_1 = \Delta B_0 + \Delta B_1 = 14,142$$

$$B_2 = \Delta B_0 + \Delta B_1 + \Delta B_2 = 19,973$$

Trên cơ sở khoảng cách di chuyển tích lũy  $B_p$  lên đến điểm kết thúc và tốc độ  $F_p$  cho mỗi khối lệnh, bộ tạo điểm điều khiển 12 tạo ra các điểm điều khiển  $P_i = (P_{bi}, P_{fi})$  như một nhóm của khoảng cách di chuyển tích lũy và tốc độ tại điểm bắt đầu và điểm kết thúc trong khối lệnh.

Fig.7 là sơ đồ công nghệ thể hiện phương pháp tạo điểm điều khiển theo phương án thứ nhất. Ở bước S1, bộ phân tích chương trình 11 tính khoảng cách di chuyển tích lũy  $B_p$  và tốc độ  $F_p$  cho mỗi khối lệnh trên cơ sở nội dung chỉ định cho mỗi khối lệnh trong chương trình gia công.

Ở bước S2, bộ tạo điểm điều khiển 12 bắt đầu chỉ số  $i$  cho điểm điều khiển cũng như chỉ số  $p$  cho khối lệnh xuống đến không. Ở bước S3, bộ tạo điểm điều khiển 12 tính điểm điều khiển thứ  $i$  ( $i \geq 0$ ) là  $P_{fi} = F_p$ ,  $P_{bi} = B_p$ .

Ở bước S4, bộ tạo điểm điều khiển 12 xác định xem liệu có hay không khối lệnh thứ  $(p+1)$ , tức là, có  $B_{p+1}$  và  $F_{p+1}$ . Nếu xác định được là CÓ, việc xử lý chuyển sang bước S5. Nếu xác định được là Không, có nghĩa là việc tạo ra điểm điều khiển được hoàn thành, việc xử lý được kết thúc.

Ở bước S5, bộ tạo điểm điều khiển 12 xác định xem liệu có hay không tốc độ được chỉ định trong khối lệnh (thứ  $p$ ) hiện tại và tốc độ được chỉ định trong khối lệnh (thứ  $(p+1)$ ) tiếp theo là bằng nhau. Nếu xác định được là CÓ, việc xử lý chuyển sang bước S8. Nếu xác định

được là Không, việc xử lý chuyển sang bước S6.

Ở bước S6, bộ tạo điểm điều khiển 12 đếm đến chỉ số  $i$  để tạo ra điểm điều khiển, mà tương ứng với điểm bắt đầu của khối lệnh (thứ  $(p+1)$ ) tiếp theo và có tốc độ khác với khối lệnh (thứ  $p$ ) hiện tại. Ở bước S7, bộ tạo điểm điều khiển 12 tính điểm điều khiển thứ  $i$  như sau:  $P_{fi} = F_{p+1}$ ,  $P_{bi} = B_p$ .

Ở bước S8, các chỉ số  $i$  và  $p$  được đếm để tạo ra điểm điều khiển, mà tương ứng với điểm kết thúc của khối lệnh (thứ  $(p+1)$ ) tiếp theo. Sau đó, việc xử lý trở về bước S3.

Fig.8 là biểu đồ thể hiện ví dụ về việc tạo ra điểm điều khiển theo phương án thứ nhất. Theo ví dụ này, các tốc độ khác nhau được chỉ định trong các khối lệnh tương ứng. Trong trường hợp này, trước hết, điểm điều khiển  $P_0 = (B_0, F_0)$  tương ứng với điểm bắt đầu gia công được tạo ra từ khối số 1 (chỉ số  $p = 0$ ). Từ khối số 2 hoặc khối sau đó (chỉ số  $p > 0$ ), điểm điều khiển  $P_{2p-1} = (B_{p-1}, F_p)$  tương ứng với điểm bắt đầu và điểm điều khiển  $P_{2p} = (B_p, F_p)$  tương ứng với điểm kết thúc được tạo ra.

Trên cơ sở các điểm điều khiển đã được tạo ra, bộ tạo tốc độ lệnh 13 tạo ra đường cong tham số xác định tốc độ lệnh dùng cho khoảng cách di chuyển. Đường cong tham số có thể là đường bất kỳ trong số đường cong B-spline, đường cong Bézier, và đường cong B-spline hợp lý không đồng nhất (NURBS). Đường cong tham số được mô tả dưới đây là đường cong B-spline.

Đường B-spline  $C(t)$  được xác định nhờ dùng hàm số cơ bản (hàm số hỗn hợp)  $N_i^n(t)$ , điểm điều khiển  $P_i$ , nút (vector nút)  $t$ , bậc  $n$ , và số  $(m + 1)$  của các điểm điều khiển. Khoảng cách di chuyển  $B(t)$  và tốc độ lệnh  $F(t)$  được xác định như sau lần lượt từ  $P_{bi}$  và  $P_{fi}$ :

Công thức toán 4

$$P_i = (P_{b_i}, P_{f_i}), \quad P_i = P_0, P_1, P_2, \dots, P_m$$

$$C(t) = \sum_{i=0}^m P_i N_i^n(t)$$

$$B(t) = \sum_{i=0}^m P_{b_i} N_i^n(t)$$

$$F(t) = \sum_{i=0}^m P_{f_i} N_i^n(t)$$

$$N_i^0(t) = \begin{cases} 1, & t_i \leq t < t_{i+1} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_i^n(t) = \frac{t - t_i}{t_{i+n} - t_i} N_i^{n-1}(t) + \frac{t_{i+n+1} - t}{t_{i+n+1} - t_{i+1}} N_{i+1}^{n-1}(t)$$

Ở đây, để có được đường cong B-spline đồng nhất mở đi qua điểm điều khiển thứ nhất  $P_0$  và điểm điều khiển cuối cùng  $P_m$ , các nút  $(n + 1)$  được tạo ra ở thời điểm bắt đầu và kết thúc như sau. Cần lưu ý rằng, số  $p$  của các vector nút là  $p = m + n + 1$ .

$$t_0 = t_1 = \dots = t_n = 0$$

$$t_{p-n} = t_{p-n+1} = \dots = t_p = 1$$

Fig.9 là đồ thị thể hiện ví dụ về việc tạo ra các điểm điều khiển và đường cong B-spline theo phương án thứ nhất. Theo ví dụ này, các điểm điều khiển từ  $P_0$  đến  $P_8$ , được thể hiện trên Fig.8, được tạo ra trong hệ tọa độ, mà trong đó khoảng cách di chuyển  $B$  và tốc độ  $F$  dùng làm các trục. Ví dụ, điểm điều khiển  $P_3$  tương ứng với điểm bắt đầu của khối lệnh với khối số 3 được tạo ra ở các tọa độ  $(P_{b3}, P_{f3})$ . Trên cơ sở các điểm điều khiển này, đường cong B-spline  $C(t)$  của bậc chỉ định, như đường cong B-spline bậc hai  $C(t)$ , được tạo ra.

Bộ cấp ra tốc độ lệnh 14 cấp ra tốc độ lệnh đã được tạo ra cho mỗi hành trình định trước như bộ nội suy, do vậy điều khiển máy công cụ. Cụ thể hơn, khi khoảng cách di chuyển  $B(t)$  được đo trên mỗi bộ nội suy, bộ cấp ra tốc độ lệnh 14 tính  $t$  như nghiệm của phương trình bậc hai của nút  $t$  như sau, tính tốc độ lệnh  $F(t)$  từ  $t$ , và cấp ra tốc độ tính được. Cần lưu ý rằng,  $\alpha$ ,  $\beta$ , và  $\gamma$  là các hệ số, mà được xác định từ khoảng cách di chuyển  $P_{b_i}$  và được dùng cho  $B(t)$

ở điểm điều khiển.

Công thức toán 5

$$B(t) = \sum_{i=0}^m P_{b_i} N_i^n(t)$$

$$0 = \alpha t^2 + \beta t + \gamma$$

$$t = \frac{-\beta \pm \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\gamma}}{2\alpha}$$

$$F(t) = \sum_{i=0}^m P_{f_i} N_i^n(t)$$

Ví dụ về việc tính đường cong B-spline sẽ được mô tả dưới đây.

Ví dụ thứ nhất về việc tính: số L của các đoạn = 1, bậc  $n = 2$ , số  $(m + 1)$  của các điểm điều khiển = 3

Đường cong B-spline bậc hai  $C(t)$  có một đoạn nhờ dùng  $P_0$ ,  $P_1$ , và  $P_2$  làm các điểm điều khiển và đi qua  $P_0$  và  $P_2$  ở các đầu đối nhau được biểu thị bằng công thức dưới đây. Cần lưu ý rằng, số  $(m + 1)$  của các điểm điều khiển, bậc  $n$ , và số L của các đoạn thỏa mãn  $m = n + L - 1$ .

Công thức toán 6

$$C(t) = \sum_{i=0}^m P_i N_i^n(t) = \sum_{i=0}^2 P_i N_i^2(t) = P_0 N_0^2(t) + P_1 N_1^2(t) + P_2 N_2^2(t)$$

Số  $p$  của các vector nút  $\{t_0, \dots, t_p\}$  được xác định như sau:  $p = m + n + 1 = 5$ . Để thu được đường cong B-spline đồng nhất mở, nếu  $(n + 1) = 3$ , các nút được tạo ra tại điểm bắt đầu và điểm kết thúc, vector nút được xác định như sau:  $\{t_0, \dots, t_5\} = \{0, 0, 0, 1, 1, 1\}$ . Miền xác định là  $t_2 \leq t < t_3$ , hàm số cơ bản không đổi chỉ bằng 1 nếu  $t_2 \leq t < t_3$  được thỏa mãn, và các hàm số cơ bản không đổi đến bậc hai lần lượt được tính như sau:

Công thức toán 7

$$N_0^0(t) = 0, \quad t = t_0 = t_1 = 0$$

$$N_1^0(t) = 0, \quad t = t_1 = t_2 = 0$$

$$N_2^0(t) = 1, \quad t_2 = 0 \leq t < t_3 = 1$$

$$N_3^0(t) = 0, \quad t = t_3 = t_4 = 1$$

$$N_4^0(t) = 0, \quad t = t_4 = t_5 = 1$$

$$N_0^1(t) = \frac{t - t_0}{t_1 - t_0} N_0^0(t) + \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} N_1^0(t) = \frac{t - 0}{0 - 0} \times 0 + \frac{0 - t}{0 - 0} \times 0 = 0$$

$$N_1^1(t) = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} N_1^0(t) + \frac{t_3 - t}{t_3 - t_2} N_2^0(t) = \frac{t - 0}{0 - 0} \times 0 + \frac{1 - t}{1 - 0} \times 1 = 1 - t$$

$$N_2^1(t) = \frac{t - t_2}{t_3 - t_2} N_2^0(t) + \frac{t_4 - t}{t_4 - t_3} N_3^0(t) = \frac{t - 0}{1 - 0} \times 1 + \frac{1 - t}{1 - 1} \times 0 = t$$

$$N_3^1(t) = \frac{t - t_3}{t_4 - t_3} N_3^0(t) + \frac{t_5 - t}{t_5 - t_4} N_4^0(t) = \frac{t - 1}{1 - 1} \times 0 + \frac{1 - t}{1 - 1} \times 0 = 0$$

$$N_0^2(t) = \frac{t - t_0}{t_2 - t_0} N_0^1(t) + \frac{t_3 - t}{t_3 - t_1} N_1^1(t) = \frac{t - 0}{0 - 0} (0) + \frac{1 - t}{1 - 0} (1 - t) = (1 - t)^2$$

$$N_1^2(t) = \frac{t - t_1}{t_3 - t_1} N_1^1(t) + \frac{t_4 - t}{t_4 - t_2} N_2^1(t) = \frac{t - 0}{1 - 0} \times (1 - t) + \frac{1 - t}{1 - 0} \times (t) = 2t(1 - t)$$

$$N_2^2(t) = \frac{t - t_2}{t_4 - t_2} N_2^1(t) + \frac{t_5 - t}{t_5 - t_3} N_3^1(t) = \frac{t - 0}{1 - 0} (t) + \frac{1 - t}{1 - 1} (0) = t^2$$

Do vậy, khi khoảng cách di chuyển  $B(t)$  được cho trên mỗi bộ nội suy, tốc độ lệnh  $F(t)$  được tính nhờ dùng nút  $t$  như sau:

Công thức toán 8

$$B(t) = P_{b_0}(1-t)^2 + P_{b_1}(2t(1-t)) + P_{b_2}(t^2)$$

$$0 = (P_{b_0} - 2P_{b_1} + P_{b_2})t^2 + (-2P_{b_0} + 2P_{b_1})t + (P_{b_0} - B(t))$$

$$t = \frac{-\beta \pm \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\gamma}}{2\alpha}$$

$$\alpha = P_{b_0} - 2P_{b_1} + P_{b_2}$$

$$\beta = -2P_{b_0} + 2P_{b_1}$$

$$\gamma = P_{b_0} - B(t)$$

$$F(t) = P_{f_0}(1-t)^2 + P_{f_1}(2t(1-t)) + P_{f_2}(t^2)$$

Ví dụ thứ hai về việc tính: số L của các đoạn = 2, bậc  $n = 2$ , số  $(m + 1)$  của các điểm điều khiển = 4

Đường cong B-spline bậc hai  $C(t)$  có hai đoạn nhờ dùng  $P_0, P_1, P_2$ , và  $P_3$  làm các điểm điều khiển và đi qua  $P_0$  và  $P_4$  ở các đầu đối nhau được biểu thị bằng công thức sau:

Công thức toán 9

$$C(t) = \sum_{i=0}^m P_i N_i^n(t) = \sum_{i=0}^3 P_i N_i^2(t) = P_0 N_0^2(t) + P_1 N_1^2(t) + P_2 N_2^2(t) + P_3 N_3^2(t)$$

Số  $p$  của các vector nút  $\{t_0, \dots, t_p\}$  là  $p = m + n + 1 = 6$ . Để thu được đường cong B-spline đồng nhất mở, nếu  $(n + 1) = 3$ , các nút được tạo ra tại điểm bắt đầu và điểm kết thúc, vector nút được xác định như sau:  $\{t_0, \dots, t_6\} = \{0, 0, 0, 1, 2, 2, 2\}$ . Đường cong B-spline đồng nhất mở thu được bằng cách tạo ra mức thay đổi đồng nhất bên ngoài các vùng nút, trong khi đường cong B-spline không đồng nhất có các trọng số khác nhau trên mỗi điểm điều khiển thu được bằng cách tạo ra mức thay đổi không đồng nhất hoặc nhân lên bên ngoài các vùng nút. Miền xác định là  $t_2 \leq t < t_4$ , hàm số cơ bản không đổi chỉ bằng 1 nếu  $t_2 \leq t < t_4$  được thỏa mãn, như được biểu thị bằng công thức sau:

Công thức toán 10

$$N_0^0(t) = 0, \quad t = t_0 = t_1 = 0$$

$$N_1^0(t) = 0, \quad t = t_1 = t_2 = 0$$

$$N_2^0(t) = 1, \quad t_2 = 0 \leq t < t_3 = 1$$

$$N_3^0(t) = 1, \quad t_3 = 1 \leq t < t_4 = 2$$

$$N_4^0(t) = 0, \quad t = t_4 = t_5 = 2$$

$$N_5^0(t) = 0, \quad t = t_5 = t_6 = 2$$

Trong khoảng  $0 \leq t < 1$  của nút  $t$  trong đoạn thứ nhất, hàm số cơ bản tuyến tính và hàm số cơ bản bậc hai lần lượt được tính như sau:

Công thức toán 11

$$N_0^1(t) = \frac{t - t_0}{t_1 - t_0} N_0^0(t) + \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} N_1^0(t) = \frac{t - 0}{0 - 0} \times 0 + \frac{0 - t}{0 - 0} \times 0 = 0$$

$$N_1^1(t) = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} N_1^0(t) + \frac{t_3 - t}{t_3 - t_2} N_2^0(t) = \frac{t - 0}{0 - 0} \times 0 + \frac{1 - t}{1 - 0} \times 1 = 1 - t$$

$$N_2^1(t) = \frac{t - t_2}{t_3 - t_2} N_2^0(t) + \frac{t_4 - t}{t_4 - t_3} N_3^0(t) = \frac{t - 0}{1 - 0} \times 1 + \frac{2 - t}{2 - 1} \times 0 = t$$

$$N_3^1(t) = \frac{t - t_3}{t_4 - t_3} N_3^0(t) + \frac{t_5 - t}{t_5 - t_4} N_4^0(t) = \frac{t - 1}{2 - 1} \times 0 + \frac{2 - t}{2 - 2} \times 0 = 0$$

$$N_0^2(t) = \frac{t - t_0}{t_2 - t_0} N_0^1(t) + \frac{t_3 - t}{t_3 - t_1} N_1^1(t) = \frac{t - 0}{0 - 0} (0) + \frac{1 - t}{1 - 0} (1 - t) = (1 - t)^2$$

$$N_1^2(t) = \frac{t - t_1}{t_3 - t_1} N_1^1(t) + \frac{t_4 - t}{t_4 - t_2} N_2^1(t) = \frac{t - 0}{1 - 0} \times (1 - t) + \frac{2 - t}{2 - 0} \times (t) = \frac{1}{2} t(4 - 3t)$$

$$N_2^2(t) = \frac{t - t_2}{t_4 - t_2} N_2^1(t) + \frac{t_5 - t}{t_5 - t_3} N_3^1(t) = \frac{t - 0}{2 - 0} (t) + \frac{2 - t}{2 - 1} (0) = \frac{1}{2} t^2$$

Trong khoảng  $1 \leq t < 2$  của nút  $t$  trong đoạn thứ hai, hàm số cơ bản tuyến tính và hàm



số cơ bản bậc hai lần lượt được tính như sau:

Công thức toán 12

$$N_1^1(t) = \frac{t-t_1}{t_2-t_1} N_1^0(t) + \frac{t_3-t}{t_3-t_2} N_2^0(t) = \frac{t-0}{0-0} \times 0 + \frac{1-t}{1-0} \times 0 = 0$$

$$N_2^1(t) = \frac{t-t_2}{t_3-t_2} N_2^0(t) + \frac{t_4-t}{t_4-t_3} N_3^0(t) = \frac{t-0}{1-0} \times 0 + \frac{2-t}{2-1} \times 1 = 2-t$$

$$N_3^1(t) = \frac{t-t_3}{t_4-t_3} N_3^0(t) + \frac{t_5-t}{t_5-t_4} N_4^0(t) = \frac{t-1}{2-1} \times 1 + \frac{2-t}{2-2} \times 0 = t-1$$

$$N_4^1(t) = \frac{t-t_4}{t_5-t_4} N_4^0(t) + \frac{t_6-t}{t_6-t_5} N_5^0(t) = \frac{t-2}{2-2} \times 0 + \frac{2-t}{2-2} \times 0 = 0$$

$$N_1^2(t) = \frac{t-t_1}{t_3-t_1} N_1^1(t) + \frac{t_4-t}{t_4-t_2} N_2^1(t) = \frac{t-0}{1-0} \times (0) + \frac{2-t}{2-0} \times (2-t) = \frac{1}{2}(2-t)^2$$

$$\begin{aligned} N_2^2(t) &= \frac{t-t_2}{t_4-t_2} N_2^1(t) + \frac{t_5-t}{t_5-t_3} N_3^1(t) = \frac{t-0}{2-0} (2-t) + \frac{2-t}{2-1} (t-1) \\ &= \frac{1}{2}(2-t)(3t-2) \end{aligned}$$

$$N_3^2(t) = \frac{t-t_3}{t_5-t_3} N_3^1(t) + \frac{t_6-t}{t_6-t_4} N_4^1(t) = \frac{t-1}{2-1} (t-1) + \frac{2-t}{2-1} \times 0 = (t-1)^2$$

Do vậy, khi khoảng cách di chuyển  $B(t)$  được cho trên mỗi bộ nội suy, tốc độ lệnh  $F(t)$  được tính cho mỗi đoạn nhờ dùng nút  $t$ . Tức là, trong khoảng  $0 \leq t < 1$  của đoạn thứ nhất, tốc độ lệnh  $F(t)$  dùng cho khoảng cách di chuyển  $B_0(t)$  được tính như sau:

Công thức toán 13

$$B_0(t) = \sum_{i=0}^2 P_{b_i} N_i^2(t) = P_{b_0} N_0^2(t) + P_{b_1} N_1^2(t) + P_{b_2} N_2^2(t)$$

$$= P_{b_0} (1-t)^2 + P_{b_1} \left( \frac{1}{2} t(4-3t) \right) + P_{b_2} \frac{1}{2} t^2$$

$$0 = \left( P_{b_0} - \frac{3}{2} P_{b_1} + \frac{1}{2} P_{b_2} \right) t^2 + (-2P_{b_0} + 2P_{b_1})t + (P_{b_0} - \Delta B_0)$$

$$t = \frac{-\beta \pm \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\gamma}}{2\alpha}$$

$$\alpha = P_{b_0} - \frac{3}{2} P_{b_1} + \frac{1}{2} P_{b_2}$$

$$\beta = -2P_{b_0} + 2P_{b_1}$$

$$\gamma = P_{b_0} - B_0(t)$$

$$F(t) = P_{f_0} (1-t)^2 + P_{f_1} (2t(1-t)) + P_{f_2} (t^2)$$

Trong khoảng  $1 \leq t < 2$  của đoạn thứ hai, tốc độ lệnh  $F(t)$  dùng cho khoảng cách di chuyển  $B_1(t)$  được tính như sau:

Công thức toán 14

$$\begin{aligned}
B_1(t) &= \sum_{i=1}^3 P_{b_i} N_i^2(t) = P_{b_1} N_1^2(t) + P_{b_2} N_2^2(t) + P_{b_3} N_3^2(t) \\
&= P_{b_0} \left( \frac{1}{2} (2-t)^2 \right) + P_{b_1} \left( \frac{1}{2} (2-t)(3t-2) \right) + P_{b_2} (t-1)^2 \\
0 &= \left( \frac{1}{2} P_{b_1} - \frac{3}{2} P_{b_2} + P_{b_3} \right) t^2 + (-2P_{b_1} + 4P_{b_2} - 2P_{b_3})t + (2P_{b_1} - 2P_{b_2} + P_{b_3} - \Delta B_1) \\
t &= \frac{-\beta \pm \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\gamma}}{2\alpha} \\
\alpha &= \frac{1}{2} P_{b_1} - \frac{3}{2} P_{b_2} + P_{b_3} \\
\beta &= -2P_{b_1} + 4P_{b_2} - 2P_{b_3} \\
\gamma &= 2P_{b_1} - 2P_{b_2} + P_{b_3} - B_1(t) \\
F(t) &= P_{f_0} (1-t)^2 + P_{f_1} (2t(1-t)) + P_{f_2} (t^2)
\end{aligned}$$

Theo phương án thứ nhất, trên cơ sở khoảng cách di chuyển và tốc độ chỉ định cho mỗi khối lệnh trong chương trình gia công, bộ điều khiển số 1 tạo ra điểm điều khiển được biểu thị như một nhóm của khoảng cách di chuyển tích lũy tương ứng với vị trí điểm bắt đầu và vị trí điểm kết thúc và tốc độ trong khối lệnh. Sau đó, bộ điều khiển số 1 tạo ra đường cong tham số xác định tốc độ lệnh dùng cho khoảng cách di chuyển trên cơ sở các điểm điều khiển đã được tạo ra và cấp ra tốc độ lệnh tương ứng với khoảng cách di chuyển trên mỗi bộ nội suy trên cơ sở đường cong tham số.

Do vậy, khi dùng chương trình gia công mà trong đó tốc độ lệnh được thay đổi cho mỗi khối lệnh để làm gia tăng hiệu quả gia công, bộ điều khiển số 1 có thể đạt được việc giảm tác động tăng tốc/giảm tốc cũng như tính liên tục của chất lượng bề mặt gia công ở vị trí nơi mà tốc độ chỉ định được thay đổi. Theo cách này, bộ điều khiển số 1 có thể ngăn chặn việc giảm chất lượng bề mặt gia công trong khi vẫn tăng hiệu quả gia công.

Bộ điều khiển số 1 có thể tính tốc độ lệnh thích hợp nhờ dùng đường cong B-spline, đường cong Bézier, hoặc đường cong NURBS như đường cong tham số.

Phương án thứ hai

Phương án thứ hai thực hiện sáng chế sẽ được mô tả dưới đây. Theo phương án thứ nhất, bộ điều khiển số 1 đã điều khiển để đạt được mức thay đổi tốc độ thoải nhờ dùng đường cong tham số. Ở đây, theo các đặc trưng của đường cong tham số, mức thay đổi tốc độ trở nên trơn tru hơn, tức là, tốc độ thay đổi gần như có trị số không đổi, để đáp lại việc tăng bậc n. Tuy nhiên, điều này có thể khiến cho tốc độ lệnh được biểu thị theo đường cong tham số bị lệch khỏi tốc độ chỉ định trong chương trình gia công.

Fig.10 là đồ thị thể hiện mức thay đổi do bậc của đường cong tham số theo phương án thứ hai. So với đường cong B-spline bậc hai, đường cong B-spline bậc năm vượt quá nhiều tốc độ chỉ định, hoặc ngược lại, xuống thấp hơn tốc độ chỉ định. Ví dụ, trong đoạn tối đa được biểu thị bởi vòng tròn đứt nét, đường cong B-spline bậc năm xuống thấp hơn tốc độ chỉ định.

Liên quan đến vấn đề này, theo phương án thứ hai, bộ tạo tốc độ lệnh 13 điều chỉnh tốc độ lệnh bằng cách nhân tốc độ lệnh với hệ số định trước. Cụ thể hơn, bộ tạo tốc độ lệnh 13 tăng hoặc giảm tốc độ lệnh  $F(t)$ , nhờ dùng hệ số được chỉ định trong chương trình gia công, như sau:

Công thức toán 15

$$F(t) = \sum_{i=0}^m aP_{fi}N_i^n(t)$$

Fig.11 là hình vẽ thể hiện ví dụ về phương pháp chỉ định hệ số trong chương trình gia công theo phương án thứ hai. Khi cho phép hàm số điều khiển tốc độ trên cơ sở đường cong tham số (M400), bậc n được chỉ định bởi tham số C và hệ số a được chỉ định bởi tham số A chẳng hạn. Theo ví dụ này, đường cong tham số bậc năm được tạo ra nhờ dùng “C5,” và tốc độ lệnh được tăng đến 110% nhờ “A110.”

Fig.12 là đồ thị thể hiện ví dụ về kết quả điều chỉnh của tốc độ lệnh theo phương án thứ hai. Đồ thị được biểu thị bởi đường liền nét là đường cong tham số, mà được tạo ra có sự chỉ định không dùng hệ số (A0) hoặc dùng hệ số khuếch đại tương tự (A100). Đồ thị được biểu thị bởi đường đứt nét là đường cong tham số, mà được tạo ra có khuếch đại chỉ định bởi

“A110” chẳng hạn. Trong đồ thị này, tốc độ lệnh được điều chỉnh để cao hơn tốc độ lệnh trước khi điều chỉnh trên toàn bộ khoảng gia công.

Theo phương án thứ hai, bộ điều khiển số 1 điều chỉnh tốc độ lệnh nhờ dùng hệ số, do vậy ngăn chặn việc giảm hoặc tăng quá mức tốc độ lệnh khi dùng đường cong tham số bậc cao. Kết quả là, bộ điều khiển số 1 có thể làm tăng hiệu quả gia công trong khi đạt được việc gia công chất lượng cao.

#### Phương án thứ ba

Phương án thứ ba thực hiện sáng chế sẽ được mô tả dưới đây. Theo phương án thứ nhất và phương án thứ hai, tốc độ được chỉ định rõ cho mỗi khối lệnh. Tuy nhiên, đó không phải là phương pháp chỉ định tốc độ duy nhất trong chương trình gia công. Nếu cần tốc độ tương tự trong các khối lệnh liên tiếp, trị số chỉ định của tốc độ có thể được mô tả chỉ trong khối lệnh thứ nhất trong số các khối lệnh liên tiếp. Trong trường hợp này, tốc độ chỉ định đã được bỏ qua được trích ra bởi bộ phân tích chương trình 11 như thông tin tốc độ theo chế độ.

Fig.13 là hình vẽ thể hiện ví dụ về thông tin tốc độ theo chế độ trong chương trình gia công theo phương án thứ ba. Ví dụ, “F1000” được chỉ định trong khối số 2 cũng được dùng liên tục làm thông tin tốc độ theo chế độ trong khối số 3. Tương tự, “F1005” được chỉ định trong khối số 4, “F2000” chỉ định trong khối số 6, “F2500” được chỉ định trong khối số 8, và “F1000” được chỉ định trong khối số 10, được dùng liên tục làm chuỗi thông tin tốc độ theo chế độ lần lượt trong khối số 5, khối số 7, khối số 9, và khối số 11.

Fig.14 là hình vẽ thể hiện ví dụ về các điểm điều khiển, mà được tạo ra nhờ dùng tốc độ được mô tả trong khối lệnh trong chương trình gia công và thông tin tốc độ theo chế độ, cũng như đường cong tham số trên cơ sở các điểm điều khiển này theo phương án thứ ba. Khi các điểm điều khiển từ  $P_0$  đến  $P_{14}$  được tạo ra trên cơ sở chương trình gia công trên Fig.13, do có thông tin tốc độ theo chế độ hoặc thông tin tốc độ với mức thay đổi chút ít so với thông tin của khối trước đó, như “F1005” trong khối số 4, một số điểm điều khiển (ba hoặc nhiều hơn) được bố trí dọc theo đường gần như thẳng.

Đường cong tham số trên cơ sở cách bố trí này của các điểm điều khiển có độ thẳng cục

bộ theo hướng trục hoành do các đặc trưng của đường cong tham số này. Vì vậy, như được thể hiện trên Fig.14, mức thay đổi tốc độ đột ngột vẫn nhận ra được trên đường cong B-spline bậc năm, và các đặc trưng tương tự có thể xuất hiện thậm chí theo đường cong B-spline có bậc cao hơn, gây ra nguy cơ giảm chất lượng bề mặt gia công.

Liên quan đến vấn đề này, theo phương án thứ ba, khi tạo ra điểm điều khiển, bộ tạo điểm điều khiển 12 bỏ qua các điểm điều khiển có tốc độ bằng các tốc độ của cả các điểm điều khiển trước và sau của chúng. Bộ tạo tốc độ lệnh 13 tạo ra đường cong tham số trên cơ sở các điểm điều khiển, mà một số điểm điều khiển đã được bỏ qua từ đó. Đối với việc tạo ra này, bộ tạo điểm điều khiển 12 có thể bỏ qua các điểm điều khiển có sự chênh lệch tốc độ với các điểm điều khiển trước và sau của chúng nằm trong khoảng tốc độ chỉ định.

Fig.15 là hình vẽ thể hiện ví dụ về các điểm điều khiển do bỏ qua từ chương trình gia công, và đường cong tham số trên cơ sở các điểm điều khiển này theo phương án thứ ba. Theo ví dụ này, trong số các điểm điều khiển từ  $P_0$  đến  $P_{14}$  được thể hiện trên Fig.14, các điểm điều khiển có tốc độ bằng hoặc gần bằng các tốc độ của cả các điểm điều khiển trước và sau của chúng được bỏ qua. Kết quả là, trong số các điểm điều khiển được xếp thẳng hàng dọc theo một đường gần như thẳng, chỉ các điểm điều khiển ở các đầu đối nhau được để lại. Đường cong tham số trên cơ sở các điểm điều khiển từ  $P_0$  đến  $P_8$  sau khi bỏ qua đạt được mức thay đổi tốc độ thoải mái mà không bị thẳng theo hướng trục hoành, như được thể hiện trên Fig.14.

Fig.16 là sơ đồ công nghệ thể hiện phương pháp tạo điểm điều khiển theo phương án thứ ba. Ở đây, các bước từ S1 đến S8 là tương tự như các bước trong sơ đồ công nghệ theo phương án thứ nhất (Fig.7) ngoại trừ bước S5a được thay đổi và các bước S9 và S10 được bổ sung.

Ở bước S5a, bộ tạo điểm điều khiển 12 xác định mức thay đổi tốc độ nằm trong khoảng định trước D theo cách tương tự như việc xác định tương đương giữa các tốc độ chỉ định. Cụ thể hơn, bộ tạo điểm điều khiển 12 xác định xem liệu có hay không sự chênh lệch giữa tốc độ chỉ định của khối lệnh (thứ p) hiện tại và khối lệnh (thứ (p+1)) tiếp theo nằm trong D.

Ở bước S8, các chỉ số i và p được đếm. Tiếp theo, ở bước S9, bộ tạo điểm điều khiển

12 xác định xem liệu có hay không khối lệnh (thứ  $(p+1)$ ) sau với tốc độ chỉ định khác nhau bởi D hoặc ít hơn so với tốc độ của khối lệnh (thứ p) hiện tại. Nếu xác định được là CÓ, việc xử lý chuyển sang bước S10. Nếu xác định được là Không, việc xử lý chuyển sang bước S3.

Ở bước S10, bộ tạo điểm điều khiển 12 bỏ qua việc tạo ra điểm điều khiển tương ứng với điểm kết thúc của khối lệnh (thứ p) hiện tại, và đếm đến chỉ số p. Sau đó, việc xử lý trở về bước S9.

Fig.17 là biểu đồ thể hiện ví dụ mà trong đó không có các điểm điều khiển nào lấy được từ chương trình gia công được bỏ qua theo phương án thứ ba. Trong trường hợp này, các điểm điều khiển có các tốc độ chỉ định bằng nhau hoặc gần như nhau được tạo ra liên tục từ chương trình gia công trên Fig.13. Cụ thể hơn, các điểm điều khiển từ  $P_1$  đến  $P_5$ , các điểm điều khiển từ  $P_6$  đến  $P_8$ , các điểm điều khiển từ  $P_9$  đến  $P_{11}$ , và các điểm điều khiển từ  $P_{12}$  đến  $P_{14}$  lần lượt được tạo ra dọc theo các đường gần như thẳng theo hướng trục hoành.

Fig.18 là biểu đồ thể hiện ví dụ mà trong đó một số điểm điều khiển lấy được từ chương trình gia công được bỏ qua theo phương án thứ ba. Trong trường hợp này, các điểm điều khiển từ  $P_2$  đến  $P_4$ ,  $P_7$ ,  $P_{10}$ , và  $P_{13}$  được bỏ qua trong số các điểm điều khiển từ  $P_0$  đến  $P_{14}$ , được thể hiện trên Fig.17, và các điểm điều khiển mới từ  $P_0$  đến  $P_8$  được tạo ra.

Fig.19 là hình vẽ thể hiện ví dụ về phương pháp chỉ định hàm số bỏ qua các điểm điều khiển trong chương trình gia công theo phương án thứ ba. Khi cho phép hàm số điều khiển tốc độ trên cơ sở đường cong tham số (M400), cho phép (B1) hoặc không cho phép (B0) của hàm số bỏ qua các điểm điều khiển được chỉ định bởi tham số B, và khoảng tốc độ cần được bỏ qua được chỉ định bởi tham số D chẳng hạn. Theo ví dụ này, mức thay đổi tốc độ cộng hoặc trừ 10mm/phút được bỏ qua bởi “D10.”

Theo phương án thứ ba, bộ điều khiển số 1 bỏ qua một số điểm điều khiển liên tục có tốc độ bằng nhau, do vậy làm giảm một chút độ thẳng theo hướng của trục hoành (khoảng cách di chuyển) của đường cong tham số, mà được tạo ra từ các điểm điều khiển này. Bằng cách làm như vậy, mức thay đổi tốc độ có thể được tạo ra thoải. Do vậy, ngay cả khi tốc độ tương tự (thông tin tốc độ được mô tả hoặc thông tin tốc độ theo chế độ) được trích ra từ các

khởi lệnh liên tiếp, bộ điều khiển số 1 vẫn có thể tạo ra đường cong tham số thích hợp, và do đó, việc giảm chất lượng bề mặt gia công có thể được ngăn chặn trong khi hiệu quả gia công được tăng.

Bộ điều khiển số 1 có thể, bằng cách bỏ qua các điểm điều khiển có tốc độ bằng các tốc độ của cả các điểm điều khiển trước và sau của chúng cũng như các điểm điều khiển có sự chênh lệch tốc độ với các điểm điều khiển trước và sau của chúng nằm trong khoảng chỉ định, do vậy làm giảm hơn một chút nữa độ thẳng theo hướng trục hoành của đường cong tham số, khiến cho mức thay đổi tốc độ trở nên thoải.

Trong khi các phương án thực hiện sáng chế đã được mô tả trên đây, sáng chế không bị giới hạn ở các phương án nêu trên. Các hiệu quả được mô tả trong các phương án chỉ là các hiệu quả thích hợp nhất của sáng chế. Các hiệu quả đạt được nhờ sáng chế không bị giới hạn ở các hiệu quả được mô tả trong các phương án.

Phương pháp điều khiển số, mà được thực thi bởi bộ điều khiển số 1, được thực hiện bởi phần mềm. Để thực hiện phương pháp điều khiển số bởi phần mềm, các chương trình tạo ra phần mềm được cài đặt trong máy tính. Các chương trình này có thể được lưu trữ trong vật ghi di động và được phân phối cho người dùng, hoặc theo cách khác, có thể được phân phối bằng cách được tải xuống máy tính của người dùng thông qua mạng.

Giải thích các số chỉ dẫn

1 Bộ điều khiển số

10 Bộ điều khiển

11 Bộ phân tích chương trình

12 Bộ tạo điểm điều khiển

13 Bộ tạo tốc độ lệnh

14 Bộ cấp ra tốc độ lệnh

20 Bộ nhớ



## YÊU CẦU BẢO HỘ

## 1. Bộ điều khiển số bao gồm:

bộ phân tích chương trình, mà phân tích chương trình gia công để điều khiển máy công cụ và tính khoảng cách di chuyển tích lũy cho mỗi khối lệnh trên cơ sở tọa độ chỉ định cho mỗi khối lệnh;

bộ tạo điểm điều khiển, mà tạo ra, trên cơ sở khoảng cách di chuyển tích lũy cho mỗi khối lệnh và tốc độ chỉ định cho mỗi khối lệnh, điểm điều khiển như một nhóm của khoảng cách di chuyển tích lũy và tốc độ chỉ định tại điểm bắt đầu và điểm kết thúc trong mỗi khối lệnh;

bộ tạo tốc độ lệnh, mà tạo ra đường cong tham số xác định tốc độ lệnh thực cho máy công cụ dùng cho khoảng cách di chuyển trên cơ sở các điểm điều khiển; và

bộ cấp ra tốc độ lệnh, mà cấp ra tốc độ lệnh trên mỗi bộ nội suy trên cơ sở đường cong tham số đã được tạo ra.

2. Bộ điều khiển số theo điểm 1, trong đó bộ tạo tốc độ lệnh điều chỉnh tốc độ lệnh nhờ dùng hệ số định trước.

3. Bộ điều khiển số theo điểm 1 hoặc 2, trong đó đường cong tham số là đường cong bất kỳ trong số đường cong B-spline, đường cong Bézier, hoặc đường cong B-spline hợp lý không đồng nhất (NURBS).

4. Bộ điều khiển số theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó bộ tạo điểm điều khiển bỏ qua các điểm điều khiển có tốc độ bằng các tốc độ của cả các điểm điều khiển trước và sau của chúng.

5. Bộ điều khiển số theo điểm 4, trong đó bộ tạo điểm điều khiển bỏ qua các điểm điều khiển

có sự chênh lệch tốc độ với các điểm điều khiển trước và sau của chúng nằm trong khoảng tốc độ chỉ định.

6. Phương pháp điều khiển số được thực thi bằng máy tính, phương pháp điều khiển số này bao gồm:

bước phân tích chương trình để phân tích chương trình gia công để điều khiển máy công cụ và tính khoảng cách di chuyển tích lũy cho mỗi khối lệnh trên cơ sở tọa độ chỉ định cho mỗi khối lệnh;

bước tạo điểm điều khiển để tạo ra, trên cơ sở khoảng cách di chuyển tích lũy cho mỗi khối lệnh và tốc độ chỉ định cho mỗi khối lệnh, điểm điều khiển như một nhóm của khoảng cách di chuyển tích lũy và tốc độ chỉ định tại điểm bắt đầu và điểm kết thúc trong mỗi khối lệnh;

bước tạo tốc độ lệnh để tạo ra đường cong tham số xác định tốc độ lệnh thực cho máy công cụ dùng cho khoảng cách di chuyển trên cơ sở các điểm điều khiển; và

bước cấp ra tốc độ lệnh để cấp ra tốc độ lệnh đã được tạo ra trên mỗi bộ nội suy trên cơ sở đường cong tham số đã được tạo ra.

7. Vật ghi đọc được bằng máy tính lưu trữ chương trình điều khiển số để khiến cho máy tính thực thi:

bước phân tích chương trình để phân tích chương trình gia công để điều khiển máy công cụ và tính khoảng cách di chuyển tích lũy cho mỗi khối lệnh trên cơ sở tọa độ chỉ định cho mỗi khối lệnh;

bước tạo điểm điều khiển để tạo ra, trên cơ sở khoảng cách di chuyển tích lũy cho mỗi khối lệnh và tốc độ chỉ định cho mỗi khối lệnh, điểm điều khiển như một nhóm của khoảng cách di chuyển tích lũy và tốc độ chỉ định tại điểm bắt đầu và điểm kết thúc trong mỗi khối lệnh;

bước tạo tốc độ lệnh để tạo ra đường cong tham số xác định tốc độ lệnh thực cho máy

công cụ dùng cho khoảng cách di chuyển trên cơ sở các điểm điều khiển; và

bước cấp ra tốc độ lệnh để cấp ra tốc độ lệnh đã được tạo ra trên mỗi bộ nội suy trên cơ sở đường cong tham số đã được tạo ra.

FIG. 1

- (1) G00 X0.0 Y0.0
- (2) G01 X10.0 Y10.0 F1000
- (3) X15.0 Y13.0 F2000
- (4) X18.0 Y11.0 F2500
- (5) X20.0 Y5.0 F1100

FIG. 2

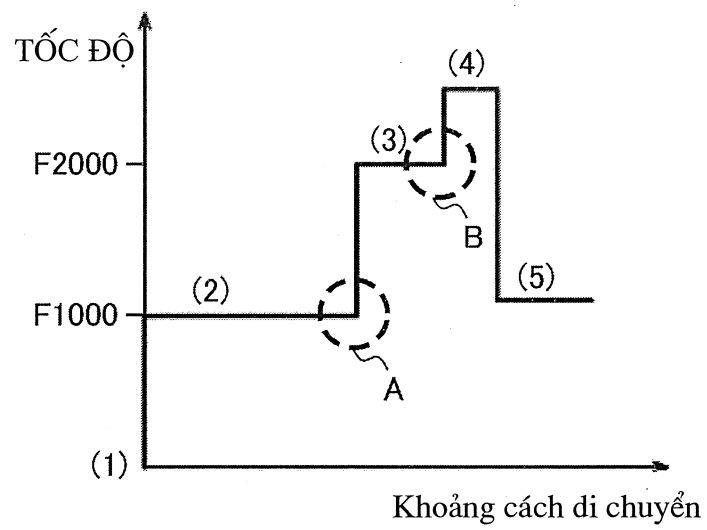


FIG. 3

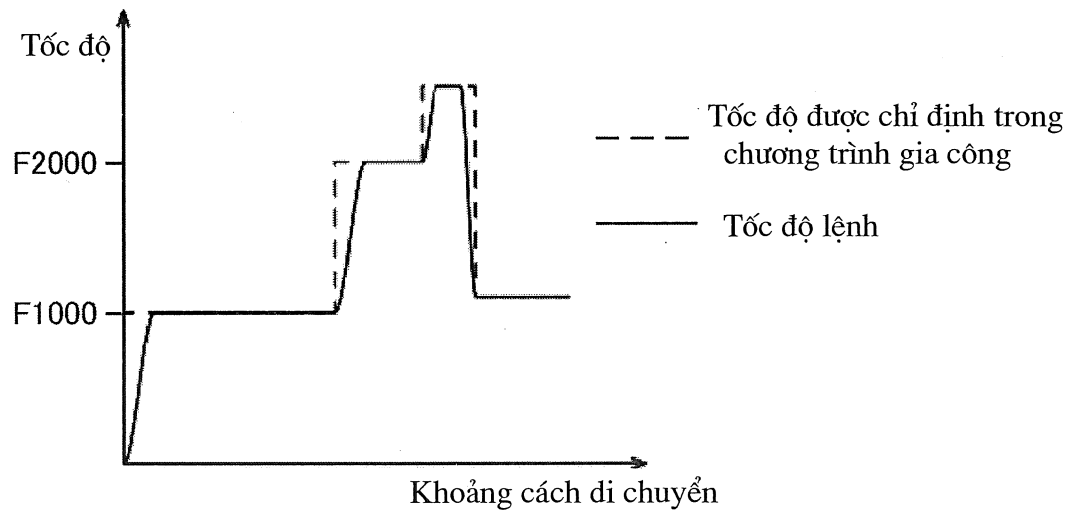


FIG. 4

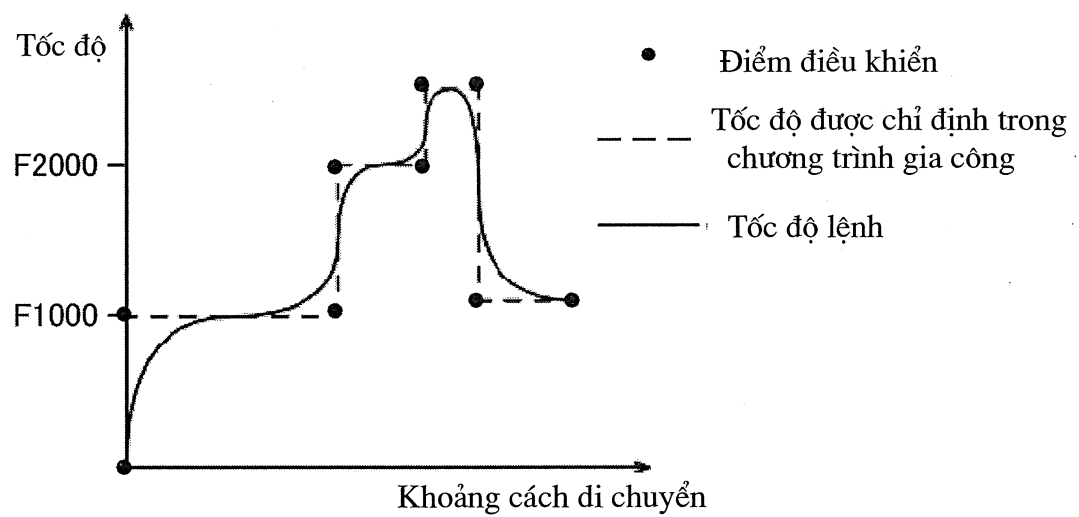


FIG. 5

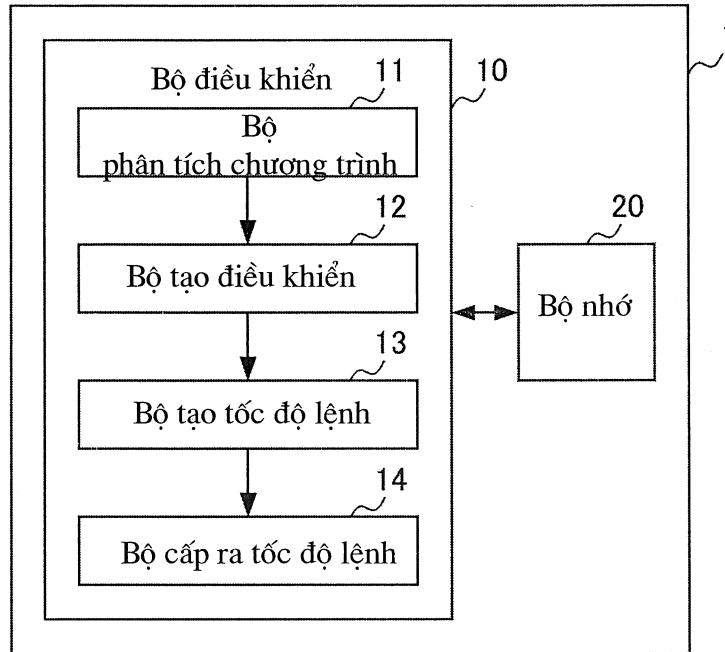


FIG. 6

| Khối số | Lệnh chương trình     |  | Khối số | Khoảng cách di chuyển $B_p$ | Tốc độ $F_p$ |
|---------|-----------------------|--|---------|-----------------------------|--------------|
| 1       | G00 X0.0 Y0.0         |  | 1       | $B_0$                       | $F_0$        |
| 2       | G01 X10.0 Y10.0 F1000 |  | 2       | $B_1$                       | $F_1$        |
| 3       | X15.0 Y13.0 F2000     |  | 3       | $B_2$                       | $F_2$        |
| 4       | X18.0 Y11.0 F2500     |  | 4       | $B_3$                       | $F_3$        |
| 5       | X18.0 Y11.0 F2500     |  | 5       | $B_4$                       | $F_4$        |
| ...     | ...                   |  | ...     | ...                         | ...          |

$$\Delta B_p = \sqrt{\Delta A_1^2 + \Delta A_2^2 + \dots} \quad (\Delta A_n: \text{HÀNH TRÌNH DỌC THEO MỖI TRỤC})$$

$$\text{LỆNH CHO XY} \quad \Delta B_p = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

FIG. 7

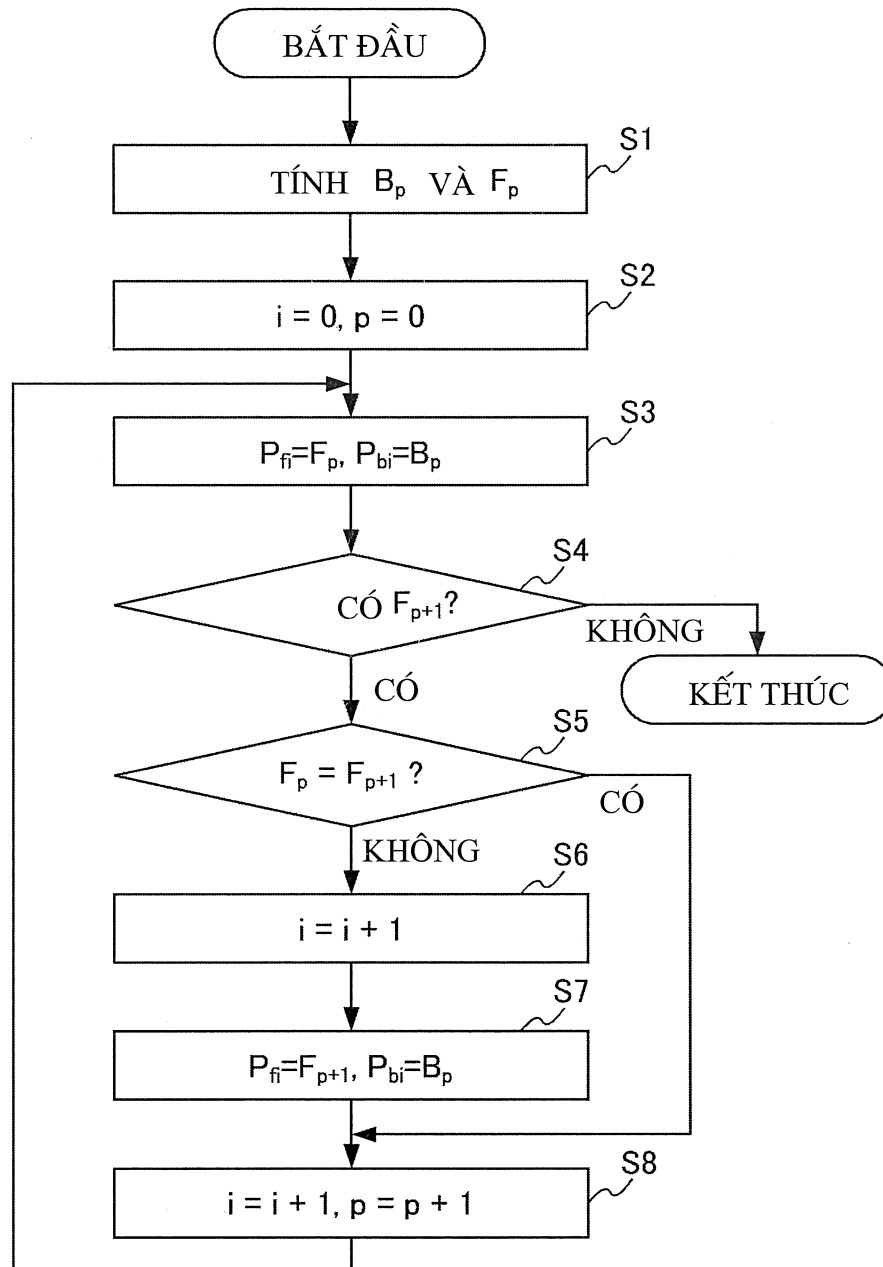


FIG. 8

| Khối số | Khoảng cách<br>di chuyển<br>$B_p$ | Tốc độ<br>$F_p$ | ➡ | Điểm<br>điều khiển<br>$P_i$ | Khoảng cách<br>di chuyển<br>$P_{bi}$ | Tốc độ<br>$P_{fi}$ |
|---------|-----------------------------------|-----------------|---|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| 1       | $B_0$                             | $F_0$           |   | $P_0$                       | $B_0$                                | $F_0$              |
| 2       | $B_1$                             | $F_1$           |   | $P_1$                       | $B_0$                                | $F_1$              |
| 3       | $B_2$                             | $F_2$           |   | $P_2$                       | $B_1$                                | $F_1$              |
| 4       | $B_3$                             | $F_3$           |   | $P_3$                       | $B_1$                                | $F_2$              |
| 5       | $B_4$                             | $F_4$           |   | $P_4$                       | $B_2$                                | $F_2$              |
| ...     | ...                               | ...             |   | $P_5$                       | $B_2$                                | $F_3$              |
|         |                                   |                 |   | $P_6$                       | $B_3$                                | $F_3$              |
|         |                                   |                 |   | $P_7$                       | $B_3$                                | $F_4$              |
|         |                                   |                 |   | $P_8$                       | $B_4$                                | $F_4$              |
|         |                                   |                 |   | ...                         | ...                                  | ...                |

FIG. 9

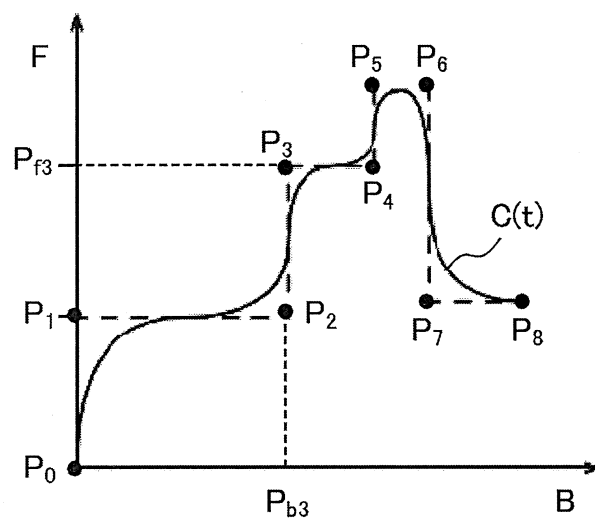




FIG. 10

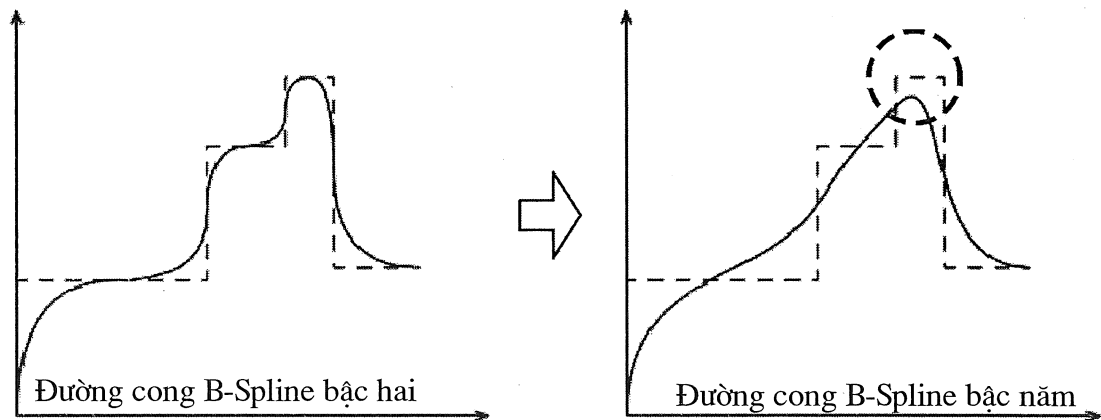


FIG. 11

```

M400 C5. A110.
(1) G00 X0.0 Y0.0
(2) G01 X10.0 Y10.0 F1000
(3) X15.0 Y13.0 F2000
(4) X18.0 Y11.0 F2500
(5) X20.0 Y5.0 F1100
. . .
M401
  
```

#### Kiểu

Hàm cho phép  
 Hàm không cho phép  
 C: BẬC (1~n)  
 A: HỆ SỐ

M400 C\*\*, A\*\*.

M401

0: OFF

1~1000: TRÊN (KHUẾCH ĐẠI %)

%

FIG. 12

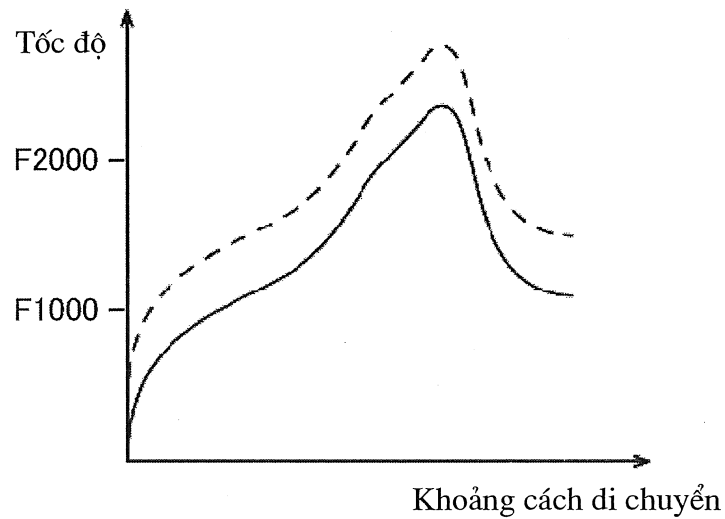


FIG. 13

```

M400 C5. A110.
( 1) G00 X0.0 Y0.0
( 2) G01 X2.5 Y2.5 F1000
( 3) X5.0 Y5.0 .....Thông tin tốc độ theo chế độ F1000
( 4) X7.5 Y7.5 F1005
( 5) X10.0 Y10.0 .....Thông tin tốc độ theo chế độ F1005
( 6) X12.5 Y11.5 F2000
( 7) X15.0 Y13.0 .....Thông tin tốc độ theo chế độ F2000
( 8) X16.5 Y12.0 F2500
( 9) X18.0 Y11.0 .....Thông tin tốc độ theo chế độ F2500
(10) X19.0 Y8.0 F1000
(11) X20.0 Y5.0 .....Thông tin tốc độ theo chế độ F1000
. . .
M401

```

FIG. 14

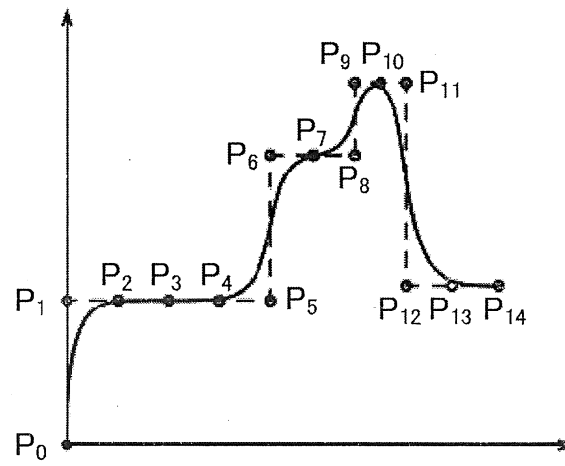


FIG. 15

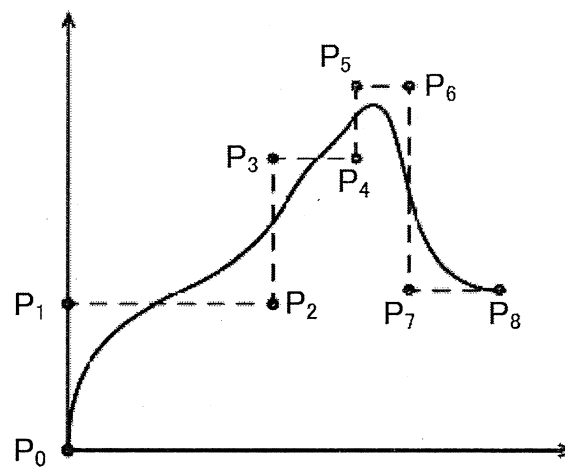


FIG. 16

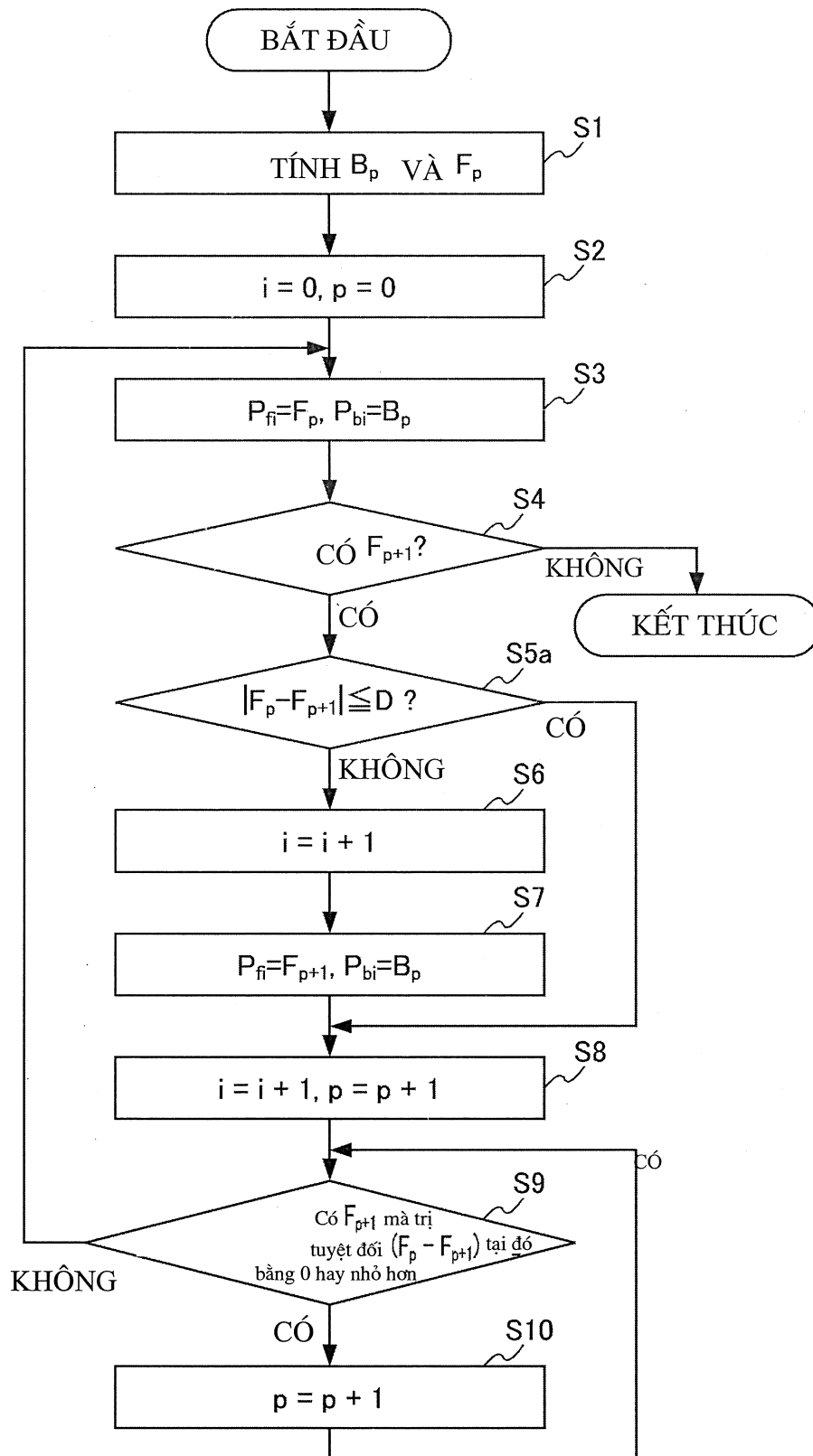


FIG. 17

| Điểm<br>điều khiển<br>$P_i$ | Khoảng cách<br>di chuyển<br>$P_{bi}$ | Tốc độ<br>$P_{fi}$ |
|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| $P_0$                       | $B_0 = 0$                            | $F_0 = 0$          |
| $P_1$                       | $B_0 = 0$                            | $F_1 = 1000$       |
| $P_2$                       | $B_1 = 3.546$                        | $F_1 = 1000$       |
| $P_3$                       | $B_2 = 7.071$                        | $F_2 = 1000$       |
| $P_4$                       | $B_3 = 10.607$                       | $F_3 = 1005$       |
| $P_5$                       | $B_4 = 14.142$                       | $F_4 = 1005$       |
| $P_6$                       | $B_4 = 14.142$                       | $F_5 = 2000$       |
| $P_7$                       | $B_5 = 17.058$                       | $F_5 = 2000$       |
| $P_8$                       | $B_6 = 19.973$                       | $F_6 = 2000$       |
| $P_9$                       | $B_6 = 19.973$                       | $F_7 = 2500$       |
| $P_{10}$                    | $B_7 = 21.776$                       | $F_7 = 2500$       |
| $P_{11}$                    | $B_8 = 23.579$                       | $F_8 = 2500$       |
| $P_{12}$                    | $B_8 = 23.579$                       | $F_9 = 1000$       |
| $P_{13}$                    | $B_9 = 26.741$                       | $F_9 = 1000$       |
| $P_{14}$                    | $B_{10} = 29.903$                    | $F_{10} = 1000$    |

FIG. 18

| Điểm<br>điều khiển<br>$P_i$ | Khoảng cách<br>di chuyển<br>$P_{bi}$ | Tốc độ<br>$P_{fi}$               |
|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| $P_0$                       | $B_0=0$                              | $F_0=0$                          |
| $P_1$                       | $B_0=0$                              | $F_1=1000$                       |
|                             | <del><math>B_1=3.546</math></del>    | <del><math>F_1=1000</math></del> |
|                             | <del><math>B_2=7.071</math></del>    | <del><math>F_2=1000</math></del> |
|                             | <del><math>B_3=10.607</math></del>   | <del><math>F_3=1005</math></del> |
| $P_2$                       | $B_4=14.142$                         | $F_4=1005$                       |
| $P_3$                       | $B_4=14.142$                         | $F_5=2000$                       |
|                             | <del><math>B_5=17.058</math></del>   | <del><math>F_5=2000</math></del> |
| $P_4$                       | $B_6=19.973$                         | $F_6=2000$                       |
| $P_5$                       | $B_6=19.973$                         | $F_7=2500$                       |
|                             | <del><math>B_7=21.776</math></del>   | <del><math>F_7=2500</math></del> |
| $P_6$                       | $B_8=23.579$                         | $F_8=2500$                       |
| $P_7$                       | $B_8=23.579$                         | $F_9=1000$                       |
|                             | <del><math>B_9=26.741</math></del>   | <del><math>F_9=1000</math></del> |
| $P_8$                       | $B_{10}=29.903$                      | $F_{10}=1000$                    |

FIG. 19

```

M400 C5. A0. B1. D10.
( 1) G00 X0.0 Y0.0
( 2) G01 X2.5 Y2.5 F1000
( 3) X5.0 Y5.0
( 4) X7.5 Y7.5 F1005
( 5) X10.0 Y10.0
( 6) X12.5 Y11.5 F2000
( 7) X15.0 Y13.0
( 8) X16.5 Y12.0 F2500
( 9) X18.0 Y11.0
(10) X19.0 Y8.0 F1000
(11) X20.0 Y5.0
. . .
M401

```

#### Kiểu LỆCH

HÀM CHO PHÉP

HÀM KHÔNG CHO PHÉP

C: BẬC (1~n)

A: HỆ SỐ

B:

B1. CHO PHÉP

B0. KHÔNG CHO PHÉP

D: KHOẢNG BỎ QUA

D10.

M400 C\*\*, A\*\*, B\*\*, D\*\*.

M401

0: OFF

1~1000: TRÊN (BỎ QUA ĐIỂM ĐIỀU KHIỂN %)

BỎ QUA MỨC THAY ĐỔI TỐC ĐỘ  
CỘNG HOẶC TRỪ F10MM/PHÚT