

TỰ ĐỘNG HÓA TÍNH TOÁN LỰC KẸP CHI TIẾT KHI GIA CÔNG

AUTOMATIC CALCULATION OF THE CLAMPING FORCE OF MACHINE PART DURING MACHINING

Đào Ngọc Biên

Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email: biendn@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Tính toán lực kẹp chi tiết khi gia công là công việc thường xuyên gặp phải khi lập quy trình công nghệ gia công các chi tiết máy. Giá trị lực kẹp dùng làm cơ sở để thiết kế các cơ cấu kẹp chặt. Để tính toán lực kẹp cần viết các phương trình cân bằng lực và cân bằng mô men, từ đó tính toán xác định giá trị lực kẹp lớn nhất. Bài báo này trình bày việc tự động hóa tính toán lực kẹp chi tiết khi gia công bằng cách xây dựng một chương trình tính toán tự động dựa theo ngôn ngữ lập trình Delphi.

Từ khóa: Lực kẹp; Chi tiết; Gia công; Ngôn ngữ lập trình Delphi.

ABSTRACT

Calculating the clamping force of a part during machining is a frequent task that must be done when establish technological processes for machining of machine parts. The clamping force value is used as the basis for designing clamping mechanisms. To calculate the clamping force, it is necessary to write the equations of force balance and moment balance, from which the maximum clamping force value is calculated. This article presents the automation of calculating the clamping force of a part during machining by building an automatic calculation program based on the Delphi programming language.

Keywords: Clamping force; Part; Machining; Delphi programming language.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc tính lực kẹp chi tiết khi gia công là công việc thường xuyên gặp phải khi thiết kế các quy trình công nghệ gia công chi tiết máy bằng phương pháp cắt gọt. Tùy theo từng trường hợp cụ thể, trên cơ sở xét điều kiện cân bằng của chi tiết gia công, sẽ xác định được phương chiều, trị số và điểm đặt của lực kẹp, từ

đó thiết kế các cơ cấu kẹp chặt tương ứng cho phù hợp với yêu cầu.

Hiện nay, trị số lực kẹp chi tiết khi gia công vẫn được tính toán thủ công, gây mất thời gian, công sức, tốc độ tính toán chậm, mà đôi khi còn dẫn đến sai sót, nhầm lẫn. Bài báo này trình bày phương pháp tự động hóa tính toán lực kẹp chi tiết khi gia công bằng cách xây

dựng một chương trình tính toán tự động, dựa theo ngôn ngữ Lập trình Delphi, thay thế cho phương pháp tính toán thủ công truyền thống.

Do có rất nhiều phương pháp gia công cắt gọt và các sơ đồ gá đặt cũng rất đa dạng nên bài báo này chỉ giới hạn ở việc tính toán lực kẹp chi tiết khi gia công bằng các phương pháp phổ biến nhất là: tiện, khoan và phay với một số sơ đồ gá đặt điển hình.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN LỰC KẸP CHI TIẾT KHI GIA CÔNG

2.1. Tính toán lực kẹp khi tiện

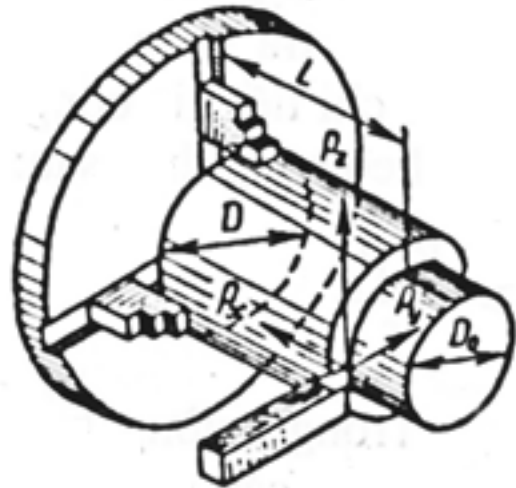
Trên hình 1 trình bày sơ đồ các lực cắt thành phần P_x , P_y và P_z khi tiện chi tiết kẹp trên mâm cặp (có thể là 2 chấu, 3 chấu hoặc 4 chấu), P_x là lực cắt dọc trục, P_y là lực cắt hướng tâm và P_z là lực cắt tiếp tuyến (với phần chi tiết đã gia công):

- Thành phần lực cắt tạo mô men xoắn $M = P_z D_0 / 2$, với D_0 là đường kính phần chi tiết đã gia công;

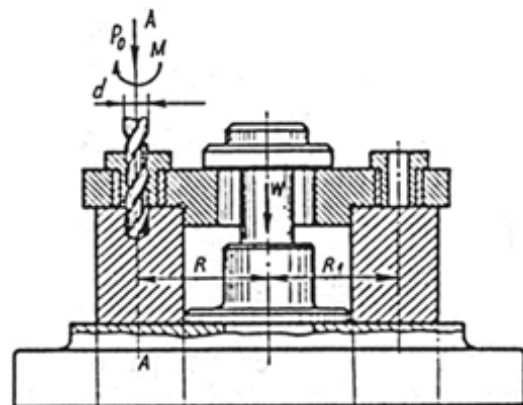
- Thành phần lực cắt dọc trục P_x có xu hướng làm xô dịch chi tiết theo chiều trục;

- Thành phần lực cắt hướng tâm P_y tạo thành mô men lật $M_l = P_y \cdot l$, với l là chiều dài phần còn lại chưa gia công của chi tiết. Thông thường, các chi tiết kẹp trên các mâm cặp theo sơ đồ này có chiều dài l khá ngắn, do đó thường bỏ tác dụng của lực hướng tâm P_y , nghĩa là coi mô men lật $M_l = 0$.

Như vậy, ta cần kẹp chặt chi tiết để tạo lực ma sát giữa bề mặt tiếp xúc của nó với các chấu kẹp nhằm chống xoay dưới tác dụng của mô men xoắn M và chống xô dịch dọc trục do lực cắt dọc trục P_x :



Hình 1. Các lực cắt thành phần khi tiện chi tiết, kẹp trên mâm cặp



Hình 2. Sơ đồ tính lực kẹp khi khoan với phương pháp kẹp mặt đầu

- Điều kiện cân bằng chi tiết để chống xoay:

$$\frac{W_t f D}{2} = \frac{K P_z D_0}{2} \rightarrow W_t = \frac{K P_z D_0}{f D}, \quad (1)$$

W_t – Lực kẹp tổng cộng trên các chấu kẹp;

K – Hệ số an toàn, $K = 1,3 \div 1,6$ [1], [5];

f – Hệ số ma sát giữa các chấu kẹp và bề mặt tiếp xúc của chi tiết, nó phụ thuộc vào hình dạng bề mặt chấu kẹp: $f = 0,2$ khi bề mặt nhẵn,

$f = 0,3 \dots 0,4$ khi bề mặt có rãnh hình cung, $f = 0,45 \dots 0,5$ khi bề mặt có rãnh dọc, $f = 0,8 \dots 1,0$ khi bề mặt có khía nhám;

D – Đường kính phôi của chi tiết (phần chi tiết chưa gia công);

- Điều kiện cân bằng để chi tiết không bị xô dịch dọc trục:

$$W_t = KP_x. \quad (2)$$

Trị số lực kẹp tổng W_t được chọn là trị số lớn hơn trong 2 trị số, xác định theo các công thức (1) và (2).

Lực kẹp của một châu kẹp:

$$W_0 = \frac{W_t}{n}, \quad (3)$$

n – Số châu kẹp.

2.2. Tính toán lực kẹp khi khoan

Khi gia công các lỗ bằng các phương pháp khoan khoét và doa, chi tiết gia công chịu tác dụng đồng thời của mô men xoắn M và lực dọc trục P_0 . Thông thường, lực cắt P_0 và lực kẹp chặt W có cùng phương chiều và có xu hướng ấn chi tiết xuống bề mặt định vị.

Trên hình 2 trình bày sơ đồ định vị chi tiết gia công bằng mặt đầu, hạn chế 3 bậc tự do và mặt lỗ, dùng chốt trụ ngắn, hạn chế 2 bậc tự do. Việc kẹp chặt chi tiết được thực hiện bằng đòn kẹp ren vít, lực kẹp hướng từ trên xuống, hướng vào bề mặt định vị được hạn chế nhiều bậc tự do nhất, lực kẹp cùng phương, chiều với lực cắt P_0 và trọng lượng G . Trong trường hợp này, lực kẹp không cần quá lớn, mà chỉ cần đảm bảo cho phôi dẫn kẹp chặt chi tiết ở thời điểm ban đầu khi bắt đầu khoan.

Dưới tác dụng của mô men M , chi tiết

gia công có xu hướng xoay xung quanh tâm AA và cuối cùng nó có xu hướng xoay quanh tâm của chính nó. Lực ma sát do lực kẹp W và lực cắt P_0 gây ra phải tạo ra mô men ma sát không nhỏ hơn mô men xoắn do mô men M gây nên đối với tâm chi tiết:

$$(P_0 + W)fR_1 = K \frac{2M}{d} R, \quad (4)$$

M – Mô men xoắn trên mũi khoan;

d – Đường kính mũi khoan;

K – Hệ số an toàn;

R – Khoảng cách từ tâm mũi khoan tới tâm chi tiết gia công;

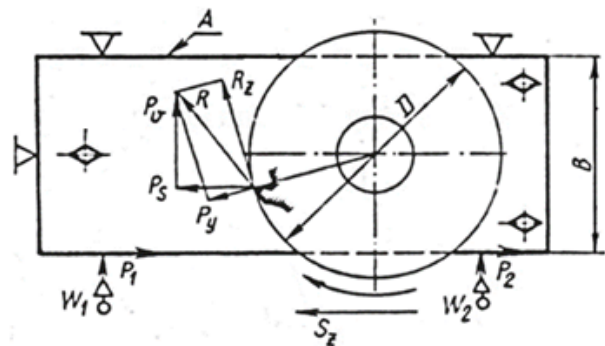
R_1 – Khoảng cách từ tâm mặt đáy tới tâm chi tiết gia công.

Từ công thức (4), ta xác định được lực kẹp:

$$W = \frac{2KMR}{dfR_1} - P_0. \quad (5)$$

2.3. Tính lực kẹp khi phay

Thông thường, chi tiết gia công được phay bằng dao phay mặt đầu và dao phay trụ. Lực kẹp chi tiết trong những trường hợp này được xác định theo phương pháp gần đúng [1], chỉ xét tác dụng của các thành phần lực chính tạo nên sự cân bằng của chi tiết.



Hình 3. Sơ đồ tác dụng lực khi gia công bằng dao phay mặt đầu

Trên hình 3, trình bày sơ đồ gá đặt chi tiết khi gia công bằng dao phay mặt đầu. Lực cắt tiếp tuyến R_z được xác định theo công thức trong các sổ tay Công nghệ chế tạo máy [1]. Các thành phần lực khác được lấy theo lực R_z như sau [1], [2], [4], [5]: Lực hướng kính: $P_y = (0,2 \div 0,4)R_z$; Lực chạy dao: $P_s = (0,3 \div 0,4)R_z$; Lực $P_v = (0,85 \div 0,95)R_z$.

Chi tiết gia công được định vị bằng mặt phẳng đáy, trên 3 chốt tỳ, mặt phẳng bên, trên 2 chốt tỳ và mặt phẳng cạnh trên 1 chốt tỳ. Chi tiết được kẹp chặt bằng 2 mỏ kẹp, với phương của lực kẹp vuông góc với mặt chuẩn định vị A. Để đơn giản hóa có thể cho rằng chỉ có lực P_s tác dụng lên chi tiết gia công [1], khi đó lực kẹp W phải tạo ra lực ma sát P không nhỏ hơn lực chạy dao P_s :

$$P = P_1 + P_2 = (W_1 + W_2)f = KP_s \rightarrow W = \frac{KP_s}{f}, (6)$$

P_s – Lực chạy dao;

f – Hệ số ma sát giữa các bề mặt chi tiết và đồ định vị.

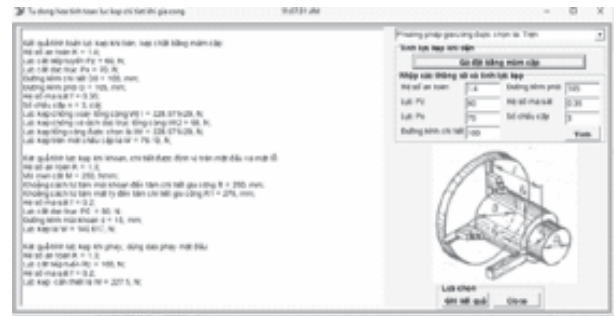
3. XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TỰ ĐỘNG TÍNH TOÁN LỰC KẸP CHI TIẾT KHI GIA CÔNG

3.1. Xây dựng chương trình

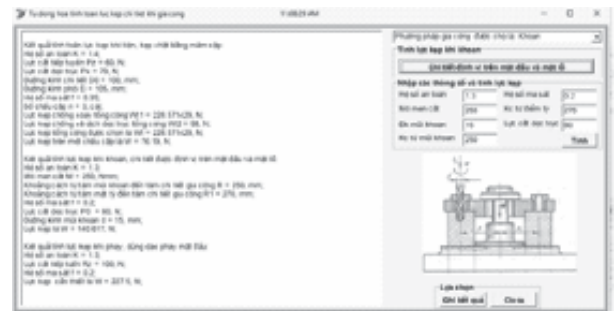
Ngôn ngữ lập trình Delphi là ngôn ngữ lập trình hướng đối tượng, được xây dựng dựa trên nền tảng của ngôn ngữ lập trình Pascal [3]. Đây là một trong những ngôn ngữ lập trình hiện đại, có cấu trúc chặt chẽ và logic, rất phù hợp với việc giải quyết các bài toán kỹ thuật.

Chương trình tự động hóa tính toán lực kẹp chi tiết khi gia công được xây dựng bằng ngôn ngữ lập trình Delphi. Giao diện của Chương trình được trình bày trên các hình 4

(tính toán lực kẹp khi tiện), hình 5 (tính toán lực kẹp khi khoan) và hình 6 (tính toán lực kẹp khi phay).



Hình 4. Giao diện của Chương trình tính toán lực kẹp khi tiện



Hình 5. Giao diện của Chương trình tính toán lực kẹp khi khoan



Hình 6. Giao diện của Chương trình tính toán lực kẹp khi phay

3.2. Ví dụ sử dụng chương trình và đánh giá kết quả thu được

1) Tính toán lực kẹp khi tiện, chi tiết định vị và kẹp chặt bằng mâm cặp 3 chấu tự

định tâm (hình 1) với các số liệu sau: Hệ số an toàn $K = 1,4$; lực cắt tiếp tuyến $P_z = 60 \text{ N}$; lực cắt dọc trục $P_x = 70 \text{ N}$; đường kính chi tiết $D_0 = 100 \text{ mm}$; đường kính phôi $D = 105 \text{ mm}$; hệ số ma sát giữa bề mặt chi tiết với các chấu cặp $f = 0,35$; số chấu cặp $n = 3$.

2) Tính toán lực kẹp khi khoan, chi tiết được định vị bằng mặt đầu và mặt lỗ (hình 2) với các số liệu sau: Hệ số an toàn $K = 1,3$; mô men cắt $M = 250 \text{ Nmm}$; đường kính mũi khoan $d = 15 \text{ mm}$; khoảng cách từ mũi khoan đến tâm chi tiết $R = 250 \text{ mm}$; khoảng cách từ điểm tỳ tới tâm chi tiết $R_1 = 270 \text{ mm}$; hệ số ma sát giữa bề mặt chi tiết với các thiết bị định vị và kẹp chặt $f = 0,2$; lực cắt dọc trục $P_0 = 60 \text{ N}$.

3) Tính toán lực kẹp khi phay, sử dụng dao phay mặt đầu (hình 3) với các số liệu sau: Hệ số an toàn $K = 1,3$; lực cắt $R_z = 100 \text{ N}$; hệ số ma sát giữa bề mặt chi tiết với các thiết bị định vị và kẹp chặt $f = 0,2$.

Sử dụng Chương trình đã xây dựng được để tính toán, kết quả thu được như sau (xem thêm các hình 4, 5 và 6, kết quả này được copy trực tiếp từ file kết quả của chương trình):

***Kết quả tính toán lực kẹp khi tiện, kẹp chặt bằng mâm cặp:**

Hệ số an toàn: $K = 1,4$;
Lực cắt tiếp tuyến: $P_z = 60, \text{ N}$;
Lực cắt dọc trục: $P_x = 70, \text{ N}$;
Đường kính chi tiết: $D_0 = 100, \text{ mm}$;
Đường kính phôi: $D = 105, \text{ mm}$;
Hệ số ma sát: $f = 0,35$;
Số chấu cặp: $n = 3$, cái;
Lực kẹp tổng cộng chống xoay:
 $W_{11} = 228,571, \text{ N}$;
Lực kẹp tổng cộng chống xô dịch dọc trục: $W_{12} = 98, \text{ N}$;

Lực kẹp tổng cộng được chọn:

$W_1 = 228.571, \text{ N}$;

Lực kẹp cần thiết trên một chấu cặp:

$W = 76.19, \text{ N}$.

***Kết quả tính toán lực kẹp khi khoan, chi tiết được định vị trên mặt đầu và mặt lỗ:**

Hệ số an toàn: $K = 1,3$;

Mô men cắt: $M = 250, \text{ Nmm}$;

Khoảng cách từ tâm mũi khoan đến tâm chi tiết gia công: $R = 250, \text{ mm}$;

Khoảng cách từ điểm tỳ đến tâm chi tiết gia công: $R_1 = 270, \text{ mm}$;

Hệ số ma sát giữa chi tiết và các thiết bị định vị và kẹp chặt: $f = 0,2$;

Lực cắt dọc trục: $P_0 = 60, \text{ N}$;

Đường kính mũi khoan: $d = 15, \text{ mm}$;

Lực kẹp cần thiết: $W = 140.617, \text{ N}$.

***Kết quả tính toán lực kẹp khi phay, dùng dao phay mặt đầu:**

Hệ số an toàn: $K = 1,3$;

Lực cắt: $R_z = 100, \text{ N}$;

Hệ số ma sát giữa bề mặt chi tiết và các thiết bị định vị và kẹp chặt: $f = 0,2$;

Lực kẹp cần thiết: $W = 227.5, \text{ N}$.

***So sánh, đánh giá kết quả thu được:**

So sánh kết quả tính toán bằng Chương trình đã xây dựng được và kết quả tính toán thủ công bằng tay để kiểm chứng, cho thấy hai kết quả hoàn toàn trùng khớp. Điều này minh chứng cho tính chính xác của Chương trình.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày cơ sở lý thuyết tính toán lực kẹp chi tiết khi gia công bằng các phương pháp được dùng phổ biến là tiện, 

khoan và phay. Trên cơ sở đó, bài báo đã trình bày việc xây dựng một chương trình tự động tính toán lực kẹp chi tiết khi gia công bằng tiện, khoan và phay với các sơ đồ gá đặt điển hình, dựa trên ngôn ngữ lập trình Delphi, đồng thời trình bày ba ví dụ minh họa cho việc sử dụng Chương trình này. Kết quả tính toán thu được cho thấy Chương trình cho phép tự động tính toán lực kẹp chi tiết khi gia công, giảm được công sức, thời gian, tăng tốc độ tính toán mà lại không bị sai sót nhầm lẫn do việc tính toán thủ công mang lại. Chương trình có giao diện thân thiện, trực quan, dễ sử dụng, có thể sử dụng trên thực tiễn tính toán lực kẹp chi tiết khi gia công trong quá trình lập các quy trình công nghệ gia công chi tiết máy, hoặc sử dụng như một giáo cụ dùng trong công tác nghiên cứu, giảng dạy và học tập.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT24-25.45. ❖

Ngày nhận bài: **21/02/2025**

Ngày phản biện: **06/3/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Văn Địch, “Đồ gá”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
- [2]. Trần Văn Địch và các tác giả khác, “Công nghệ chế tạo máy”. NXB. Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội, 2008.
- [3]. Lê Phương Lan, Hoàng Đức Hải, “Giáo trình lý thuyết và bài tập Borland Delphi”. NXB. Lao động và Xã hội, Hà Nội, 2002.
- [4]. Nguyễn Đắc Lộc, Lưu Văn Nhang, “Hướng dẫn thiết kế đồ án công nghệ chế tạo máy”. NXB. Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
- [5]. Б. Н. Бардашкин, В. В. Данилевский, А. А. Шатилов, “Станочные приспособление – Справочник в двух томах”. Издательство “Машиностроение”, Москва, 1984.