

TÍNH TOÁN ĐỘ BỀN CỦA THEN BẰNG THEO PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN CALCULATING THE STRENGTH OF FLAT KEYS BY FINITE ELEMENT METHOD

KS. CAO NGỌC VI
Khoa Đóng tàu, Trường ĐHHH

Tóm tắt:

Bài báo này trình bày việc tính toán độ bền mối ghép then bằng theo phương pháp phần tử hữu hạn bằng phần mềm ANSYS, để xác định ứng suất của mỗi điểm bất kỳ trong then, từ đó thu được trường phân bố ứng trên tiết diện bất kỳ của then.

Abstract:

In this article, the calculating of flat key strength using finite element method by software ANSYS is presented. The stress of every point in flat key is computed. Basing on these, the stress field of each section of the key is recognized.

1. Đặt vấn đề

Mối ghép then bằng (đầu tròn) được dùng phổ biến hiện nay trong ngành cơ khí đóng tàu do kết cấu đơn giản, làm việc tin cậy và ít gây tập trung ứng suất.

Then là tiết máy được tiêu chuẩn hóa.

Khi làm việc, then chịu đập ở 2 mặt bên và chịu cắt theo tiết diện phân cách giữa trục và máy (hình 1). Tính toán mối ghép then thường là tính toán kiểm nghiệm độ bền đập và bền cắt của then hoặc xác định chiều dài của then theo các ứng suất cho phép.

Then được coi là vật rắn tuyệt đối và đủ bền khi thỏa mãn đồng thời các điều kiện bền đập và cắt:

- Điều kiện bền đập:

$$\sigma_d = \frac{2T}{d.l_t.(h - t_1)} \leq [\sigma_d] \quad (1.1)$$

- Điều kiện bền cắt:

$$\tau_c = \frac{2T}{d.l_t.b} \leq [\tau_c] \quad (1.2)$$

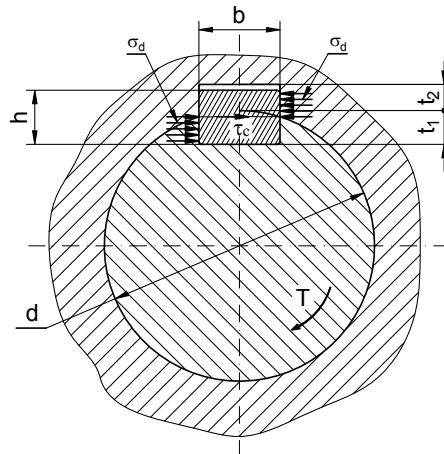
T - mômen xoắn truyền qua mối ghép then, Nmm;

d - đường kính trục nơi lắp then, mm;

l_t - chiều dài tính toán của then, mm;

b, h - chiều rộng và chiều cao của then, mm;

t_1 - chiều sâu rãnh then trên trục, mm.



Hình 1

Giá trị ứng suất tính theo các công thức (1.1) và (1.2) chỉ là giá trị trung bình, và ứng suất được coi là phân bố đều trên tiết diện nguy hiểm. Trong công thức tính cũng không kể đến ảnh hưởng của yếu tố lắp ghép tới độ bền của then. Trên thực tế, then chịu một áp suất dư ban đầu do lắp căng với trục. Như vậy, việc tính toán chỉ mang tính quy ước, gần đúng. Tuy nhiên, cách tính này đơn giản, nên có ý nghĩa thực dụng.

Trong bài báo này trình bày việc tính toán độ bền của then theo phương pháp phần tử hữu hạn, nhằm xác định ứng suất tại mỗi điểm bất kỳ trong then, từ đó thu được trường phân bố ứng suất trên tiết diện ngang của then.

Hiện nay, có rất nhiều phần mềm chuyên dụng dùng để phân tích và tính toán kết cấu dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn như: ANSYS, SAMCEF, MSC.FATIGUE, ... Ở đây, ta dùng phần mềm ANSYS để tính toán do nó có nhiều ưu điểm nổi trội và đang được sử dụng rộng rãi.

2. Phương pháp tính toán

Theo phương pháp này, ứng suất tương đương tại mỗi điểm trong then được tính và so sánh với ứng suất cho phép rồi kết luận về độ bền của then.

Then được rời rạc hóa thành những phần tử nhỏ, liên kết với nhau bằng các nút, khi đó nó được xem là một cơ hệ. Từ điều kiện cân bằng của vật thể đàn hồi ta có:

$$Ku = f, \quad (2.1)$$

K – ma trận độ cứng;

u – véc tơ chuyển vị của các nút;

f – véc tơ lực nút.

Từ (2.1) ta xác định được chuyển vị của các nút:

$$u = f / K. \quad (2.2)$$

Giả thiết vật liệu then làm việc trong miền đàn hồi, theo định luật Hook, ta có:

$$\sigma = D.B.u, \quad (2.3)$$

σ – véc tơ ứng suất;

D – ma trận cơ tính của vật liệu;

B – ma trận hình dạng của vật thể.

Ứng suất tương đương tính theo von Mises:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}}, \quad (2.4)$$

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – các thành phần ứng suất chính, N/mm².

Như vậy, từ chuyển vị của các nút ta tính được biến dạng và ứng suất của mỗi điểm bất kỳ trong then. Từ đó, thể hiện được trường phân bố ứng suất trên tiết diện ngang của then.

3. Bài toán áp dụng

1) Bài toán

Xác định trường phân bố ứng suất của mối ghép then bằng (đầu tròn) trên trục cuối của một hộp giảm tốc. Mối ghép được dùng để truyền mômen xoắn $T = 425250$ Nmm. Đường kính trục nơi lắp then $d = 45$ mm. Kích thước then $l \times b \times h \times t_1 \times t_2 = 50 \times 14 \times 9 \times 5,5 \times 3,8$ mm. Then được lắp với trục theo kiểu 14P9/h9 và lắp với bạc theo kiểu 14JS9/h9. Vật liệu then có: $\sigma_b = 500$ N/mm², môđun đàn hồi $E = 2,1 \cdot 10^5$ N/mm², hệ số Poatxông $\nu = 0,3$.

2) Tính toán

Việc tính toán được thực hiện trên máy vi tính trong môi trường ANSYS 5.5 theo trình tự:

- Xây dựng mô hình hình học tiết diện ngang của then với các thông số cần thiết, mô tả hình dạng và kích thước của nó;

- Xác lập chính xác các thông số cơ tính của vật liệu như: môđun đàn hồi E, hệ số Poatxông ν . Vật liệu then được xem là đồng chất và đẳng hướng;

- Chia lưới đối tượng, xác lập số phần tử hữu hạn, số nút, hình dạng và kích thước các phần tử;

- Xác lập các thông số tải trọng tác dụng lên then;

- Tiến hành tính toán then bằng phần mềm ANSYS5.5.

3) Phân tích kết quả

Kết thúc quá trình tính toán ta thu được: mô hình rời rạc (hình 2) và trường phân bố ứng suất (hình 3) của tiết diện then.

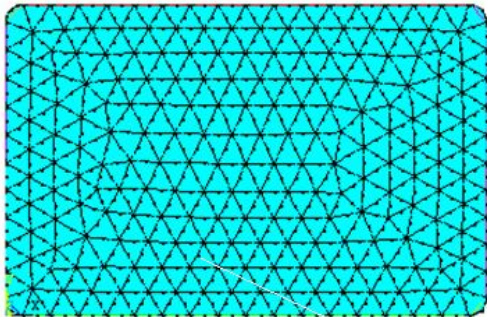
Mô hình chia lưới của đối tượng được trình bày trên hình 2. Tiết diện then (có diện tích $A = 126$ mm²) được chia thành $N_e = 454$ phần tử và $N_n = 969$ nút. Các thông số này đảm bảo kết quả tính có độ chính xác cần thiết [10].

Trường phân bố ứng suất trên tiết diện ngang của then được trình bày trên hình 3. Từ hình vẽ này ta thấy:

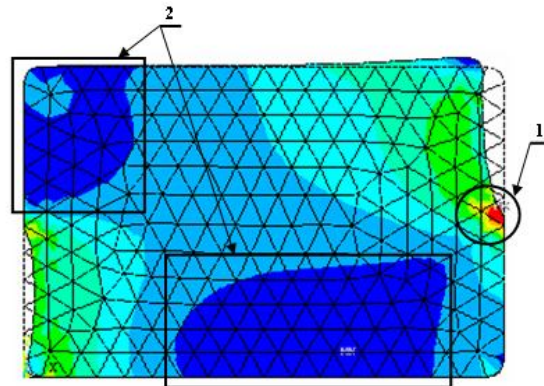
- Ứng suất phân bố không đều trên tiết diện then;

- Tại các mặt bên, phần làm việc của tiết diện then ứng với chiều quay đã định, ứng suất có trị số lớn nhất;

- Ứng suất lớn nhất tại các phần tử biên, trên bề mặt phân cách giữa trục và máy. Tại đây ứng suất tương đương tính theo von Mises có giá trị $\sigma_{tdmax} = 288 \text{ N/mm}^2$, nhỏ hơn rất nhiều so với giới hạn bền của vật liệu ($\sigma_b = 500 \text{ N/mm}^2$).



Hình 2. Mô hình rời rạc của tiết diện then



Hình 3. Trường phân bố ứng suất trên tiết diện then:

- 1 - Vùng chịu ứng suất lớn nhất;
- 2 - Vùng chịu ứng suất nhỏ nhất

3. Kết luận

3.1. Tính toán độ bền của then bằng phương pháp phần tử hữu hạn cho phép nhận biết trực quan về trường phân bố ứng suất của then khi làm việc. Kết quả tính toán có độ chính xác cao do được thực hiện bằng phần mềm chuyên dụng.

3.2. Có thể xác định ứng suất ở điểm bất kỳ trên tiết diện ngang của then.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển. *Hướng dẫn tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí tập 1*. Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội, 1998.
- [2]. Nguyễn Trọng Hiệp. *Chi tiết máy tập 1*. Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội, 1999.
- [3]. Nguyễn Trọng Giảng, Nguyễn Việt Hùng. *ANSYS và Mô phỏng số trong công nghiệp bằng phần tử hữu hạn*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 2003.
- [4]. Nguyễn Văn Phái, Trương Tích Thiện. *Giải bài toán cơ kỹ thuật bằng chương trình ANSYS*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 2003.
- [5]. Đinh Văn Phong. *Phương pháp số trong cơ học*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 2006.
- [6]. Lê Anh Tuấn. *Phân tích trạng thái ứng suất - biến dạng của puli dẫn hướng bằng phương pháp phần tử hữu hạn*. Tạp chí Khoa học - Công nghệ Hàng hải, số 9/4/2007. Tr. 30 - 33.
- [7]. K. Lingaiah. *Machine Design Databook*. Mc Graw-Hill.
- [8]. Robert L.Norton. *Machine Design*. Prentice – Hall.
- [9]. Erik Oberg, Franklin D.Jones, Holbrook L.Horton, and Henry H.ryffel. *Machinery's Handbook 27th*. Industrial Press, Inc;
- [10]. T. Y. Nakasone, Stolaski, S. Yoshimoto. *Engineering analysis with ansys software*.
- [11]. AutoCAD software v2004, ANSYS software v5.5.

Người phản biện: TS. Đào Ngọc Biên