

Nghiên cứu sức bền mỏi của vật liệu thép C45 trước và sau khi tôi cứng

Studying the fatigue strength of C45 steel material before and after quenching

Trương Chí Công*, Nguyễn Văn Thắng,
Trần Thị Thu Thủy, Khuất Đức Dương, Nyianou Blongher
Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
*Email: truongchicong@hau.edu.vn
Số điện thoại: 0868453639

Tóm tắt

Từ khóa:

Sức bền mỏi; Thép C45; Trục tâm;
Tôi cứng; Uốn 2 điểm;

Nội dung bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sức bền mỏi của vật liệu thép C45 dạng trục tâm trước và sau khi tôi cứng, được thực hiện trên máy thí nghiệm dựa trên nguyên lý uốn 2 điểm, kết quả thí nghiệm xác định được đường cong mỏi của vật liệu thép C45 trước và sau khi tôi cứng sẽ được thảo luận. Kết quả nghiên cứu giúp các nhà thiết kế có thể tham khảo để xác định chính xác độ bền mỏi của thép C45 trước và sau khi tôi trong ứng dụng tính toán thiết kế cơ khí có sử dụng vật liệu này.

Abstract

Keywords:

C45 steel; Fatigue strength;
mandrel; Quenching; Two - points
bending..

The article presents the results of the fatigue strength study of C45 steel material mandrel type before and after quenching, which was performed on the experimental machine based on the principle of two-points bending, experimental results determined the fatigue curve of C45 steel material before and after quenching will be discussed. The research results help designers accurately refer the fatigue strength of C45 steel before and after quenching in applied mechanical design using this material.

Ngày nhận bài: 16/8/2018

Ngày nhận bài sửa: 10/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Nhiều chi tiết máy dạng trục chỉ chịu mô men uốn và chịu mô men xoắn rất nhỏ. Các chi tiết này thường được gắp ở cơ cấu trục đỡ bánh răng trung gian truyền chuyển động. Hoạt động sau một thời gian nhất định, trong các chi tiết này sẽ xuất hiện các hiện tượng mỏi do chịu tác động của mô men uốn đảo chiều liên tục. Hiện tượng mỏi này thực chất là hiện tượng mỏi của vật liệu dùng làm các chi tiết máy dạng trục tâm. Do vậy nghiên cứu tìm ra giới hạn mỏi của các chi tiết máy dạng này là rất cần thiết cho quá trình duy tu, bảo trì, bảo dưỡng. Các nhà khoa học trên thế giới nói chung, cũng như là các nhà khoa học Việt Nam nói riêng vẫn đang tiếp tục nghiên cứu về dạng mỏi này. Tuy nhiên, đó xem như là những thành công bước đầu vì cho đến nay thì cơ chế của quá trình phát

sinh và phát triển mỗi vẫn chưa hoàn toàn sáng tỏ và vẫn là mối quan tâm của nhiều người. Vấn đề nghiên cứu về hiện tượng mỏi trên các chi tiết cơ khí dạng trục tâm đối với một loại vật liệu cụ thể nào đó thì thật sự chưa đầy đủ.

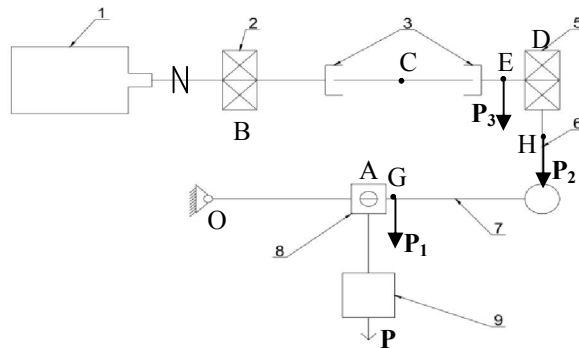
Trong lĩnh vực cơ học phá hủy, công việc của nhà thiết kế là cần tính toán, đảm bảo được tuổi thọ của chi tiết làm việc tin cậy trong khoảng thời gian nhất định. Trong thực tế, các chi tiết máy có thể bị phá hủy do mỏi ngay khi ứng suất phát sinh nhỏ hơn rất nhiều so với ứng suất giới hạn lý thuyết. Vì vậy thử nghiệm để kiểm tra độ bền mỏi do uốn trong thực tế của trục tâm để từ đó vẽ biểu đồ đường cong mỏi của vật liệu có một ý nghĩa quan trọng.

Các thí nghiệm về độ bền mỏi dạng trục tâm thường được tiến hành trên các máy dựa trên nguyên lý uốn ba điểm dầm có mút thừa, dựa trên nguyên lý uốn bốn điểm dầm đơn giản, dựa trên nguyên lý uốn hai điểm dầm công - xôn.

Trong báo cáo này trình bày tóm tắt nghiên cứu sức bền mỏi của vật liệu thép C45 dạng trục tâm trước và sau khi tôi cứng được thực hiện trên mô hình máy thí nghiệm dựa trên nguyên lý uốn 2 điểm, kết quả thí nghiệm xác định được đường cong mỏi của vật liệu thép C45 trước và sau khi tôi cứng sẽ được thảo luận

2. HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM

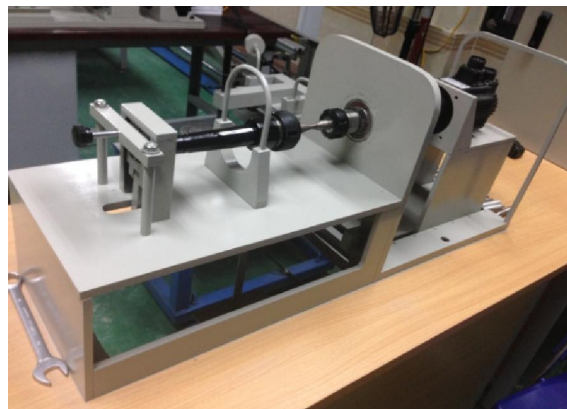
2.1. Nguyên lý máy thí nghiệm bền mỏi uốn dạng trục tâm



- 1: Động cơ servo điều khiển; 2: Ổ đỡ chặn; 3: Kẹp mẫu trái và phải; 4: Mẫu thí nghiệm; 5: Ổ tự lựa (không cần xoay mọi phương); 6: Thanh liên kết; 7: Cánh tay đòn; 8: Con trượt; 9: Tải

Hình 1. Nguyên lý máy thí nghiệm bền mỏi

2.2. Máy thí nghiệm



Hình 2. Máy thí nghiệm độ bền mỏi uốn

Máy thí nghiệm là máy máy thí nghiệm kiểm tra độ bền mỏi uốn dựa trên nguyên lý uốn 2 điểm, sử dụng động cơ Servo có thể điều chỉnh tốc độ quay tại trường Đại học Công nghiệp Hà Nội (Hình 2).

Độ tin cậy của máy đã được so sánh, chuẩn hóa và nghiệm thu theo đề án cấp trường Đại học Công nghiệp Hà Nội năm 2015.

2.3. Vật liệu thí nghiệm và mẫu thí nghiệm

+ Vật liệu thí nghiệm là thép c45 cacbon trung bình thuộc nhóm thép hóa tốt do chế độ nhiệt luyện cao thường được sử dụng phổ biến trong chế tạo các loại trục, bánh răng... Thành phần hóa học của mẫu thép thí nghiệm như bảng 1.

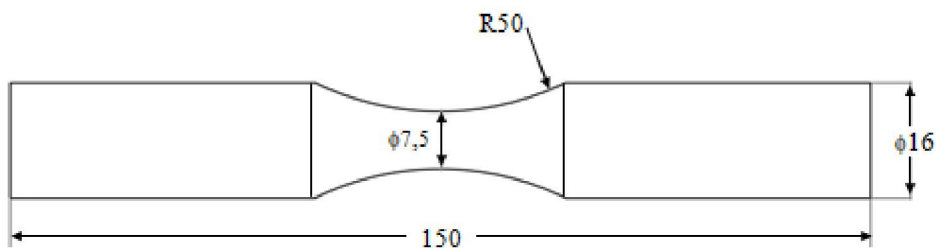
Bảng 1. Thành phần hóa học của mẫu thép C45 theo TCVN 1766:1975

Thành phần hóa học	C	Si max.	Mn	P max.	S max.	Cr max.
Tỷ lệ nguyên tố	0,42-0,50	0,40	0,50-0,80	0,045	0,045	0,40
Thành phần hóa học	Mo max.	Ni max.	Cr+Mo+Ni max.			
Tỷ lệ nguyên tố	0,10	0,40	0,63			

+ Mẫu thí nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 1766:1975 làm bằng thép C45 có các thông số kích thước như bảng 2.

Bảng 2. Bảng thông số kích thước mẫu thí nghiệm

d (mm)	R (mm)	D (mm)	l (mm)
7,5	50	16	150



Hình 3. Mẫu thí nghiệm



a) Chưa tôi cứng thể tích

b) Đã tôi cứng thể tích

Hình 4. Mẫu thép C45 trước khi thí nghiệm



a) Chưa tôi cứng thể tích

b) Đã tôi cứng thể tích

Hình 5. Mẫu thép C45 sau khi thí nghiệm

+ Độ cứng của các mẫu thí nghiệm trước khi tôi đạt độ cứng HRC = 23 ÷ 25, sau khi tôi thể tích đạt độ cứng HRC = 40,8 ÷ 55,3 được kiểm tra trên máy đo độ cứng Galileo durometria Ergotest (Hình 6).



Hình 6. Máy kiểm tra độ cứng Galileo durometria Ergotest

3. THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH SỐ CHU KỲ ỨNG VỚI ĐỘ BỀN MỖI CỦA MẪU CHI TIẾT

Các chi tiết làm việc trong điều kiện ứng suất lặp lại theo chu kỳ. Bên trong chi tiết, tại các vị trí chịu lực xuất hiện các vết nứt tế vi, chúng phát triển đến một mức nào đó sẽ phá hủy chi tiết máy. Dựa trên cơ sở đó, ta nghiên cứu mỏi trên chi tiết máy bằng phương pháp uốn đảo chiều, chi tiết máy sẽ bị uốn về 2 phía liên tục trong khoảng thời gian kiểm tra độ bền mỏi.

Theo sơ đồ nguyên lý máy thí nghiệm bền mỏi (hình 1) và máy thực tế (hình 2) ta có các độ dài đo được trên máy thực tế: $CD = 270$ mm, $CE = 100$ mm, $BD = 339$ mm. Trọng lượng của các chi tiết máy sau khi tính toán, thu gọn về P_1 , P_2 , P_3 lần lượt đặt tại G, H và E với $OG = 169$ mm, $P_1 = 3,6297$ N ; $P_2 = 17,56$ N ; $P_3 = 21,095$ N.

Từ các thông số thực tế trên máy thí nghiệm, sau khi tính toán ta xác định được ứng suất tại mặt cắt nhỏ nhất của mẫu thí nghiệm theo công thức (1):

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{Q \cdot CD}{0,1 \cdot d^3} = \frac{\left(27,19 + (1,6 + m_{ta}) \cdot 9,81 \cdot \frac{OA}{399} \right) 270}{0,1 \cdot 7,5^3} \quad (1)$$

Lực Q được thay đổi khi thay đổi OA là khoảng cách ta điều chỉnh được và m_{ta} (kg) là khối lượng tạ ta đặt lên giá đỡ.

Sau khi mẫu phá hủy, số vòng quay N được tính bằng tích tốc độ quay của động cơ (vòng/phút) với thời gian thực nghiệm (từ lúc bắt đầu thí nghiệm đến khi mẫu bị phá hủy).

3.1. Điều kiện và các giả thiết thí nghiệm

Thí nghiệm được thiết kế với những điều kiện sau:

+ Trục tâm chịu uốn đảo chiều dưới tác dụng của lực không đổi và tốc độ quay của trục tâm không đổi (Q , v không đổi) trong mỗi một trường hợp thí nghiệm.

+ Nhiệt độ môi trường ổn định trong suốt quá trình thí nghiệm.

+ Dao động và cộng hưởng được khử qua các kết cấu mang tải và thí nghiệm được cảnh báo không nằm trong vùng này.

3.2. Các bước thí nghiệm

(1) Kiểm tra thiết bị; (2) Vệ sinh thiết bị; (3) Chạy thử thiết bị; (4) Đánh số mẫu thử; (5) Đo và ghi lại kích thước mẫu thử; (6) Khởi động thiết bị có tải; (7) Kẹp mẫu thử vào ngàm kẹp; (8) Khi mẫu thử bị phá hủy, cho ngừng máy; (9) Thu thập và xử lý số liệu. Số liệu cần thu thập là số chu kỳ N chính là số vòng quay của mẫu thử (số vòng/giây) tính đến thời điểm mẫu bị phá hủy, đo bằng encoder, hiển thị trên phần mềm và ứng suất σ tính theo công thức (1).

3.3. Số thí nghiệm

Số thí nghiệm là 18. Trong nghiên cứu xét 9 thí nghiệm tương ứng cho 9 mẫu thép C45 trước khi tôi cứng và xét 9 mẫu thí nghiệm tương ứng 9 mẫu thép C45 sau khi tôi cứng.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

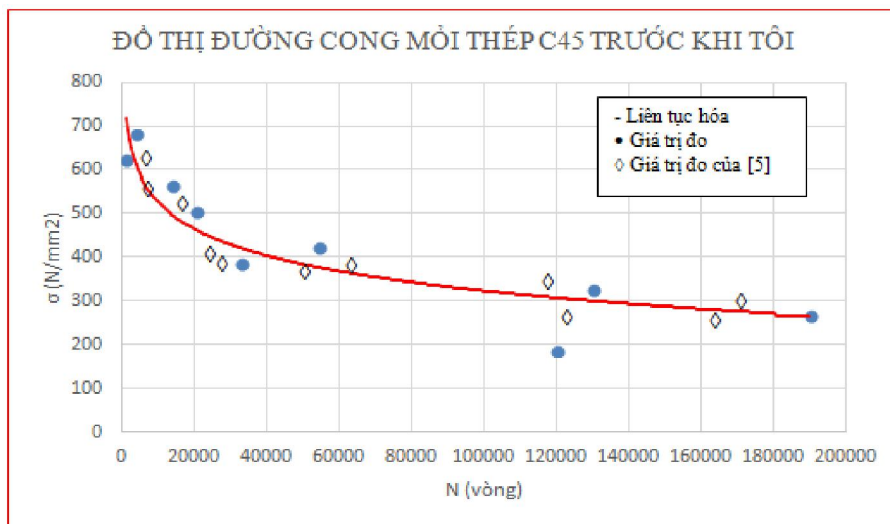
Kết quả thí nghiệm của các trường hợp được trình bày trong các bảng 3, 4 và các hình 5, 6.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm các mẫu từ 1 đến 9 trường hợp thép C45 trước khi tôi cứng

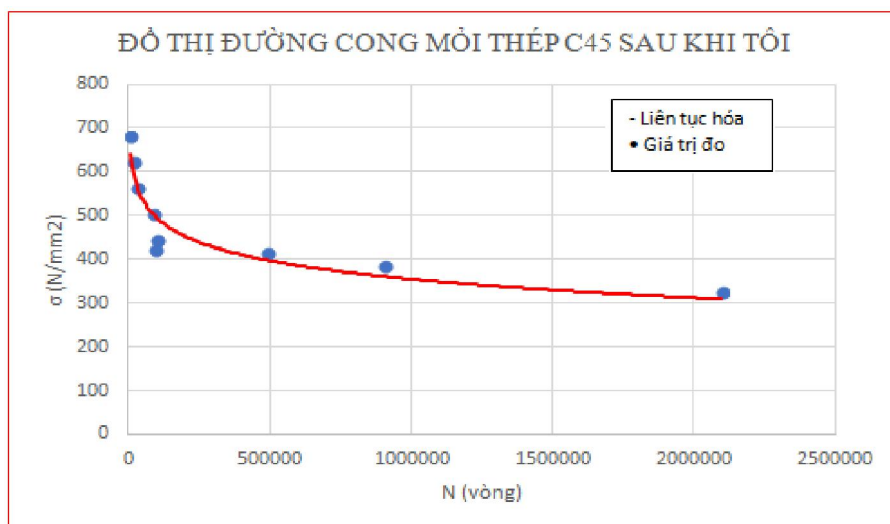
Mẫu thí nghiệm	m_{ta} (kg)	OA (mm)	σ (N/mm ²)	N (vòng)
1	8	320	681.8492723	3700
2	7	320	622.5841395	1100
3	6	320	563.3190068	13500
4	5	320	504.0538741	20500
5	5	256	385.5236086	33000
6	3	320	326.2584759	130000
7	2	320	266.9933431	190000
8	1	320	424.8400977	54000
9	1	160	187.4891676	120000

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm các mẫu từ 10 đến 18 trường hợp thép C45 sau khi tôi cứng

Mẫu thí nghiệm	m_{tu} (kg)	OA (mm)	σ (N/mm ²)	N (vòng)
10	2	320	326.2584759	210000
11	3	320	385.5236086	910000
12	3,5	320	415.156175	490000
13	4	320	444.7887413	99000
14	5	256	424.8400977	97500
15	5	320	504.0538741	86600
16	6	320	563.3190068	32600
17	7	320	622.5841395	18000
18	8	320	681.8492723	9300



Hình 7. Đồ thị đường cong mỏi (σ - N) thép C45 trước khi tôi



Hình 8. Đồ thị đường cong mỏi (σ - N) thép C45 sau khi tôi

Trong bài báo này ta nghiên cứu mối của vật liệu bằng phương pháp uốn đảo chiều, mẫu thí nghiệm dạng trục tâm sẽ bị uốn về 2 phía liên tục trong khoảng thời gian kiểm tra độ bền mỏi. Quá trình thí nghiệm ta có thể thay đổi tải bằng cách thay đổi các thông số như khối lượng các quả cân nặng hoặc khoảng cách cánh tay đòn OA. Kết quả thực nghiệm cho thấy đường cong mỏi thép C45 trước khi tôi hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu [5].

Mẫu 2, 11 và 12 không tuân theo quy luật (Hiện tượng nhiều trong thực nghiệm). Điều này được lý giải do vật liệu làm mẫu hoặc không đồng nhất hoặc tồn tại những khuyết tật.

Kết quả thí nghiệm chỉ ra rằng với thép C45 sau khi tôi ngoài độ cứng tăng lên thì độ bền mỏi cũng tăng lên rõ rệt. Điều này cho thấy khả năng chịu mỏi của thép C45 sau khi tôi tốt hơn thép C45 trước khi tôi, điều này phù hợp với thực tế do vậy có thể làm tài liệu tham khảo để xác định chính xác độ bền mỏi của thép C45 trước và sau khi tôi trong ứng dụng tính toán thiết kế cơ khí có sử dụng vật liệu này.

Hướng phát triển của nghiên cứu này sẽ xét cho nhiều loại vật liệu đặc biệt khác và làm việc ở trong các điều kiện nhiệt độ khác nhau hoặc nghiên cứu độ bền mỏi của thép các bon với các điều kiện tôi khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ngô Văn Quyết, 2000. *Cơ sở lý thuyết mỏi*. NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [2]. Phạm Lê Tiến, 2011. *Nghiên cứu đánh giá độ bền mỏi và tuổi thọ mỏi của khung giá chuyển hướng và trục bánh xe của đầu máy D19E vận dụng trên đường sắt Việt Nam 2011*, Luận án tiến sĩ, Đại học Giao thông vận tải.
- [3]. Ngô Văn Quyết, Trần Xuân Khái, 2002. *Phương pháp tính mới độ bền mỏi của bán trục cầu sau ô tô*, Tuyển tập Công trình khoa học Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ VII, 18-20/12/2002, Tập III, Cơ học vật rắn biến dạng, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội, 488.
- [4]. Elements of Metallurgy and Engineering Alloys, 2008. *ASM International, Materials Park, Ohio, USA*.
- [5]. Przemysław Strzelecki PhD, Janusz Sempruch, Prof., 2016. *Experimental method for plotting S-N curve with a small number of*, Polish maritime research 4 (92), Vol. 23, 129-137.