

SỰ HỘI TỤ CỦA HỌ ĐƯỜNG CONG MỎI - ẪN MÒN VÀ VẤN ĐỀ TÍNH TOÁN TỔN THẤT TUỔI THỌ TRONG CÁC THÍ NGHIỆM VỀ MỎI

PHAN HỮU PHƯỚC

1. Giới thiệu

Khi nghiên cứu ảnh hưởng của tần số chất tải và nồng độ chất ăn mòn trong môi trường lỏng đối với một số kim loại, chúng tôi đã phát hiện ra tính chất "hội tụ" của họ đường cong mỏi của chúng. Các thí nghiệm được tiến hành trên máy thí nghiệm mỏi có bộ phận thay đổi tốc độ để nghiên cứu ảnh hưởng của tần số chất tải, có bộ phận "môi trường" để nghiên cứu ảnh hưởng của tác nhân ăn mòn đồng thời có tác dụng làm nguội. Tiến hành thí nghiệm trên các mẫu làm bằng một số loại thép với các tần số chất tải và nồng độ chất ăn mòn khác nhau, nhận thấy tính chất hội tụ của họ đường cong mỏi của chúng, và sau khi làm thêm các thí nghiệm cần thiết để kiểm chứng, chúng tôi đi đến kết luận: *Họ đường cong mỏi ăn mòn của kim loại khi làm việc với các tần số chất tải khác nhau và các nồng độ chất ăn mòn khác nhau thì hội tụ tại một điểm nằm cao hơn giới hạn chảy σ_{ch}* . Một số kết quả nghiên cứu đăng trên các tạp chí Cơ học và Khoa học Kỹ thuật trước đây chứng minh sự phù hợp giữa lý thuyết và thực nghiệm của kết luận nói trên. Bài viết này sẽ giới thiệu một vài ứng dụng của nó.

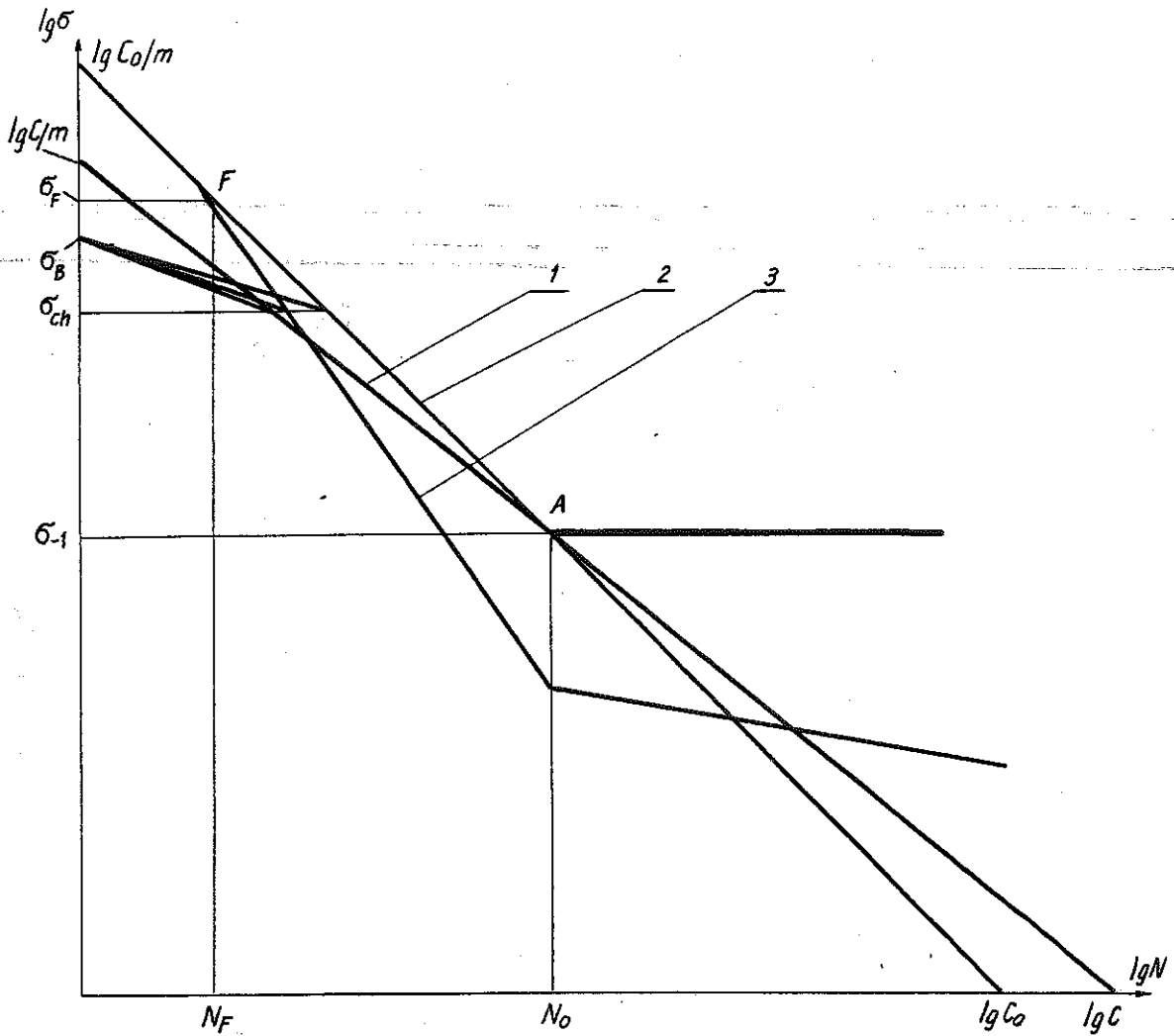
2. Xây dựng đường cong mỏi-không ăn mòn

Khi tiến hành xác định độ bền mỏi của kim loại, chúng ta biết rằng ứng suất thử càng lớn thì mẫu thử càng phát nhiệt, nhất là ở giải tần số cao, do đó càng làm nguội không tốt thì càng làm cho số mũ m trong phương trình đường cong mỏi tăng lên một cách giả tạo. Có thể nói, dù không khí không có tính ăn mòn đi nữa (thực chất là có tính ăn mòn) thì đường cong phá hủy mỏi của kim loại được xây dựng từ những thí nghiệm trong không khí cũng không đáng tin cậy lắm vì hiệu ứng nhiệt đã làm "méo" đáng điều đường cong mỏi của chúng đi rồi.

Các thí nghiệm do chúng tôi thực hiện được tiến hành trong môi trường lỏng ăn mòn, có khả năng làm nguội tốt, khắc phục được hiệu ứng nhiệt vừa nêu, vì vậy cho phép gia tải ở những mức ứng suất cao, gần giới hạn chảy mà không làm sai lệch đáng điều đường cong mỏi của mẫu thử (lưu ý rằng từ khoảng giới hạn chảy trở lên thuộc về một phạm vi nghiên cứu khác, không được đề cập ở đây).

Để xây dựng đường cong mỏi-không ăn mòn, chúng tôi xuất phát từ lập luận sau:

Dù rằng đường cong mỏi trong không khí có bị sai lệch do hiệu ứng nhiệt, nhưng càng giảm mức ứng suất thử thì hiệu ứng này càng yếu và từ giới hạn mỏi trở xuống, có thể coi hiệu ứng này là bằng không. Nói khác đi, hiệu ứng nhiệt đã làm cho nhánh bên trái đường cong mỏi trong không khí bị lệch về phía trục tung nhưng nhánh bên phải và điểm chuyển tiếp giữa hai nhánh (điểm A trên hình 1) thì vẫn giữ nguyên



Hình 1

1. Đường cong mỏi trong không khí, 2. Đường cong mỏi - không ăn mòn, 3. Đường cong mỏi - ăn mòn

Lại giả sử có một chất lỏng làm nguội lý tưởng, không ăn mòn, thì đường cong mỏi của mẫu thử làm việc trong môi trường này hẳn sẽ vừa đi qua điểm hội tụ F vừa đi qua điểm chuyển tiếp A (xem hình 1)

Gọi m_0 và C_0 lần lượt là số mũ và hằng số của phương trình đường cong mỏi - không ăn mòn, từ hình 1 ta có

$$m_0 = \frac{\lg N_0 - \lg N_f}{\lg \sigma_F - \lg \sigma_{-1}} = \frac{\lg(N_0/N_f)}{\lg(\sigma_F/\sigma_{-1})} \quad (2.1)$$

Hay

$$m_0 = \frac{\lg C_0 - \lg N_0}{\lg \sigma_{-1}} \quad (2.2)$$

Suy ra

$$\lg C_0 = \lg N_0 + m_0 \lg \sigma_{-1} \quad (2.3)$$

$$C_0 = N_0 (\sigma_{-1})^{m_0} \quad (2.4)$$

Từ (2.1) suy ra:

$$(\sigma_F/\sigma_{-1})^{m_0} = N_0/N_f \quad (2.5)$$

Vậy phương trình đường cong mỏi - không ăn mòn sẽ là:

$$N(\sigma)^{m_0} = C_0 \quad (2.6)$$

Hay

$$\lg N = -m_0 \lg \sigma + \lg C_0 \quad (2.7)$$

ở đây:

m_0 và C_0 tính theo (2.1) và (2.4),

N_0 và σ_{-1} là tọa độ điểm chuyển tiếp A,

N_F và σ_F là tọa độ điểm hội tụ F và là những hằng số vật liệu.

Chẳng hạn, đối với thép C50 thí nghiệm ở tần số chất tải 3000 v/ph thì đường cong mỏi không ăn mòn là:

$$N.\sigma^{9,05} = 10^{28,6775}$$

So với đường cong mỏi trong không khí cũng thí nghiệm ở tần số ấy là:

$$N.\sigma^{12,6727} = 10^{37,6346}$$

Qua đó có thể thấy sai lệch do hiệu ứng nhiệt là khá lớn, không thể bỏ qua.

3. Tính toán tổn thất tuổi thọ do hiệu ứng nhiệt

Ở trên chúng ta đã biết rằng ứng suất thử càng cao thì hiệu ứng nhiệt càng lớn do đó tổn thất tuổi thọ càng lớn. Tuy nhiên việc xác định tổn thất đó về mặt định lượng thì rất khó khăn, chưa có một phương pháp hữu hiệu nào đo trực tiếp được nhiệt sinh ra trên mẫu trong khi làm thí nghiệm.

Dưới đây tiến hành thiết lập công thức tính toán tổn thất tuổi thọ trong không khí so với trong môi trường làm nguội lý tưởng (không ăn mòn) để gián tiếp xác định hiệu ứng nhiệt, nhằm khắc phục khó khăn đó.

Gọi N là tuổi thọ khi thí nghiệm trong không khí và N_{tt} là tuổi thọ khi thí nghiệm trong môi trường làm nguội lý tưởng ứng với ứng suất thử σ , từ các phương trình Weler và phương trình (2.6) vừa thiết lập ở trên ta suy ra:

$$N = \frac{C}{\sigma^m} \quad (3.1)$$

$$N_{tt} = \frac{C_0}{(\sigma^0)^{m_0}} \quad (3.2)$$

Đặt

$$\Delta m = m - m_0 \quad (3.3)$$

và sau khi biến đổi ta được

$$N_{tt} = N.\sigma^{\Delta m} \frac{C_0}{C} \quad (3.4)$$

$$\Delta N = N_{tt} - N = N \left(\sigma^{\Delta m} \frac{C_0}{C} - 1 \right) \quad (3.5)$$

$$\delta = \frac{\Delta N}{N} = \sigma^{\Delta m} \frac{C_0}{C} - 1 \quad (3.6)$$

(3.5) và (3.6) là các phương trình biến đổi tổn thất tuổi thọ theo giá trị tuyệt đối và tỷ đối.

Ta thấy ΔN và δ đều là những hàm lũy thừa và đồng biến với σ , nghĩa là tăng ứng suất thì tổn thất tuổi thọ càng tăng và tăng theo luật lũy thừa.

Phương trình (3.6) cho ta thấy bức tranh về cường độ của hiệu ứng nhiệt theo mức tải trọng và (3.5) cho phép tính toán cụ thể về lượng tổn thất tuổi thọ.

Ứng dụng các phương trình vừa thiết lập để tính toán cho trường hợp thép C45, ta thu được kết quả sau:

$$\Delta N = \left(\frac{\sigma^{3,6227}}{10^{8,9571}} - 1 \right) N$$

$$\delta = \frac{\sigma^{3,6227}}{10^{8,9571}} - 1$$

Bảng dưới đây giới thiệu kết quả tính toán tổn thất tuổi thọ khi thí nghiệm trong không khí của thép C45 do nhà máy Luyện cán thép Gia sàng sản xuất

σ , MPa	N, Chu kỳ (tính theo đường cong mỏi trong không khí)	ΔN	δ
320	772.000	94.640	0,312
340	357.500	277.370	0,636
360	173.500	175.582	1,012
380	87.410	126.613	1,448
400	45.620	88.867	1,348
475 (σ_{ch})	5.160	23.268	1,492
296 (σ_{-1})	2×10^6	0	0

Kết quả ở bảng trên cho thấy tổn thất tuổi thọ do hiệu ứng nhiệt là lớn, đặc biệt càng gần giới hạn chảy thì tổn thất gấp mấy lần giá trị đo được. Vì vậy theo quan điểm của chúng tôi, đường cong mỏi của kim loại làm việc trong không khí xây dựng theo phương pháp truyền thống với các tần số chất tải tương đối cao, được làm nguội không tốt thì kết quả thu được theo đường cong mỏi là khó đảm bảo tin cậy, trừ giới hạn mỏi σ_{-1}

4. Kết luận

1. Về mặt lý thuyết, bằng cách vận dụng tính chất hội tụ của họ đường cong mỏi - ăn mòn, đã có thể xây dựng được đường cong mỏi - không ăn mòn của kim loại.

2. Về mặt ứng dụng, nhờ đường cong mỏi-không ăn mòn, đã có thể xác định được hiệu ứng nhiệt thông qua tổn thất tuổi thọ, giúp đánh giá độ tin cậy của đường cong mỏi xây dựng theo phương pháp truyền thống.

Địa chỉ:

Công ty Thiết kế Công nghiệp Hóa chất,

Tổng Cty Hóa chất VN

Nhận ngày 5/8/1997

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Trọng Hiệp, Phan Hữu Phúc. Sự hội tụ của chùm đường cong mỏi - ăn mòn và ảnh hưởng của ăn mòn tới giới hạn mỏi của một số thép cacbon. Tạp chí Cơ học, số 3, 1989.
2. Nguyễn Trọng Hiệp, Phan Hữu Phúc. Độ bền mỏi và tuổi thọ của thép cacbon làm việc trong môi trường ăn mòn. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật, số 1+2, 1989.
3. Козаев В. П. Расчет на прочность при напряжениях, переменных во времени, Машиностроение М. 1977, 231с.
4. Похмурский В. П. Коррозионная усталость металлов, Металлургия, Москва 1985.
5. Enomoto N. A. A method for determining the fatigue limit of metals by means of stepwise load increase test. Proc. ASTM, 59, 1959, p. 263-271.
6. Feliner C. E., Morrow J. D. Microplastic strain hysteresis energy as a criterion for fatigue fracture, J. Basic Eng. D., 83, 1961, N1, March p. 15-21.

SUMMARY

THE CONVERGENCE OF THE CORROSION-FATIGUE CURVE FAMILY AND ITS APPLICATIONS IN ESTIMATING THE LIFE LOST OF METALS IN FATIGUE EXPERIMENTS

An approach to establish the noncorrosion - fatigue curve is introduced. Based on this new approach, equations that describe the heat effect and life lost when determining the fatigue strength of metals may be established, also the reliability of the traditional fatigue curve can be assessed.