

XÁC ĐỊNH TÍCH PHÂN J BẰNG PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM ĐỂ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG NỨT GẦY CỦA VẬT LIỆU VÀ KẾT CẤU

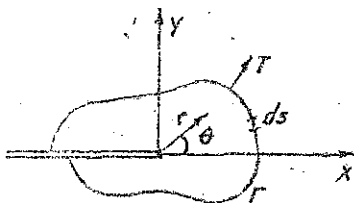
TRẦN HỮU VINH

§ 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đánh giá khả năng nứt gãy của vật liệu và kết cấu, người ta sử dụng hệ số cường độ ứng suất Kic và độ mở vết nứt a . Nhưng thực tế, đa số hiện tượng nứt gãy xuất hiện trong những ứng suất gây ra biến dạng dẻo đáng kể, khi đó việc đánh giá khả năng nứt gãy của kết cấu bằng hệ số cường độ ứng suất Kic và ngay cả độ mở vết nứt a không còn tin cậy nữa, do đó cần phải đánh giá bằng phương pháp khác.

Năm 1967 Rice đã đưa ra khái niệm tích phân J. Tích phân Rice J là thông số đặc trưng vùng ứng suất ở xung quanh đỉnh vết nứt. Tích phân J vẫn đảm bảo tính chất của nó trong trường hợp vật liệu đàn hồi phi tuyến và được viết dưới dạng

$$J = \int_{\Gamma} \left(W dy - \vec{T} \frac{d\vec{u}}{dx} ds \right)$$



Hình 1. Miền biến dạng ở đỉnh vết nứt theo khái niệm của Rice

Ở đây :

Γ - đường cong bao đỉnh vết nứt

W - mật độ năng lượng của trạng thái ứng suất

\vec{T} - véc tơ ứng suất trên biên

\vec{u} - véc tơ chuyển dịch

ds - vi phân chiều dài cung Γ

Tích phân J không phụ thuộc vào đường cong lấy tích phân và theo định nghĩa tích phân J là tỉ số vi phân của năng lượng biến dạng U và vi phân của chiều dài vết nứt có dạng sau :

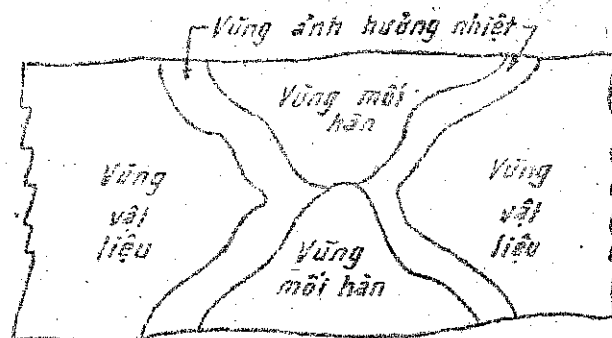
$$J = - \frac{dU}{da}$$

Nghiên cứu tích phân J là để đánh giá khả năng của vật liệu và kết cấu đối với hiện tượng nứt gãy. Ở đây sẽ đề cập tới phương pháp xác định tích phân J bằng thực nghiệm.

§ 2. QUÁ TRÌNH NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

I. MỐI HÀN KẾT CẤU

Phần lớn các kết cấu công trình đều sử dụng loại kết cấu hàn, nên sự phá hủy kết cấu, nhất là khu vực có mối hàn là vấn đề cần thiết phải nghiên cứu. Ở chỗ mối hàn của kết cấu có 3 vùng ranh giới rõ rệt: vùng mối hàn, vùng ảnh hưởng nhiệt, vùng vật liệu, do cấu tạo khác nhau của 3 vùng trên nên cần phải nghiên cứu và so sánh khả năng nứt gãy của 3 vùng khác nhau trong mối hàn.



Hình 2. Các vùng trong mối hàn của kết cấu

2. VẬT LIỆU VÀ MẪU THỬ

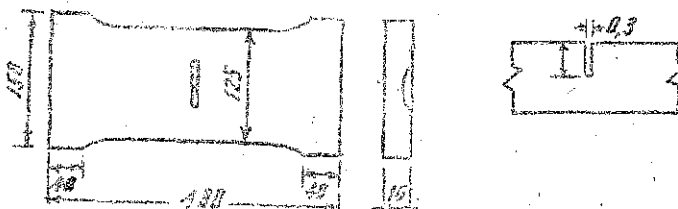
Mẫu thử được tiến hành từ thép kết cấu ST41U5 dạng tấm có chiều dày 16mm. Tính chất cơ học của thép kết cấu cho theo bảng 1.

Loại thép	Tính chất cơ học		
	Re(M Pa)	Rm(M Pa)	A%
ST41U5	317,84	456,17	32

Các mẫu thử có kích thước $400 \times 125 \times 16$ mm và được thực hiện thí nghiệm cho 3 loại sau.

a) Loại mẫu vật liệu.

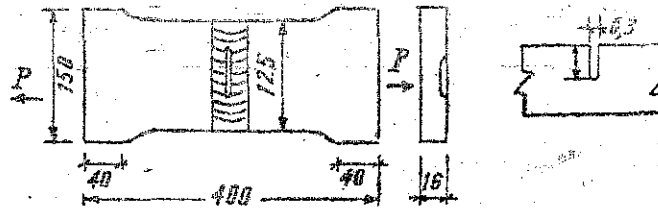
Trên các mẫu thử gia công vết nứt có hình dạng $1/2$ elip cho các mẫu có chiều sâu vết nứt khác nhau: $a_1 = 6$ mm, $a_2 = 8$ mm, $a_3 = 9$ mm, $a_4 = 10$ mm



Hình 3. Hình dạng và kích thước mẫu thử vật liệu

b) Loại mẫu thử có vết nứt ở vùng mối hàn.

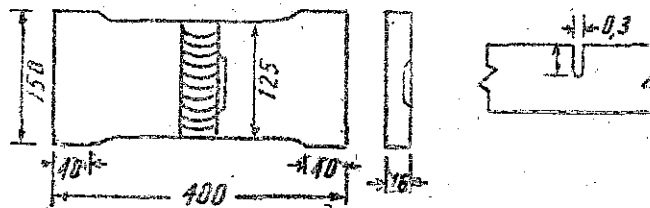
Trên các mẫu thử gia công vết nứt có hình dạng 1/2 elip ở giữa mối hàn vuông góc với phương chịu lực, cho các mẫu thử có chiều sâu vết nứt khác nhau $a_1 = 6\text{mm}$, $a_2 = 8\text{mm}$, $a_3 = 9\text{mm}$, $a_4 = 10\text{mm}$ vết nứt ở vùng mối hàn



Hình 4. Hình dạng và kích thước mẫu thử có vết nứt ở vùng mối hàn

c) Loại mẫu thử có vết nứt ở vùng ảnh hưởng nhiệt.

Trên các mẫu thử gia công các vết nứt có hình dạng 1/2 elip ở vùng ảnh hưởng nhiệt cho các mẫu thử có chiều sâu vết nứt khác nhau: $a_1 = 6\text{mm}$, $a_2 = 8\text{mm}$, $a_3 = 9\text{mm}$, $a_4 = 10\text{mm}$

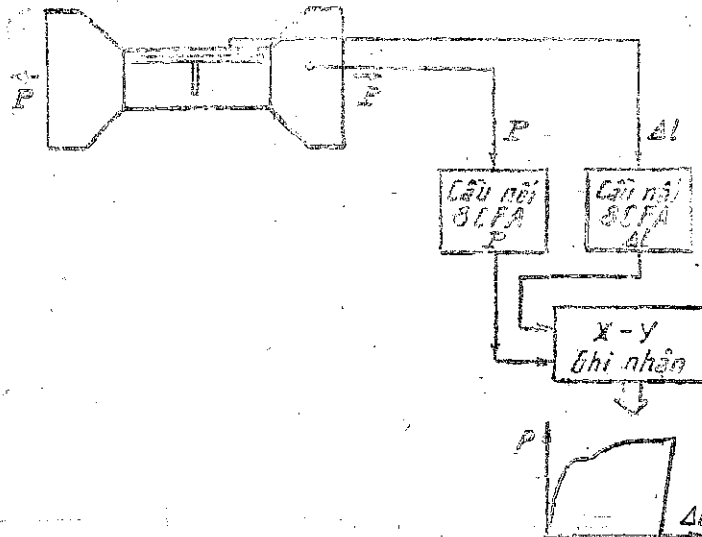


Hình 5. Hình dạng và kích thước mẫu thử có vết nứt ở vùng ảnh hưởng nhiệt

3. MÁY MÓC, THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

Sơ đồ hệ thống thí nghiệm được giới thiệu trên hình 6 bao gồm:

- Máy kéo nén 100 tấn
- Đo biến dạng dài Δl bằng cách gắn ten số mét cảm biến
- Đo lực P bằng cách dán cảm biến lực trên mẫu



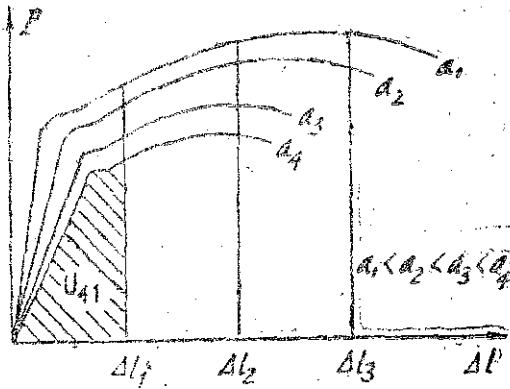
Hình 6. Sơ đồ hệ thống máy móc và thiết bị thí nghiệm

Khi tiến hành thí nghiệm kéo mẫu, những tín hiệu từ cảm biến Δl và cảm biến lực P được truyền qua bộ phận cầu nối 8 CPA, rồi mới chuyển tới bộ phận khuếch đại và về kết quả thí nghiệm ta thu được họ những đường cong lực là hàm số của biến dạng dài $P = f(\Delta l)$ (Hình 6).

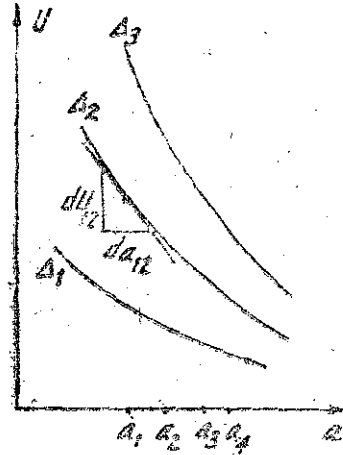
§3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU THÍ NGHIỆM

Mục đích của yêu cầu thí nghiệm là đánh giá và so sánh khả năng đối với hiện tượng nứt gãy của 3 vùng khác nhau trong mỗi hàn: Vùng mối hàn, vùng ảnh hưởng nhiệt, vùng vật liệu bằng phương pháp thực nghiệm để tính tích phân J .

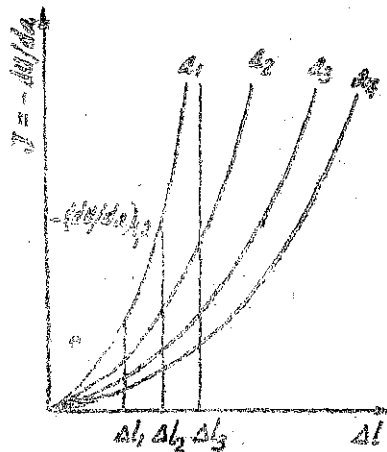
Trên hệ thống máy móc và thiết bị thí nghiệm với từng loạt mẫu thử của các vùng khác nhau (vùng mối hàn, vùng ảnh hưởng nhiệt, vùng vật liệu) ta thu được các họ đường cong $P = f(\Delta l)$ cho các kích thước vết nứt khác nhau ($a_1 < a_2 < a_3 < a_4$)



Hình 7. Các đường cong $P = f(\Delta l)$ với các chiều sâu vết nứt a khác nhau



Hình 8. Các đường cong $U = f(a)$ với các chiều sâu vết nứt a khác nhau



Hình 9. Các đường cong tích phân Rice $J = -du/da$ với các chiều sâu vết nứt khác nhau.

Diện tích dưới đường cong $F = f(\Delta)$ là năng lượng biến dạng U , trên cơ sở đó ta xây dựng được các đường cong $U = f(a)$.

Từ hình 8 có thể xác định các giá trị du/da với các chiều sâu vết nứt khác nhau và xây dựng được những đường cong

$$J = - du/da$$

Kết quả nghiên cứu ta thu được các giá trị tích phân Rice J đối với 3 vùng khác nhau của mối hàn và cho các kích thước vết nứt khác nhau ($a_1 < a_2 < a_3 < a_4$).

Bảng 2

Vùng vật liệu

a[mm]	P_F [T]	Δ [mm]	$J_F \left[\frac{MN \times m}{m^2} \right]$
6	88	26,5	1,8
8	82	18,5	1,3
9	74	15	0,95
10	65	11,6	0,63

Bảng 3

Vùng ảnh hưởng nhiệt

a[mm]	P_F [T]	Δ [mm]	$J_F \left[\frac{MN \times m}{m^2} \right]$
6	92	29	2
8	85	20,5	1,54
9	80	16	1,2
10	75	12,1	0,75

Bảng 4

Vùng mối hàn

a[mm]	P_F [T]	Δ [mm]	$J_F \left[\frac{MN \times m}{m^2} \right]$
6	85	25,5	1,7
8	82,5	17	1,2
9	80	14	0,85
10	75	11,4	0,55

Từ các bảng trên ta thấy giá trị của tích phân J lớn nhất ở vùng ảnh hưởng nhiệt. Sau đó đến giá trị J ở vùng vật liệu và bé hơn là giá trị J ở vùng mối hàn. Ở trong cùng một vùng, giá trị tích phân J giảm dần khi chiều sâu vết nứt tăng lên.

Sau khi tính được tích phân J ta có thể tính được các thông số khác của hiện tượng nứt gãy. Trong khu vực áp dụng cơ học nứt đàn hồi tuyến tính, tích phân J, hệ số cường độ ứng suất K_{IC} và độ mở vết nứt δ_c có sự liên quan.

$$J_c = \frac{K_c^2}{E} = \frac{\sigma_c^2 \pi a_c}{E} = \delta_c \cdot R_c$$

Từ công thức trên, ta có thể xác định được kích thước vết nứt và độ mở vết nứt cho phép

$$a_c = \frac{J_c \cdot E}{\sigma_c^2 \cdot \pi} \quad \text{và} \quad \delta_c = \frac{J_c}{R_c}$$

§ 4. KẾT LUẬN

- Tích phân Rice J là phương pháp chung nhất để đánh giá khả năng của vật liệu và kết cấu đối với hiện tượng nứt gãy. Tích phân J được áp dụng tính toán cho tất cả các giai đoạn của hiện tượng nứt gãy, ngay cả những vùng có biến dạng dẻo đáng kể. Nhưng đối với hệ số cường độ ứng suất K_{IC} và độ mở vết nứt δ_c không còn đủ tin cậy trong việc đánh giá khả năng nứt gãy đối với vùng có biến dạng dẻo đáng kể.

- Tích phân J không phụ thuộc vào đường cong lấy tích phân.

- Bằng phương pháp thực nghiệm có thể xác định tích phân J nhằm đánh giá và so sánh khả năng vật liệu và kết cấu đối với hiện tượng nứt gãy ở các vùng khác nhau của mối hàn. Giá trị của J lớn nhất ở vùng ảnh hưởng nhiệt sau đó đến vùng vật liệu và cuối cùng là vùng mối hàn. Trong cùng một vùng của vật liệu giá trị của tích phân J giảm dần khi chiều sâu của vết nứt tăng lên.

Địa chỉ
Viện cơ - Viện KHVN.

Nhận ngày 16/7/1987

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. RICE I. R. A path independent integral and the approximate analysis of strain concentration by notches and cracks. Journal of applied mechanics. №2, 1968.
2. RICE I. R., BACEI R. I. Integral estimation procedures. ASTM STP 514, 1972.
3. BUTNICKI S. Spawalnosc i kruchosc stal. W. N. T. Warazawa 1975.
4. KUBERA S. Zagadnienie kruchych pekniec w konstrukcjach okretowych sprac. T. O. №59, 1976.

РЕЗЮМЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛА J ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ ДЛЯ ОЦЕНКИ СПОСОБНОСТИ ХРУПКО - ТРЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ И СТРУКТУР

Для оценки способности хрупко-трещиния материалов и структур, используются критерии критического коэффициента интенсивности напряжения K_{IC} и критического раскрытия трещины δ_c и на практике, большинство явлений хрупко-трещиния появляются при напряжении, значительно установившим пластические деформации, при этих явлениях оценка способности хрупко-трещиния структур, коэффициентом интенсивности напряжения K_{IC} и критерией критического раскрытия трещины δ_c не имеет надёжности, поэтому необходимо оценить методом интеграла RICE J. Цель этой статьи является: оценивать и сравнивать способности к явлениям хрупко-трещиния у трёх разных областей в узлах спайвания структур. При этом можно определить необходимые параметры развития трещиния.