



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)  
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0027078

(51)<sup>7</sup> G01N 3/00; G01M 99/00; G01N 17/00

(13) B

(21) 1-2015-00978

(22) 31/08/2012

(86) PCT/JP2012/072232 31/08/2012

(87) WO 2014/033927 A1 06/03/2014

(45) 25/01/2021 394

(43) 25/06/2015 327A

(73) The Chugoku Electric Power Co., Inc. (JP)

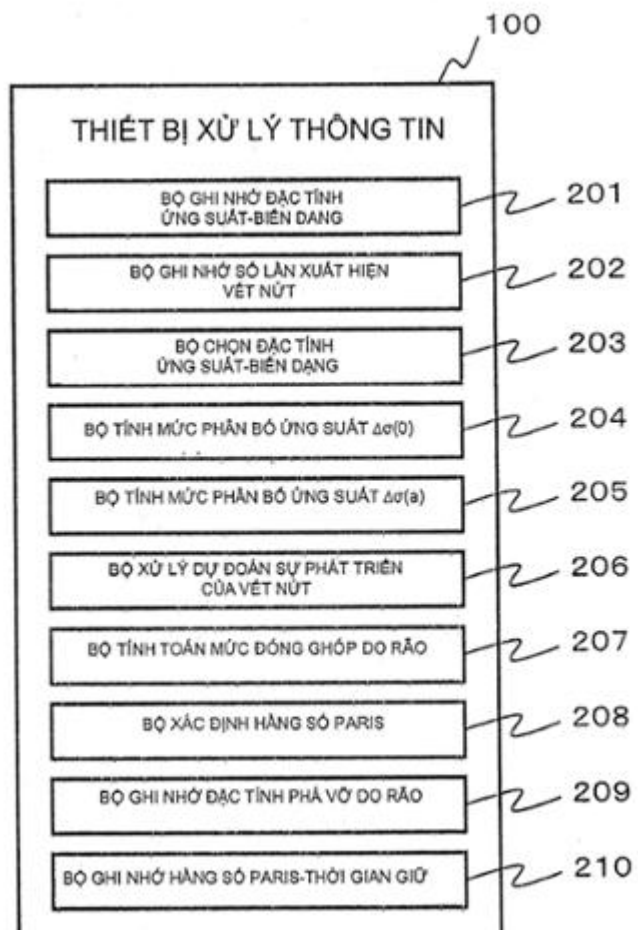
4-33, Komachi, Naka-ku, Hiroshima-shi, Hiroshima 730-8701, Japan

(72) NISHIDA, Hidetaka (JP).

(74) Công ty TNHH Quốc tế D & N (D&N INTERNATIONAL CO.,LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP DỰ ĐOÁN SỰ PHÁT TRIỂN VẾT NÚT VÀ THIẾT BỊ XỬ LÝ THÔNG TIN ĐỂ THỰC HIỆN PHƯƠNG PHÁP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp dự đoán chính xác và dễ dàng sự phát triển của vết nứt ở một bộ phận và thiết bị xử lý thông tin. Thiết bị xử lý thông tin (100) ghi nhớ trước, đối với mỗi phần (như phần R, phần rãnh khác, và phần chu vi ngoài) của bộ phận mà sự phát triển của vết nứt ở đó cần được dự đoán, phân bố ứng suất ( $\Delta\sigma(a)$ ) theo chiều sâu thu được trong trường hợp không có vết nứt, mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt đang phát triển và mức độ gây đảo và mối tương quan giữa mức độ gây đảo và các thông số C và m của định luật Paris; tiếp nhận từ người sử dụng chỉ báo của một phần nhất định trên bộ phận; và dự đoán sự phát triển của vết nứt ở một phần nhất định đó, dựa trên các phương trình sau:  $da/dN = C \times (\Delta K)^m$ , và  $\Delta K = \Delta\sigma(a) \times (\pi \times a)^{1/2}$  (trong đó "a" là độ sâu của vết nứt, N là số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ, C và m là các hằng số được xác định cho bộ phận, và  $\Delta K$  là khoảng xác định của hệ số cường độ ứng suất).



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến các phương pháp dự đoán sự phát triển vết nứt và các thiết bị xử lý thông tin để thực hiện phương pháp này và, cụ thể hơn, đến các kỹ thuật dự đoán chính xác và dễ dàng sự phát triển của vết nứt phát triển ở một bộ phận.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Tài liệu sáng chế 1 mô tả, để đánh giá tuổi thọ của thiết bị bị hỏng do giảm khả năng chịu lực vì dao, việc tính toán sự tăng thêm độ biến dạng dẻo  $\Delta\epsilon_p$  dựa trên sự biến dạng xảy ra trong điều kiện tải trọng tác động lên thiết bị đang dao động; tính toán sự gia tăng biến dạng dẻo  $\Delta\epsilon_c$  dựa trên sự gia tăng độ biến dạng xảy ra trong điều kiện tải trọng tác dụng lên thiết bị là không đổi; tính toán thiệt hại do giảm khả năng chịu lực  $\phi$  bằng cách sử dụng  $\Delta\epsilon_p$ ; tính toán thiệt hại do dao  $\phi_c$  bằng cách sử dụng  $\Delta\epsilon_c$ ; và đánh giá tuổi thọ của thiết bị.

Tài liệu sáng chế 2 mô tả, khi đánh giá sự phát triển vết nứt do dao, phân tích nhiệt độ và ứng suất bằng cách sử dụng thông tin đầu vào và dữ liệu phân tích về nhiệt độ và ứng suất trong cơ sở dữ liệu; phân tích thời gian phát triển vết nứt do dao bằng cách sử dụng thông tin thu được trong quá trình phân tích, dữ liệu kiểm tra không xóa được, và dữ liệu thu được nhờ quy trình phân tích thời gian phát triển vết nứt do dao; và đánh giá thời gian để thay thế các bộ phận cho thiết bị nhiệt độ cao từ thông tin thu được trong quá trình phân tích.

### Các tài liệu kỹ thuật liên quan

Các tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố sáng chế Nhật số 2010-216983

Tài liệu sáng chế 2: Công bố sáng chế Nhật số 2008-3009

Các vấn đề cần giải quyết theo sáng chế

Phân tích các vết nứt xuất hiện ở các kết cấu sử dụng ở nhiệt độ cao, như các tuabin hơi nước và các nồi hơi trong các nhà máy nhiệt điện hoặc nhà máy điện hạt nhân, thường được thực hiện tách riêng đối với sự bắt đầu và phát triển của các vết nứt. Trong nhiều trường hợp, một quy tắc được đưa ra, theo đó nếu tìm thấy vết nứt ở thiết bị đang vận hành ở một lĩnh vực, thì phần nứt đó bị loại bỏ

ngay lập tức, và các hành vi phát triển vết nứt không phải lúc nào cũng được nhận ra.

Hơn nữa, nỗ lực dự đoán chính xác sự phát triển vết nứt đòi hỏi, ví dụ, sự phân tích số sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (Finite Element Method - FEM). Đây là quy trình sử dụng nhiều lao động vì mạng lưới (các mẫu FEM) cần được khớp lại ở mỗi độ sâu dự đoán của vết nứt đang phát triển và cũng không kinh tế vì cần phải sử dụng thiết bị xử lý thông tin phức tạp.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Sáng chế được đưa ra trong hoàn cảnh như vậy và mục đích của sáng chế là đề xuất các phương pháp dự đoán sự phát triển vết nứt trong đó sự phát triển của các vết nứt phát triển ở bộ phận có thể được dự đoán chính xác và dễ dàng, và thiết bị xử lý thông tin.

#### **Cách giải quyết các vấn đề**

Một trong các giải pháp theo sáng chế để giải quyết các vấn đề nêu trên là phương pháp dự đoán sự phát triển của vết nứt ở một bộ phận, được thực hiện bởi thiết bị xử lý thông tin, phương pháp này bao gồm các bước:

ghi nhớ, đối với mỗi phần trên bộ phận, sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  theo chiều sâu thu được trong trường hợp không có vết nứt, mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt đang phát triển và mức độ gây đảo, và mối tương quan giữa mức độ gây đảo và các thông số C và m của định luật Paris;

nhận từ người sử dụng chỉ báo về một phần nhất định trên bộ phận;

thu nhận sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  theo chiều sâu cho một phần nhất định;

thu nhận mức độ gây đảo ở độ sâu của vết nứt đang phát triển cho một phần nhất định, từ mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt và mức độ gây đảo được ghi nhớ cho phần nhất định;

thu nhận các thông số C và m tương ứng với mức độ gây đảo thu được, từ mối tương quan giữa mức độ gây đảo và các thông số C và m của định luật Paris được ghi nhớ cho một phần nhất định; và

dự đoán sự phát triển của vết nứt ở một phần nhất định, dựa trên các phương trình sau:

$$da/dN = C \times (\Delta K)^m, \text{ và}$$

$$\Delta K = \Delta\sigma(a) \times (\pi \times a)^{1/2}$$

trong đó "a" là độ sâu vết nứt, N là số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ, C và m là các hằng số được xác định cho bộ phận, và  $\Delta K$  là khoảng xác định của hệ số cường độ ứng suất.

Theo sáng chế, vì sự phát triển của vết nứt được dự đoán bằng cách thu nhận thích hợp các thông số C và m dựa trên mức độ gây đảo ở độ sâu của vết nứt đang phát triển, nên sự phát triển của các vết nứt diễn ra ở các bộ phận có thể được dự đoán một cách chính xác và dễ dàng. Ngoài ra, thiết bị xử lý thông tin ghi nhớ trước, đối với mỗi phần trên các bộ phận, sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  theo chiều sâu trong trường hợp không có vết nứt, mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt đang phát triển và mức độ gây đảo, và mối tương quan giữa mức độ gây đảo và các thông số C và m của định luật Paris, và thu nhận tự động, đối với một phần trên bộ phận được chỉ báo bởi người sử dụng, sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  theo chiều sâu, mức độ gây đảo theo độ sâu tương ứng của vết nứt đang phát triển, và các thông số C và m tương ứng với mức độ gây đảo để dự đoán sự phát triển của vết nứt ở phần được chỉ báo. Do vậy, người sử dụng có thể dễ dàng và nhanh chóng thu được các thông tin chính xác về sự phát triển của vết nứt ở phần được chỉ báo.

Thiết bị xử lý thông tin tính toán mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt và mức độ gây đảo dựa trên, ví dụ, sự thay đổi ứng suất theo thời gian ở độ sâu của vết nứt đang phát triển trong bộ phận, đặc tính vỡ do đảo, trị số đo được của số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ trước khi xuất hiện vết nứt trong bộ phận.

Do mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt và mức độ gây đảo được tính toán dựa trên sự thay đổi theo thời gian của ứng suất ở độ sâu của vết nứt đang phát triển trong bộ phận, nên sự phát triển của vết nứt có thể được dự đoán chính xác về mặt ứng suất để thay đổi ở các độ sâu khác nhau của vết nứt phát triển trong bộ phận.

Ngoài ra, trong phương pháp dự đoán sự phát triển của vết nứt nêu trên, thiết bị xử lý thông tin thu nhận, từ người sử dụng, độ dài của vết nứt xuất hiện trên bề mặt của một phần nhất định; dự đoán độ sâu của vết nứt xuất hiện ở một phần nhất định dựa trên độ dài của vết nứt; và xác định độ sâu được dự đoán của vết nứt làm trị số ban đầu sẽ dùng để dự đoán sự phát triển của vết nứt ở một phần nhất định.

Vì vậy, do thiết bị xử lý thông tin tự động dự đoán độ sâu của vết nứt phát

triển ở một phần nhất định dựa trên độ dài của vết nứt do người sử dụng chỉ ra, nên người sử dụng có thể thu được thông tin về sự phát triển của vết nứt thậm chí khi người sử dụng không nhập độ sâu của vết nứt. Thiết bị xử lý thông tin xác định, ví dụ, một phần ba độ dài của vết nứt bề mặt làm độ sâu vết nứt xét về độ an toàn và quy tắc ngón tay cái trong cơ học gãy tuyến tính.

Ngoài ra, theo phương pháp dự đoán sự phát triển của vết nứt nêu trên, thiết bị xử lý thông tin điều chỉnh đường cong thể hiện mối tương quan giữa số  $N$  của ứng suất theo chu kỳ và độ dài "a" của vết nứt, đường cong này thu được bằng cách dự đoán sự phát triển của các vết nứt ở một phần nhất định, trong trường hợp đường cong có đoạn thay đổi mạnh trong đó độ dài "a" của vết nứt thay đổi mạnh so với sự thay đổi số  $N$  của ứng suất theo chu kỳ, bằng cách vẽ đường tiếp tuyến lên phần lồi hướng lên của đoạn thay đổi mạnh từ vùng lân cận của điểm gốc. Điều này cho phép sáng chế có được kết quả dự đoán tốt gần với kết quả thu được sử dụng các phép tính bằng số (ví dụ,  $\Delta Jc$ ).

Theo một giải pháp khác, sáng chế đề xuất phương pháp dự đoán sự phát triển của vết nứt nêu trên, trong đó sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  theo chiều sâu thu được trong trường hợp không có vết nứt đối với mỗi phần trên bộ phận đạt được bằng cách:

chọn, trong số các đặc tính ứng suất-biến dạng đã biết, đặc tính mà thỏa mãn các phương trình sau:

$$1/N_f = 1/N_{pp} + 1/N_{cp},$$

$$\Delta\varepsilon_{cp} = A2 \times N_{cp}^{-\alpha2}, \text{ và}$$

$$\Delta\varepsilon_{pp} = A1 \times N_{pp}^{-\alpha1}$$

trong đó  $N_f$  là số lần xuất hiện vết nứt đã biết trong phần,  $N_{cp}$  là số lần xuất hiện vết nứt thuộc loại cp (biến dạng dẻo do kéo căng + biến dạng dẻo do nén) trong quy trình phân chia khoảng biến dạng,  $N_{pp}$  là số lần xuất hiện vết nứt thuộc loại pp (biến dạng dẻo do kéo căng + biến dạng dẻo do nén) trong quy trình phân chia khoảng biến dạng,  $\Delta\varepsilon_{cp}$  là phạm vi biến dạng cp trong quy trình phân chia khoảng biến dạng,  $\Delta\varepsilon_{pp}$  là phạm vi biến dạng pp trong quy trình phân chia khoảng biến dạng, và  $A1$ ,  $A2$ ,  $\alpha1$ , và  $\alpha2$  đều là các hằng số tính toán thử nghiệm; và

xác định sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$  của phần trong trường hợp không có vết nứt trong phần dựa trên đặc tính ứng suất-biến dạng được chọn để thực hiện

phân tích số dựa trên  $\Delta\sigma(0)$ , và trong đó:

bằng thiết bị xử lý thông tin, sự phát triển của vết nứt ở phần được dự đoán theo sự phân bố ứng suất thu được  $\Delta\sigma(a)$  và các phương trình sau:

$$da/dN = C \times (\Delta K)^m, \text{ và}$$

$$\Delta K = \Delta\sigma(a) \times (\pi \times a)^{1/2}$$

trong đó "a" là độ sâu vết nứt, N là số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ, C và m là các hằng số được tính toán cho bộ phận, và  $\Delta K$  là khoảng xác định của hệ số cường độ ứng suất.

Theo sáng chế, phép phân tích số được thực hiện chỉ dựa trên sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$  thu được trong trường hợp không có vết nứt ở một phần trong đó sự phát triển của vết nứt sẽ được dự đoán. Sau đó, sự phát triển tiếp theo của vết nứt được dự đoán bằng định luật Paris. Do đó, sự phát triển của vết nứt có thể được dự đoán dễ dàng và nhanh chóng mà không cần nhiều phép tính bằng số.

Theo sáng chế, vì các thông số C và m được chọn một cách thích hợp tùy thuộc vào mức độ gây dao ở độ sâu của vết nứt đang phát triển để dự báo sự phát triển của vết nứt bằng định luật Paris, nên độ chính xác của quy trình dự đoán sự phát triển của vết nứt có thể được cải thiện.

Thiết bị xử lý thông tin ghi nhớ, ví dụ, sự thay đổi theo thời gian của ứng suất ở các độ sâu của vết nứt đang phát triển trong bộ phận, các đặc tính vỡ do dao, các trị số đo được số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ trước khi vết nứt xuất hiện ở một phần và do đó tính toán được mức độ gây dao ở độ sâu của vết nứt đang phát triển.

Hơn nữa, thiết bị xử lý thông tin nhớ, ví dụ, mối tương quan giữa hằng số Paris và thời gian treo, nhận dạng, trong số các mối tương quan, một mối tương quan mà mức độ gây dao của nó phù hợp với mức độ gây dao đã tính toán ở độ sâu của vết nứt đang phát triển, xác định các thông số C và m dựa trên mối tương quan đã nhận ra, và dự đoán sự phát triển của vết nứt ở độ sâu bằng cách sử dụng các thông số C và m xác định được.

Các vấn đề và các cách khác giải quyết chúng được nêu trong sáng chế sẽ rõ ràng qua phần mô tả các phương án thực hiện sáng chế và các hình vẽ.

Theo sáng chế, sự phát triển của các vết nứt diễn ra ở các bộ phận có thể được dự đoán một cách chính xác và dễ dàng.

### Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ thể hiện các thành phần phần cứng chính của thiết bị xử lý thông tin 100.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện các chức năng chính của thiết bị xử lý thông tin 100.

Fig.3 là lưu đồ minh họa quy trình xử lý dự đoán sự phát triển vết nứt S300.

Fig.4 thể hiện nội dung màn hình mà thiết bị xử lý thông tin 100 hiển thị khi tiếp nhận thông tin được định rõ (hoặc nhập) từ người sử dụng.

Fig.5 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về đặc tính ứng suất-biến dạng.

Fig.6 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  ở phần đích theo chiều sâu.

Fig.7 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về sự thay đổi ứng suất theo thời gian 700 ở độ sâu của vết nứt đang phát triển.

Fig.8 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về đặc tính vỡ do dao 800;

Fig.9 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về mối tương quan giữa hằng số Paris và thời gian treo 900.

Fig.10 là hình vẽ thể hiện ví dụ về các hằng số Paris C và m được xác định theo mức độ gây dao ở độ sâu của vết nứt đang phát triển.

Fig.11 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về kết quả dự đoán sự phát triển vết nứt.

Fig.12 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về kết quả dự đoán sự phát triển vết nứt.

Fig.13 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về kết quả dự đoán sự phát triển vết nứt.

Fig.14 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về kết quả dự đoán sự phát triển vết nứt (trước khi điều chỉnh).

Fig.15 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về kết quả dự đoán sự phát triển vết nứt (sau khi điều chỉnh).

Fig.16 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về kết quả dự đoán sự phát triển vết nứt.

Fig.17 là một ví dụ về sự phân bố ứng suất theo chiều sâu thu được trong trường hợp không có vết nứt, quy trình này được ghi nhớ trong thiết bị xử lý thông

tin 100.

Fig.18 là một ví dụ về mối tương quan giữa độ sâu của vết nứt đang phát triển và mức độ gây đảo, mức độ này được ghi nhớ trong thiết bị xử lý thông tin 100; và

Fig.19 là một ví dụ về các mối tương quan giữa mức độ gây đảo và các hằng số Paris, hằng số này được ghi nhớ trong thiết bị xử lý thông tin 100.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Dưới đây, các phương án được mô tả dựa vào các hình vẽ.

Fig.1 thể hiện các thành phần phần cứng chính của thiết bị xử lý thông tin 100 sẽ được sử dụng để có được hệ thống phân tích sự phát triển của vết nứt được mô tả theo một phương án. Hệ thống phân tích sự phát triển của vết nứt theo phương án này được sử dụng trong quá trình phân tích hoặc chẩn đoán các vết nứt do nhiệt hoặc các vết nứt do mỏi xuất hiện ở các bộ phận của, chẳng hạn, cấu trúc hoặc các thiết bị khác nhau được sử dụng trong điều kiện nhiệt độ cao, như tuabin hơi nước hoặc nồi hơi trong nhà máy điện (ví dụ, nhà máy nhiệt điện hoặc nhà máy điện hạt nhân).

Như được thể hiện trên hình vẽ, thiết bị xử lý thông tin 100 bao gồm bộ xử lý trung tâm 101 (ví dụ, CPU hoặc MPU), thiết bị lưu trữ chính 102 (ví dụ, ROM, RAM, và NVRAM), thiết bị lưu trữ phụ 103 (ví dụ, ổ cứng, ổ quang từ, hoặc ổ cứng thể rắn (Solid State Drive - SSD)), thiết bị đầu vào 104 (ví dụ, bàn phím, chuột, hoặc màn hình cảm ứng), thiết bị đầu ra 105 (ví dụ, màn hình tinh thể lỏng hoặc bảng EL hữu cơ), và thiết bị truyền thông 106 (ví dụ, thẻ giao diện mạng (Network Interface Card - NIC)).

Fig.2 thể hiện các chức năng chính cung cấp bởi thiết bị xử lý thông tin 100. Như được thể hiện trên hình vẽ, thiết bị xử lý thông tin 100 cung cấp các chức năng của bộ nhớ đặc tính ứng suất biến dạng 201, bộ nhớ số lần xuất hiện vết nứt 202, bộ chọn đặc tính ứng suất biến dạng 203, bộ tính toán phân bố ứng suất  $\Delta \sigma(0)$  204, bộ tính toán phân bố ứng suất  $\Delta \sigma(a)$  205, bộ xử lý dự đoán sự phát triển của vết nứt 206, bộ tính toán mức độ gây đảo 207, bộ xác định hằng số Paris 208, bộ nhớ đặc tính nứt do mỏi 209, và bộ nhớ thời gian treo không đổi Paris 210.

Các chức năng này có được nhờ bộ xử lý trung tâm 101 tải và thực hiện chương trình lưu trữ trong thiết bị lưu trữ chính 102 hoặc thiết bị lưu trữ phụ, hoặc

bởi chức năng của phần cứng của thiết bị xử lý thông tin 100.

Trong số các chức năng được thể hiện trên hình vẽ, bộ nhớ đặc tính ứng suất biến dạng 201 nhớ nhiều đặc tính ứng suất biến dạng cho các khoảng ứng suất tương ứng cho một hoặc nhiều phần (các vị trí định trước trên cấu trúc nêu trên) trên một bộ phận trong đó sự phát triển của vết nứt sẽ được dự đoán.

Bộ nhớ số lần xuất hiện các vết nứt 202 nhớ số lần xuất hiện các vết nứt, nhận được qua, chẳng hạn, thiết bị đầu vào 104, trong mỗi trong số một hoặc nhiều phần (như phần chữ R, phần khía chữ V, và phần chu vi ngoài) trên một bộ phận trong đó sự phát triển của vết nứt sẽ được dự đoán (như tuabin hơi nước và nồi hơi; dưới đây, được gọi là bộ phận chính).

Bộ chọn đặc tính ứng suất biến dạng 203 chọn đặc tính thỏa mãn các phương trình sau, trong số nhiều đặc tính ứng suất biến dạng đối với các khoảng ứng suất tương ứng được nhớ trong bộ nhớ đặc tính ứng suất biến dạng 201 cho một phần nhất định trong đó sự phát triển của vết nứt sẽ được dự đoán (dưới đây, được gọi là phần đích) trên bộ phận chính:

$$1/N_f = 1/N_{pp} + 1/N_{cp} \dots [\text{phương trình 1}]$$

$$\Delta \varepsilon_{cp} = A_2 \times N_{cp}^{-\alpha_2} \dots [\text{phương trình 2}] \text{ và}$$

$$\Delta \varepsilon_{pp} = A_1 \times N_{pp}^{-\alpha_1} \dots [\text{phương trình 3}].$$

$N_f$  là số lần xuất hiện các vết nứt ở phần đích,  $N_{cp}$  là số lần xuất hiện các vết nứt thuộc loại cp (biến dạng do dãn + biến dạng dẻo do nén) trong quá trình phân chia khoảng biến dạng,  $N_{pp}$  là số lần xuất hiện các vết nứt thuộc loại pp (biến dạng dẻo do căng + biến dạng dẻo do nén) trong quá trình phân chia khoảng biến dạng,  $\Delta \varepsilon_{cp}$  là khoảng biến dạng cp trong quá trình phân chia khoảng biến dạng,  $\Delta \varepsilon_{pp}$  là khoảng biến dạng pp trong quá trình phân chia khoảng biến dạng, và  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $\alpha_1$ , và  $\alpha_2$  là tất cả các hằng số tính được theo thử nghiệm (xem, chẳng hạn, Tài liệu 1 "Masashi Nakashiro *et al.*, "Failure analysis and metallurgical evaluation of turbine stop and control valves used at super high temperature and pressure plant", *Therm. Nucl. Power*, Vol. 35, No. 11, Nov. 1984, p. 48").

Bộ tính toán phân bố ứng suất  $\Delta \sigma(0)$  204 tính toán và nhớ phân bố ứng suất  $\Delta \sigma(0)$  (ứng suất bề mặt và khoảng ứng suất bề mặt) ở phần đích trong trường hợp không có vết nứt ở phần đích, dựa trên đặc tính ứng suất biến dạng được chọn bởi bộ chọn đặc tính ứng suất biến dạng 203.

Bộ tính toán phân bố ứng suất  $\Delta \sigma(a)$  205 thực hiện phân tích số (như phân tích sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM)) bằng cách sử dụng  $\Delta \sigma(0)$  được tính toán bởi bộ tính toán phân bố ứng suất  $\Delta \sigma(0)$  204 để tính toán sự phân bố ứng suất  $\Delta \sigma(a)$  ở phần đích theo chiều sâu trong trường hợp không có vết nứt ở phần đích (Fig.5 và Fig.17).

Bộ xử lý dự đoán sự phát triển của vết nứt 206 dự đoán sự phát triển của vết nứt ở phần đích, dựa trên sự phân bố ứng suất  $\Delta \sigma(a)$  tính được bởi bộ tính toán phân bố ứng suất  $\Delta \sigma(a)$  205 và các phương trình theo định luật Paris sau:

$$da/dN = C \times (\Delta K)^m \dots [\text{phương trình 4}], \text{ và}$$

$$\Delta K = \Delta \sigma(a) \times (\pi \times a)^{1/2} \dots [\text{phương trình 5}].$$

Lưu ý rằng "a" là độ sâu của vết nứt, N là số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ, C và m là các hằng số được xác định cho bộ phận chính, và  $\Delta K$  là khoảng xác định của hệ số cường độ ứng suất.

Bộ tính toán mức độ gây đảo 207 tính toán mối tương quan giữa độ sâu phát triển vết nứt và mức độ gây đảo (Fig.18) dựa vào việc dự đoán nêu trên được thực hiện bởi bộ xử lý dự đoán sự phát triển của vết nứt 206.

Bộ xác định hằng số Paris 208 xác định các hằng số Paris C và m được bộ xử lý dự đoán sự phát triển của vết nứt 206 sử dụng để dự đoán sự phát triển của vết nứt đang phát triển ở độ sâu của vết nứt này, dựa trên mối tương quan giữa độ sâu của vết nứt phát triển và mức độ gây đảo (Fig.18) được bộ tính mức độ gây đảo 207 tính toán và mối tương quan giữa mức độ gây đảo và các hằng số Paris C và m (Fig.19) mô tả dưới đây.

Bộ nhớ đặc tính nứt do đảo 209 nhớ đặc tính nứt do đảo 700 (như đặc tính nứt do đảo thu được qua thử nghiệm trên cùng một vật liệu như bộ phận chính) của bộ phận chính được mô tả dưới đây (Fig.6).

Bộ nhớ thời gian treo không đổi Paris 210 nhớ mối tương quan giữa các hằng số Paris C và m và thời gian treo 800 (Fig.8).

Fig.3 là lưu đồ minh họa việc xử lý (dưới đây, được gọi là xử lý dự đoán sự phát triển của vết nứt S300) được thực hiện bởi thiết bị xử lý thông tin 100 khi người dùng sử dụng hệ thống phân tích sự phát triển của vết nứt này để dự đoán sự phát triển của vết nứt. Quy trình xử lý dự đoán sự phát triển của vết nứt S300 được mô tả dưới đây dựa vào hình vẽ.

Đầu tiên, thiết bị xử lý thông tin 100 nhận, từ người dùng qua thiết bị đầu vào 104, chỉ báo của đối tượng cần phân tích (như bộ phận chính, phần đích, hoặc vật liệu), điều kiện hoạt động (như nhiệt độ hơi và áp suất hơi), và thông tin về vết nứt (như tình trạng xuất hiện vết nứt) (S311).

Fig.4 thể hiện một ví dụ về nội dung màn hình mà thiết bị xử lý thông tin 100 hiển thị trên thiết bị đầu ra 105 dựa trên dữ liệu đầu vào nêu trên. Như được thể hiện trên hình vẽ, trong ví dụ này, thiết bị xử lý thông tin 100 nhận chất lượng của vật liệu và phần mà vết nứt bắt đầu xuất hiện là đối tượng cần phân tích, nhiệt độ hơi và áp suất hơi là điều kiện hoạt động, và gây ra nhiều sai lệch do xuất hiện vết nứt, chiều dài của vết nứt bề mặt hiện tại, và độ sâu vết nứt (độ sâu vết nứt ban đầu) là thông tin về vết nứt.

Với nội dung màn hình thể hiện trên Fig.4, người dùng có thể bỏ qua chỉ báo (đầu vào) về phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$  ở phần đích. Khi người dùng bỏ qua chỉ báo về phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$ , thiết bị xử lý thông tin 100 tự động tính toán phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$  bằng cách sử dụng kỹ thuật phân chia khoảng biến dạng (kỹ thuật này là một hàm của đơn vị tính toán  $\Delta\sigma(0)$  phân bố ứng suất 204 nêu trên).

Ngoài ra, với nội dung màn hình thể hiện trên Fig.4, người dùng có thể bỏ qua chỉ báo (đầu vào) về độ sâu vết nứt (độ sâu vết nứt ban đầu). Trong trường hợp người dùng bỏ qua chỉ báo về độ sâu vết nứt, thiết bị xử lý thông tin 100 tính toán độ sâu vết nứt từ chiều dài của vết nứt bề mặt được chỉ báo (đầu vào). Thiết bị xử lý thông tin này xác định, chẳng hạn, một phần ba vết nứt bề mặt là độ sâu của vết nứt khi xem xét tính an toàn và quy tắc ngón tay cái trong cơ học gãy tuyến tính.

Tiếp theo, thiết bị xử lý thông tin 100 nhận số lần xuất hiện các vết nứt  $N_f$  và đặc tính ứng suất biến dạng cho các khoảng ứng suất tương ứng mà được ghi nhớ cho phần đích được chỉ báo (S312, S313).

Fig.5 thể hiện một ví dụ về đặc tính ứng suất biến dạng (lấy từ tài liệu 1). Bộ nhớ đặc tính ứng suất biến dạng 201 ghi nhớ nhiều đặc tính ứng suất biến dạng như được thể hiện trên hình vẽ đối với các khoảng ứng suất tương ứng.

Tiếp theo, thiết bị xử lý thông tin 100 chọn đặc tính thỏa mãn các phương trình từ 1 đến 3 nêu trên, trong số các đặc tính ứng suất biến dạng nhận được đối

với các khoảng ứng suất tương ứng (S314). Sau đó, thiết bị xử lý thông tin 100 tính phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$  ở phần đích trong trường hợp không có vết nứt ở phần đích, dựa trên đặc tính ứng suất biến dạng được chọn (S315).

Tiếp theo, thiết bị xử lý thông tin 100 thực hiện phân tích số lượng (như phân tích sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM)) bằng cách sử dụng  $\Delta\sigma(0)$  tính được để tính phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  ở phần đích theo chiều sâu trong trường hợp không có vết nứt ở phần đích (S316).

Fig.6 thể hiện ví dụ về phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  nêu trên được tính trong bước này. Trong ví dụ này,  $\Delta\sigma(a)$  được tính dựa trên phân bố ứng suất dọc theo đường thẳng theo chiều sâu vết nứt ở phần đích, được tính nhờ sử dụng phân tích bằng số nêu trên. Trong ví dụ này, tổng trị số tuyệt đối của phân bố ứng suất  $\Delta\sigma_A(a)$  ở thời điểm ( $t_A$ ) khi sự nén đạt đối đa trong phân tích bằng số nêu trên và trị số tuyệt đối của phân bố ứng suất  $\Delta\sigma_B(a)$  ở thời điểm ( $t_B$ ) khi sức căng đạt tối đa trong phân tích bằng số nêu trên được tính là phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  ở phần đích trong trường hợp không có vết nứt ở phần đích.

Trở lại Fig.3, thiết bị xử lý thông tin 100 dự đoán thành công sự phát triển của vết nứt ở phần đích (mối tương quan giữa số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ N và độ sâu vết nứt), dựa trên các phân bố ứng suất tính được  $\Delta\sigma(a)$  và định luật Paris (phương trình 3 và 4) (S317 đến S319).

Hình dạng của bộ phận chính, đặc tính của vật liệu và môi trường (như nhiệt độ và áp suất) mà bộ phận chính này được đặt vào thay đổi tùy thuộc vào độ sâu của vết nứt phát triển. Do đó, trong dự đoán nêu trên, cho rằng mức độ gây đảo cũng thay đổi tùy thuộc vào độ sâu của vết nứt phát triển do tác dụng của ứng suất theo chu kỳ.

Đặc biệt, khi dự đoán sự phát triển của vết nứt phát triển ở mỗi độ sâu của vết nứt, thiết bị xử lý thông tin 100 tính mức độ gây đảo ở độ sâu của vết nứt và xác định (lựa chọn) các hằng số Paris C và m theo mức độ gây đảo tính được.

Mức độ gây đảo ở các độ sâu của vết nứt phát triển có thể được tính bằng cách, chẳng hạn, đưa vào sự thay đổi ứng suất theo thời gian 700 ở độ sâu của vết nứt phát triển, đạt được bằng cách đơn giản hóa và mô phỏng ứng suất thực tế tác động lên phần đích (như ứng suất tác động lên phần cho trước vào lúc khởi động, trong quá trình hoạt động, và lúc dừng tua bin hơi nước) như được thể hiện trên Fig.7 và đặc tính võ do đảo 800 được minh họa trên Fig.8 (hình này được lấy từ tài

liệu 2, cụ thể là trang 10 của NIMS CDS số 31B 1994) vào phương trình được đưa ra dưới đây:

$$\text{Mức độ gây đảo} = Nr \times \sum \frac{\Delta t}{t_r(\Delta\sigma(t))} \dots [\text{phương trình 6}]$$

trong đó  $t$  là thời điểm, và  $Nr$  là số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ được tạo ra trước khi vết nứt xuất hiện ở phần dích, và  $t_r(\Delta\sigma(t))$  là thời gian để vỡ dưới tác dụng của ứng suất  $\Delta\sigma(t)$ .

Chẳng hạn, đối với bề mặt của phần dích, các trị số sau được giả định theo sự thay đổi theo thời gian 700 trên Fig.7:  $\Delta\sigma(t_B)=180$  MPa,  $\Delta\sigma(t_C)=20$  MPa, và  $\Delta\sigma(t_D)=140$  MPa; và  $\Delta\sigma(t_B)$  là 180MPa kéo dài 3 giờ từ thời điểm  $t_A'$  đến thời điểm  $t_B'$ ,  $\Delta\sigma(t_C)$  là 20MPa kéo dài trong 150 giờ từ thời điểm  $t_B'$  đến thời điểm  $t_C$ , và  $\Delta\sigma(t_D)$  là 140MPa kéo dài trong 3 giờ từ thời điểm  $t_C$  đến thời điểm  $t_E$ .

Trong trường hợp này, các thời gian dưới đây có thể nhận được từ đặc tính phá vỡ do đảo 800 trên Fig.8: 20.000 giờ đối với thời gian để phá vỡ ứng với 180MPa ở thời điểm  $t_B$ ,  $1,0E+07$  (ký hiệu số mũ) giờ đối với thời gian để phá vỡ ứng với 20 MPa ở thời điểm  $t_C$ , và 50000 giờ đối với thời gian để phá vỡ ứng với 140 MPa ở thời điểm  $t_D$ . Nếu số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ  $Nr$  là 617, thì mức độ gây đảo ở độ sâu đó của vết nứt phát triển có thể được đưa ra từ phương trình 6 là:

$$\text{Mức độ gây đảo} = 617 \times \left( \frac{3}{20000} + \frac{150}{1.0E+07} - \frac{3}{50000} \right) = 13,9\%.$$

Hơn nữa, đối với phần mà vết nứt đã phát triển được 3 mm từ bề mặt của phần dích này, các trị số sau được giả định theo sự thay đổi theo thời gian 700 trên Fig.7:  $\Delta\sigma(t_B)=140$  MPa,  $\Delta\sigma(t_C)=15$  MPa, và  $\Delta\sigma(t_D)=110$  MPa; và  $\Delta\sigma(t_B)$  là 140MPa kéo dài trong 3 giờ từ thời điểm  $t_A'$  đến thời điểm  $t_B'$ ,  $\Delta\sigma(t_C)$  là 15 MPa kéo dài trong 150 giờ từ thời điểm  $t_B'$  đến thời điểm  $t_C$ , và  $\Delta\sigma(t_D)$  là 110 MPa kéo dài trong 3 giờ từ thời điểm  $t_C$  đến thời điểm  $t_E$ .

Trong trường hợp này, các thời gian sau có thể nhận được từ đặc tính phá vỡ do đảo 800 trên Fig.8:  $4,0E+04$  giờ đối với thời gian để phá vỡ ứng với 140 MPa ở thời điểm  $t_B$ ,  $3,0E+07$  giờ đối với thời gian để phá vỡ ứng với 20 MPa ở thời điểm  $t_C$ , và  $1,0E+05$  giờ đối với thời gian đến khi vỡ ứng với 110 MPa ở thời điểm  $t_D$ . Nếu số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ  $Nr$  là 617, thì mức độ gây đảo ở độ sâu của vết nứt phát triển có thể được đưa ra từ phương trình 6 là:

$$\text{Mức độ gây đảo} = 617 \times \left( \frac{3}{4.0E+04} + \frac{150}{3.0E+07} - \frac{3}{1.0E+05} \right) = 6,8\%.$$

Hơn nữa, đối với phần mà vết nứt đã phát triển được 5 mm từ bề mặt của phần dích này, các trị số sau được giả định theo sự thay đổi theo thời gian 700 trên Fig.7:  $\Delta\sigma(t_B)=100$  MPa,  $\Delta\sigma(t_C)=10$  MPa, và  $\Delta\sigma(t_D)=80$  MPa; và  $\Delta\sigma(t_B)$  là 100 MPa kéo dài trong 3 giờ từ thời điểm  $t_A'$  đến thời điểm  $t_B'$ ,  $\Delta\sigma(t_C)$  là 10 MPa kéo dài trong 150 giờ từ thời điểm  $t_B'$  đến thời điểm  $t_C$ , và  $\Delta\sigma(t_D)$  là 80 MPa kéo dài trong 3 giờ từ thời điểm  $t_C$  đến thời điểm  $t_E$ .

Trong trường hợp này, các thời gian sau có thể nhận được từ đặc tính phá vỡ do đảo 800 trên Fig.8:  $1,5E+05$  giờ đối với thời gian để phá vỡ ứng với 100 MPa ở thời điểm  $t_B$ ,  $1,0E+08$  giờ đối với thời gian để phá vỡ ứng với 10 MPa ở thời điểm  $t_C$ , và  $2,5E+05$  giờ đối với thời gian để phá vỡ ứng với 80 MPa ở thời điểm  $t_D$ . Nếu  $N_r$  là 617, thì mức độ gây đảo ở độ sâu của vết nứt phát triển có thể được đưa ra từ phương trình 6 là:

$$\text{Mức độ gây đảo} = 617 \times \left( \frac{3}{1.5E+05} + \frac{150}{1.0E+08} - \frac{3}{2.5E+05} \right) = 2,1\%.$$

Hơn nữa, đối với phần mà vết nứt đã phát triển được 10 mm từ bề mặt của phần dích này, các trị số sau được giả định theo sự thay đổi theo thời gian 700 trên Fig.7:  $\Delta\sigma(t_B)=70$  MPa,  $\Delta\sigma(t_C)=7$  MPa, và  $\Delta\sigma(t_D)=56$  MPa; và  $\Delta\sigma(t_B)$  là 70 MPa kéo dài trong 3 giờ từ thời điểm  $t_A'$  đến thời điểm  $t_B'$ ,  $\Delta\sigma(t_C)$  là 7 MPa kéo dài trong 150 giờ từ thời điểm  $t_B'$  đến thời điểm  $t_C$ , và  $\Delta\sigma(t_D)$  là 56 MPa kéo dài trong 3 giờ từ thời điểm  $t_C$  đến thời điểm  $t_E$ .

Trong trường hợp này, các thời gian sau có thể nhận được từ đặc tính phá vỡ do đảo 800 trên Fig.8:  $3,5E+05$  giờ đối với thời gian để phá vỡ ứng với 70 MPa ở thời điểm  $t_B$ ,  $3,0E+10$  giờ đối với thời gian để phá vỡ ứng với 10 MPa ở thời điểm  $t_C$ , và  $6,0E+05$  giờ đối với thời gian để phá vỡ ứng với 80 MPa ở thời điểm  $t_D$ . Nếu  $N_r$  là 617, thì mức độ gây đảo ở độ sâu của vết nứt phát triển có thể được đưa ra từ phương trình 6 là:

$$\text{Mức độ gây đảo} = 617 \times \left( \frac{3}{3.5E+05} + \frac{150}{3.0E+10} - \frac{3}{6.0E+05} \right) = 0,84\%.$$

Thiết bị xử lý thông tin 100 xác định các hằng số Paris C và m cần sử dụng để dự đoán sự phát triển của vết nứt phát triển, theo mức độ gây đảo ở độ sâu của vết nứt tính được theo đó.

Fig.9 thể hiện ví dụ về mối tương quan giữa hằng số Paris và thời gian giữ được ghi nhớ trong thiết bị xử lý thông tin 100. Dữ liệu trên hình vẽ này thu được thông qua các phép đo thực tế trên các mẫu được làm bằng cùng loại vật liệu (thép đúc Cr-Mo-V) giống như vật liệu làm thiết bị thực tế (như phần uốn của van khóa làm nóng lại trong tuabin hơi nước trong nhà máy nhiệt điện) trong môi trường định trước (nhiệt độ: 550°C, ứng suất:  $\pm 220$  MPa) ngoại trừ dữ liệu về thời gian giữ là 10000 phút. Dữ liệu về thời gian giữ là 10000 phút này được ước tính từ các đồ thị cho 1 đến 1000 phút.

Mức độ gây dao tương ứng với mỗi dữ liệu (mỗi dòng) được thể hiện trên hình vẽ có thể được tính như sau. Chẳng hạn, giả sử rằng số lượng các ứng suất theo chu kỳ xuất hiện cho đến thời điểm khi mẫu vật đã bị vỡ là 50 trong các điều kiện có nhiệt độ là 550°C, ứng suất là 140 MPa, và thời gian giữ là 167 giờ. Trong trường hợp này, do có thể đạt được 50000 giờ, từ đặc tính phá vỡ do dao 800 trên Fig.8, để phá vỡ trong trường hợp hư hỏng chỉ do dao, nên mức độ gây dao với thời gian giữ là 10000 phút có thể được tính là:

$$\text{Mức độ gây dao (thời gian giữ: 10000 phút)} = 50 \times (16,7/50000) = 17\%.$$

Hơn nữa, chẳng hạn, khi giả sử rằng số lượng các ứng suất theo chu kỳ xuất hiện đến thời điểm khi mẫu vật đã bị phá vỡ là 110 trong các điều kiện có nhiệt độ là 550°C, ứng suất là 140 MPa, và thời gian giữ là 16,7 giờ, thì mức độ gây dao với thời gian giữ là 1,000 phút có thể được tính là:

$$\text{Mức độ gây dao (thời gian giữ: 1,000 phút)} = 110 \times (16,7/50000) = 3,7\%.$$

Hơn nữa, chẳng hạn, khi giả sử rằng số lượng các ứng suất theo chu kỳ xuất hiện đến thời điểm khi mẫu vật đã bị phá vỡ là 422 trong các điều kiện có nhiệt độ là 550°C, áp suất là 140 MPa, và thời gian giữ là 1,67 giờ, thì mức độ gây dao với thời gian giữ là 100 phút có thể được tính là:

$$\text{Mức độ gây dao (thời gian giữ: 100 phút)} = 110 \times (1,67/50000) = 1,4\%.$$

Ngoài ra, chẳng hạn, khi giả sử rằng số lượng các ứng suất theo chu kỳ xuất hiện đến thời điểm khi mẫu vật đã bị phá vỡ là 1025 trong các điều kiện có nhiệt độ 550°C, áp suất là 140 MPa, và thời gian giữ là 0,167 giờ, thì mức độ gây dao với thời gian giữ là 10 phút có thể được tính là:

$$\text{Mức độ gây dao (thời gian giữ: 10 phút)} = 1025 \times (0,167/50000) = 0,34\%.$$

Khi giả sử rằng số lượng các ứng suất theo chu kỳ xuất hiện đến thời điểm khi mẫu vật đã bị phá vỡ là 2300 trong các điều kiện có nhiệt độ là 550°C, áp suất

là 140 MPa, và thời gian giữ là 0,0167 giờ, thì mức độ gây dẻo với thời gian giữ là 1 phút có thể được tính là:

$$\text{Mức độ gây dẻo (thời gian giữ: 1 phút)} = 2300 \times (0,0167/50000) = 0,34\%.$$

Thiết bị xử lý thông tin 100 so sánh mỗi trong số các mức độ gây dẻo trên đồ thị thu được nêu trên (Fig.9) với mức độ gây dẻo thu được nhờ sử dụng phương trình 6 để xác định dữ liệu có trị số tương ứng với mức độ gây dẻo thu được nhờ sử dụng phương trình 6, trong số các dữ liệu trên Fig.9. Trong phép so sánh nêu trên, phép nội suy lôga được sử dụng, nếu cần. Thiết bị xử lý thông tin 100 xác định (chọn lọc) các hằng số C và m thu được từ dữ liệu được nhận biết như trên, làm các hằng số Paris cần sử dụng để dự đoán sự phát triển của vết nứt phát triển ở độ sâu của vết nứt.

Fig.10 thể hiện ví dụ về các hằng số Paris C và m xác định được theo mức độ gây dẻo ở độ sâu của vết nứt phát triển. Hình này tương ứng với trường hợp mà: các hằng số Paris C và m tương ứng với dữ liệu về thời gian giữ là 10000 phút, 1000 phút, và 100 phút được xác định là các hằng số Paris cần sử dụng khi độ sâu vết nứt lần lượt bằng hoặc lớn hơn 1 mm và nhỏ hơn 3 mm, bằng hoặc lớn hơn 4 mm và nhỏ hơn 5 mm và bằng hoặc lớn hơn 5 mm và nhỏ hơn 20 mm, trong việc dự đoán sự phát triển của vết nứt phát triển ở mỗi độ sâu của vết nứt.

Trở lại Fig.3, thiết bị xử lý thông tin 100, ngay khi hoàn thành việc dự đoán sự phát triển của vết nứt (S319: CÓ), xuất kết quả dự đoán của nó cho thiết bị đầu ra 105 (S320). Chẳng hạn, thiết bị xử lý thông tin 100 dừng việc dự đoán sự phát triển của vết nứt khi số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ N vượt quá trị số định trước.

Các hình vẽ từ Fig.11 đến Fig.13 thể hiện các ví dụ về các kết quả dự đoán sự phát triển của vết nứt do thiết bị xử lý thông tin 100 xuất ra.

Fig.11 thể hiện kết quả dự đoán sự phát triển của vết nứt mà có độ sâu bằng hoặc lớn hơn 1mm và bằng hoặc nhỏ hơn 3mm (độ chính xác không chắc chắn trong khoảng trên 3mm) nhờ sử dụng các hằng số Paris C và m tương ứng với dữ liệu về thời gian giữ là 10000 phút. Ví dụ, qua hình vẽ, có thể thấy rằng độ sâu vết nứt đạt 3 mm ( $3,0E-03m$ ) khi ứng suất theo chu kỳ xuất hiện 50 lần.

Fig.12 thể hiện kết quả dự đoán sự phát triển của vết nứt có độ sâu bằng hoặc lớn hơn 3 mm và bằng hoặc nhỏ hơn 5 mm (độ chính xác không chắc chắn trong khoảng dưới 3mm và trên 5mm) nhờ sử dụng các hằng số Paris C và m

tương ứng với dữ liệu về thời gian giữ là 1000 phút. Qua hình vẽ, chẳng hạn, có thể thấy rằng độ sâu vết nứt đạt 5mm ( $5,0E-03m$ ) khi ứng suất theo chu kỳ xuất hiện 19 lần sau khi độ sâu của vết nứt vượt quá 3mm.

Fig.13 thể hiện kết quả dự đoán sự phát triển của vết nứt có độ sâu bằng hoặc lớn hơn 5 mm và bằng hoặc nhỏ hơn 20 mm (độ chính xác không chắc chắn trong khoảng dưới 5mm và trên 20mm) nhờ sử dụng các hằng số Paris C và m tương ứng với dữ liệu về thời gian giữ là 100 phút. Qua hình vẽ, chẳng hạn, có thể thấy rằng độ sâu vết nứt đạt 20,9mm ( $20,9E-03m$ ) khi ứng suất theo chu kỳ xuất hiện 500 lần sau khi độ sâu của vết nứt vượt quá 5 mm. Ngoài ra, từ cùng hình vẽ này, sự phát triển của vết nứt dừng ở hoặc quanh độ sâu vết nứt là 30,0 mm ( $30,0E-03m$ ).

Khi sự phát triển của vết nứt được dự đoán theo phương pháp nêu trên, thì đường cong phát triển vết nứt có thể thay đổi mạnh (với tốc độ thay đổi độ dốc của đường tiếp tuyến thành đường cong phát triển vượt quá mức định trước) như được thể hiện trên Fig.14 (trên hình này, vết nứt thay đổi (phát triển) nhanh chóng trong khoảng  $N = 600$  đến  $800$ ). Không thấy sự phát triển vết nứt nhanh như vậy ở các vết nứt mà trên thực tế có ở bộ phận thực tế. Tin rằng điều này là do việc áp dụng mô hình tuyến tính vào biến cố phi tuyến tính (sự phát triển của vết nứt theo định luật Paris tỉ lệ với cường độ thứ tám đến thứ mười của  $\Delta K$ , trong khi đó không thể không tìm thấy kết quả như vậy ở trường hợp trong đó có sự tham gia của vết đảo).

Khi đường cong phát triển vết nứt có đoạn thay đổi mạnh như vậy, thiết bị xử lý thông tin 100 vẽ đường tiếp tuyến trên phần lồi lên phía trên của đoạn thay đổi mạnh này của đường cong từ gốc. Đường tiếp tuyến này (đường nối giữa điểm gần gốc (gốc hoặc điểm gần gốc) và tiếp điểm (đường nét đứt trên Fig.14)) được sử dụng làm đường cong phát triển thay cho đường cong phát triển gốc. Chẳng hạn, khi thu được đường cong phát triển như được thể hiện trên Fig.14, thiết bị xử lý thông tin 100 hiệu chỉnh nó thành đường cong phát triển như được thể hiện trên Fig.15. Với việc hiệu chỉnh này, có thể thu được đường cong phát triển nhìn chung là phản ánh được sự phát triển thực tế của vết nứt (hoặc kết quả của phép tính số, chẳng hạn,  $\Delta J$ ).

Như được mô tả trên đây, trong hệ thống phân tích sự phát triển của vết nứt theo phương án này, việc phân tích số lượng chỉ được thực hiện trên phân bố

ứng suất  $\Delta\sigma(0)$  thu được trong trường hợp không có vết nứt ở phần mà sự phát triển của vết nứt cần được dự đoán, và sự phát triển tiếp theo của vết nứt được dự đoán nhờ sử dụng định luật Paris. Sự phát triển của vết nứt do đó có thể được dự đoán dễ dàng và nhanh chóng nhờ sử dụng thiết bị xử lý thông tin 100 như máy tính cá nhân.

Để duy trì cơ cấu được sử dụng ở nhiệt độ cao, như tua bin và nồi hơi ở nhà máy nhiệt điện hoặc điện hạt nhân, một quy tắc được thực hiện trong nhiều trường hợp, theo đó vết nứt được sửa chữa ngay khi nó xuất hiện. Theo hệ thống phân tích sự phát triển của vết nứt theo phương án này, trong trường hợp xuất hiện vết nứt, sự phát triển tiếp theo của vết nứt này có thể dễ dàng được dự đoán. Do đó, cách xử lý vết nứt khi nó xuất hiện có thể được xác định (như liệu có cần sửa ngay hay không) và việc duy trì vết nứt trên cấu trúc có thể được thực hiện một cách hiệu quả.

Hơn nữa, ở hệ thống phân tích sự phát triển của vết nứt theo phương án này, các thông số  $C$  và  $m$  được lựa chọn một cách thích hợp dựa trên mức độ gây đảo ở độ sâu của vết nứt phát triển để dự đoán sự phát triển của vết nứt. Do đó, sự phát triển của vết nứt có thể được dự đoán với độ chính xác cao. Ngoài ra, các hằng số Paris  $C$  và  $m$  được xem là hàm theo thời gian, tức là,  $C(t)$  và  $m(t)$ , và mức độ gây đảo và thời gian giữ được kết hợp để xác định các hằng số Paris  $C$  và  $m$  cần sử dụng cho độ sâu của vết nứt phát triển. Do đó, sự phát triển của vết nứt có thể được dự đoán dễ dàng và chính xác nhờ sử dụng mối tương quan giữa các hằng số Paris  $C$  và  $m$  đo thực tế và thời gian giữ (mối tương quan giữa  $\Delta K$  và  $da/dN$ ). Có thể nói rộng phạm vi mà sự phát triển của vết nứt có thể được dự đoán nhờ dự đoán mối tương quan đối với thời gian giữ khác giữa các hằng số Paris  $C$  và  $m$  và thời gian giữ, dựa trên mối tương quan giữa các hằng số Paris  $C$  và  $m$  đo được thực tế và thời gian giữ.

Ngoài ra, ở hệ thống phân tích sự phát triển của vết nứt theo phương án này, thiết bị xử lý thông tin 100 tính mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt phát triển và mức độ gây đảo dựa trên sự thay đổi theo thời gian của ứng suất ở độ sâu của vết nứt phát triển, ứng suất được đơn giản hóa tác động thực tế lên bộ phận. Do đó, sự thay đổi theo thời gian của ứng suất tác động thực tế lên bộ phận có thể được phản ánh vào kết quả tính, và mối tương quan giữa độ sâu của vết nứt phát triển và mức độ gây đảo có thể được tính theo cách gần với thực tế. Ngoài ra,

do ứng suất tác động thực tế lên bộ phận được đơn giản hóa và sự thay đổi theo thời gian của ứng suất này ở độ sâu của vết nứt phát triển được mô phỏng, nên mối tương quan giữa độ sâu của vết nứt phát triển và mức độ gây đảo có thể được tính dễ dàng và nhanh chóng so với trường hợp khi xem xét ứng suất phức tạp tác động thực tế lên bộ phận.

Như được mô tả trên đây, thiết bị xử lý thông tin 100 tự động tính sự phân bố áp suất  $\Delta\sigma(0)$  nhờ sử dụng phân chia khoảng biến dạng khi người dùng không chỉ báo phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$ . Thiết bị xử lý thông tin 100 còn tính độ sâu của vết nứt từ chiều dài của vết nứt bề mặt được chỉ báo trong trường hợp người dùng không chỉ báo độ sâu của vết nứt.

Fig.16 thể hiện các kết quả dự đoán sự phát triển của vết nứt trong các trường hợp khi người dùng: chỉ báo cả phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$  và độ sâu vết nứt (số tham chiếu 151); không chỉ báo phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$  mà chỉ báo độ sâu vết nứt (số tham chiếu 152), và không chỉ báo cả phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$  hay độ sâu vết nứt (số tham chiếu 153), cùng với trường hợp khi việc tính toán số ( $\Delta J_c$ ) được sử dụng (số tham chiếu 154). Như được thể hiện trên hình vẽ, ngay cả khi người dùng không chỉ báo sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$  và/hoặc độ sâu vết nứt, sự phát triển của vết nứt có thể được dự đoán với độ chính xác cao.

Phương án nêu trên là nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho việc hiệu sáng chế và không giới hạn phạm vi sáng chế. Sáng chế có thể được cải biến hoặc cải tiến mà không nằm ngoài mục đích của nó và bao gồm các dạng biến đổi tương đương của nó.

Chẳng hạn, thiết bị xử lý thông tin 100 có thể tính và ghi nhớ (dưới dạng cơ sở dữ liệu) trước, cho mỗi phần đích (như phần chữ R, phần khía chữ V, hoặc phần chu vi ngoài), phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  theo chiều sâu trong trường hợp không có vết nứt (Fig.6), mối tương quan giữa độ sâu của vết nứt phát triển và mức độ gây đảo (mà có thể được tính bằng phương trình 6) và mối tương quan giữa mức độ gây đảo và các hằng số Paris C và m; nhờ đó người dùng có thể thu được kết quả dự đoán sự phát triển của vết nứt dễ dàng và nhanh chóng hơn.

Trong trường hợp này, ví dụ về sự phân bố ứng suất theo chiều sâu thu được trong trường hợp không có vết nứt, ví dụ về mối tương quan giữa độ sâu của vết nứt phát triển và mức độ gây đảo, và ví dụ về mối tương quan giữa mức độ gây đảo và các hằng số Paris C và m, mà được ghi nhớ trong thiết bị xử lý thông tin

100, lần lượt được thể hiện trên các hình vẽ Fig.17, Fig.18, và Fig.19.

### YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp dự đoán sự phát triển của vết nứt ở một bộ phận, được thực hiện bởi thiết bị xử lý thông tin (100), bao gồm các bước:

ghi nhớ, đối với mỗi phần trên bộ phận, mức phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  theo chiều sâu thu được trong trường hợp không có vết nứt, mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt đang phát triển và mức độ gây đảo, và mối tương quan giữa mức độ gây đảo và các thông số C và m của định luật Paris;

tiếp nhận từ người sử dụng chỉ báo của một phần nhất định trên bộ phận này;

thu nhận mức phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  theo chiều sâu cho một phần nhất định này;

thu nhận mức độ gây đảo ở độ sâu của vết nứt đang phát triển cho một phần nhất định, từ mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt và mức độ gây đảo được ghi nhớ cho một phần nhất định này;

thu nhận các thông số C và m tương ứng với mức độ gây đảo thu được, từ mối tương quan giữa mức độ gây đảo và các thông số C và m của định luật Paris được ghi nhớ cho một phần nhất định này; và

dự đoán sự phát triển của vết nứt ở một phần nhất định, dựa trên các phương trình sau:

$$da/dN = C \times (\Delta K)^m, \text{ và}$$

$$\Delta K = \Delta\sigma(a) \times (\pi \times a)^{1/2}$$

trong đó "a" là độ sâu của vết nứt, N là số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ, C và m là các hằng số được xác định cho bộ phận, và  $\Delta K$  là khoảng xác định của hệ số cường độ ứng suất; và khác biệt ở chỗ,

khi đường cong thể hiện mối tương quan giữa số N của ứng suất theo chu kỳ và độ dài "a" của vết nứt, đường cong này thu được bằng cách dự đoán sự phát triển của các vết nứt ở một phần nhất định, có một phần thay đổi mạnh ở đó độ dài "a" của vết nứt thay đổi mạnh so với sự thay đổi về số N của ứng suất theo chu kỳ, hiệu chỉnh đường cong bằng cách vẽ một đường tiếp tuyến ở phần lồi về phía trên của phần thay đổi mạnh từ vùng lân cận của điểm gốc.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt

và mức độ gây đảo ghi nhớ bởi thiết bị xử lý thông tin được tính toán dựa trên thay đổi ứng suất theo thời gian ở độ sâu của vết nứt đang phát triển trong bộ phận, đặc tính vỡ do đảo, trị số đo được số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ trước khi vết nứt xuất hiện ở một phần trên bộ phận.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, bao gồm các bước, được thực hiện bởi thiết bị xử lý thông tin (100):

thu nhận, từ người sử dụng, độ dài của vết nứt xuất hiện trên bề mặt của một phần nhất định;

dự đoán độ sâu của vết nứt xuất hiện ở một phần nhất định dựa trên độ dài của vết nứt; và

xác định độ sâu được dự đoán của vết nứt dưới dạng trị số ban đầu cần sử dụng để dự đoán sự phát triển của vết nứt ở một phần nhất định.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó nhờ thiết bị xử lý thông tin (100), trị số thu được bằng cách nhân độ dài đã thu nhận của vết nứt xuất hiện trên bề mặt của phần nhất định này với 1/3 được dùng làm trị số dự đoán cho độ sâu của vết nứt xuất hiện ở một phần nhất định.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  theo chiều sâu thu được trong trường hợp vết nứt không có mặt ở mỗi phần trên bộ phận được thu nhận bằng cách:

chọn, trong số các đặc tính ứng suất-biến dạng đã biết, đặc tính thỏa mãn các phương trình sau:

$$1/N_f = 1/N_{pp} + 1/N_{cp},$$

$$\Delta\varepsilon_{cp} = A2 \times N_{cp}^{-\alpha2}, \text{ và}$$

$$\Delta\varepsilon_{pp} = A1 \times N_{pp}^{-\alpha1}$$

trong đó  $N_f$  là số lần đã biết xuất hiện vết nứt trong phần này,  $N_{cp}$  là số lần xuất hiện vết nứt thuộc loại cp (biến dạng đảo kéo căng + biến dạng dẻo do nén) trong phân chia khoảng biến dạng,  $N_{pp}$  là số lần xuất hiện vết nứt thuộc loại pp (biến dạng dẻo do kéo căng + biến dạng dẻo do nén) trong phân chia khoảng biến dạng,  $\Delta\varepsilon_{cp}$  là phạm vi biến dạng cp trong phân chia khoảng biến dạng,  $\Delta\varepsilon_{pp}$  là phạm vi biến dạng pp trong phân chia khoảng biến dạng, và A1, A2,  $\alpha1$ , và  $\alpha2$  đều là các

hằng số tính thử nghiệm; và

xác định sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$  của phần này trong trường hợp không có vết nứt ở một phần dựa trên đặc tính ứng suất-biến dạng đã chọn để thực hiện phép phân tích số dựa trên  $\Delta\sigma(0)$ , và trong đó:

nhờ thiết bị xử lý thông tin 100, sự phát triển của vết nứt ở phần này được dự đoán theo sự phân bố ứng suất thu được  $\Delta\sigma(a)$  và các phương trình sau:

$$da/dN = C \times (\Delta K)^m, \text{ và}$$

$$\Delta K = \Delta\sigma(a) \times (\pi \times a)^{1/2}$$

trong đó "a" là độ sâu vết nứt, N là số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ, C và m là các hằng số được xác định cho bộ phận, và  $\Delta K$  là khoảng xác định của hệ số cường độ ứng suất.

6. Thiết bị xử lý thông tin (100) có CPU và bộ nhớ, thiết bị này bao gồm:

phương tiện ghi nhớ, đối với mỗi phần trên bộ phận, sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  theo chiều sâu thu được trong trường hợp không có vết nứt, mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt đang phát triển và mức độ gây đảo, và mối tương quan giữa mức độ gây đảo và các thông số C và m của định luật Paris;

phương tiện nhận từ người sử dụng chỉ báo một phần nhất định trên bộ phận này;

phương tiện thu nhận mức phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  theo chiều sâu đối với một phần nhất định này;

phương tiện để thu nhận mức độ gây đảo ở độ sâu của vết nứt đang phát triển cho một phần nhất định, từ mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt và mức độ gây đảo được ghi nhớ cho một phần nhất định;

phương tiện thu nhận các thông số C và m tương ứng với mức độ gây đảo thu được, từ mối tương quan giữa mức độ gây đảo và các thông số C và m của định luật Paris được ghi nhớ cho một phần nhất định; và

phương tiện dự đoán sự phát triển của vết nứt ở một phần nhất định, dựa trên các phương trình sau:

$$da/dN = C \times (\Delta K)^m, \text{ và}$$

$$\Delta K = \Delta\sigma(a) \times (\pi \times a)^{1/2}$$

trong đó "a" là độ sâu vết nứt, N là số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ, C và m là các hằng số được xác định cho bộ phận, và  $\Delta K$  là khoảng xác định của hệ số

cường độ ứng suất;

và khác biệt ở chỗ bao gồm thêm phương tiện hiệu chỉnh đường cong biểu diễn mối tương quan giữa số  $N$  của ứng suất theo chu kỳ và độ dài "a" của vết nứt, đường cong này thu được bằng cách dự đoán sự phát triển của các vết nứt ở một phần nhất định, khi đường cong có một phần thay đổi mạnh trong đó độ dài "a" của vết nứt thay đổi mạnh so với sự thay đổi về số  $N$  của ứng suất theo chu kỳ, đường cong được hiệu chỉnh bằng cách vẽ một đường tiếp tuyến ở phần lồi về phía trên của phần thay đổi mạnh từ vùng lân cận của điểm gốc.

7. Thiết bị xử lý thông tin (100) theo điểm 6, trong đó mối tương quan giữa độ sâu của các vết nứt và mức độ gây đảo được tính toán dựa trên thay đổi ứng suất theo thời gian ở độ sâu của vết nứt đang phát triển trong bộ phận, đặc tính phá vỡ do đảo, trị số đo được số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ trước khi vết nứt xuất hiện ở một phần.

8. Thiết bị xử lý thông tin (100) theo điểm 6 hoặc 7, thiết bị này bao gồm:

phương tiện thu nhận, từ người sử dụng, độ dài của vết nứt xuất hiện trên bề mặt của một phần nhất định;

phương tiện dự đoán độ sâu của vết nứt xuất hiện ở một phần nhất định dựa trên độ dài của vết nứt; và

phương tiện xác định độ sâu được dự đoán của vết nứt làm trị số ban đầu cần sử dụng trong việc dự đoán sự phát triển của vết nứt ở một phần nhất định.

9. Thiết bị xử lý thông tin (100) theo điểm 8, trong đó trị số thu được bằng cách nhân độ dài thu được của vết nứt xuất hiện trên bề mặt của một phần nhất định với 1/3 được dùng làm trị số dự đoán cho độ sâu của vết nứt xuất hiện trong một phần nhất định.

10. Thiết bị xử lý thông tin (100) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 6 đến 9 bao gồm:

phương tiện thu được mức phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(a)$  theo chiều sâu thu được trong trường hợp không có vết nứt đối với mỗi phần trên bộ phận bằng cách:

chọn, trong số các đặc tính ứng suất-biến dạng đã biết, đặc tính thỏa mãn

các phương trình sau:

$$1/N_f = 1/N_{pp} + 1/N_{cp},$$

$$\Delta\varepsilon_{cp} = A2 \times N_{cp}^{-\alpha2}, \text{ và}$$

$$\Delta\varepsilon_{pp} = A1 \times N_{pp}^{-\alpha1}$$

trong đó  $N_f$  là số lần đã biết xuất hiện vết nứt ở một phần,  $N_{cp}$  là số lần xuất hiện các vết nứt thuộc loại cp (biến dạng dãn kéo căng + biến dạng dẻo do nén) trong phân chia khoảng biến dạng,  $N_{pp}$  là số lần xuất hiện các vết nứt thuộc loại pp (biến dạng dẻo do kéo căng + biến dạng dẻo do nén) trong phân chia khoảng biến dạng,  $\Delta\varepsilon_{cp}$  là phạm vi biến dạng cp trong phân chia khoảng biến dạng,  $\Delta\varepsilon_{pp}$  là khoảng biến dạng pp trong phân chia khoảng biến dạng, và  $A1$ ,  $A2$ ,  $\alpha1$ , và  $\alpha2$  đều là các hằng số tính thử nghiệm; và

xác định sự phân bố ứng suất  $\Delta\sigma(0)$  của phần trong trường hợp không có vết nứt ở một phần dựa trên đặc tính ứng suất-biến dạng đã chọn để thực hiện phân tích số dựa trên  $\Delta\sigma(0)$ ; và

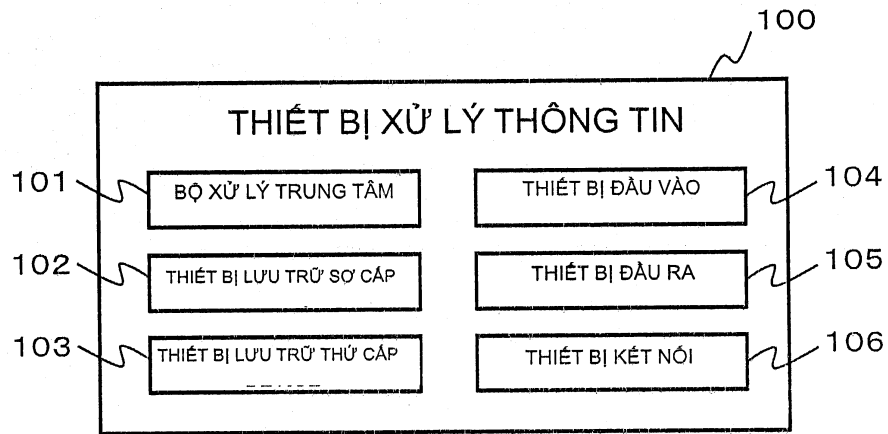
phương tiện dự đoán sự phát triển của vết nứt ở một phần theo mức phân bố ứng suất thu được  $\Delta\sigma(a)$  và các phương trình sau (định luật Paris):

$$da/dN = C \times (\Delta K)^m, \text{ và}$$

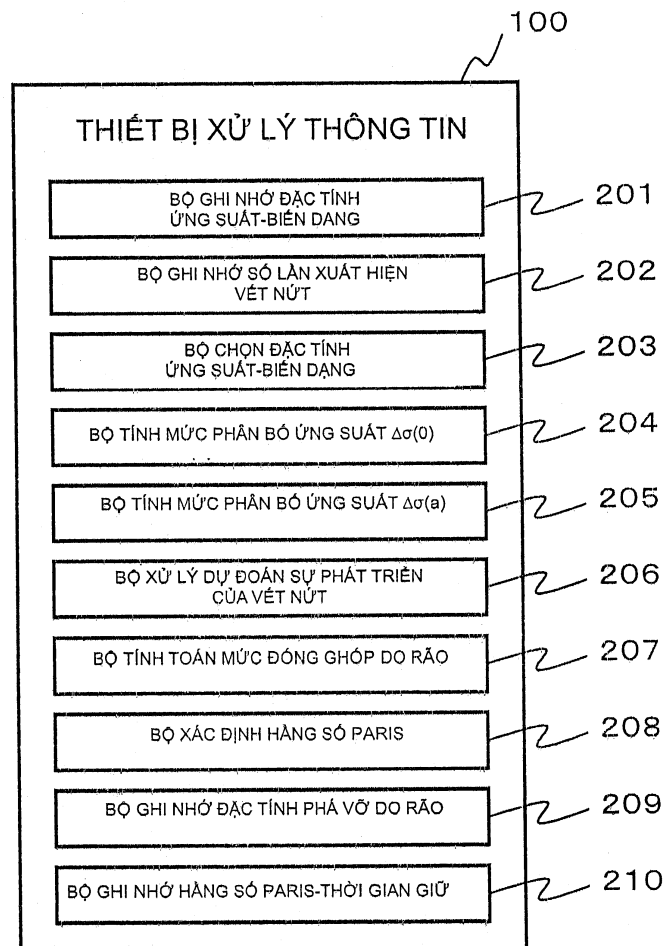
$$\Delta K = \Delta\sigma(a) \times (\pi \times a)^{1/2}$$

trong đó "a" là độ sâu vết nứt, N là số lần xuất hiện ứng suất theo chu kỳ, C và m là các hằng số được xác định cho bộ phận, và  $\Delta K$  là khoảng xác định của hệ số cường độ ứng suất.

【Fig1】

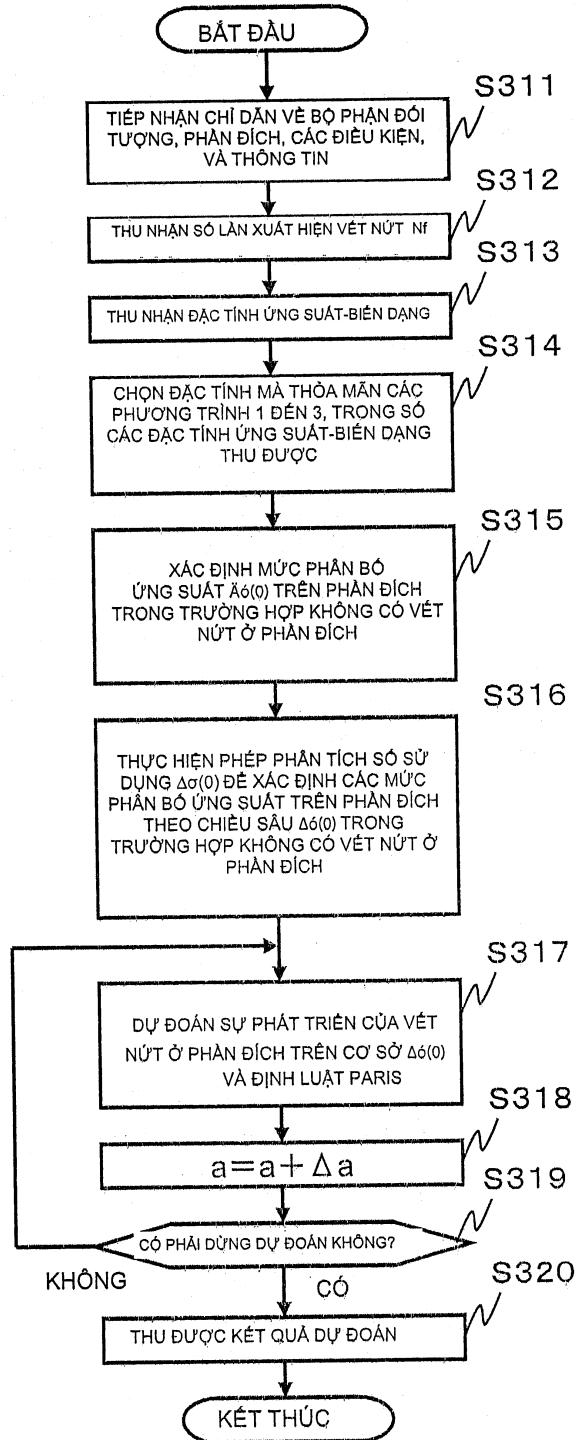


【Fig2】



【Fig3】

XỬ LÝ DỰ ĐOÁN SỰ PHÁT TRIỂN CỦA  
VẾT NỨT S300

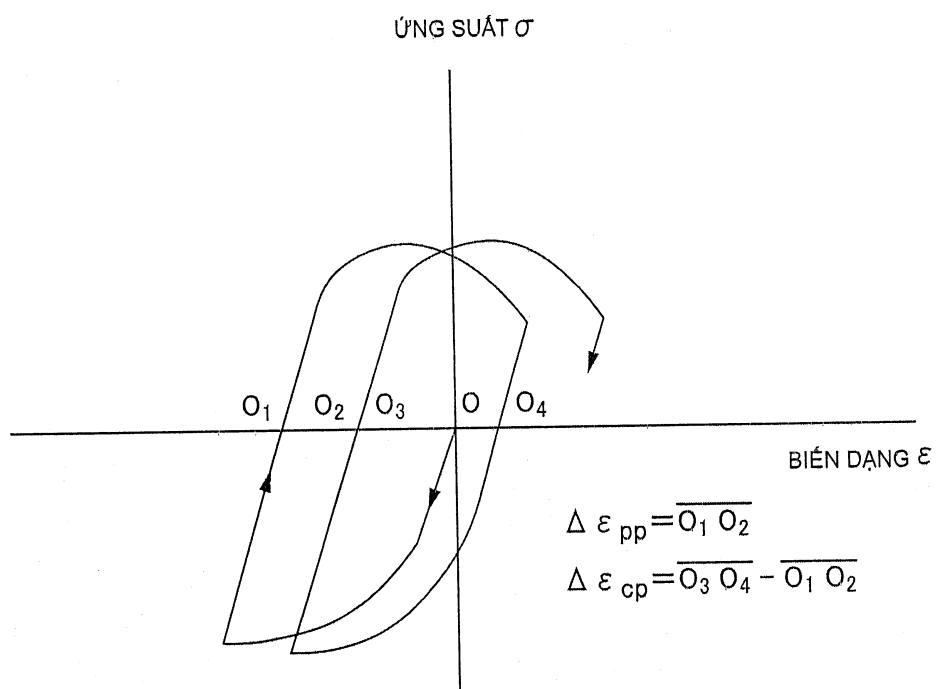


【Fig4】

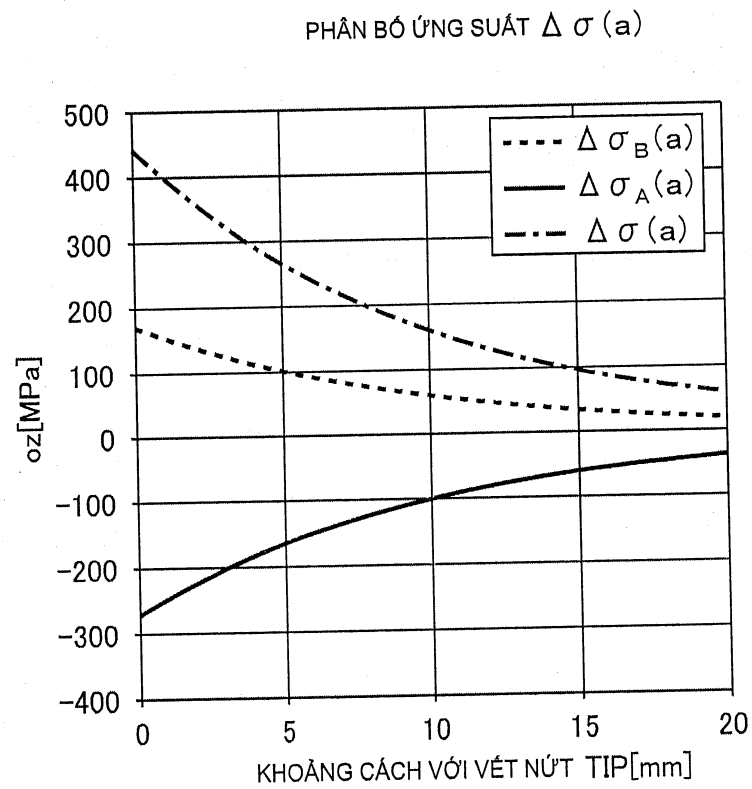
| CÁC NỘI DUNG ĐIỀU CHỈNH                  | CỬA SỐ ĐẦU VÀO   | ĐƠN VỊ  | CÁC LƯU Ý                                                                        |
|------------------------------------------|------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------|
| VẬT LIỆU                                 | THÉP ĐÚC Cr-Mo-V | —       | CHỈ KHẢ DỤNG VỚI THÉP ĐÚC Cr-Mo-V                                                |
| NHIỆT ĐỘ HƠI NƯỚC                        | 540              | °C      |                                                                                  |
| ÁP SUẤT HƠI NƯỚC                         | 3                | MPa     |                                                                                  |
| PHÂN XUẤT HIỆN VẾT NỨT                   | PHẦN RÃNH KHÁC   | —       | CHỌN TỪ DANH SÁCH                                                                |
| SỐ LẦN HƯ HỒNG DO XUẤT HIỆN VẾT NỨT      | 617              | CÁC LẦN |                                                                                  |
| ĐỘ DÀI CỦA VẾT NỨT TRÊN BỀ MẶT HIỆN TẠI  | 20               | mm      |                                                                                  |
| ĐỘ SÂU CỦA VẾT NỨT BAN ĐẦU ĐƯỢC GIÁ ĐỊNH | 1                | mm      | ĐƯỢC DỰ ĐOÁN TỪ ĐỘ DÀI CỦA VẾT NỨT BỀ MẶT KHI THÔNG TIN ĐẦU VÀO ĐƯỢC LƯU Ý BỎ    |
| $\Delta \sigma$ NẾU ĐƯỢC CUNG CẤP        | 440              | MPa     | SỬ DỤNG CHỨC NĂNG PHÂN VÙNG KHOẢNG BIẾN DẠNG KHI THÔNG TIN ĐẦU VÀO ĐƯỢC LƯU Ý BỎ |

【Fig5】

## ĐẶC TÍNH ỨNG SUẤT-BIẾN DẠNG

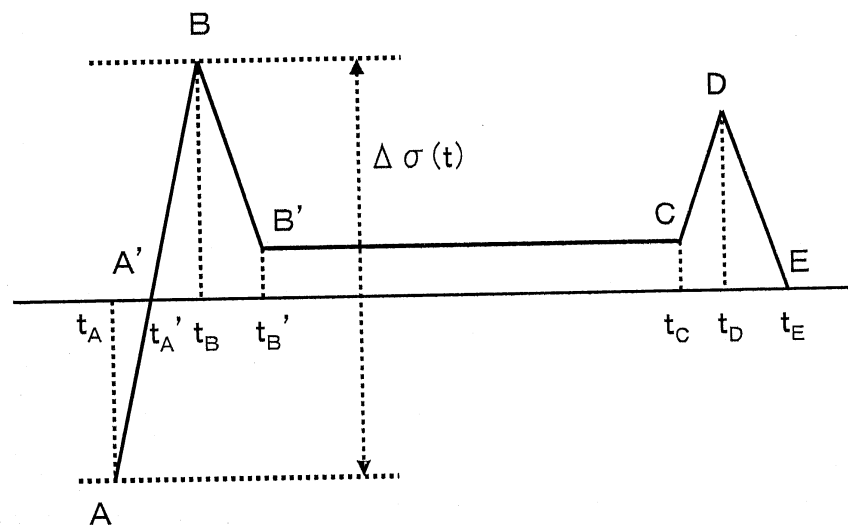


【Fig6】



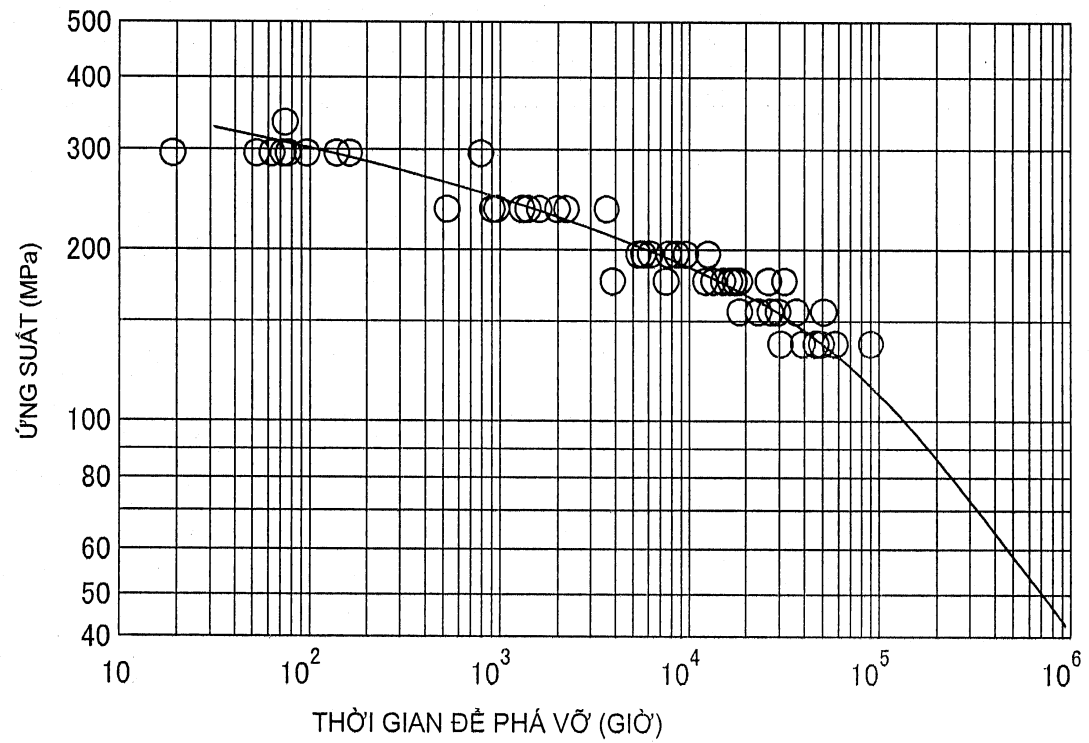
【Fig7】

THAY ĐỔI THEO THỜI GIAN CỦA ỨNG SUẤT Ở ĐỘ SÂU CỦA VẾT NỨT ĐANG PHÁT TRIỂN 700



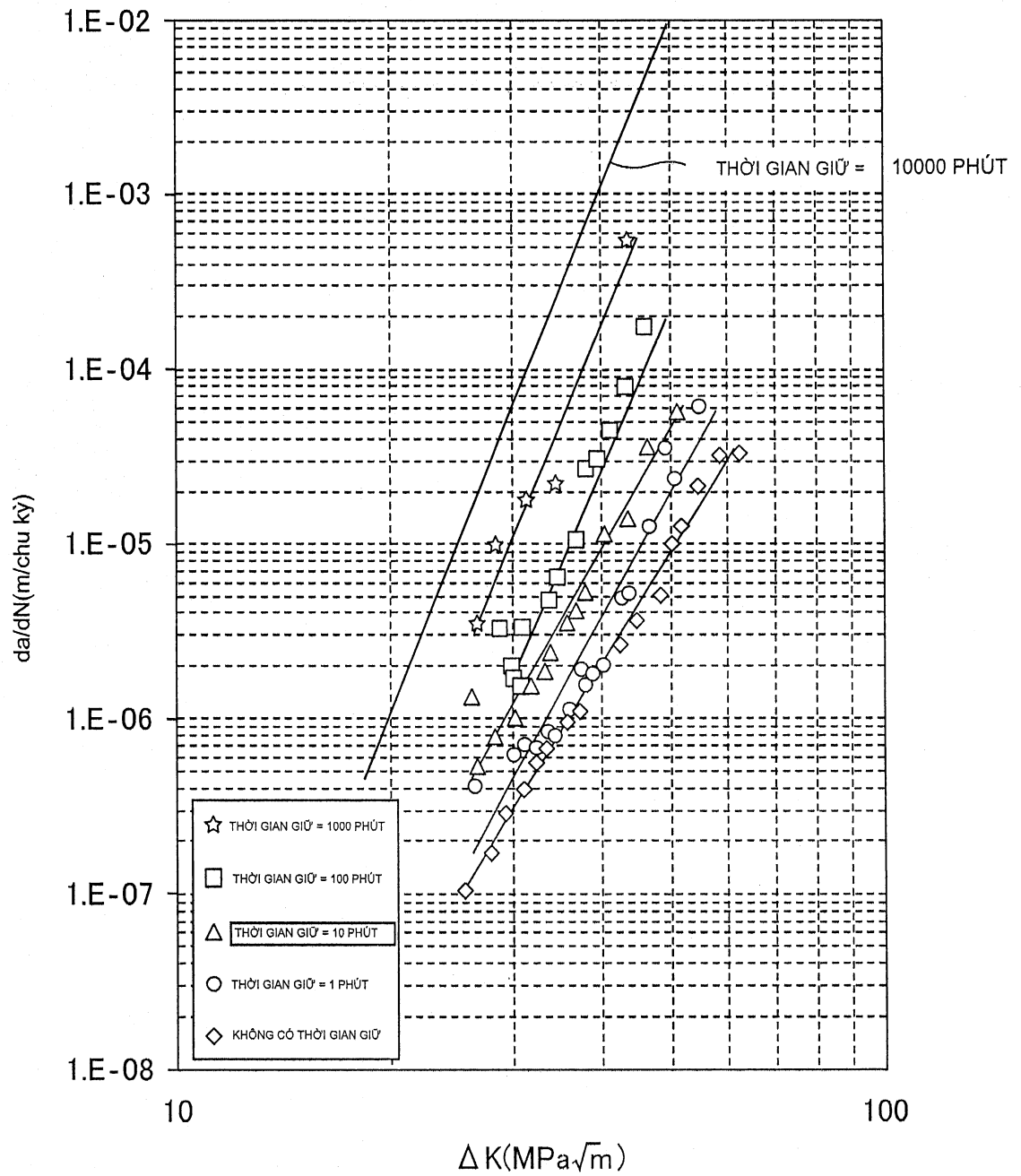
【Fig8】

## ĐẶC TÍNH PHÁ VỠ DO RÃO 800



【Fig9】

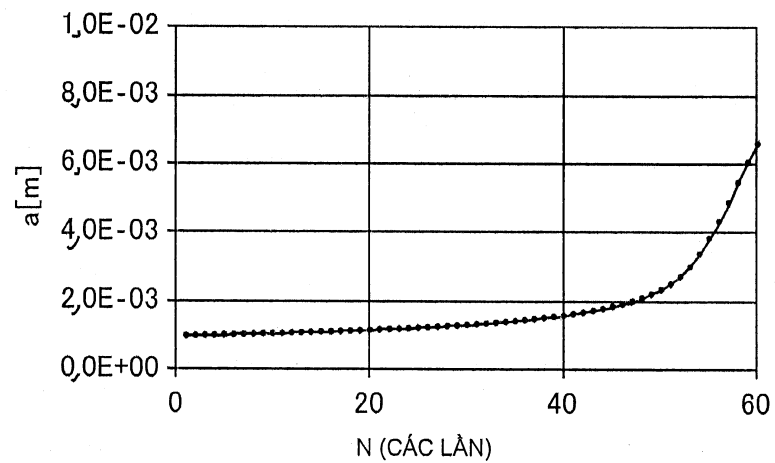
MỐI QUAN HỆ GIỮA CÁC HẰNG SỐ PARIS VÀ THỜI GIAN GIỮ 900



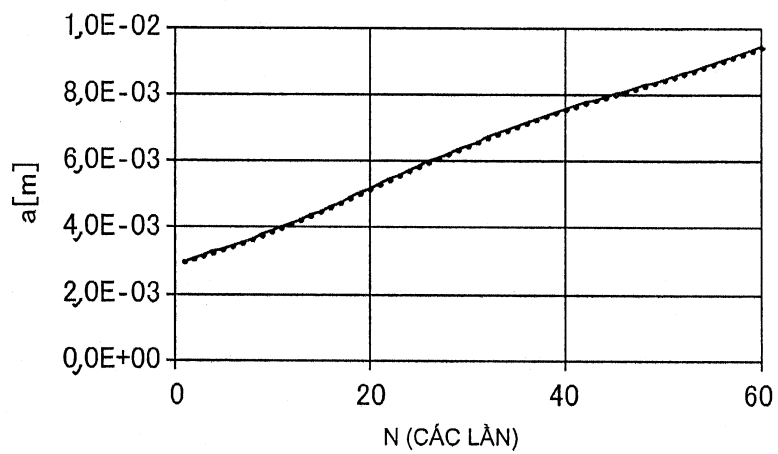
【Fig10】

| ĐỘ SÂU CỦA VẾT NỨT            | DỮ LIỆU ĐƯỢC SỬ DỤNG       |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1 mm < ĐỘ SÂU VẾT NỨT < 3 mm  | THỜI GIAN GIỮ: 10,000 PHÚT |
| 3 mm < ĐỘ SÂU VẾT NỨT < 5 mm  | THỜI GIAN GIỮ: 1,000 PHÚT  |
| 5 mm < ĐỘ SÂU VẾT NỨT < 20 mm | THỜI GIAN GIỮ: 100 PHÚT    |

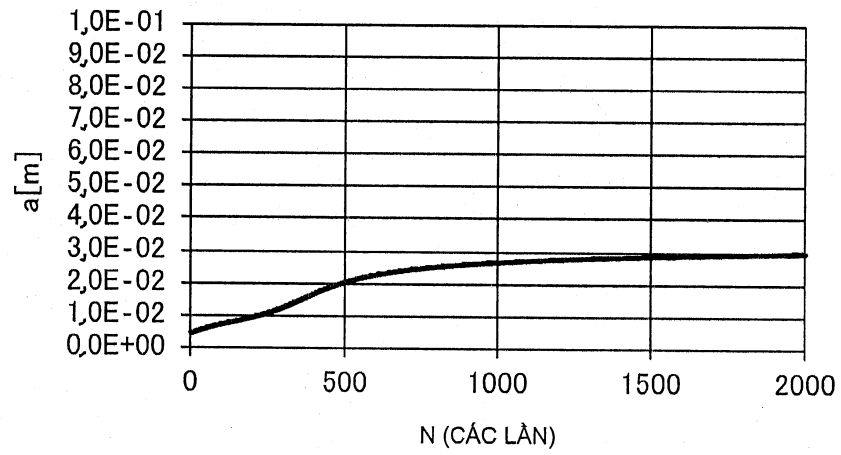
【Fig11】



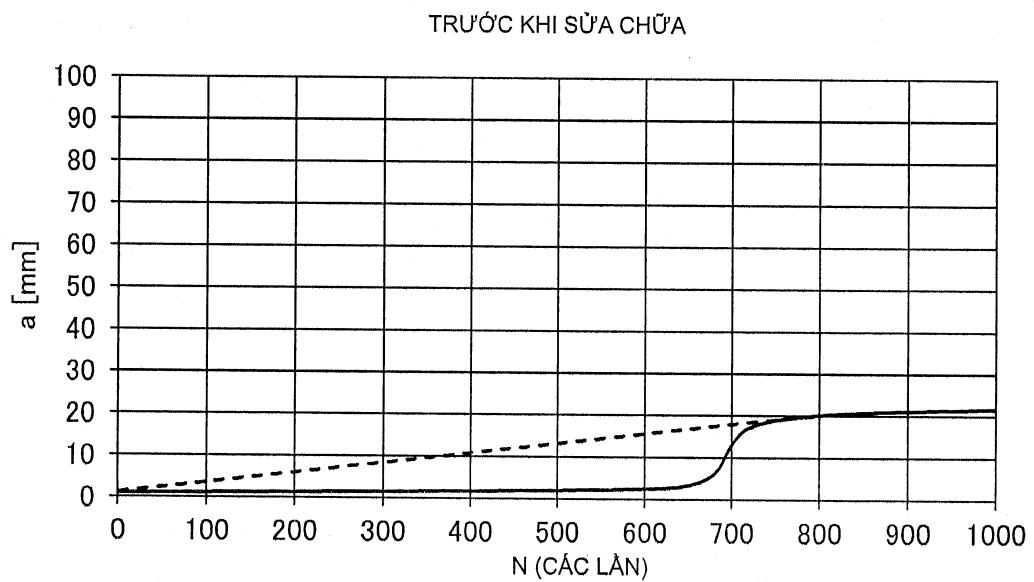
【Fig12】



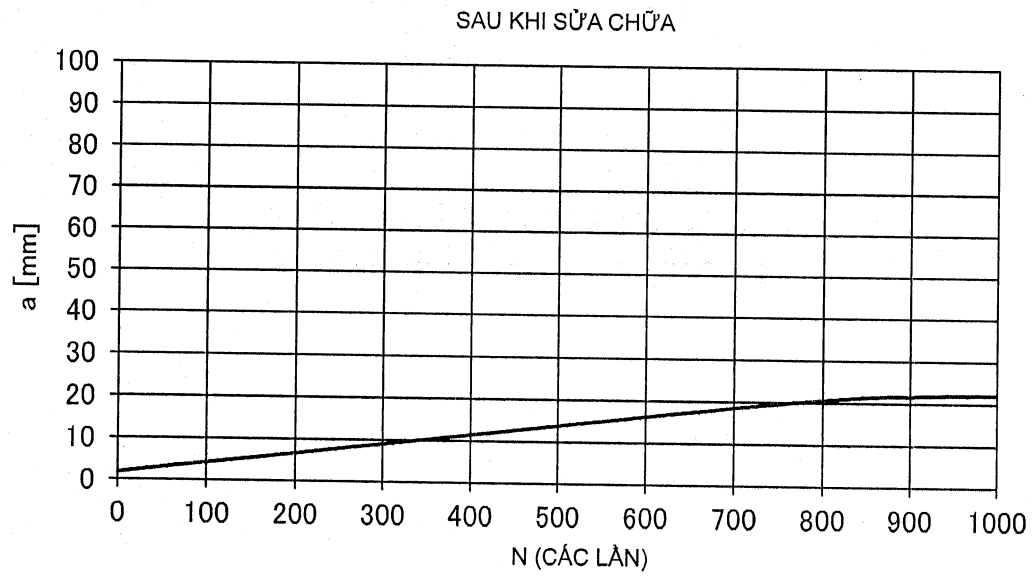
【Fig13】



【Fig14】



【Fig15】



【Fig16】

| CÁC CHU KỲ HOẠT ĐỘNG | 151<br>$\Delta K$<br>(Phương pháp được đơn giản hóa) | 152<br>$\Delta K$<br>(PHƯƠNG PHÁP ĐƯỢC ĐƠN GIẢN) | 153<br>$\Delta K$<br>(PHƯƠNG PHÁP ĐƯỢC ĐƠN GIẢN HÓA)                | 154<br>$\Delta J_0$<br>(PHƯƠNG PHÁP PHỨC TẠP) |
|----------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| CÁC ĐIỀU KIỆN        |                                                      | KHÔNG CUNG CẤP BỀ MẶT $\Delta \sigma$            | KHÔNG CUNG CẤP BỀ MẶT $\Delta \sigma$ VÀ ĐỘ SÂU CỦA VẾT NỨT BAN ĐẦU |                                               |
| 1 LẦN                | 1,01 [mm]                                            | 1,02 [mm]                                        | 6,87 [mm]                                                           | 1,00 [mm]                                     |
| 50 LẦN               | 4,57 [mm]                                            | 8,36 [mm]                                        | 13,81 [mm]                                                          | 2,67 [mm]                                     |
| 500 LẦN              | 21,28 [mm]                                           | 31,80 [mm]                                       | 32,33 [mm]                                                          | 20,0 [mm]                                     |
| 1000 LẦN             | 27,11 [mm]                                           | 35,14 [mm]                                       | 35,32 [mm]                                                          | 20,0 [mm]                                     |

【Fig17】

PHẦN R

| ĐỘ SÂU<br>[m] | MỨC ĐỘ<br>PHÂN BỐ<br>ỨNG SUẤT<br>[MPa] |
|---------------|----------------------------------------|
| 0,000         | 356,7                                  |
| 0,010         | 245,2                                  |
| 0,020         | 131,0                                  |
| 0,030         | 47,1                                   |
| 0,040         | 11,2                                   |
| 0,050         | 11,2                                   |
| 0,060         | 11,2                                   |
| 0,100         | 11,2                                   |
| 0,200         | 11,2                                   |
| 0,300         | 11,2                                   |
| 0,400         | 11,2                                   |
| 0,500         | 11,2                                   |
| 0,600         | 11,2                                   |
| 0,700         | 11,2                                   |
| 0,800         | 11,2                                   |
| 0,900         | 11,2                                   |
| 1,000         | 11,2                                   |
| 1,000         | 11,2                                   |

PHẦN RÃNH KHÁC

| ĐỘ SÂU<br>[m] | MỨC ĐỘ PHÂN<br>BỐ ỨNG<br>SUẤT<br>[MPa] |
|---------------|----------------------------------------|
| 0,000         | 440,0                                  |
| 0,001         | 419,0                                  |
| 0,002         | 396,0                                  |
| 0,003         | 378,0                                  |
| 0,004         | 338,0                                  |
| 0,005         | 308,0                                  |
| 0,006         | 278,0                                  |
| 0,007         | 254,0                                  |
| 0,008         | 231,0                                  |
| 0,009         | 222,0                                  |
| 0,010         | 212,0                                  |
| 0,042         | 25,0                                   |
| 0,500         | 25,0                                   |
| 0,600         | 25,0                                   |
| 0,700         | 25,0                                   |
| 0,800         | 25,0                                   |
| 0,900         | 25,0                                   |
| 1,000         | 25,0                                   |

【Fig18】

PHẦN R

| ĐỘ SÂU<br>[m] | PHẦN ĐÓNG<br>GHÓP DO<br>RÃO (%) |
|---------------|---------------------------------|
| 0,000         | 10,40                           |
| 0,005         | 7,25                            |
| 0,010         | 5,06                            |
| 0,015         | 3,43                            |
| 0,020         | 2,32                            |
| 0,025         | 1,06                            |
| 0,030         | 0,48                            |
| 0,035         | 0,48                            |
| 0,040         | 0,48                            |
| 0,045         | 0,48                            |
| 0,050         | 0,48                            |
| 0,500         | 0,48                            |
| 0,600         | 0,48                            |
| 0,700         | 0,48                            |
| 0,800         | 0,48                            |
| 0,900         | 0,48                            |
| 1,000         | 0,48                            |
| 1,000         | 0,43                            |

PHẦN RĂNG KHÁC

| ĐỘ SÂU<br>[m] | PHẦN ĐÓNG<br>GHÓP<br>DO RÃO (%) |
|---------------|---------------------------------|
| 0,000         | 17,00                           |
| 0,001         | 17,00                           |
| 0,003         | 17,00                           |
| 0,004         | 17,00                           |
| 0,005         | 17,00                           |
| 0,006         | 3,70                            |
| 0,007         | 3,70                            |
| 0,008         | 3,70                            |
| 0,009         | 3,70                            |
| 0,010         | 3,70                            |
| 0,012         | 1,40                            |
| 0,014         | 1,40                            |
| 0,016         | 1,40                            |
| 0,018         | 1,40                            |
| 0,020         | 1,40                            |
| 0,022         | 1,40                            |
| 0,024         | 1,40                            |
| 0,500         | 1,40                            |

【Fig19】

PHẦN R

| PHẦN ĐÓNG GHÓP DO RÃO (%) | C        | m     | THỜI GIAN GIỮ (THAM CHIẾU) [giờ] |
|---------------------------|----------|-------|----------------------------------|
| 0,01                      | 4,14E-18 | 7,46  |                                  |
| 0,11                      | 5,89E-18 | 7,46  |                                  |
| 0,21                      | 5,41E-18 | 7,58  |                                  |
| 0,28                      | 4,96E-18 | 7,71  |                                  |
| 0,34                      | 7,17E-17 | 6,97  | 10,0                             |
| 0,61                      | 4,17E-18 | 7,95  |                                  |
| 0,87                      | 3,83E-18 | 8,07  | 31,6                             |
| 1,14                      | 3,83E-18 | 8,07  |                                  |
| 1,40                      | 7,17E-22 | 10,50 | 100,0                            |
| 1,98                      | 3,22E-18 | 8,32  |                                  |
| 2,55                      | 2,71E-18 | 8,56  | 316,2                            |
| 3,13                      | 2,71E-18 | 8,56  |                                  |
| 3,70                      | 5,86E-20 | 9,69  | 1000,0                           |
| 7,03                      | 2,28E-18 | 8,81  |                                  |
| 10,35                     | 1,92E-18 | 9,05  | 3162,3                           |
| 13,68                     | 1,92E-18 | 9,05  |                                  |
| 17,00                     | 2,90E-18 | 9,02  | 10000,0                          |
| 17,00                     | 2,90E-18 | 9,02  | 10001,0                          |

PHẦN RÃNH KHÁC

| PHẦN ĐÓNG GHÓP DO RÃO [%] | C        | m     | THỜI GIAN GIỮ (THAM CHIẾU) [giờ] |
|---------------------------|----------|-------|----------------------------------|
| 0,01                      | 4,14E-18 | 7,46  |                                  |
| 0,11                      | 5,89E-18 | 7,46  |                                  |
| 0,21                      | 5,41E-18 | 7,58  |                                  |
| 0,28                      | 4,96E-18 | 7,71  |                                  |
| 0,34                      | 7,17E-17 | 6,97  | 10,0                             |
| 0,61                      | 4,17E-18 | 7,95  |                                  |
| 0,87                      | 3,83E-18 | 8,07  | 31,6                             |
| 1,14                      | 3,83E-18 | 8,07  |                                  |
| 1,40                      | 7,17E-22 | 10,50 | 100,0                            |
| 1,98                      | 3,22E-18 | 8,32  |                                  |
| 2,55                      | 2,71E-18 | 8,56  | 316,2                            |
| 3,13                      | 2,71E-18 | 8,56  |                                  |
| 3,70                      | 5,86E-20 | 9,69  | 1000,0                           |
| 7,03                      | 2,28E-18 | 8,81  |                                  |
| 10,35                     | 1,92E-18 | 9,05  | 3162,3                           |
| 13,68                     | 1,92E-18 | 9,05  |                                  |
| 17,00                     | 2,90E-18 | 9,02  | 10000,0                          |
| 17,00                     | 2,90E-18 | 9,02  | 10001,0                          |