

Chi tiết lắp xiết – Phương pháp thử độ bền mỏi theo tải trọng dọc trục

Fasteners – Test methods of Axial load fatigue

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này qui định các điều kiện để tiến hành phép thử độ bền mỏi theo tải trọng dọc trục cho các chi tiết lắp xiết có ren và phương pháp đánh giá các kết quả thử.

Nếu không có qui định nào khác, phép thử được thực hiện ở nhiệt độ trong phòng, lực tác dụng phải trùng với đường dọc trục của chi tiết lắp xiết. Không tính ảnh hưởng của độ gá đến ứng suất của chi tiết được thử.

Tiêu chuẩn này áp dụng khi thử độ bền mỏi theo tải trọng dọc trục cho các chi tiết lắp xiết có ren.

2 Ký hiệu và tên gọi

Xem bảng 1

Bảng 1 – Ký hiệu và tên gọi

Ký hiệu	Tên gọi
A_{d3}	Diện tích ứng với đường kính trong danh nghĩa $A_{d3} = \pi \frac{d_3^2}{4}$
A_s	Diện tích tính ứng suất $A_s = \frac{\rho}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$ Diện tích dùng để tính toán ứng suất trung bình và biên độ ứng suất, được chọn theo thỏa thuận giữa người cung cấp và người sử dụng, có thể dùng A_{d3}
d	Kích thước danh nghĩa của ren vít cấy kiểm tra tải
d_1	Đường kính trong của ren
d_2	Đường kính trung bình của ren
d_3	Đường kính trong danh nghĩa của ren $d_3 = d_1 - H/6$
d_a	Đường kính tại điểm tiếp tuyến với prôphin ren
d_h	Đường kính lỗ thoát
d_s	Đường kính của thân vít cấy kiểm tra tải
D	Đường kính danh nghĩa của ren bạc lỏng cho thử
F	Tải trọng kéo đứt
$F_{0,2}$	Tải trọng kéo đứt ở ứng suất thử $R_{p0,2}$
F_a	Biên độ tải trọng
ΔF_{all}	Số gia của các biên độ tải trọng trong phạm vi chuyển tiếp
F_A	Biên độ tải trọng ở giới hạn bền mỏi
F_m	Tải trọng trung bình
H	Chiều cao prôphin ren
N	Số chu kỳ ứng suất
N_G	Số chu kỳ ứng suất khi ngừng thử mà không có sự phá hủy (số chu kỳ cơ cơ)
p	Xác suất phá hủy
p_t	Xác suất phá hủy trong phạm vi tuổi thọ có giới hạn
p_t	Xác suất phá hủy trong phạm vi chuyển tiếp
P	Bước ren
$R_{m,min}$	Độ bền kéo nhỏ nhất

Bảng 1 (tiếp theo và kết thúc)

Ký hiệu	Tên gọi
R_S	Tỷ số ứng suất không đổi $\sigma_{\min} / \sigma_{\max}$
s	Chiều rộng của mặt đầu hình sáu cạnh
$S(F_A)$	Độ lệch chuẩn của tải trọng mỏi
$S(\sigma_A)$	Độ lệch chuẩn của của độ bền mỏi
$S(\log N)$	Độ lệch chuẩn của logarit tuổi thọ
α, β	Các hệ số của đường hồi qui đối với phần nghiêng của đường cong S/N
σ_a	Biên độ ứng suất
σ_A	Biên độ ứng suất tại giới hạn mỏi
σ_{ax}	Ứng suất kéo chiều trục
σ_b	Ứng suất uốn
σ_m	Ứng suất trung bình
σ_{\min}	Ứng suất nhỏ nhất
σ_{\max}	Ứng suất lớn nhất
$\sigma_{M\min}$	Ứng suất nhỏ nhất tại giới hạn mỏi
$\sigma_{M\max}$	Ứng suất lớn nhất tại giới hạn mỏi
σ_{AN}	Độ bền mỏi ứng với N chu kỳ
σ_{AN}	Giới hạn mỏi ngắn hạn ứng với $N = 5 \times 10^4$ chu kỳ
σ_{AB}	Giá trị ước lượng của độ bền trong phạm vi tuổi thọ có giới hạn tại $N = 1 \times 10^6$
$\sigma_{a,i}$	Biên độ ứng suất ở phép thử thứ i trong phạm vi tuổi thọ có giới hạn
$\sigma_{a,j}$	Biên độ ứng suất ở phép thử thứ j bằng phương pháp cầu thang
$\Delta\sigma_{al}$	Khoảng biên độ ứng suất của phép thử tại phạm vi tuổi thọ có giới hạn (phần nghiêng của đường cong S/N)
$\Delta\sigma_{all}$	Số gia của các mức biên độ ứng suất trong phạm vi chuyển tiếp

Chú thích

Ký hiệu — được dùng trong trường hợp các giá trị σ_a hoặc $\log N$ được rút ra từ đường hồi qui, ví dụ σ_a hoặc

$\log N$

3 Nguyên lý

Thực hiện phép thử cho các chi tiết kẹp chặt có ren để xác định tính chất mỏi như đã chỉ ra trên đường cong Wohler (đường cong S/N) chi tiết kẹp chặt có ren cần thử được lắp trong một máy thử mỏi bằng tải trọng chiếu trực và chịu tải trọng kéo dao động.

Có thể dùng các phép thử với ứng suất trung bình không thay đổi σ_m hoặc tỷ số ứng suất không thay đổi $R_S = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$. Thường dùng ứng suất trung bình không thay đổi để xác định tuổi thọ không giới hạn (xem trường hợp C trên hình 10)

Tỷ số ứng suất không thay đổi thường được dùng cho thử chấp nhận chất lượng (xem trường hợp a trên hình 10).

Tiếp tục phép thử cho tới khi mẫu thử bị phá hủy hoặc số chu kỳ ứng suất đã vượt quá một số xác định trước. Thông thường số chu kỳ thử được xác định bởi vật liệu hoặc độ bền mỏi của mẫu thử. Nếu không có qui định nào khác, mẫu thử được coi là bị phá hủy khi đứt gãy thành hai phần riêng biệt nhau.

4 Thiết bị

4.1 Máy thử

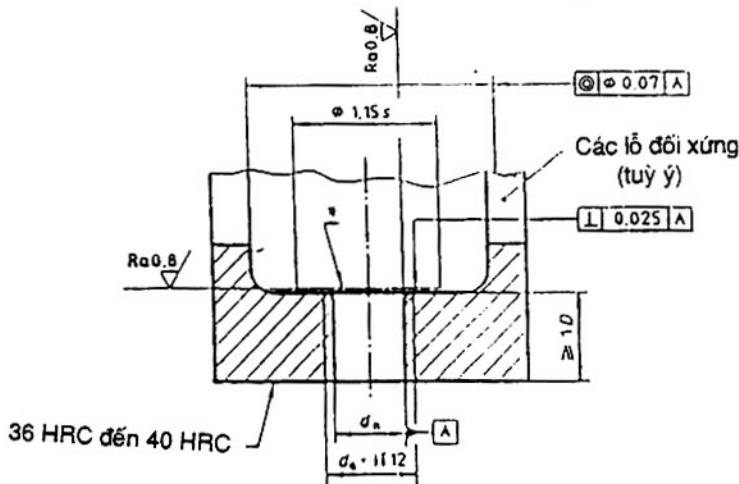
Máy thử phải có khả năng duy trì một cách tự động tải trọng trong phạm vi $\pm 2\%$ giá trị yêu cầu trong suốt quá trình thử và phải được trang bị một khí cụ để đếm và ghi số chu kỳ tổng khi thử. Máy thử phải được hiệu chuẩn định kỳ để bảo đảm độ chính xác này. Dải tần số thử phải ở trong khoảng 4,2Hz đến 250Hz. Máy thử phải tạo ra tải trọng dao động hình sin tác dụng vào mẫu thử.

Máy thử phải có một cơ cấu để phòng sự tự khởi động lại sau khi máy ngừng do mất điện.

4.2 Đố gá thử

Đố gá thử phải có khả năng truyền tải trọng dọc trục cho mẫu thử. Các yêu cầu cơ bản được cho trên hình 1 và 2. Không nên dùng các cơ cấu tự chỉnh độ thẳng, xem 5.3.

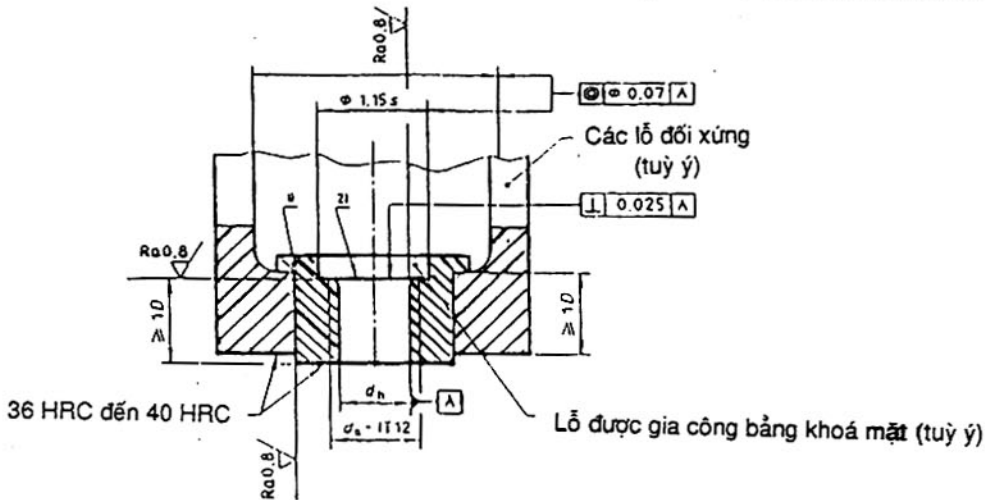
Dung sai độ vuông góc và độ đồng tâm tính bằng milimét, nhám bề mặt tính bằng micromét



Bề mặt được thấm carbon sâu từ 0,25 mm: độ cứng lớn nhất 60 HRC; độ cứng nhỏ nhất lớn hơn độ cứng của chi tiết thứ 5 HRC.

Hình 1- Đồ gá không có bạc lỏng

Dung sai độ vuông góc và độ đồng tâm tính bằng milimét; nhám bề mặt tính bằng micromét.



Việc dùng một bạc lỏng không ảnh hưởng đến độ cứng vững của đồ gá thử

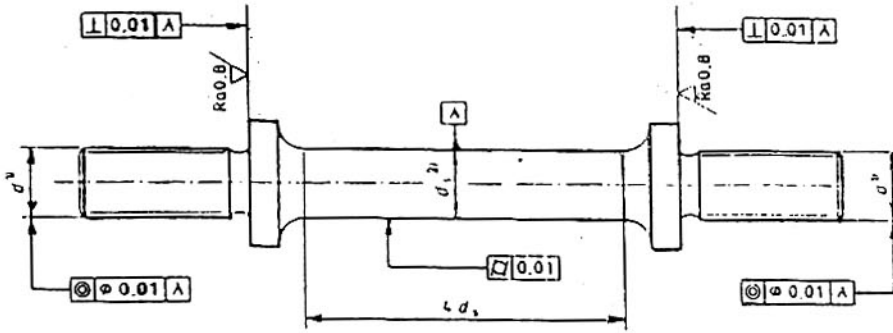
Bề mặt được thấm carbon sâu từ 0,25 mm đến 0,5 mm, độ cứng lớn nhất 60 HRC, độ cứng nhỏ nhất lớn hơn độ cứng của chi tiết thứ 5 HRC.

Hình 2 - Đồ gá có bạc lỏng

4.3 Độ thẳng khi thử

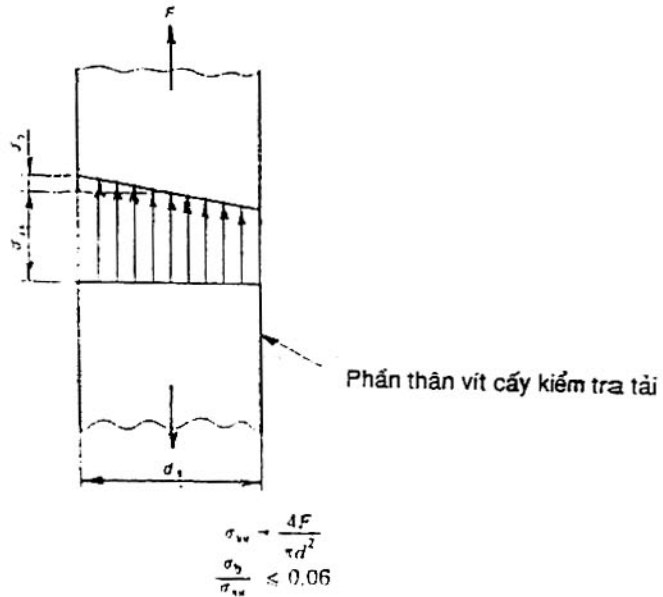
Phải định kỳ kiểm tra độ thẳng của mẫu thử bằng cách dùng một vít cấy kiểm tra tải (xem hình 3) cùng với bốn ứng suất kế đặt cách nhau 90° xung quanh trục của vít cấy và nằm trên các mặt phẳng chứa đường dọc trục. Chiều dài của phần thân vít cấy phải bằng bốn lần đường kính của vít. Khi đo ở 50 % phạm vi tải được sử dụng trên máy, hiệu giữa ứng suất lớn nhất $\sigma_{\max} + \sigma_b$ và ứng suất kéo danh nghĩa σ_{xx} không được vượt quá 6 % ứng suất kéo danh nghĩa (xem hình 4). Không nên dùng các cơ cấu tự chỉnh độ thẳng. Nếu dùng các cơ cấu này thì phải kiểm tra độ thẳng một cách cẩn thận bởi vì sự chất tải lệch tâm có thể gây ra sai lệch lớn cho kết quả thử.

Dùng sai độ vuông góc và độ đồng tâm tính bằng milimét, nhám bề mặt tính bằng micromét.



- 1) Dung sai của ren vít là 4h.
- 2) $d_s = d$

Hình 3 – Vít cấy kiểm tra tải



Hình 4 – Phân bố ứng suất trên thân của vít cấy kiểm tra tải

4.4 Bạc lỏng có ren trong

Để thử mọi các sản phẩm tiêu chuẩn phải dùng đai ốc tiêu chuẩn hoặc bạc lỏng có ren trong.

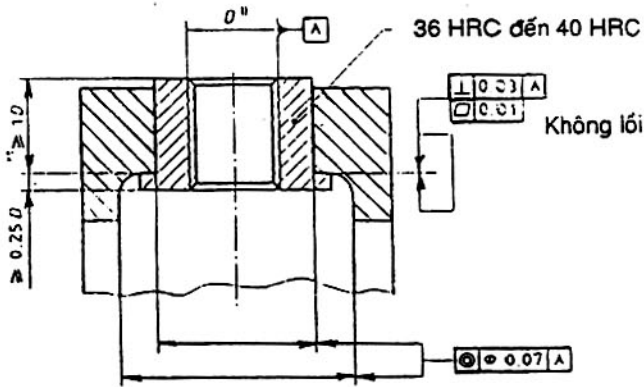
Nếu sử dụng bạc lỏng có ren trong phù hợp với hình 5 thì phải mô tả bạc phù hợp với điều 7.2 của báo cáo thử :

4.5 Vòng đệm thử

Có thể dùng một vòng đệm thử được vát cạnh ở mặt tiếp xúc với phần bên dưới đầu bu lông hoặc đố gá được vát cạnh. Đường kính lớn nhất tại điểm ứng với góc vát 45° phải bằng đường kính tại điểm tiếp tuyến với pôphin ren (d_2) với dung sai là $+IT12$ (xem hình 6). Các bề mặt của vòng đệm phải song song với nhau với phạm vi dung sai 0,01 mm. Độ cứng của bề mặt vòng đệm phải bằng độ cứng của bề mặt đối tiếp của đố gá.

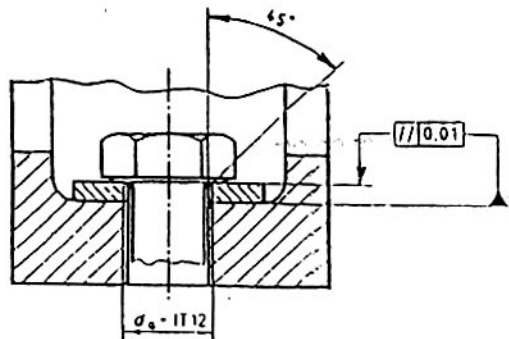
Nếu sử dụng vòng đệm thử thì phải ghi trong báo cáo thử (xem 7.3).

Dung sai độ phẳng, độ vuông góc
và độ đồng tâm tính bằng milimét



1) Dung sai ren 6h.

Hình 5 – Bạc lỏng có ren để thử

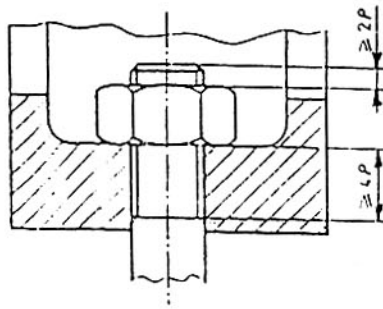


Hình 6 – Vòng đệm thử (đã được lắp)

5 Phương pháp thử

Công suất của máy thử phải được chọn sao cho tải trọng lớn nhất trên mẫu thử không thấp hơn 10% thang tải trọng lớn nhất của máy. Bề mặt tựa của đai ốc hoặc bề mặt của bạc lổ có ren phải được bố trí cách phần không cắt ren của thân chi tiết thử không nhỏ hơn 4 lần bước ren. Đai ốc phải được vặn vào hết chiều dài ren; chiều dài bu lông nhô lên khỏi đai ốc tối thiểu phải bằng hai lần bước ren (xem hình 7). Các đai ốc thử chỉ được sử dụng một lần.

Các bạc lổ có ren có thể được dùng liên tục chừng nào mà chúng còn lắp được dễ dàng với phần có ren ngoài và không xuất hiện các hư hỏng có thể nhìn thấy được



Hình 7 – Vị trí của đai ốc thử

Lắp mẫu thử nhẹ nhàng vào đồ gá sao cho không tạo ra lực cưỡng bức. Không được phép tạo ra ứng suất xoắn trong bộ phận lắp khi vặn đai ốc, nghĩa là chỉ có máy thử mới tạo ra tải trọng trong bộ phận lắp.

Chi tiết kẹp chặt có ren và đai ốc thử phải được làm sạch hoàn toàn và phủ một lớp dầu (dầu SAE20 hoặc loại tương đương) trước khi thử.

Phải chọn tần số thử sao cho nhiệt độ của mẫu thử không tăng quá 50°C trong quá trình thử. Nên đo nhiệt độ tại ren vòng đầu tiên.

Định kỳ kiểm tra tải trọng trong quá trình thử để bảo đảm điều kiện tải không thay đổi.

Điều kiện môi trường có ảnh hưởng đến các kết quả thử mỏi. Do đó, nếu có thể, nên kiểm tra các điều kiện khí chuẩn, đặc biệt là độ ẩm.

6 Đánh giá các kết quả

Chỉ có thể đánh giá so sánh được các giá trị của độ bền mỏi khi tiến hành các phép thử và đánh giá các kết quả thử theo cùng một cách như nhau.

Có thể xác định các giá trị của độ bền mỏi trong vùng giới hạn mỏi ngắn hạn (sự phá hủy các mẫu thử trước khi đạt tới số chu kỳ ứng suất đã định trước, và trong vùng chuyển tiếp, ở đó khi đạt tới số chu kỳ ứng suất đã

định trước (thường từ 5×10^6 đến 10^7 chu kỳ) mẫu thử có thể bị phá hủy hoặc không (xem hình 10). Thử mỗi được thực hiện và đánh giá theo hai phương pháp:

- theo số chu kỳ ứng suất nhỏ nhất ứng với biên độ ứng suất đã định trong vùng giới hạn mỏi và trong vùng chuyển tiếp;
- theo vị trí và độ phân tán của vùng giới hạn mỏi ngắn hạn và vùng chuyển tiếp được xác định bằng các phương pháp thống kê.

6.1 Thử trong vùng giới hạn mỏi ngắn hạn

Thử trong vùng giới hạn mỏi ngắn hạn nhằm xác định các số liệu về giới hạn mỏi ngắn hạn của các chi tiết kẹp chặt có ren và thường được áp dụng cho kiểm tra sản phẩm trong sản xuất, bảo hành chất lượng lúc giao hàng và các trường hợp tương tự. Khi đặc tính của sản phẩm, ứng suất và số chu kỳ ứng suất và các điều kiện khác không được qui định, thì thông thường cần thử ít nhất là 6 sản phẩm. Ngoài ra, phải tiến hành thử với ứng suất trung bình (σ_m) không đổi hoặc với tỷ số (R_S) của ứng suất lớn nhất và ứng suất nhỏ nhất không đổi (thường dùng $R_S = 1/10$).

6.1.1 Thử kiểm tra chất lượng

Phải lấy mẫu thử theo phương pháp xác suất thông kê.

Số lượng mẫu thử cần được tăng lên ít nhất là 10% để cho phép có những trở ngại bất thường trong quá trình thử.

6.1.2 Xác định vị trí và độ nghiêng của vùng giới hạn mỏi ngắn hạn (thử kết cấu)

Độ phân tán của số các chu kỳ ứng suất trong vùng giới hạn mỏi ngắn hạn chỉ có thể xác định gần đúng bằng các phương pháp tính toán thống kê.

Để đánh giá vùng giới hạn mỏi ngắn hạn, phải tiến hành thử mỏi đối với ít nhất là hai mức ứng suất ứng với số chu kỳ ứng suất trong khoảng 10^4 và 5×10^5 chu kỳ.

Số lần thử đối với một mức ứng suất phụ thuộc vào phương pháp đánh giá thống kê đã chọn và độ tin cậy yêu cầu ứng với xác suất phá hủy p_f ; ví dụ $p_f = 10\%$, 50% hoặc 90% .

Số lượng mẫu thử nhỏ nhất không được nhỏ hơn sáu.

Có thể xác định độ phân tán trong vùng giới hạn mỏi ngắn hạn bằng cách sử dụng luật phân bố xác suất nào đó, ví dụ luật phân bố chuẩn Gauss trong lưới đồ thị xác suất Gauss

$$p_i = \frac{3i - 1}{3n + 1}$$

trong đó

p_i là xác suất phá hủy trong vùng giới hạn mỗi ngắn hạn;

i là số thứ tự của mẫu thử;

n là số lượng mẫu thử.

Ví dụ sau đây giải thích cho phương pháp:

$n = 8$ bu lông được thử với biên độ ứng suất không đổi $\sigma_a = 150\text{N/mm}^2$. Các chu kỳ ứng suất đạt được tới khi phá hủy theo thứ tự thời gian là:

$$N = (169, 178, 271, 129, 405, 115, 280, 305) \times 10^3.$$

Số chu kỳ ứng suất được sắp xếp theo thứ tự từ nhỏ đến lớn, kèm theo là số thứ tự i .

Mẫu thử thứ nhất có số chu kỳ ứng suất thấp nhất được gán số thứ tự $i = 1$, mẫu thử thứ n với số chu kỳ ứng suất cao nhất nhận số thứ tự $i = n = 8$.

Các kết quả này trong hệ thống thứ tự hoặc hệ thống đánh giá được cho trong bảng 2.

Bảng 2 – Hệ thống thứ tự để đánh giá thống kê 8 phép thử mỗi với biên độ ứng suất $\sigma_a = 150\text{N/mm}^2$ vùng giới hạn mỗi ngắn hạn

Thứ tự i	1	2	3	4	5	6	7	8
Số chu kỳ ứng suất $N \times 10^3$ (theo thứ tự tăng)	115	129	169	178	271	280	305	405
Xác suất phá hủy p_i , % $p_i = \frac{3i - 1}{3n + 1} \times 100$	8	20	32	44	56	68	80	92

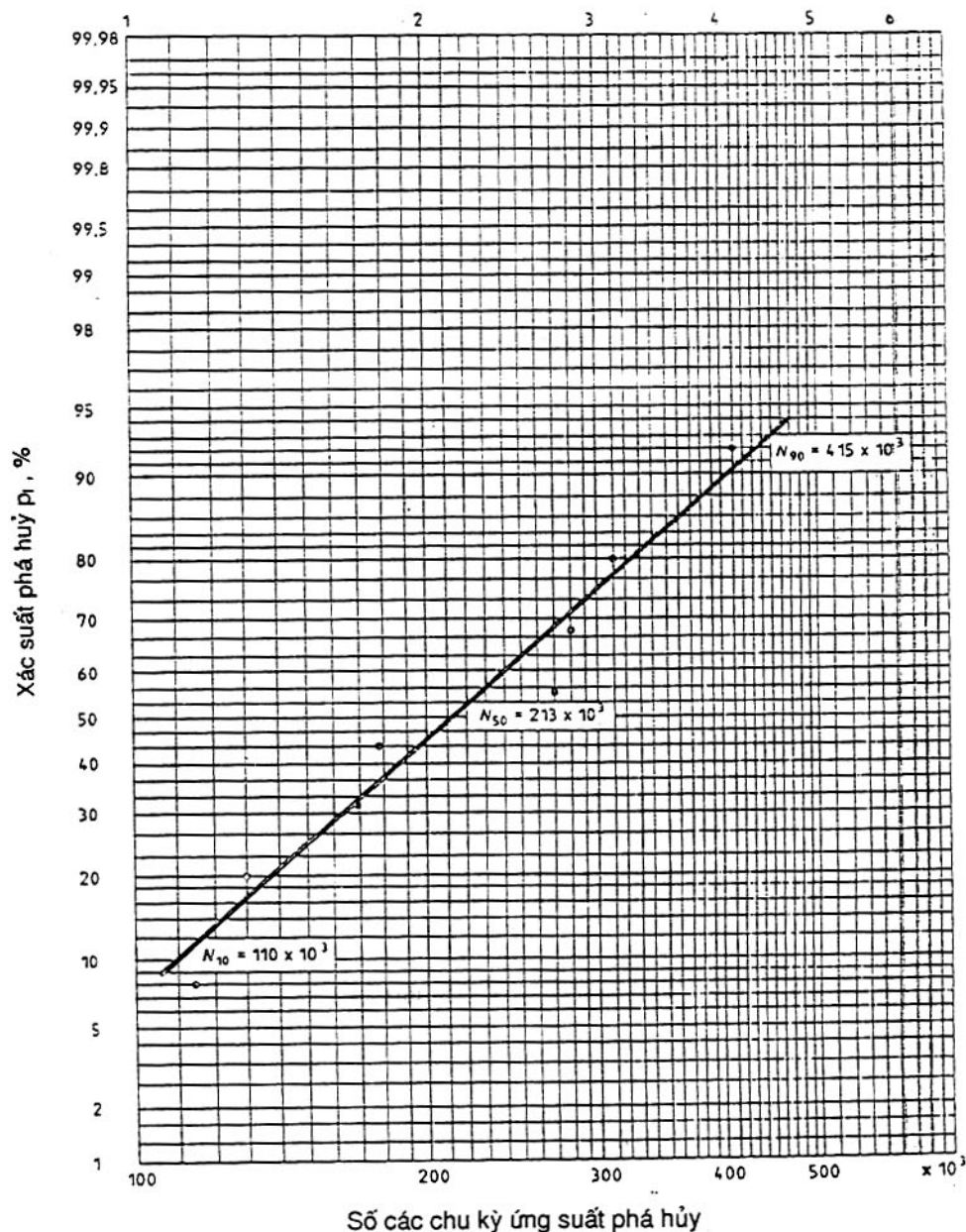
Số chu kỳ ứng suất ứng với các xác suất phá hủy p_i được vẽ trong lưới đồ thị xác suất Gauss (hình 8) và các kết quả riêng lẻ được thay bằng một đường bù (đường hồi qui). Có thể xác định được các giới hạn N_{10} , N_{50} và N_{90} khi sử dụng đường bù này.

Ví dụ: $N_{10} = 110 \times 10^3$, $N_{50} = 213 \times 10^3$ và $N_{90} = 415 \times 10^3$ (nghĩa là 10 % của tất cả các mẫu thử sẽ hư hỏng trong phạm vi số chu kỳ ứng suất 110×10^3 , 50 % trong phạm vi số chu kỳ ứng suất 213×10^3 và 90 % trong phạm vi số chu kỳ ứng suất 415×10^3).

6.2 Thử trong vùng chuyển tiếp (vùng giới hạn mỏi ngắn hạn)

6.2.1 Thực hiện một số chu kỳ ứng suất đã cho mà không xảy ra sự phá hủy

Nếu không có sự thỏa thuận nào khác giữa người sử dụng và người cung cấp, để kiểm tra có thể dùng một số chu kỳ ứng suất nhỏ nhất hoặc phải thử ít nhất là 6 mẫu thử ở biên độ ứng suất đã xác định trước. Mẫu thử cần được tăng lên ít nhất là 10 % để dự phòng cho những trở ngại bất thường trong quá trình thử.



N_{10} , N_{50} , N_{90} = Số các chu kỳ ứng suất với xác suất phá hủy tương ứng 10 %, 50 % hoặc 90 %

Hình 8 – Xác suất phá hủy P_f và số các chu kỳ ứng suất trong vùng giới hạn mỏi ngắn hạn, được xác định trên theo 8 phép thử mỗi với $\sigma_a = 150 \text{ N/mm}^2$

6.2.2 Xác định vị trí và độ lớn vùng chuyển tiếp

Tương tự như đối với vùng giới hạn mỗi ngắn hạn, độ phân tán trong vùng chuyển tiếp chỉ có thể được xác định gần đúng bằng các phương pháp tính toán thống kê

Trong thực tế thường hay dùng hai phương pháp đánh giá thống kê :

- thay đổi từng **nấc** biên độ ứng suất sau mỗi phép thử riêng biệt (phương pháp bậc thang);
- thay đổi **biên độ** ứng suất sau khi thử một số bu lông ở một mức ứng suất không đổi (ví dụ: phương pháp biên, phương pháp arcsin).

Các phương pháp **đánh** giá này dựa trên các hàm mẫu mô tả gần đúng sự phân bố của đại bộ phận các sản phẩm của lô thử. **Do đó** có thể xác định σ_{A50} (độ bền mỏi với xác suất phá hủy 50%) và các giới hạn mỏi trong vùng chuyển **tiếp** (ví dụ : σ_{A10} , σ_{A90}).

Kinh nghiệm đã **chỉ ra** rằng, để có thể xác định được độ bền mỏi σ_{A50} với dung sai $\pm 5\%$ cần có từ 15 đến 20 mẫu thử. Để xác **định** các giới hạn của phạm vi chuyển tiếp, số lượng các mẫu thử phải cao hơn (ví dụ khoảng 20 đến 30 **mẫu** thử đối với σ_{A10}).

Về mặt độ tin cậy **và độ** chính xác của các giá trị thu được, các phương pháp arcsin, phương pháp bậc thang và phương pháp **biên** dựa trên cơ sở luật phân bố Gauss đều cho kết quả tốt gần như nhau trong cùng một điều kiện thử.

6.2.3 Thủ tục của các phương pháp bậc thang, biên và arcsin

6.2.3.1 Phương pháp bậc thang

Thử mẫu thử thứ **nhất** ở một mức ứng suất càng gần với số trung vị của vùng chuyển tiếp càng tốt. Nếu mẫu bị phá hủy cần **giảm** nấc tải cho các mẫu thử tiếp theo (các nấc tải như nhau) cho tới khi không có sự phá hủy. Sau một **mẫu** thử không bị phá hủy cần tăng tải cho tới khi xuất hiện sự phá hủy. Nếu mẫu thử thứ nhất không bị phá hủy **phải** thực hiện trình tự ngược lại.

Trong thực tế, trình **tự** định tâm theo số trung vị xảy ra nhanh và trong trường hợp có một số lớn mẫu thử và một vị trí thuận **lợi** của mức ứng suất lúc ban đầu thì tần số của sự phá hủy và không phá hủy là như nhau hoặc gần như **nhau**.

Tính toán bao gồm **các** bước sau:

- số trung vị **mong** muốn (kỳ vọng)

$$F_{A50} = F_{30} + \Delta F_{all} \left(\frac{A}{C} \pm x \right)$$

(Xem giải thích **các** ký hiệu trong bảng 3)

b) độ lệch chuẩn: mong muốn

$$S(F_A) = 1,62 \Delta F_{\text{all}} \left(\frac{CE - A^2}{C^2} + 0,029 \right)$$

trong đó $\frac{CE - A^2}{C^2}$ phải $> 0,3$

(Xem giải thích các ký hiệu trong bảng 3)

Bảng 3 – Ví dụ về đánh giá các phép thử mỗi theo phương pháp bậc thang

Nơi thử:		Bu lông đầu sáu cạnh ISC 4014 - M10 x 80 - 8.8																				
Tải trọng chính F_m :		0,6 $F_{0,2}$ (N)																				
1	2														3	4	5	6	7	8		
F_A (N)	x Mẫu bị huỷ							o Mẫu không bị huỷ							x	o	z	f	zf	z ² f		
4 700													x			1	0	3	0	0	0	
4 300					x		x					o		x		3	1	2	1	2	4	
3 900	x		x		o		o		x		o				x	4	3	1	3	3	3	
3 500		o		o					o							0	3	0	3	0	0	
Mẫu thử số	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15							
											Tổng các cột 3, 4, 6, 7, 8					8	7	—	7	5	7	
																			C	A	E	
$F_{A50} = F_{A0} + \Delta F_{all} \left(\frac{A}{C} \pm x \right) = 3\,929 \text{ N}$ $S(F_A) = 1,62 \Delta F_{all} \left(\frac{CE - A^2}{C^2} + 0,029 \right) = 177 \text{ N}$																						
Cột 1: biên độ tải trọng																						
Cột 2: chỉ thị sự kiện (phá huỷ x, không phá huỷ o)																						
Cột 3: số các sự kiện phá huỷ ứng với biên độ tải trọng;																						
Cột 4: số các sự kiện không phá huỷ ứng với biên độ tải trọng																						
Cột 5: số thứ tự z, bắt đầu bằng 0 ứng với biên độ tải trọng thấp nhất. Số thứ tự này được gán cho sự kiện có tần số thấp hơn trong các cột 3 và 4																						
Trong các ví dụ của bảng 3, đó là cột 4 có 7 sự kiện không phá huỷ trong khi cột 3 có 9 sự kiện phá huỷ;																						
Cột 6: tần số lặp lại giá trị từ cột 3 hoặc 4 có tổng thấp hơn (ở đây là cột 4);																						
Cột 7: tích của các cột 5 và 6 (zf);																						
Cột 8: tích của các cột 5 và 7 (z ² f)																						
C, A, E: tổng của các cột 6, 7 và 8;																						
F_{A0} : biên độ tải trọng thấp nhất trong các cột 3 hoặc 4 với số sự cố thấp hơn (ở đây là cột 4. $F_{A0} = 3500$ N)																						
F_{A50} : số trung vị, của biên độ tải trọng với xác suất 50 %																						
x: { + 0,5 khi cột 6 = cột 4																						
{ - 0,5 khi cột 6 = cột 3																						
ΔF_{all} : nấc tải (ở đây $\Delta F_{all} = 400$ N)																						
S: độ lệch chuẩn																						

6.2.3.2 Phương pháp biên

Qui trình của phương pháp biên được giải thích trên cơ sở của hình 9. Vì không biết vị trí của vùng chuyển tiếp trước khi thử và thường chỉ có thể xác định gần đúng vị trí này cho nên trước tiên cần thử một mẫu ở một biên độ tải trọng thứ nhất bằng $F_a = 2500$ N.

Nếu mẫu thử thứ nhất không bị phá hủy ở số chu kỳ ứng suất N_G cần tăng biên độ tải trọng cho tới khi mẫu thử này bị phá hủy.

Trong ví dụ, biên độ tải trọng này là $F_{a1} = 4000$ N. Thực hiện một số lần thử ở mức tải mà ở đó lần đầu tiên xuất hiện sự kiện (phá hủy hoặc không phá hủy) lệch với các lần thử trước đó. Như vậy, số lượng mẫu thử phụ thuộc vào độ chính xác yêu cầu của kết quả. Trong ví dụ đã nêu, số lượng mẫu thử là 8. Để chọn biên độ tải trọng thứ hai, tốt nhất là biết được chiều rộng của vùng chuyển tiếp. Khi đó mức tải trọng thứ hai được chọn tương đối đúng và kết quả thử sẽ chính xác hơn.

Xác định mức tải trọng thứ hai như sau:

$$F_{a2} = F_{a1} + \Delta F_{all}$$

với

$$\Delta F_{all} = \left(1 - \frac{r}{n}\right) B F_{a1} \text{ đối với } r \leq 0,5 n$$

hoặc

$$\Delta F_{all} = -\frac{r}{n} B F_{a1} \text{ đối với } r \geq 0,5 n$$

Số B có tính đến chiều rộng của vùng chuyển tiếp. Giá trị của B nên ở trong khoảng 0,15 đến 0,2.

Dựa trên biên độ tải trọng thứ hai đã được xác định trong ví dụ trên hình 9 đối với 8 mẫu được thử, các xác suất phá hủy P_1 vẽ trong lưới đồ thị xác suất Gauss được xác định

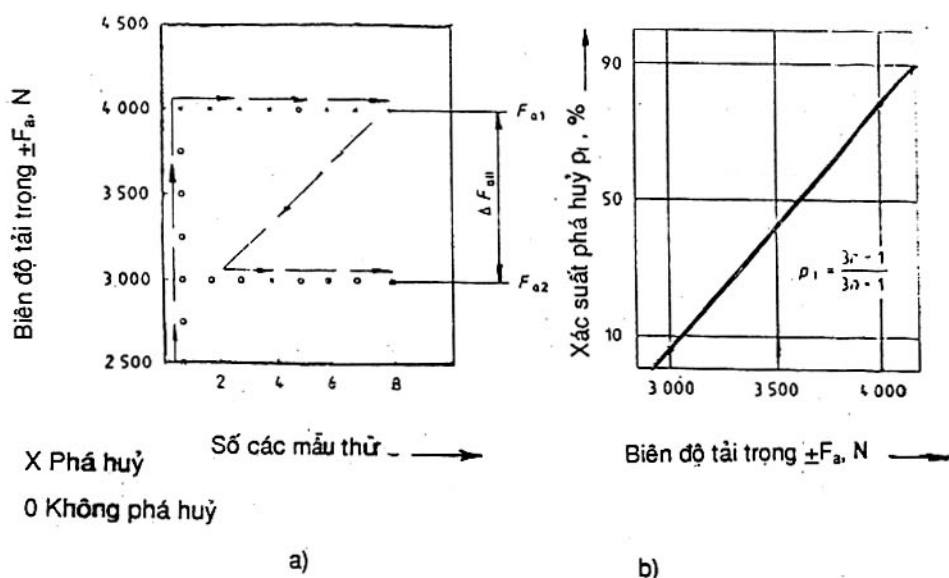
$$P_1 = \frac{3r - 1}{3n + 1}$$

trong đó

r số mẫu thử bị phá hủy;

n số các mẫu thử được thử.

Khi dùng luật phân bố Gauss, có thể nối hai điểm đã xác định để tạo thành một đường thẳng cho phép xác định số trung vị F_{A50} và các giá trị giới hạn như F_{A10} và F_{A90} ...



Hình 9 – Ví dụ thực hiện và đánh giá thử mỗi theo phương pháp biên

5.2.3.3 Phương pháp Arcsin

Quy trình của phương pháp arcsin tương tự như đối với phương pháp biên. Thực hiện thử mỗi với một số mức tải trọng cách đều nhau cho cùng một số lượng mẫu thử ứng với mỗi mức. Tính toán xác suất tương ứng với mỗi mức tải trọng này khi dùng biến đổi arcsin \sqrt{P} .

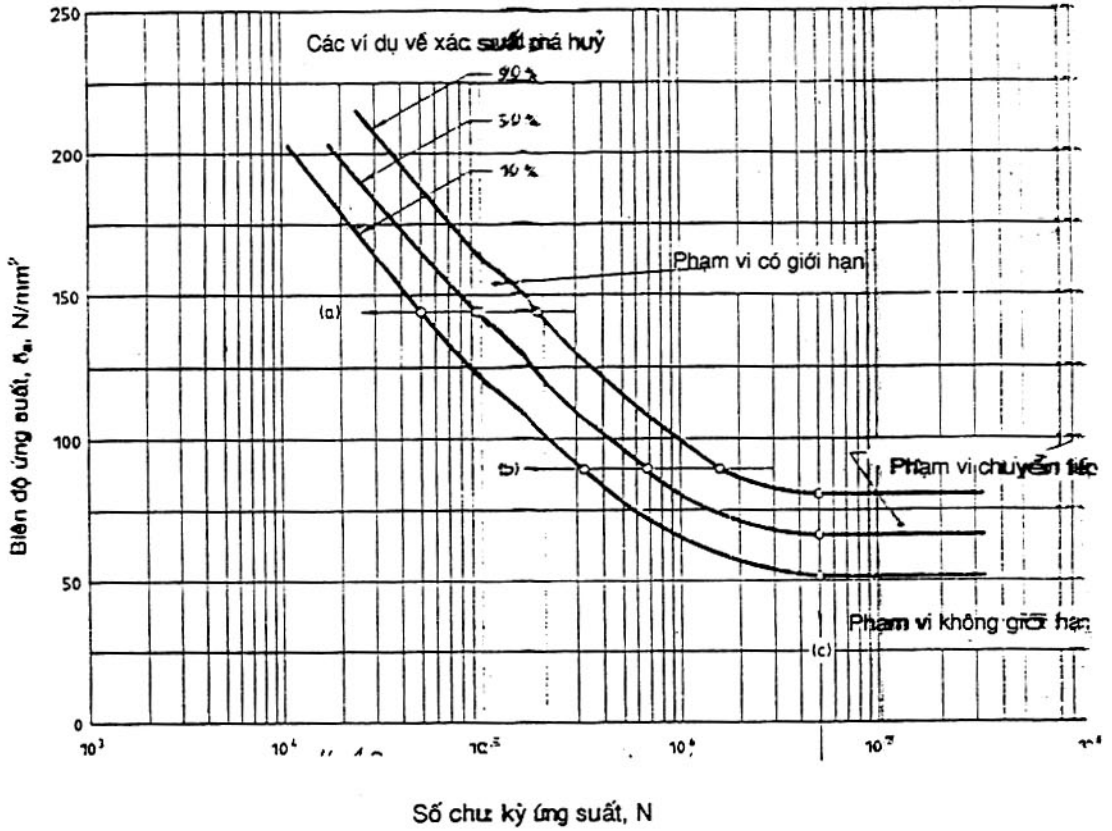
Ví dụ:

$$\tau = \arcsin \sqrt{(r+1)/(n+1)} + \arcsin \sqrt{r/(n+1)}$$

Xác định vùng chuyển tiếp bằng đồ thị trong lưới đồ thị xác suất tương ứng hoặc bằng toán học để xác định một đường hồi qui sau khi biến đổi thích hợp các giá trị đã tính toán.

5.3 Khai triển đường cong Wöhler (đường cong S/N)

Khi khai triển một đường cong Wöhler đầy đủ, ∞ thể biểu thị bằng các kết quả thử phù hợp với 5.1.2 và 6.2.2 và trên hình 10.

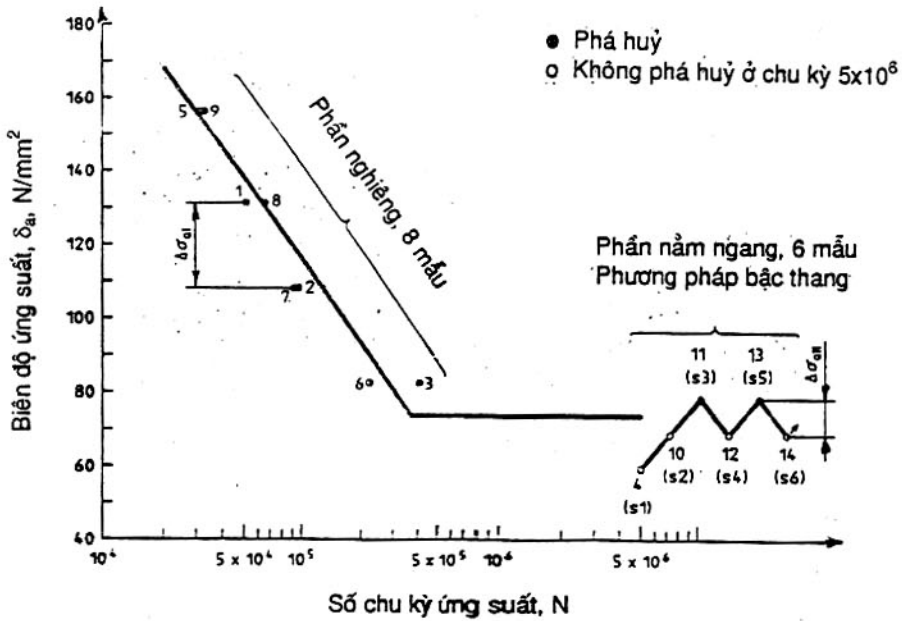


Hình 10 – Đường cong Wöhler (đường cong S/N , $\sigma_a = f(N)$)

6.4 Phương pháp thử liên hợp

6.4.1 Số mẫu thử

Cần có ít nhất là 14 mẫu trong đó 8 dùng cho bốn mức biên độ ứng suất (mỗi mức hai mẫu) để xác định phần nghiêng của đường cong S/N và 6 mẫu để xác định phần nằm ngang. trong trường hợp cần thiết số lượng mẫu thử có thể lớn hơn 14.



Chú thích – Các số trên hình vẽ chỉ thứ tự của lần thử.

Hình 11 – Ví dụ về đồ thị cơ bản của phương pháp thử liên hợp với 14 mẫu thử

6.4.2 Thử trong vùng giới hạn mỏi ngắn hạn

Phương pháp thử đối với vùng giới hạn mỏi ngắn hạn (phần nghiêng của đường cong S/N) như sau:

Dự đoán các giới hạn mỏi ngắn hạn σ_{AA} và σ_{AB} của mẫu thử ứng với số chu kỳ ứng suất $N = 5 \times 10^4$ và $N = 1 \times 10^6$ bằng cách tham khảo các số liệu đã có đối với vật liệu mẫu thử, các mẫu có cùng một hình dạng và chịu tác động của cùng một kiểu chu kỳ ứng suất như đối với mẫu thử.

Đặt $\Delta\sigma_{all} = (\sigma_{AA} - \sigma_{AB}) / 3$ (qui tròn các giá trị bằng số). Dùng $\Delta\sigma_{all}$ làm giá trị ban đầu cho các khoảng biên độ ứng suất thử trong phần nghiêng của đường cong và $\sigma_{AA} + k\Delta\sigma_{all}$ ($k = \pm 1, \pm 2, \dots$) làm giá trị ban đầu cho mức biên độ ứng suất thử.

Thử mẫu thử nhất ở mức biên độ ứng suất $\sigma_a^{(1)2} = \sigma_{AA} - \Delta\sigma_{all}$

Thử một mẫu tại một thời điểm theo thứ tự

$$\sigma_a^{(2)2} = \sigma_a^{(1)2} + \Delta\sigma_{all}, \sigma_a^{(3)2} = \sigma_a^{(2)2} + \Delta\sigma_{all} \dots$$

1) Nếu các dự đoán về σ_{AA} và σ_{AB} không đủ, một số mẫu thử không bị phá hủy tại σ_a^{ψ} . Trong trường hợp này, thử một mẫu tại một thời điểm theo thứ tự.

$$\sigma_a^{(2)2} = \sigma_a^{(1)2} + 2\Delta\sigma_{all}; \sigma_a^{(3)2} = \sigma_a^{(2)2} + 2\Delta\sigma_{all}$$

Cho tới khi có được mẫu đầu tiên bị phá hủy. Ở đây đã tăng mức biên độ ứng suất lên $2\Delta\sigma_{all}$ tại mỗi thời điểm thay cho việc giảm đi $\Delta\sigma_{all}$.

bằng cách giảm các mức biên độ ứng suất đi $\Delta\sigma_{ai}$ tại mỗi khi đạt được mẫu đầu tiên không bị phá huỷ⁽¹⁾.

Trong trường hợp này, kiểm tra giá trị $\Delta\sigma_{ai}$ trong quá trình thử, điều chỉnh giá trị này và đặt lại $\Delta\sigma_{ai}$ cho các mức biên độ ứng suất tiếp theo nếu cần¹⁾.

Thử một mẫu ở một mức biên độ ứng suất tại đó mẫu thử không bị phá huỷ. Chọn 4 mức biên độ ứng suất cao hơn, liền kề với mức²⁾ biên độ ứng suất này, sao cho có một mẫu bị phá huỷ tại một trong 4 mức biên độ ứng suất nêu trên.

Thử mẫu thử thứ hai³⁾ ở các mức biên độ ứng suất cao hơn, liền kề với mức biên độ ứng suất²⁾ tại đó biên độ không bị phá huỷ, theo thứ tự tăng, bắt đầu từ mức giới hạn dưới trong những mức biên độ ứng suất này tới khi đạt được 8 mẫu thử bị phá huỷ.

Chỉnh hợp các số liệu thu được của 8 mẫu thử bị phá huỷ trong một đồ thị nửa logarit ($\sigma_a, \log N$) và nhận được các đường cong S/N.

Xác định phần nghiêng và độ lệch chuẩn của đường cong S/N đối với một xác suất phá huỷ 50 % như sau.

Đường hồi qui đối với phần nghiêng của đường cong S/N được cho bởi

$$\log N = \hat{\alpha} + \hat{\beta} \sigma_a$$

trong đó

$$\hat{\alpha} = \overline{\log N} - \hat{\beta} \overline{\sigma_a}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n [\sigma_a(i) - \overline{\sigma_a}] [\log N(i) - \overline{\log N}]}{\sum_{i=1}^n [\sigma_a(i) - \overline{\sigma_a}]^2} \quad (\text{xem chú thích 1})$$

$$\overline{\log N} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^n \log N(i) \quad (\text{xem chú thích 1})$$

$$\overline{\sigma_a} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^n \sigma_a(i) \quad (\text{xem chú thích 1})$$

2) Khi có hai hoặc lớn hơn hai mức biên độ ứng suất tại đó mẫu thử không bị phá huỷ (có thể rơi vào trường hợp phù hợp với ghi chú 1)) phải lấy mức biên độ ứng suất cao nhất trong các mức này.

3) Nếu mẫu thử thứ 2 không bị phá huỷ ở một mức biên độ ứng suất nào đó, tăng thêm một lần thử nữa ở mức biên độ ứng suất yêu cầu sao cho có thể đạt được hai mẫu thử bị phá huỷ đối với một trong 4 mức biên độ ứng suất cao hơn, liền kề với mức biên độ ứng suất này.

Độ lệch chuẩn tính toán của logarit tuổi thọ $S(\log N)$ được tính theo công thức:

$$\hat{S}(\log N) = \left[\frac{1}{6} \sum_{i=1}^n (\log N(i) - [\hat{\alpha} + \hat{\beta} \sigma_a(i)])^2 \right]^{1/2} \quad (\text{xem chú thích 1})$$

Độ lệch chuẩn tính toán của độ bền mỗi được tính theo công thức:

$$\hat{S}(\sigma_a) = \frac{1}{|\hat{\beta}|} \hat{S}(\log N)$$

6.4.3 Thử mỗi ứng với số chu kỳ ứng suất $N_G = 5 \times 10^6$

Thử mỗi ứng với số chu kỳ ứng suất 5×10^6 , được thực hiện như sau.

Sử dụng phương pháp bậc thang với một số nhỏ các mẫu thử để xác định độ bền mỗi ở $N_G = 5 \times 10^6$.

Sử dụng phương pháp bậc thang với một số nhỏ các mẫu thử để ước lượng độ bền mỗi ở $N_G = 5 \times 10^6$.

Lấy mức biên độ ứng suất mà tại đó mẫu thử không bị phá hủy làm biên độ ứng suất thử $\sigma_a(1)$ tác dụng vào mẫu thử thứ nhất theo phương pháp bậc thang (lấy mức biên độ ứng suất cao nhất khi có hai hoặc nhiều mức biên độ ứng suất như vậy).

Tuy nhiên, nếu có một mẫu thử không bị phá hủy ở mức biên độ ứng suất σ_a thì đây được coi là kết quả thử đối với mẫu thử thứ nhất theo phương pháp bậc thang và không phải thử tiếp ở σ_a nữa.

Số gia liên tục $\Delta\sigma_{all}$ của các mức biên độ ứng suất trong phương pháp bậc thang là giá trị tính toán của sai lệch chuẩn của độ bền mỗi $\hat{S}(\sigma_a)$ (giá trị bằng số phải được làm tròn thích hợp).

$$\Delta\sigma_{all} = \hat{S}(\sigma_a)$$

Thử mẫu thứ hai ở mức biên độ ứng suất

$$\sigma_a^{(2)} = \sigma_a^{(1)} + \Delta\sigma_{all}$$

và các mẫu từ thứ ba đến thứ sáu ở các mức biên độ ứng suất

$$\sigma_a(j) = \sigma_a(j-1) \pm \Delta\sigma_{all}$$

$$(j = 3, 4, 5, 6)$$

trong đó dấu âm (-) khi mẫu thử bị phá hủy, dấu dương (+) khi mẫu không bị phá hủy.

Biên độ ứng suất thử đối với mẫu thử bảy:

$$\sigma_a(7) = \sigma_a(6) \pm \Delta\sigma_{all}$$

trong đó dùng dấu âm (-) khi mẫu thử bị phá hủy ở σ_a (6) và dấu dương (+) khi mẫu thử không bị phá hủy ở ứng suất này.

Tuy nhiên ở đây không thực hiện phép thử đối với mẫu thử thứ bảy.

Độ bền mỗi σ_{AN} đối với xác suất phá hủy $p = 50\%$ ở $N = 5 \times 10^6$ được tính theo công thức sau:

$$\hat{\sigma}_{AN} = \frac{1}{6} \sum_{j=2}^7 \sigma_a(j)$$

6.4.4 Xác định đường cong Wöhler (đường cong S/N)

Có thể xác định đường cong Wöhler (đường cong S/N) (xem hình 12) đối với xác suất phá hủy $P = 10\%$ và 90% theo công thức sau:

Phần nghiêng $\log N = \hat{\alpha} + \hat{\beta} \sigma_a \pm 1,28 \hat{S}(\log N)$

Phần nằm ngang $\sigma_a = \hat{\sigma}_{AN} \pm 1,28 \hat{S}(\log N)$

Dấu âm (-) trong các công thức ứng với $p = 10\%$, còn dấu dương (+) ứng với $p = 90\%$.

6.5 Khai triển biểu đồ Haigh

Để lựa chọn chính xác một chi tiết kẹp chặt, người thiết kế có thể phải cần thêm một thông tin về ảnh hưởng của ứng suất trung bình đến độ bền mỏi. Biểu đồ Haigh (hình 13) giới thiệu các số liệu cần thiết ở dạng thích hợp cho độ bền mỏi ứng với các xác suất phá hủy 10% , 50% và 90% . Bằng các phương pháp thống kê đã cho trong 6.2 hoặc 6.4, có thể khai triển biểu đồ này với các mức ứng suất trung bình sau:

- ứng suất trung bình cao, không đổi $\sigma_m = 0,7R_{m,\min}$;
- ứng suất trung bình, vừa, không đổi $\sigma_m = 0,4R_{m,\min}$;
- ứng suất trung bình thấp $\sigma_m = 1,22\sigma_A$ (đối với $R_S = 0,1$).

Có thể dùng các ứng suất trung bình khác theo thỏa thuận giữa người sử dụng và người cung cấp.

7 Báo cáo thử

Đối với các số liệu về mỏi đưa vào báo cáo, phải xác định rõ các điều kiện thử. Báo cáo thử cần có các nội dung chi tiết sau

7.1 Xác định rõ chi tiết kẹp chặt có ren ngoài

- ký hiệu biểu và cấp độ bền;

- b) cỡ ren, bước ren, chiều dài của chi tiết kẹp chặt, dung sai ren và prôphin ren;
- c) phương pháp chế tạo chi tiết kẹp chặt và ren;
- d) cơ tính (độ bền kéo đứt và ứng suất thử);
- e) mạ phủ bề mặt và bôi trơn phụ;
- f) vị trí của đai ốc hoặc bạc lỏng;
- g) vật liệu.

7.2 Xác định rõ chi tiết có ren trong

- a) kiểu và cấp độ bền của đai ốc hoặc chiều cao của bạc lỏng có ren để thử;
- b) độ cứng;
- c) vật liệu;
- d) mạ phủ bề mặt và bôi trơn phụ.

7.3 Sử dụng vòng đệm thử

7.4 Kiểu và tần số của máy thử

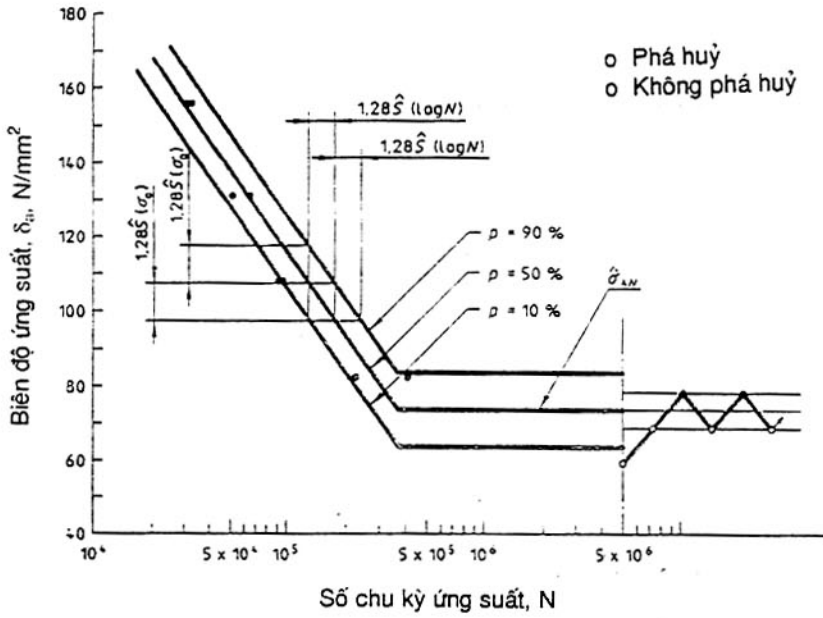
7.5 Diện tích chịu ứng suất được dùng trong tính toán (A_s , A_n hoặc các diện tích khác).

7.6 Kiểu và chu kỳ ứng suất (ví dụ, ứng suất trung bình và biên độ ứng suất hoặc R_s và σ_{min} hoặc σ_{max}).

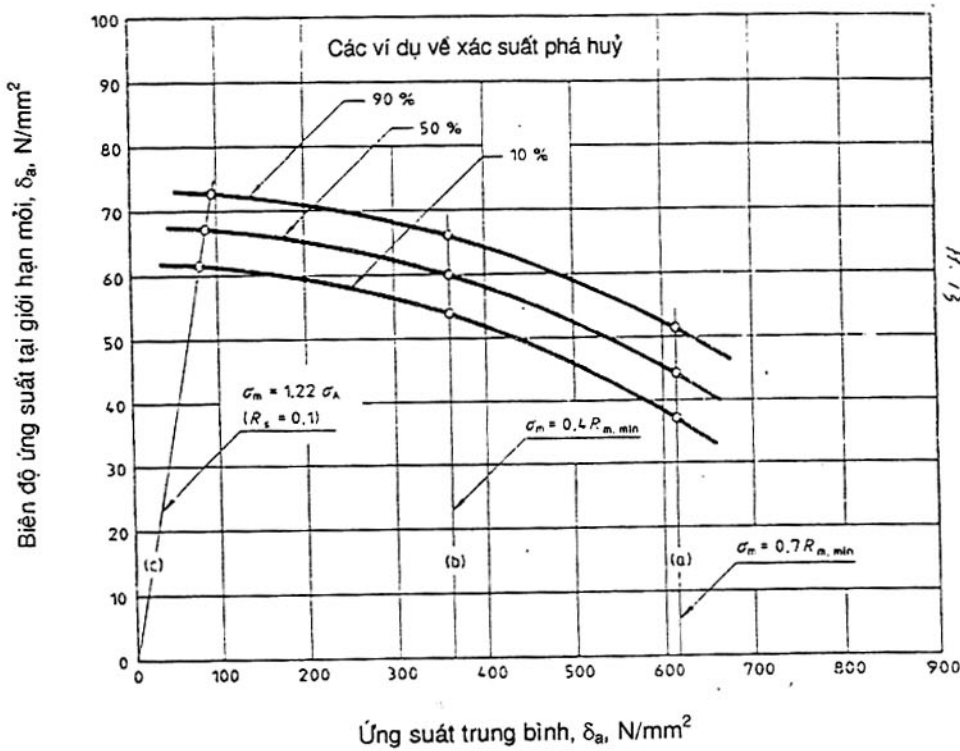
7.7 Vị trí phá hủy

7.8 Các phương pháp đánh giá thống kê được dùng

7.9 Các điều kiện môi trường (phạm vi nhiệt độ và độ ẩm trong quá trình thử)



Hình 12 - Vị trí về đường cong Wöhler (đường cong S/N)



Hình 13 - Biểu đồ Haigh