Chương 15

TÍNH ĐỘ BỀN KHI ỨNG SUẤT THAY ĐỔI THEO THỜI GIAN

15.1.KHÁI NIỆM

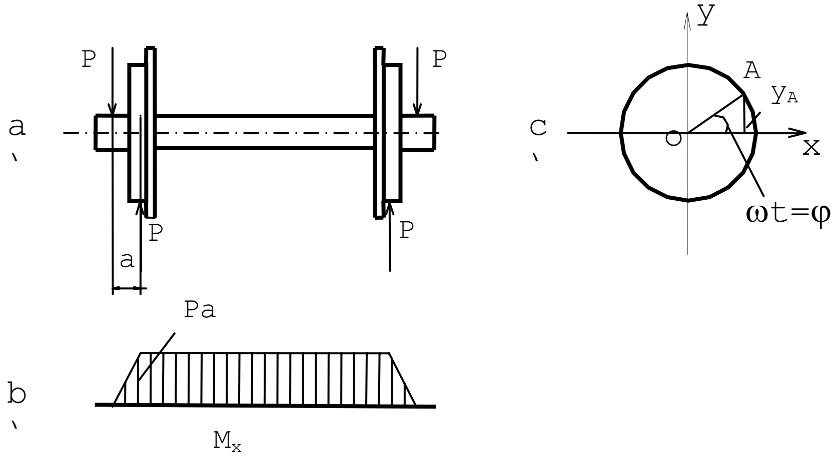
Trong thực tế ta thường gặp các chi tiết máy chịu ứng suất thay đổi tuần hoàn theo thời gian. Thí dụ xét ứng suất tại một điểm A trên trục xe lửa đang chuyển động (hình 15.1). Tung độ y_A biến đổi tuần hoàn theo thời gian:

$$y_A = R\sin\varphi = R\sin\omega t \qquad \text{(a)}$$

Trong đó $\varphi = \omega t$, ω: vận tốc góc của trục.

Vậy công thức tính ứng suất có dạng:

$$\sigma_A = \frac{M_x}{J_x}\cdot y_A = \frac{M_x}{J_x}\cdot R\sin\omega t \qquad (15\text{-}1)$$



Hình 15.1:Trục xe lửa

Ứng suất pháp σ_Z tại A là một hàm số tuần hoàn theo thời gian. Ứng suất có các giá trị cực trị và đổi dấu sau một vòng quay. Do tác dụng của ứng suất thay đổi dấu như trên, trong thực tế người ta thấy các chi tiết máy bị phá hỏng với giá trị ứng suất thấp hơn giới hạn bền khá nhiều và sự phá hỏng đó thường xảy ra đột ngột.

Một thời gian khá dài người ta cho rằng sự phá hỏng của vật liệu là do hiện tượng mỏi mệt vì vật liệu chịu ứng suất thay đổi dấu liên tục. Do đó mới có danh từ hiện tượng mỏi (Fatigue). Nhưng hiện nay người ta giải thích chặt chẽ hơn, đó là do sự xuất hiện các vết nứt vi mô trong lòng chi tiết khi chịu ứng suất thay đổi theo thời gian. Các vết nứt vi mô phát triển dần thành các vết nứt lớn (vĩ mô) cho đến khi mặt cắt ngang bị thu nhỏ và không đủ sức chịu lực nữa thì chi tiết bị phá hỏng một cách đột ngột. Tuy giải thích nguyên nhân như trên, nhưng do thói quen nên hiện nay, hiện tượng phá hỏng của vật liệu do ứng suất thay đổi vẫn gọi là hiện tượng mỏi của vật liệu. Để có thể hiểu rõ hơn thì cần biết rằng để xuất hiện các vết nứt vĩ mô và phát triển khi trị số ứng suất xuất hiện trong chi tiết hoặc bộ phận công trình chịu ứng suất thay đổi, mà giá trị cực đại của nó phải vượt quá một giới hạn nhất định ta sẽ gọi là giới hạn mõi.

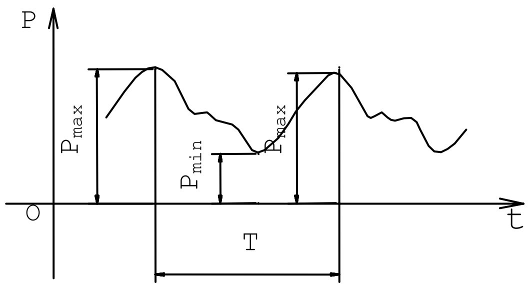
Nếu chúng ta có thể có đươc một chi tiết bị phá hỏng vì mõi thì sẽ dễ dàng nhận thấy rằng ở mặt cắt bị đứt sẽ có hai vùng: một vùng nhẵn và một vùng xù xì. Phần nhẵn được giải thích là phần phát triển các vết nứt vi mô.Trong quá trình các vết nứt phát triển thì chi tiết vẫn quay và chính nó sẽ cọ xác với nhau nên được mài nhẵn đi. Phần xù xì là phần diện tích còn lại của mặt cắt ngang không chịu nổi nữa nên bị gãy đột ngột và các tinh thể bị phá huỷ này tạo nên một vùng không được nhẵn.

Với quan điểm đó sự nghiên cứu về mỏi tập trung xem xét một số vấn đề sau:

- Xác định giới hạn mỏi, tức là tìm giới hạn cực đại của ứng suất thay đổi tương ứng với từng loại vật liệu và hình thức chịu tải của nó (như uốn, kéo).
- Tìm hiểu những nhân tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi
- Từ đó chúng ta tìm các biện pháp để nâng cao giới hạn mỏi, nghĩa là tìm các biện pháp hạn chế sự xuất hiện và phát triển các vết nứt vi mô và vĩ mô đã nói ở trên

15.2. CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA CHU TRÌNH ỨNG SUẤT

Ta gọi một chu trình ứng suất là khi trị số ứng suất P biến thiên từ trị số cực đại sang trị số cực tiểu và về trở lại trị số cực đại. Thời gian thực hiện một chu trình là một chu kì (hình 15.2) .



Hình 15.2: Chu kì ứng suất

Bằng thực nghiệm người ta đã cho biết sự biến thiên của các hàm ứng suất không ảnh hưởng đến giới hạn mỏi. Yếu tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi của vật liệu là trị số ứng suất cực đại và cực tiểu. Từ đó cho phép ta tiến hành các thí nghiệm với bất cứ cách biến thiên nào của ứng suất.

Ví vậy các trị số P_{max} và P_{min} trở thành các đặc trưng của chu trình ứng suất. Ngoài hai đặc trưng đó ta còn có các đặc trưng khác như sau:

Ứng suất trung bình P_{tb}, với định nghĩa:

$$P_{tb} = \frac{P_{max} + P_{min}}{2} \qquad (15\text{-}2)$$

Ứng suất biên độ:

$$P_{bd} = \frac{P_{max} - P_{min}}{2} \qquad (15\text{-}3)$$

Dễ dàng xác định P_{max} , P_{min} thông qua P_{tb} và $P_{bđ}$:

$$\left.\begin{aligned} P_{max} &= P_{tb} + P_{bd} \\ P_{min} &= P_{tb} - P_{bd} \end{aligned}\right\} \qquad (15\text{-}4)$$

Ta xác nhận $P_{bđ}$ bao giờ cũng có giá trị dương.

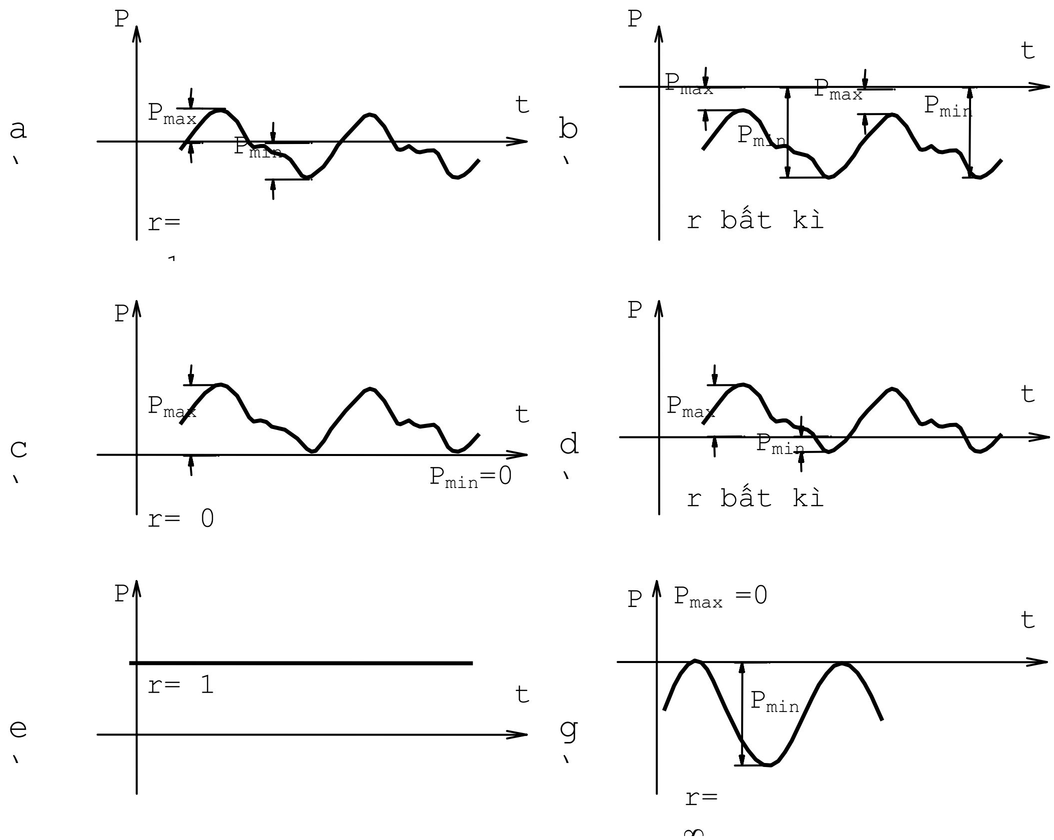
- Hệ số bất đối xứng của chu trình: $r = \dfrac{P_{min}}{P_{max}}$ (15-5)

Từ đó ta có thể phân loại các chu trình ứng suất như sau:

1. Chu trình dương là khi cả P_{max} và P_{min} đều có giá trị dương (vật liệu luôn luôn chịu kéo).
2. Chu trình âm là khi cả P_{max} và P_{min} đều có giá trị âm (vật liệu luôn luôn chịu nén).
3. Chu trình đối xứng: $P_{max} = -P_{min}$, vậy $P_{tb} = 0$ và $r = -1$.
4. Chu trình bất đối xứng là khi r có trị số bất kì.

5. Chu trình mạch động là khi $r = 0$ hoặc $r=\infty$ (P_{min} hoặc P_{max} bằng không).
6. Nếu ứng suất là không đổi suốt quá trình (trạng thái tĩnh), thì $P_{max} = P_{min}$ và $r = 1$

Các chu trình đó được biểu diễn trên hình 15.3.



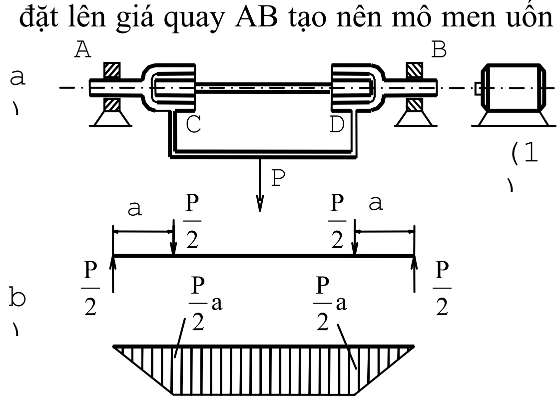
Hình 15.3. Các chu trình ứng suất:a-Chu trình đối xứng; b, d-Chu trình bất đối xứng; c, g-Chu trình mạch động; e-Trạng thái tĩnh.

15.3.GIỚI HẠN MỎI VÀ BIỂU ĐỒ GIỚI HẠN MỎI

15.3.1. Giới hạn mỏi.

Để xác định giới hạn mỏi, ta phải tiến hành thí nghiệm để tìm ra giới hạn mỏi đối với các loại chu trình có hệ số bất đối xứng khác nhau. Các thí nghiệm được thực hiện trên các máy thử mỏi. Thí nghiệm tương đối đơn giản và phổ biến nhất là thí nghiệm uốn để tạo nên một chu trình đối xứng. Sơ đồ máy được biểu diễn trên hình 15.4a.

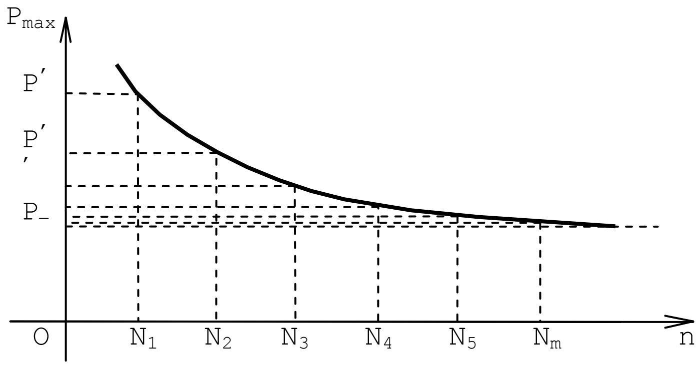
Mẫu thí nghiệm được lắp vào các ngàm A và B của máy tạo nên một thanh cứng đặt trong các ổ trượt quay C và D. Tải trọng P đặt lên giá quay AB tạo nên mô men uốn đối với mẫu thí nghiệm như trên sơ đồ hình 15.4b. Giá treo lực đặt trên các ổ bi tại A và B, do đó khi trục quay, phương của lực P không thay đổi, nghĩa là mô men uốn không thay đổi. Động cơ (1) có bộ phận đếm vòng và có số vòng quay từ 2000 đến 6000 vòng/phút. Cách tiến hành thí nghiệm theo tiêu chuẩn VN. Ví dụ thí nghiệm cho 10 mẫu.Với mẫu thứ



Hình 15.4: a-Sơ đồ thí nghiệm mỏi ;b-Mô men uốn

nhất ta đặt tải trọng P sao cho ứng suất cực đại trên mẫu thử đạt đến giá trị quá 50% giới hạn bền. Trị số này lớn hơn giới hạn mỏi mà ta đã dự đoán.

Sau một số vòng quay nhất định, nghĩa là sau một số chu trình nhất định, giả dụ N_1 chu trình chẳng hạn, mẫu sẽ bị gãy. Ta tiến hành thử mẫu thứ 2 bằng cách giảm lực P đi. Sau đó đến các mẫu khác. Lần lượt ta sẽ có các chu trình N_1, N_2,...N_n (tương ứng với sự phá hỏng của vật liệu), ta lập được biểu đồ như hình vẽ 15.5.



Hình 15.5: Biểu đồ quan hệ giữa P và N

Biểu đồ đó được gọi là biểu đồ Vêle. Ta nhận thấy đường cong quan hệ giữa P_{max} và số chu kì N sẽ tiến tiệm cận đến một đường ngang nào đó. Đường đó xác định cho ta giới hạn (cùng với số chu kì khá lớn là N_n) gọi là giới hạn mỏi P_{-1} vì rằng ứng suất cực đại đạt đến trị số đó vật liệu sẽ làm việc lâu dài dưới tác dụng của ứng suất thay đổi.

Trong thực tế có thể xem một chi tiết chế tạo bằng thép làm việc với số lượng chu trình N_n=10 triệu, thì chi tiết đó được coi là làm việc vĩnh viễn.

Đối với kim loại màu số chu trình ít nhất cần thực hiện là từ $20\cdot10^7$ đến $50\cdot10^7$.

Giới hạn mỏi của vật liệu được kí hiệu với chỉ số r (P_r) (r- hệ số bất đối xứng). Trong trường hợp đối xứng, giới hạn mỏi là P_{-1} (ở đây chữ P để chỉ chung cho ứng suất pháp và ứng suất tiếp). Trong trường hợp cụ thể chỉ có ứng suất pháp hay ứng suất tiếp ta có thể kí hiệu giới hạn mỏi là σ_{-1} và τ_{-1}.

Giới hạn mỏi khi uốn của thép thường có quan hệ với giới hạn bền khi kéo như sau:

$$\sigma_{-1}^{u} = 0{,}4\sigma_b \qquad (15\text{-}6)$$

Ta có thể dùng những công thức kinh nghiệm sau đây để suy ra giới hạn mỏi σ_{-1} của thép trong các biến dạng kéo - nén đối xứng hoặc τ_{-1} xoắn đối xứng:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_{-1}^{kn} &= 0{,}7\sigma_{-1}^{u} = 0{,}28\sigma_b \\ \tau_{-1} &= 0{,}55\sigma_{-1}^{u} = 0{,}22\sigma_b \end{aligned}\right\} \qquad (15\text{-}7)$$

Đối với kim loại màu, ta có công thức kinh nghiệm:

$$\sigma_{-1}^{u} = (0{,}25 - 0{,}5)\sigma_b \qquad (15\text{-}8)$$

15.3.2. Biểu đồ giới hạn mỏi.

Đối với mỗi vật liệu, giới hạn mỏi phụ thuộc vào hệ số bất đối xứng của chu trình ứng suất. Để diễn đạt một cách tổng quát ta phải tìm cách biểu diễn giới hạn mỏi theo r trên một biểu đồ nhất định. Biểu đồ đó được gọi là biểu đồ giới hạn mỏi. Có hai loại biểu đồ: một loại vẽ trên hệ toạ độ $P_{\substack{max\\min}} - P_{tb}$, và biểu đồ vẽ trên toạ độ P_{bd}-P_{tb}. Biểu đồ thứ hai này được gọi là biểu đồ Cơlây, là biểu đồ hay dùng trong chế tạo máy, nên ta sẽ nói kĩ về biểu đồ này.

Đem chia (15-3) cho (15-1), ta có:

$$\frac{P_{bd}}{P_{tb}} = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{max} + P_{min}} = \frac{1-r}{1+r}$$

$$P_{bd} = \frac{1-r}{1+r} P_{tb} = tg\alpha \cdot P_{tb} \qquad (15\text{-}8)$$

Với một trị số r nhất định, tương quan giữa $P_{bđ}$ và P_{tb} là một đường thẳng qua gốc toạ độ. Nghĩa là, với các chu trình cùng có hệ số bất đối xứng như nhau thì được biểu diễn bằng các điểm trên cùng một đường thẳng, được gọi là các chu trình đồng dạng. Ví dụ, các chu trình mạch động r=0, thì tgα=1 được biểu diễn bằng các điểm trên đường phân giác của mặt toạ độ. Rõ ràng trên đường đó, ta sẽ tìm thấy một điểm B biểu diễn cho giới hạn mỏi P_0 (có giá trị P_{bd} và P_{tb} lớn nhất, mà thực tế vật liệu có thể làm việc với một thời gian dài mà không bị phá huỷ. Điểm B là thể hiện giới hạn mỏi của vật liệu với chu trình r=0 đó) .

Toạ độ điểm B được suy như sau:

$$P^B_{max} = P^B_{bd} + P^B_{tb} \qquad (15\text{-}9)$$

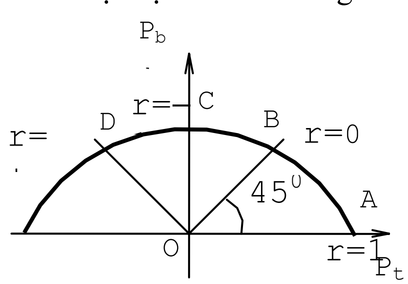
Với các điểm trên đường phân giác, ta có: $P_{bd} = P_{tb}$, vậy khi $P_{max}=P_0$ ta sẽ tìm thấy hoành độ và tung độ của B là $P_0/2$. Chú ý rằng mọi chu trình r=0 trong khoảng OB thì vật liệu đảm bảo điều kiện bền mỏi.

Các điểm trên trục tung biểu diễn cho các chu trình đối xứng, vì với các chu trình đó ta có $P_{tb}=0$ và r=–1. Vì vậy trên trục tung ta sẽ tìm thấy một điểm giới hạn C. Tung độ của C chính là giới hạn mỏi của chu trình đối xứng P_{-1},(r=–1).

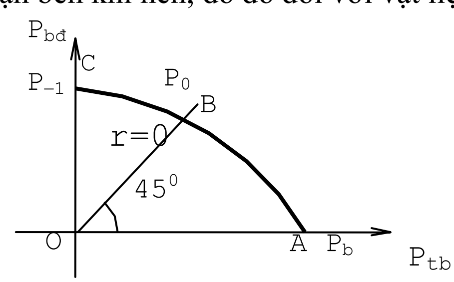
Các điểm trên trục hoành biểu diễn cho các chu trình đối xứng tĩnh vì r=1, $P_{bđ}=0$. Điểm giới hạn của chu trình này là giới hạn bền của vật liệu. Ta có $\sigma_b=P_{tb}$. Điểm đó được biểu diễn bằng điểm A trên trục hoành.

Tiến hành thí nghiệm với r thay đổi ta sẽ xác định được các điểm giới hạn khác. Nối các điểm đó lại ta được đường cong giới hạn mỏi (hình 15.6).Vì P_{bd} luôn luôn lớn hơn không, nên đường cong của biểu đồ nằm phía trên của trục hoành.

Đối với vật liệu dẻo ta không tìm thấy giới hạn bền khi nén, do đó đối với vật liệu



Hình 15.6: Đường cong mỏi



Hình 15.7:Đường cong mỏi đối với vật liệu dẻo

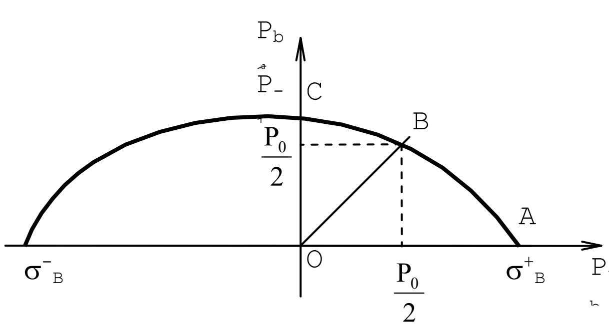
dẻo xem giới hạn bền khi nén và kéo bằng nhau, cho nên chỉ cần biểu diễn biểu đồ giới hạn mỏi ở góc phần tư thứ nhất thôi (xem hình 15.7).

Đối với vật liệu giòn biểu đồ giới hạn mỏi có dạng như trên hình 15.8

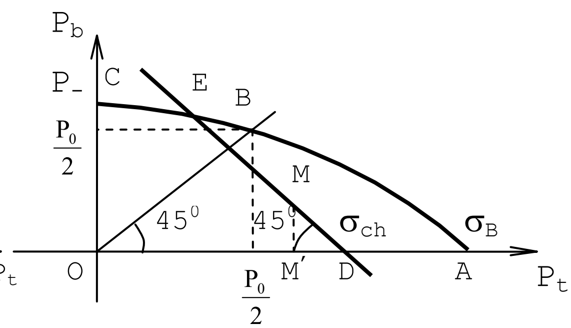
Ta nhận thấy phần âm lớn hơn phần dương (Do vật liệu giòn có giới hạn bền khi nén lớn hơn giới hạn bền khi kéo $-\left|\sigma_b^-\right| > \left|\sigma_b^+\right|$), vì vậy khi có chu trình âm ta lấy trị số tuyệt đối và tính như một chu trình dương thì hệ số an toàn bao giờ cũng cao hơn. Vì lí do đó, sau đây ta chỉ để ý đến phần bên phải của biểu đồ giới hạn mỏi.

Đường giới hạn mỏi ABC (hình 15.7) chia góc phần tư thứ nhất của góc toạ độ thành hai miền. Với những chu trình ứng suất được biểu diễn bằng một điểm trong miền OABC là những chu trình an toàn, nghĩa là vật liệu có thể làm việc lâu dài dưới tác dụng của chu trình ứng suất đó. Ngược lại, với những chu trình được biểu diễn bằng một điểm bên ngoài OABC thì vật liệu thế nào cũng bị phá hỏng vì mỏi.

Trước đây trong chương kéo, nén đúng tâm ta đã biết ứng suất lớn nhất P_{max}



Hình 15.8: Đường cong mỏi đối với vật liệu giòn



Hình 15.9: Đồ thị biểu diễn giới hạn chảy

không thể lớn hơn giới hạn chảy P_{ch} , nghĩa là điểm giới hạn đối với các chu trình ứng suất là khi ứng suất cực đại P_{max} đạt đến giới hạn chảy σ_{ch}. Các điểm giới hạn này nằm trên đường thẳng xuất phát từ điểm D có hoành độ là σ_{ch} và tạo với trục hoành một góc nghiêng 45^0 (xem hình 15.9).

Gọi giao điểm của đường thẳng đó với biểu đồ mỏi là E. Ta dễ dàng chứng minh rằng một chu trình ứng suất được biểu diễn bởi một điểm M nào đó trên ED có trị số ứng suất cực đại P_{max} bằng σ_{ch}.

Thực vậy P_{max} của chu trình ứng suất đó có trị số là:

$$P_{max} = P_{bd} + P_{tb} = \overline{OM'} + \overline{M'M}$$

Nhưng $\overline{M'M} = M'D$

Vậy $P_{max} = \overline{OM'} + \overline{M'D} = \overline{OD} = \sigma_{ch}$

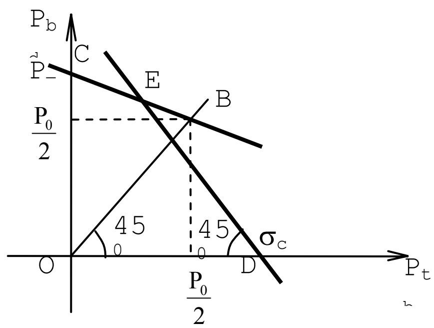
Như vậy, chúng ta chỉ được phép sử dụng các chu trình ứng suất trong miền DEC.Ta nhận thấy miền đó được chia ra hai vùng rõ rệt. Vùng COE và vùng EOD. Những chu trình ứng suất có hệ số bất đối xứng r nằm trong vùng COE, nghĩa là những chu trình được biểu diễn trên những tia trong vùng COE, khi chúng ta tăng trị số P_{max} lên sao cho r không thay đổi thì những chu trình đó bị phá hỏng vì mỏi trước khi P_{max} đạt đến giới hạn chảy. Ngược lại với các chu trình có r nằm trong vùng EOD, trị số P_{max} sẽ đạt đến giới hạn chảy trước khi đạt đến giới hạn mỏi. Nhận xét đó dẫn đến một kết luận khá quan trọng: Như vậy chúng ta chỉ cần tính toán về mỏi khi r nằm trong miền COE. Khi r nằm trong miền EOD thì ta chỉ cần so sánh P_{max} với giới hạn chảy σ_{ch}. Vậy thực tế tính toán chỉ cần đoạn cong CE của biểu đồ giới hạn mỏi. Tuy nhiên, từ biểu đồ Cơlây như ở hình 15.7, 15.8, 15.9 việc xác định đường CE cũng không đơn giản, cho nên dưới đây chúng ta giới thiệu thêm hai biểu đồ gần đúng nữa mà cách xác định nó dễ dàng hơn.

1.Xerenxen đề nghị xây dựng biểu đồ giới hạn mỏi như sau:

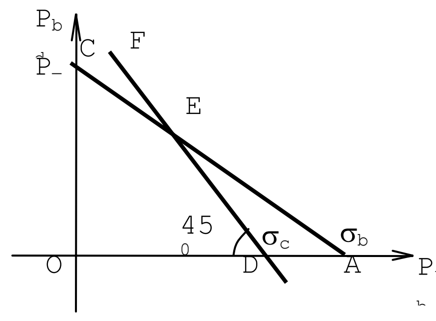
- Xác định giới hạn chảy σ_{ch} (ứng với điểm D).
- Xác định giới hạn mỏi với chu trình r=0 (ứng với điểm B).
- Xác định giới hạn mỏi với chu trình r=–1 (ứng với điểm C).

Từ D ta vẽ đường xiên 45^0 như đã nói ở trên. Nối C và B, hai đường thẳng này cắt nhau tại E. Ta sẽ có biểu đồ giới hạn mỏi là miền OCED (như trên hình vẽ 15.10). Giản đồ này được gọi là giản đồ Xerexen.

2. Để đơn giản hơn nữa Kinaxosvili đề nghị chỉ cần xác định giới hạn bền σ_b



Hình 15.10: Giản đồ Xerexen



Hình 53.11: Giản đồ Kinaxosvili

(điểm A), giới hạn chảy σ_{ch} (điểm D) và giới hạn mỏi của chu trình r–1 (điểm C). Từ D ta vẽ đường xiên DF tạo thành một góc 45^0 so với trục hoành, nối CA, CA cắt DF tại E, ta sẽ được giản đồ đơn giản hơn được biểu diễn trên hình 15.11.

Khi một chi tiết máy hoặc một bộ phận công trình nào đó phải làm việc ở chế độ ứng suất thay đổi theo thời gian thì độ bền, tuổi thọ của nó kém nhiều so với khi chịu tải trọng tĩnh. Rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi của vật liệu, dưới đây chúng ta sẽ giới thiệu một số yếu tố ảnh hưởng nhiều đến tuổi bền, tuổi thọ của các chi tiết máy hoặc các bộ phận công trình.

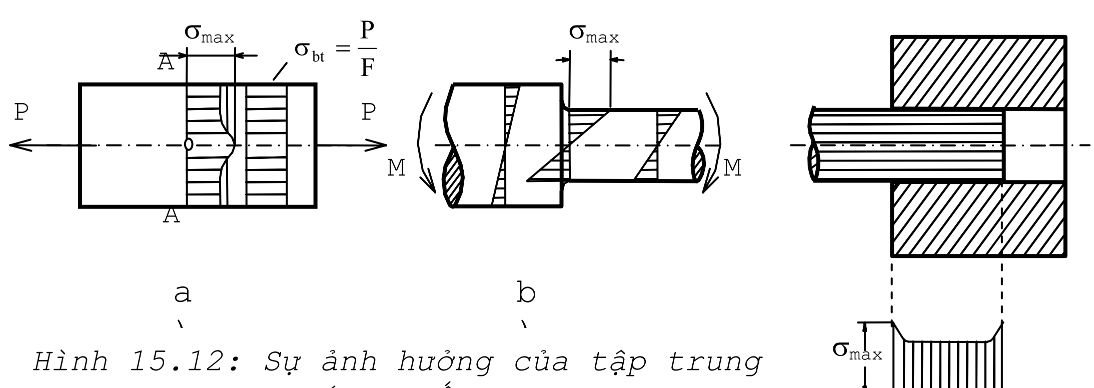
15.4. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN GIỚI HẠN MỎI

15.4.1. Anh hưởng của sự tập trung ứng suất.

Hiện tượng tập trung ứng suất là hiện tượng ở một số vùng nào đó của chi tiết hoặc bộ phận của công trình xuất hiện các ứng suất lớn hơn bình thường. Những vùng đó ảnh hưởng nhiều đến giới hạn mỏi.

Nhiều thí nghiệm và nhiều công trình khoa học đã chứng tỏ rằng ở những nơi có sự thay đổi đột ngột về kích thước và những vùng lắp ghép căng giữa các chi tiết máy thì có hiện tượng tập trung ứng suất.

Ví dụ một tấm chịu kéo có một lỗ nhỏ (hình 15.12a) trên mặt cắt A-A.Trên mặt cắt đó ứng suất phân bố không đều nữa. Trạng thái ứng suất vùng mếp lỗ là trạng thái



a b c

Hình 15.12: Sự ảnh hưởng của tập trung ứng suất
a-Tấm chịu kéo có lỗ nhỏ; b-Trục bậc;
c-Mối ghép căng giữa trục và lỗ

ứng suất phẳng và ứng suất tại mếp lỗ có trị số lớn hơn ứng suất trên mặt cắt bình thường khác. Tương tự như vậy trong trường hợp trục bậc chịu uốn (hình 15.12b) hay trục lắp ghép căng với lỗ trên hình 15.12c.

Vùng có ứng suất tập trung là một vùng rất bé trên mặt cắt hoặc trên thanh. Độ lớn của ứng suất tập trung phụ thuộc vào hình dáng kích thước của vùng thay đổi diện tích.

Các trị số của ứng suất tập trung được tính bằng lí thuyết đàn hồi hoặc bằng thực nghiệm quang đàn hồi. Ta gọi hệ số tập trung ứng suất lí thuyết là tỉ số:

$$\alpha = \frac{P_{max}}{P_{bt}} \qquad (15\text{-}10)$$

Trong đó: P_{max} - trị số ứng suất tập trung.

P_{bt}- ứng suất bình thường khi không có yếu tố tập trung ứng suất.

Ví dụ với tấm chịu kéo trên hình 15.12a, σ_{max} là trị số ứng suất ở mép lỗ, còn σ_{bt} là ứng suất trên mặt cắt không có lỗ.

Hệ số α được cho trong các sổ tay chế tạo máy hay trong các sách lí thuyết đàn hồi tuỳ theo các loại yéu tố tập trung ứng suất.

Tuỳ thuộc vào vật liệu và tính chất của tải trọng mà sự tập trung ứng suất có ảnh hưởng ít hay nhiều đến độ bền của vật liệu. Cũng vì vậy trong tính toán, người ta đưa vào một hệ số được gọi là hệ số tập trung ứng suất thực tế k_r:

$$k_r = \frac{P_r}{P_r^*}$$

Trong đó: P_r - là giới hạn mỏi ở chu trình có hệ số bất đối xứng r trên chi tiết không có yéu tố tập trung ứng suất.

P_r^* - là giới hạn mỏi có yếu tố tập trung ứng suất. Ta xét trong hai trường hợp khi r=1 và r=−1.

a) Khi r=1. Chu trình ứng suất là chu trình tĩnh; P_r là giới hạn bền của chi tiết khi không có yếu tố tập trung ứng suất. Trị số của $P_r=\sigma_B$.

P_r^* là giới hạn bền của chi tiết khi có yếu tố tập trung ứng suất.

Đối với vật liệu dẻo thí nghiệm chứng tỏ rằng, yếu tố tập trung ứng suất không ảnh hưởng đến giới hạn bền của vật liệu. Thực vậy ví dụ ở vùng có ứng suất tập trung, khi tăng lực lên, vùng đó tạo thành một vùng biến dạng dẻo nhưng vùng đó vẫn không có vết nứt, tiếp tục tăng lực lên thì vùng dẻo sẽ lan dần cho đến lúc chiếm toàn bộ diện tích mặt cắt ngang (hình dung với tấm chịu kéo ở hình 15.12a).

Điều đó không khác gì với thanh không có yếu tố tập trung ứng suất. Trước khi bị phá hỏng toàn bộ mặt cắt ngang của thanh cũng phải ở trình trạng biến dạng dẻo.

Đối với vật liệu giòn, ví dụ gang chẳng hạn. Trong lòng vật liệu đặc có nhiều yếu tố tập trung ứng suất, do đó thí nghiệm cũng chứng tỏ rằng các yếu tố tập trung ứng suất không ảnh hưởng gì đến giới hạn bền của gang.

Tóm lại đối với tải trọng tĩnh ta luôn luôn có:

$$P_r^* = \sigma_b$$

Vậy:
$$k_{+1} = 1 \qquad (15\text{-}11)$$

b) Khi r=−1.Trong chu trình đối xứng hệ số tập trung ứng suất thực tế là:

$$k_{-1} = \frac{P_{-1}}{P_{-1}^*}$$

Trong đó: P_{-1} là giới hạn mỏi của chu trình ứng suất đối xứng, chi tiết không có yếu tố tập trung ứng suất.

P_{-1}^{*} là giới hạn mỏi khi có yếu tố tập trung ứng suất. Hai trị số đó có thể xác định bằng thí nghiệm.

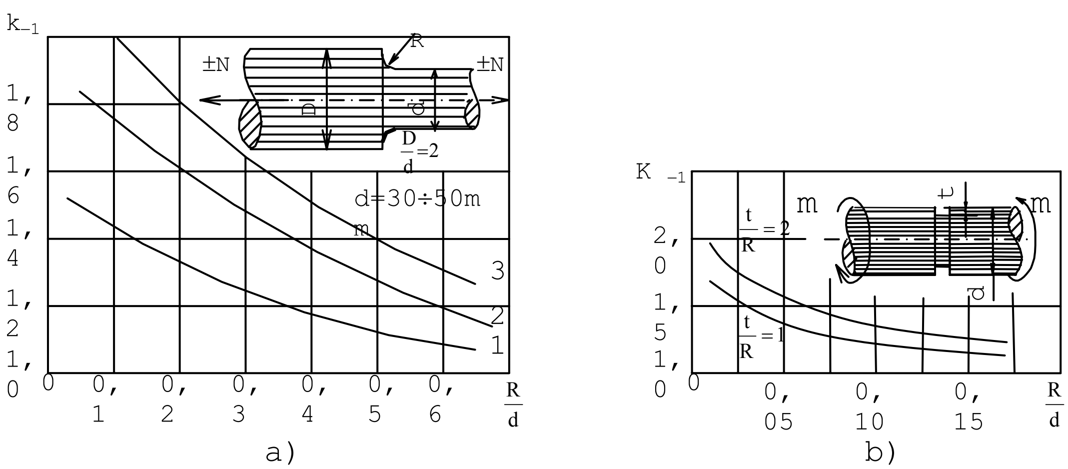
Qua các thí nghiệm, người ta đã thiết lập được biểu thức tương quan giữa k_{-1} và α như sau:

$$k_{-1} = 1 + q(\alpha - 1) \qquad (15\text{-}12)$$

Trong đó: q được gọi là hệ số nhạy của vật liệu. Hệ số đó chỉ phụ thuộc vào tính chất của vật liệu.Với thép xây dựng hoặc thép thường q biến thiên từ 0,6÷0,8. Đối với gang q gần bằng không, nghĩa là ảnh hưởng của yếu tố tập trung ứng suất đối với gang không đáng kể.

Hệ số nhạy, với một mức độ nhất định, phụ thuộc vào hình dáng của chi tiết được xét và yếu tố tập trung ứng suất.

Công thức (15-12) chỉ sử dụng khi không có kết quả thí nghiệm trực tiếp và có thể tính theo lí thuyết một cách dễ dàng. Thường k_{-1} được cho trực tiếp bằng kết quả của thí nghiệm; ví dụ trên các bảng ở hình 15.13.



Hình 15.13: Bảng tra hệ số tập trung ứng suất thực tế k_{-1}

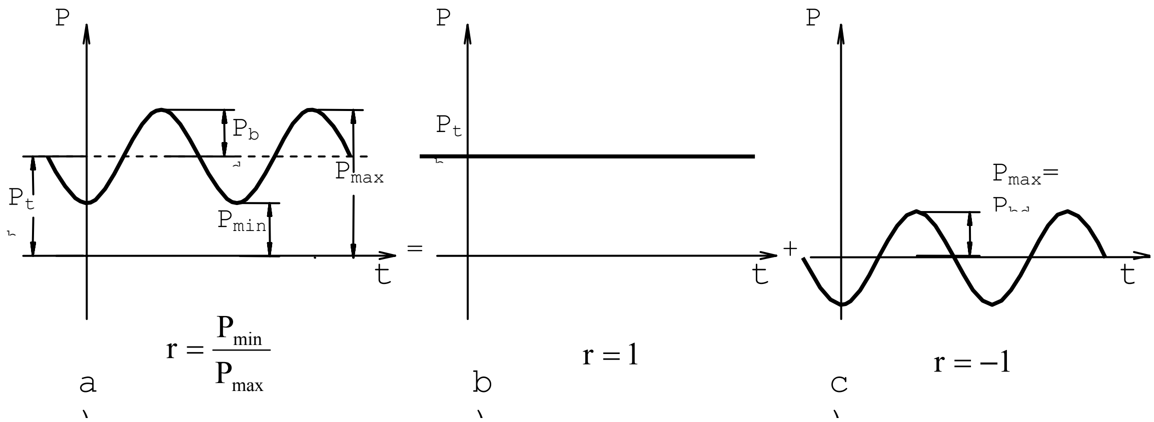
a- Đối với trục bậc; b-Đối với thanh chịu

Trên các bảng của hình 15.13a là trị số k_{-1} của trục bậc khi chịu kéo nén liên tục. Các đường cong 1, 2, 3 là tương ứng với các loại thép có giới hạn bền: σ_b=40kN/cm^2 , 80kN/cm^2 và 120 kN/cm^2.

Trên bảng thứ hai (hình 15.13b) cho k_{-1} của thanh chịu xoắn có rãnh đối với thép thanh có giới hạn bền khi kéo σ_b=50kN/cm^2.

Nếu chi tiết làm việc với một chu trình ứng suất bất kì thì luôn có thể xem là sự cộng tác dụng của một chu trình tĩnh với trị số ứng suất là P_{tb} và một chu trình đối xứng với ứng suất cực đại bằng $P_{bđ}$ (xem hình 15.14).

Yếu tố tập trung ứng suất không ảnh hưởng gì đến chu trình tĩnh, nghĩa là không ảnh hưởng đến P_{tb}. Yếu tố đó chỉ ảnh hưởng đến chu trình đối xứng, nghĩa là đến $P_{bđ}$. Nhận xét đó rất quan trọng để ta có thể tính toán đến độ bền sau này.



Hình 15.14: Chu trình ứng suất bất kì (a) được xem là sự cộng của chu trình tĩnh (b) với chu trình đối xứng (c)

15.4.2.Anh hưởng của độ nhẵn bề mặt và kích thước của chi tiết.

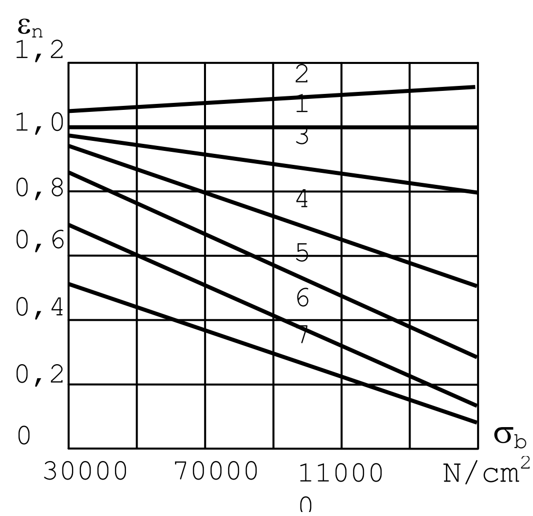
Bề mặt của chi tiết càng nhẵn, thì độ bền mỏi càng lớn, tức là giới hạn mỏi càng cao. Điều đó có thể giải thích là bề mặt càng nhẵn thì càng ít yếu tố gây nên vết nứt vi mô. Như ta đã nói các vết nứt đó chỉ phát sinh và phát triển khi vật liệu chịu tác dụng của ứng suất thay đổi. Nghĩa là với một chu trình tĩnh thì bề mặt nhẵn đều không có ảnh hưởng gì đến độ bền của vật liệu. Ta gọi hệ số bề mặt là tỉ số:

$$\varepsilon_n = \frac{P_{-1\pi}}{P_{-1}} \qquad (15\text{-}13)$$

Trong đó: P_{-1} là giới hạn mỏi trong chu trình đối xứng của mẫu có bề mặt nhẵn theo tiêu chuẩn; $P_{-1\pi}$ là giới hạn mỏi của mẫu có bề mặt tương tự của bề mặt chi tiết máy.

Trên hình 15.15 đưa ra giá trị của hệ số bề mặt đối với các loại thép có giới hạn bền khác nhau:

Hệ số bề mặt của bề mặt tiêu chuẩn xem như bằng đơn vị (đường1). Đường 2 đối với bề mặt được đánh bóng. Đường 3 đối với các bề mặt được tạo nên bằng phương pháp cắt gọt. Đường 4 với các bề mặt được tạo nên bằng cách dũa tinh. Đường 5 với các bề mặt được tạo bằng phương pháp cán. Các đường 6, 7 là các chi tiết có bề mặt bị ăn mòn trong nước ngọt và nước mặn.



Hình 15.15: Giá trị hệ số bề mặt ε_n đối với các vật liệu thép khác nhau

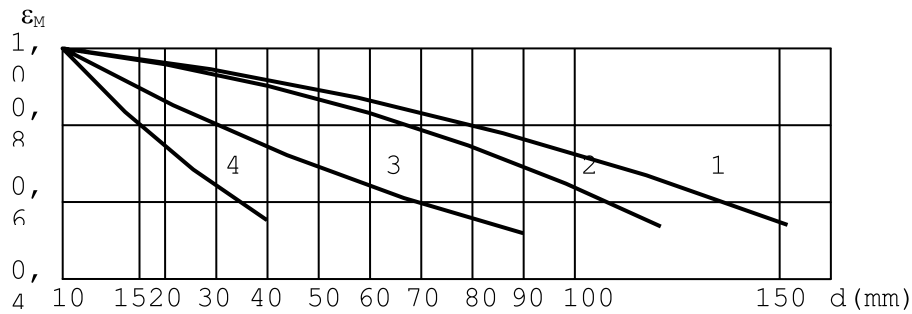
Như vậy là đối với một chu trình bất kì hệ số bề mặt chỉ ảnh hưởng đến $P_{bđ}$, hệ số đó không ảnh hưởng đến P_{tb} như ta lập luận ở trên.

Ta để ý đến một yếu tố khác ảnh hưởng đến giới hạn mỏi, đó là kích thước của chi tiết máy. Chi tiết càng to giới hạn mỏi càng thấp. Cách giải thích của chúng ta cũng tương tự như cách giải thích đối với hệ số bề mặt. Vật càng lớn khuyết tật trong lòng càng nhiều càng dễ gây nên vết nứt vi mô. Rõ ràng các vết nứt đó chỉ có thể phát sinh và phát triển khi vật liệu chịu tác dụng của ứng suất thay đổi. Do đó, một chu trình tĩnh, kích thước không ảnh hưởng gì giới hạn bền của vật liệu. Anh hưởng đó chỉ có thể xảy ra với ứng suất thay đổi, nghĩa là với chu kì đối xứng. Ta có định nghĩa sau đây: Hệ số kích thước là tỉ số:

$$\varepsilon_M = \frac{P_{-1d}}{P_{-1}} \qquad (15\text{-}14)$$

Trong đó: P_{-1d} là giới hạn mỏi trong chu trình đối xứng của chi tiết có kích thước thực; P_{-1}là giới hạn mỏi của mẫu có kích thước theo tiêu chuẩn (d=8÷12 mm).

Ta giả thiết rằng bề mặt của chi tiết và mẫu thí nghiệm là có chất lượng như nhau .Trên hình 15.16 cho giá trị của ε_M đối với các trục chịu uốn và chịu xoắn theo đường kính của chúng .



Hình 15.16: Giá trị ε_M đối với trục chịu xoắn và chịu uốn có

Đường 1 là cho thép các bon không có các yếu tố tập trung ứng suất. Đường 2 cho thép hợp kim có giới hạn bền từ 100kN/cm^2÷120kN/cm^2 và không có các yếu tập trung ứng suất. Đường 3 dành cho các loại thép có một yếu tố tập trung ứng suất. Đường 4 cho các loại thép có nhiều yếu tố tập trung ứng suất.

Trong bảng 15.1 cho ta một số giới hạn mỏi trong chu trình đối xứng với các mẫu thí nghiệm có đường kính khác nhau.

Bảng 15.1

d(mm)	Giới hạn mỏi σ_{-1} (N/cm^2)						
	Thép các bon			Thép hợp kim			
15	25000	26500	32000	38000	44000	50000	60000
30	21000	22500	27000	32000	37000	42000	50000
60	17500	19000	22500	27000	31000	35000	42000
100	16000	17000	20000	24000	28000	31500	38000
σ_B N/cm^2	45000	55000	65000	80000	88000	98000	120000
σ_{ch}N/cm^2	25000	31000	36000	56000	61000	75000	100000

Cũng giống như trên, đối với một chu trình bất kì hệ số kích thước chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến $P_{bđ}$, hệ số đó không ảnh hưởng đến P_{tb}.

15.5. HỆ SỐ AN TOÀN TRONG TRƯỜNG HỢP CHỊU ỨNG SUẤT THAY ĐỔI THEO THỜI GIAN.

Để kiểm tra điều kiện bền của một chu trình ứng suất với hệ số bất đối xứng r thì việc làm bình thường là phải dựa vào biểu đồ giới hạn mỏi để xác định giới hạn mỏi P_r và đem so sánh P_{max} với P_r. Điều kiện bền khi mỏi là:

$$P_{max} \le P_r \qquad (1)$$

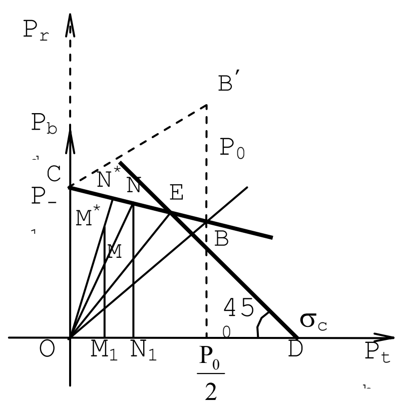
Tỷ số $n = \frac{P_r}{P_{max}}$ càng lớn thì càng an toàn, vì vậy tỉ số đó được gọi *là hệ số an toàn.*

Để thuận tiện hơn,người ta dựa vào biểu đồ giới hạn mỏi để thiết lập một cách tổng quát công thức của hệ số an toàn n và so sánh hệ số an toàn đó với một hệ số an toàn định trước [n] được gọi là hệ số an toàn cho phép.Nếu như n>[n] thí vật liệu an toàn vì mỏi.

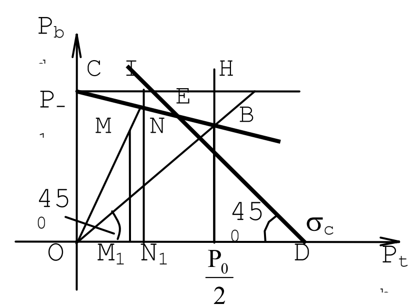
Cách thiết lập công thức của hệ số an toàn như sau:

Tính đến các yếu tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi, theo đề nghi của Xêrexen và Kinaxôvili ta tăng biên độ của chu trình ứng suất thực lên một lượng là $\frac{k_{-1}}{\varepsilon_n \varepsilon_M}$. Sở dĩ như vậy vì các yếu tố đó chỉ ảnh hưởng đến P_{bd}. Cách làm đó dẫn tới việc tăng cao hệ số an toàn thực tế lên so với hệ số tính toán, nên ta có thể chấp nhận được.

Thực vậy gọi M là điểm cho chu trình ứng suất tác dụng lên chi tiết máy. M nằm trong miền OCE (hình 15.17). Giới hạn của M là điểm N, giao điểm của tia OM và đường BC. Nếu bây giờ ta tăng biên độ của M lên một lượng là $\frac{k_{-1}}{\varepsilon_n \varepsilon_M}$, giá trị này >1, nghĩa là ta biểu diễn chu trình ứng suất đó tại M^*. Giới hạn mỏi tương ứng với M^* là N^*, một điểm gần với giới hạn mỏi trong chu trình đối xứng mà ta biết rằng giới hạn mỏi của chu trình đối xứng là bé nhất (quan sát biểu đồ), tại B ta lấy tung độ gấp đôi để có điểm biểu diễn cho P_0 là B'. Vậy giới hạn mỏi tương ứng với N^* là bé hơn đối với N. Do đó hệ số an toàn trong thực tế sẽ lớn hơn hệ số an toàn tính toán.



Hình 15.17:Phương pháp 1 xác định hệ số an toàn



Hình 15.18: Phương pháp 2 xác định hệ số an toàn

Gọi điểm chiếu M và N lên trục hoành là M_1, N_1 (hình 15.18). Xét hai tam giác đồng dạng OMM_1 và ONN_1 , ta có:

$$\frac{NN_1}{MM_1} = \frac{ON_1}{OM_1} = \frac{ON_1 + N_1N}{OM_1 + M_1M} = \frac{P_r}{P_{max}} = n_P \qquad (2)$$

Ta tìm cách tính ON_1.

Từ C vẽ đường ngang song song với trục hoành. Giao tuyến của đường đó với các đường song song với trục tung qua N và B là I và H. Sử dụng hai tam giác đồng dạng CNI và CBH, ta có: $\frac{CI}{CH} = \frac{IN}{HB}$

hay : $$\frac{ON_1}{\frac{P_0}{2}} = \frac{P_{-1} - NN_1}{P_{-1} - \frac{P_0}{2}} \qquad (3)$$

Do đó ta có: $$ON_1 = \frac{P_{-1} - NN_{-1}}{\psi} \qquad (4)$$

Trong đó: $$\psi = \frac{2P_{-1} - P_0}{P_0} \qquad (15\text{-}15)$$

Đem thay (4) vào (2), ta có: $$\frac{NN_1}{MM_1} = \frac{P_{-1} - NN_1}{\psi OM_1} = n_P \qquad (5)$$

Từ đó ta có : $$n_P = \frac{P_{-1}}{\frac{k_{-1}}{\varepsilon_n \varepsilon_M} P_{bd} + \psi P_{tb}} \qquad (15\text{-}16)$$

Nếu sử dụng biểu đồ mỏi thứ hai (hình 15.19) ta sẽ tính hệ số an toàn như sau: Tương tự như trên ta sẽ sử dụng bốn tam giác OM_1M đồng dạng với ON_1N; CNI đồng dạng với CBH. Từ đó ta có:

$$\frac{ON_1}{\sigma_B} = \frac{P_{-1} - NN_1}{P_{-1}}$$

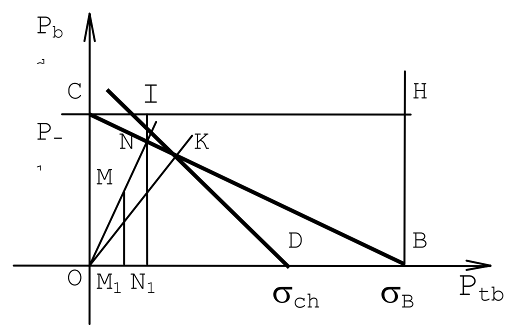
hay $$ON_1 = \frac{P_{-1} - NN_1}{\frac{P_{-1}}{\sigma_B}}$$

Từ đó ta lại có:

$$\frac{NN_1}{MM_1} = \frac{ON_1}{OM_1} = \frac{P_{-1} - NN_1}{\psi' OM_1} = n_P$$

Và cuối cùng:

$$n_P = \frac{P_{-1}}{\frac{k_{-1}}{\varepsilon_n \varepsilon_M} P_{bd} + \psi' P_{tb}} \qquad (15\text{-}17)$$



Hình 15.19: Đồ thị tính hệ số an toàn khi M nằm trong ODC

Trong đó: $$\psi' = \frac{P_{-1}}{P_b} \qquad (15\text{-}18)$$

Trong các công thức (15-16), (15-17), (15-18) ta đã dùng chữ P để chỉ chung cho ứng suất pháp và ứng suất tiếp. Khi trạng thái ứng suất là ứng suất đơn, ta có:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_{-1}}{\varepsilon_n \varepsilon_M} \sigma_{bd} + \psi \sigma_{tb}}$$

Trong đó: $$\psi = \frac{2\sigma_{-1} - \sigma_0}{\sigma_0}$$

Với biểu đồ mỏi thứ hai, vị trí của ψ thay bằng ψ':

$$\psi' = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_B}$$

Khi trạng thái ứng suất là trạng thái trượt thuần tuý, ta có:

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{-1}}{\varepsilon_n \varepsilon_M}\tau_{bd} + \psi\tau_{tb}}$$

Trong đó: $$\psi = \frac{2\tau_{-1} - \tau_0}{\tau_0}$$

Với biểu đồ mỏi thứ hai, vị trí của ψ thay bằng ψ' với:

$$\psi' = \frac{\tau_{-1}}{\tau_B}$$

Trường hợp uốn và xoắn đồng thời, ta có thể áp dụng công thức kinh nghiệm sau đây để tính hệ số an toàn:

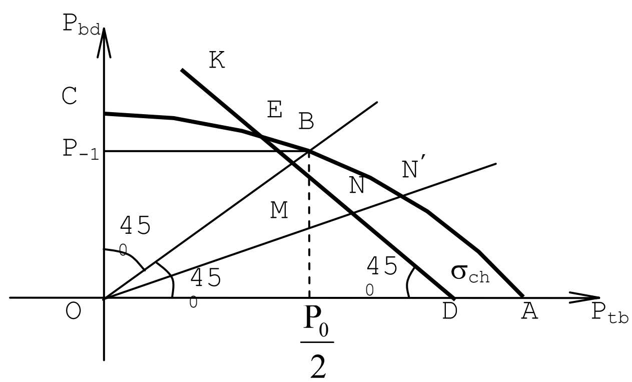
$$\frac{1}{n_r^2} = \frac{1}{\sigma_\sigma^2} + \frac{1}{n_\tau^2}$$

hay $$n_r = \frac{n_\sigma n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} \qquad (15\text{-}19)$$

Việc tính toán vừa rồi chỉ cần thiết khi vật liệu làm việc ứng với điểm M nằm trong vùng OCE. Nếu M nằm ở vùng ODE thì ta chỉ cần so sánh ứng suất lớn nhất ($P_{bd}+P_{tb}$) với giới hạn chảy σ_{ch}:

$$P_{max} \le P_{ch}$$

Ta thử xét một chu trình ứng suất ứng với điểm M nằm ở vùng ODE (hình 15.20). Lúc này hệ số an toàn được tính như sau: $$n_T = \frac{\sigma_{ch}}{P_{max}} \qquad (15\text{-}20)$$



Hình 15.20: Đồ thị tính hệ số an toàn khi M nằm ở vùng ODE

Ta gọi n_T là hệ số an toàn về chảy. Tỉ số đó là tỉ số giữa các đoạn ON và OM (N là giao điểm của OM với đường thẳng KD). Gọi N' là giao điểm của OM với biểu đồ mỏi, ta thấy ON' lớn hơn ON, do đó nếu tính n_p thì trị số của n_P sẽ lớn hơn n_r.

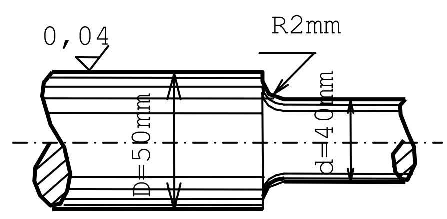
Ngược lại, khi M thuộc vùng COE, ta nhận thấy ON' nhỏ hơn ON, nghĩa là n_p nhỏ hơn n_T.

Từ đó ta đề ra cách tính như sau: Ta không biết M thuộc vùng nào, ta phải tính hai hệ số n_P và n_T luôn luôn lấy trị số nhỏ hơn để so sánh với hệ số an toàn cho phép [n].

Ví dụ 1: Một trục bậc hình 15.21, được chế tạo từ thép các bon với 0,6% các bon chịu uốn. Các đặc trưng cơ học của vật liệu là:

σ_b=75kN/cm^2, σ_{ch}=42kN/cm^2 và $\sigma_{-1} = 32{,}5\,kN/cm^2$.

Bề mặt của trục được mài nhẵn. Mô men uốn có trị số không đổi suốt thời gian trục quay là M= 64



Hình 15.21: Kết cấu trục bậc

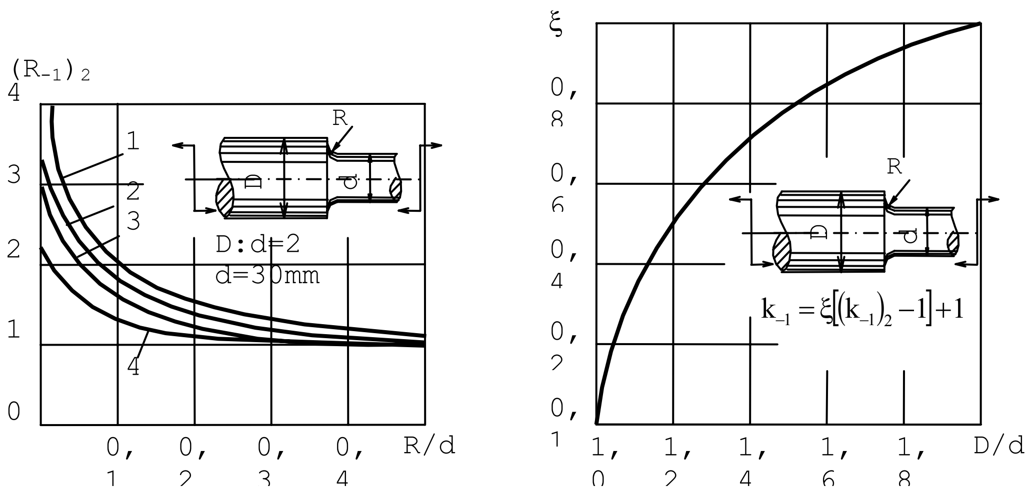
kNcm. Kiểm tra điều kiện bền của trục, cho biết hệ số an toàn cho phép [n]=1,5.

Bài giải: Trục chịu uốn quay đều và mô men uốn không đổi nên chu trình ứng suất ở đây là chu trình đối xứng:

$$\sigma_{max} = |\sigma_{min}| = \frac{M_x}{W_x} = \frac{64}{0{,}14^3} = 10\,kN/cm^2$$

Hệ số an toàn chảy sẽ là: $n_T = \dfrac{42}{10} = 4{,}2$

Hệ số an toàn về mỏi được tính với công thức (15-17). Hệ số ứng suất tập trung thực tế được tính theo các bảng như trên hình 15.22.



Hình 15.22: Đồ thị tính hệ số an toàn thực tế: a-Đối với trục bậc có tỉ số D/d = 2 ; b-Khi D/d ≠ 2

Hình 15.22a cho trị số $(k_{-1})_2$ của trục bậc khi bị uốn với tỉ số D/d = 2.

Đường 1 cho thép với σ_B=120kN/cm^2; đường 2 cho thép σ_b=100kN/cm^2; đường 3 cho thép σ_b=80kN/cm^2 và đường 4 cho các loại thép σ_b=60÷40kN/cm^2.

Hình 15.22b cho hệ số điều chỉnh khi D/d không phải là 2.

Trong ví dụ ta đang xét, vì σ_b=75kN/cm^2 nên ta sử dụng đường 3 để xác định $(k_{-1})_2$. Với tỉ số $\dfrac{R}{d} = \dfrac{2}{40}$, ta tìm thấy $(k_{-1})_2$=2,2. Với tỉ số $\dfrac{R}{d} = \dfrac{5}{40} = 1{,}25$, ta tìm thấy trị số hệ số hiệu chỉnh ξ=0,52. Từ đó ta có:

$$k_{-2} = 1 + \xi[(k_{-1})_2 - 1] = 1 + 0{,}52(2{,}2 - 2) = 1{,}63$$

Hệ số kích thước ε_n được xác định theo đường 2 của bảng 1 với d=40mm, ε_M=0,78. Bề mặt của trục được mài nhẵn, vậy ε_M=1.

Từ đó ta có :

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\dfrac{k_{-1}}{\varepsilon_M \varepsilon_n}\sigma_{bd} + \psi'\sigma_{tb}} = \frac{0{,}78 \cdot 32{,}50}{1{,}63 \cdot 10{,}00} = 1{,}6$$

Vì n_σ nhỏ hơn n_T, nên ta phải lấy n_σ so sánh với [n], ta có: n_σ>[n]

Vậy trục đạt được điều kiện an toàn.

Ví dụ 2: Trục bậc trên đây dưới tác dụng của mô men xoắn theo chu trình bất đối xứng. Trị số mô men xoắn lớn nhất là m= 20kNcm; mô men xoắn cực tiểu là m=–20 kN cm. Cơ tính của vật liệu như sau: τ_B=40kN/cm^2; τ_{-1}=19kN/cm^2; σ_b=60kN/cm^2. Xác định hệ số an toàn mới của chi tiết.

Bài giải: Trị số các ứng suất cực đại và cực tiểu là:

$$\tau_{max} = \frac{80}{0,2 \cdot 4^3} = 6,25\,kN/cm^2$$

$$\tau_{min} = -\frac{20}{0,2 \cdot 4^3} = -1,56\,kN/cm^2$$

Từ đó ta có trị số ứng suất biên độ và ứng suất trung bình là:

$$\tau_{bd} = 3,9\,kN/cm^2 \;\; ; \; \tau_{tb} = 2,35\,kN/cm^2$$

Hệ số ứng suất tập trung thực tế được tra ở hình 15.23. Bảng trên hình 15.23a là hệ số tập trung ứng suất thực tế đối với các mẫu thí nghiệm có d=12,5 và tỉ số D/d=1,4 khi xoắn. Đường 1 cho thép có giới hạn bền σ_B=120kN/cm^2; đường 2 cho các loại thép có σ_B=60kN/cm^2 và đường 3 cho các loại thép có σ_B=40kN/cm^2. Đối với trục có tỷ lệ D/d khác 1,4 thì ta dùng hệ số hiệu chỉnh ξ cho trên hình (15.23b), k_{-1} được tính với công thức: $k_{-1} = \xi\left[(k_{-1})_{1,4} - 1\right] + 1$

Trong ví dụ đang xét, ta sẽ dùng đường cong 2.

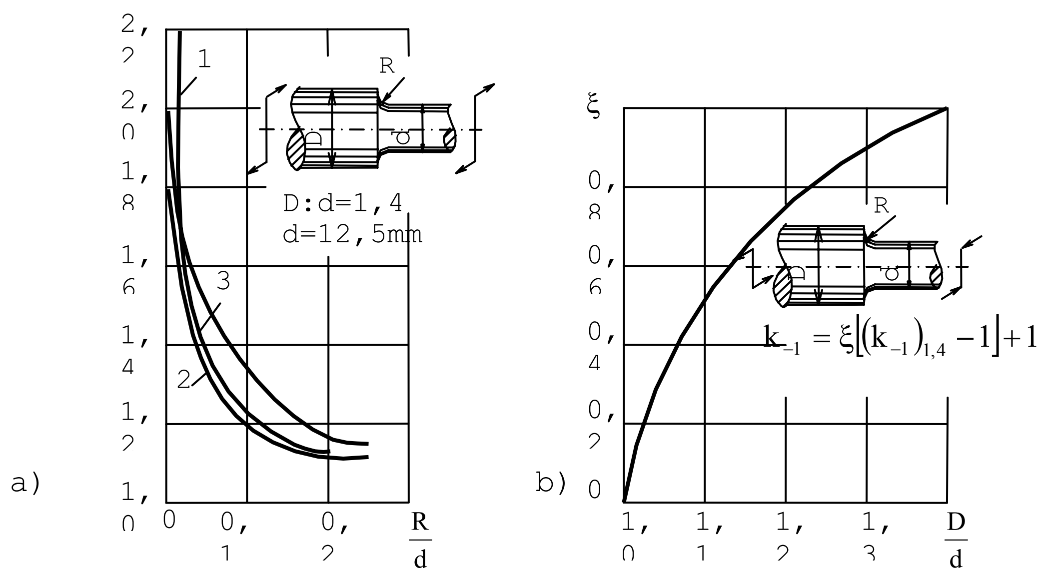
Với tỷ số $D/d = 0,05$ ta có $(k_{-1})_{1,4}$=1,36

Với tỷ số $D/d = 1,25$ ta có hệ số hiệu chỉnh ξ=0,76.

Hệ số kích thước cũng tra bảng như ví dụ uốn trên đây ε_n=0,78.Từ đó ta có:

$$k_{-1} = 0,76[1,36 - 1] + 1 = 1,27$$

Vì trục mài nhẵn nên ε_n=1. Hệ số kích thước cũng tra bảng như ví dụ uốn trên đây ε_n=0,78



Hình 15.23: Tra hệ số tập trung ứng suất. a-Bảng tra đối với mẫu có d=12,5và tỉ số D/d=1,4 khi xoắn;b-Với D/d≠1,4

.

Từ đó ta có : $$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{-1}}{\varepsilon_M \varepsilon_n}\tau_{bd} + \psi'\tau_{tb}} = \frac{19}{\frac{1,27}{0,78}\cdot 3,9 + \frac{19}{40}\cdot 2,35} = 2,5$$

Ví dụ 3. Xác định hệ số an toàn của trục I (hình 15.24). Mô men xoắn $M = 100$ kNcm. Đường kính trục là 50mm, kích thước đến các ổ trượt là a=20cm, b=8cm. Bán kính của bánh xe là R=8cm.Vật liệu của trục là thép các bon với τ_{ch}=25 kN/cm^2, σ_{-1}= 30kN/cm^2. Hệ số ứng suất tập trung thực tế do lắp căng là k_{-1}=1,4. Trục được mài nhẵn.

Bài giải: Dưới tác dụng của mô men xoắn không đổi trên mặt cắt ngang của trục luôn có một hệ ứng suất tiếp không đổi theo thời gian:

$$\tau_{tb} = \frac{m}{0,2d^3} = 4,00\,kN/cm^2$$

Hệ số an toàn chảy của vật liệu:

$$n_T = \frac{\tau_{ch}}{\tau_{tb}} = \frac{25}{4} = 6,2$$

Ngoài mô men xoắn đó, trục sẽ bị uốn bởi lực P là lực tương tác giữa hai bánh xe (xem hình 15.24b).

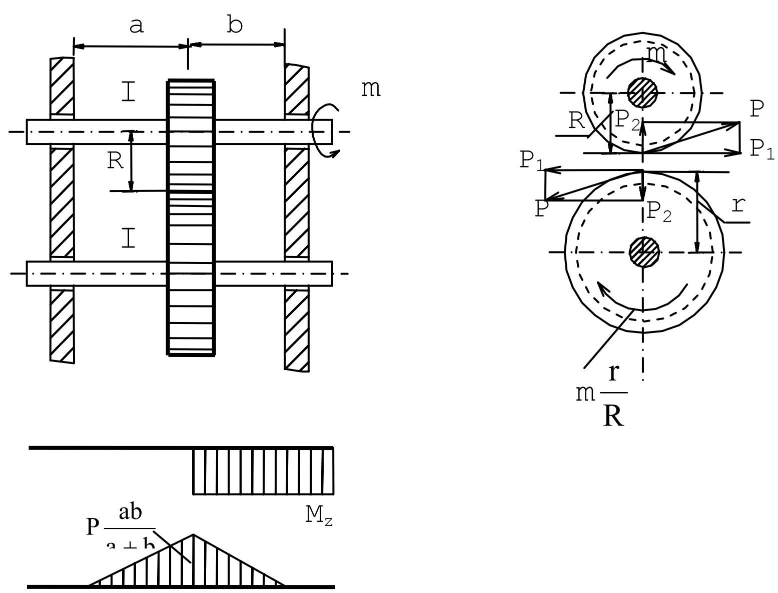
Theo lí thuyết sự ăn khớp của các bánh răng, ta có: $P_2 \approx 0,4P_1$

Do đó:

$$P = \sqrt{p_1^2 + P_2^2} = 1.08P_1$$

Từ điều kiện cân bằng của trục I, ta có:

$$P_1 = \frac{m}{R}\ ;\ P = 1,03\frac{m}{R}$$



Hình 15.24: Sơ đồ xác định hệ số an toàn của một trục bánh răng.

Lực đó sẽ gây nên ứng suất thay đổi trên trục . Chu trình đó là chu trình đối xứng:

$$\sigma_{max} = \sigma_{bd} = \frac{M_u}{0,1d^3} = 1,08\frac{m}{R}\frac{ab}{a+b}\frac{1}{0,1d^3}$$

$$\sigma_{max} = 6,16\,kN/cm^2\ ;\ \sigma_{tb} = 0$$

Theo bảng 1, ta tìm thấy ε_M=0,75. Từ đó ta có hệ số an toàn vì mỏi là:

$$n_\sigma = \frac{\varepsilon_n \varepsilon_M}{k_{-1}\sigma_{bd}} \cdot \sigma_{-1} = 2{,}6$$

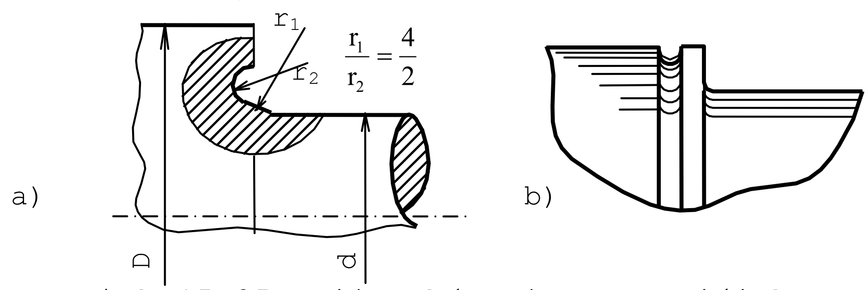
Trạng thái ứng suất ở đây là trạng thái ứng suất phẳng vì cùng có τ và σ tác dụng đồng thời, vì vậy hệ số an toàn của trục I sẽ là:

$$n_r = \frac{n_\sigma n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} = 2{,}4$$

15.6. NHỮNG BIỆN PHÁP NÂNG CAO GIỚI HẠN MỎI.

Đối với những chi tiết, bộ phận công trình chịu tác động bởi ứng suất thay đổi theo thời gian, thì các biện pháp nâng cao giới hạn mỏi tức là tránh để phát sinh ra các vết nứt vi mô, những nơi có ứng suất tập trung thường là những chổ dễ tạo nên các vết nứt vi mô, do đó phải tránh hết sức các nhân tố tạo nên ứng suất tập trung, ví dụ:

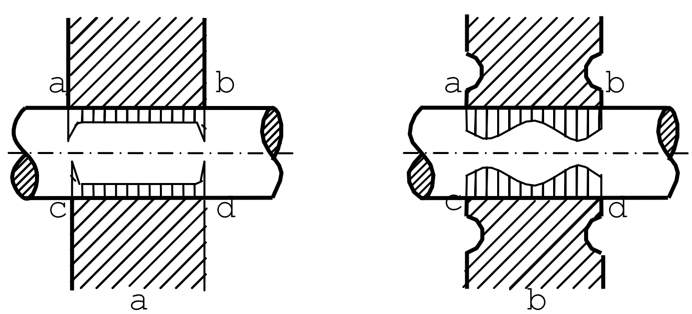
a) Tăng bán kính chổ lượn. Để đảm bảo cho bán kính chổ lượn đủ lớn ta có thể làm chổ lượn ăn vào bên trong của chi tiết như hình 15.25a.



Hình 15.25: Biện pháp nâng cao giới hạn mỏi
a-Tăng bán kính chổ lượn; b-Tạo các rãnh điều hoà ứng suất.

b) Làm các rãnh để điều hòa ứng suất (hình15.25b). Rãnh tiện ở đầu búa tán đinh nhằm giảm bớt chênh lệch đột ngột giữa hai phần có độ cứng khác nhau, từ đó hạ thấp ứng suất tập trung giữa hai phần

c) Giảm bớt ứng suất tập trung khi lắp ghép căng bánh răng bằng cách khoét rãnh trên bánh răng (hình 15.26).



Hình 15.26:Biện pháp nâng cao giới hạn mỏi
a-Ứng suất khi lắp có độ dôi; b-Ứng suất khi bánh răng được khoét rãnh

d) Mài nhẵn, đánh bóng hoặc mạ bề mặt chi tiết để trừ bỏ các vết nứt phát sinh trong quá trình gia công.

e) Làm cứng mặt ngoài bằng cách cán lăn hoặc phun hạt gang lên bề mặt, bằng phương pháp hoá nhiệt như thấm cácbon, nitơ hoặc bằng phương pháp tôi cao tần...

CÂU HỎI ÔN TẬP

15.1. Hiện tượng mỏi xuất hiện khi nào ? Những đặc trưng của các chu trình ứng suất.
15.2. Trình bày cách xác định giới hạn mỏi của chu trình đối xứng.
15.3. Những nhân tố nào ảnh hưởng đến giới hạn mỏi ?
15.4. Trình bày các biểu đồ giới hạn mỏi của vật liệu. Ý nghĩa của hai chu trình đồng dạng ?
15.5. Các biện pháp để nâng cao giới hạn mỏi ?
15.6. Hệ số an toàn khi mỏi. Cách tính độ bền mỏi ?

--- ---