

TCVN 7578-3 : 2006

ISO 6336-3 : 1996

Xuất bản lần 1

**TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG TẢI CỦA BÁNH RĂNG THẲNG
VÀ BÁNH RĂNG NGHIÊNG
PHẦN 3 – TÍNH TOÁN ĐỘ BỀN UỐN CỦA RĂNG**

*Calculation of load capacity of spur and helical gears
Part 3: Calculation of tooth bending strength*

Lời nói đầu

TCVN 7578: 2006 thay thế cho TCVN 1067: 1977

TCVN 7578-3: 2006 thay thế cho TCVN 4364: 1986

TCVN 7578-3: 2006 hoàn toàn tương đương với ISO 6336-3: 1996

TCVN 7578-3: 2006 do Ban kỹ thuật TCVN/TC 39 – Máy công cụ biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành.

Tiêu chuẩn này được chuyển đổi năm 2008 từ Tiêu chuẩn Việt Nam cùng số hiệu thành Tiêu chuẩn Quốc gia theo quy định tại Khoản 1 Điều 69 của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật và điểm a khoản 1 Điều 6 Nghị định số 127/2007/NĐ-CP ngày 1/8/2007 của Chính phủ quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật.

Tính toán khả năng tải của bánh răng thẳng và bánh răng nghiêng

Phần 3 – Tính toán độ bền uốn của răng

Calculation of load capacity of spur and helical gears ***Part 3: Calculation of tooth bending strength***

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này qui định các công thức cơ bản để tính ứng suất uốn của răng bánh răng trụ thân khai răng thẳng và răng nghiêng ăn khớp trong và ngoài, có chiều dày vành răng nhỏ nhất $S_R \leq 3,5 m_n$. Toàn bộ tải trọng ảnh hưởng đến ứng suất răng bao gồm tải trọng được truyền tải bằng bánh răng cho đến khi có thể được đánh giá bằng định lượng (xem 4.1.1)

Các công thức trong tiêu chuẩn dùng cho các bánh răng thẳng và bánh răng nghiêng có pôfin răng được tiêu chuẩn hoá theo TCVN 7585 : 2006. Các công thức này cũng có thể được sử dụng cho các bánh răng tương ứng với thanh răng cơ sở khác nếu hệ số trùng khớp ngang nhỏ hơn $\varepsilon_{\alpha n} = 2,5$.

CHÚ THÍCH 1 : Xem 4.1.1 c) và 5.3 để giới hạn khi sử dụng phương pháp C.

Khả năng tải được xác định theo ứng suất uốn cho phép được gọi là “độ bền uốn của răng”. Các kết quả này hoàn toàn phù hợp với các phương pháp khác được chỉ dẫn trong ISO 6336 - 1.

Sử dụng tiêu chuẩn này chú ý đối với các bánh răng có góc nghiêng và góc áp lực lớn thì kết quả tính toán phải được xác nhận bằng kinh nghiệm theo phương pháp A.

2 Tài liệu viện dẫn

TCVN 7585 : 2006 (ISO 53:1998) Bánh răng trụ trong công nghiệp và công nghiệp nặng - Pôfin răng tiêu chuẩn của thanh răng cơ sở

ISO 6336 -1:1996 Calculation of load capacity of spur and helical gears - Part 1: Basic principles, introduction and general influence factors (Tính toán khả năng tải của bánh răng thẳng và bánh răng nghiêng - Phần I - Nguyên lý cơ bản và những yếu tố ảnh hưởng chung.)

ISO 6336-5:1996 Calculation of load capacity of spur and helical gears - Part 5: Strength and quality of materials (Tính toán khả năng tải của bánh răng trụ - Phần 5: Độ bền và chất lượng của vật liệu).

3 Sự gãy răng và hệ số an toàn

Sự gãy răng thường kết thúc tuổi thọ làm việc của một bộ truyền. Đôi khi sự phá huỷ toàn bộ bánh răng trong một bộ truyền có thể do gãy một răng. Trong một vài trường hợp đường truyền giữa trục vào và trục ra bị gián đoạn. Do đó giá trị hệ số an toàn S_F được lựa chọn tránh gãy răng phải lớn hơn giá trị của hệ số an toàn tránh tróc rỗ bề mặt.

Các chỉ dẫn tổng quát về chọn hệ số an toàn nhỏ nhất trong 4.1.3 của ISO 6336 -1. Khách hàng và nhà sản xuất thỏa thuận đưa ra giá trị hệ số an toàn nhỏ nhất.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho mức ứng suất lớn hơn mức cho phép 10^3 chu kỳ, vì trong phạm vi này ứng suất có thể lớn hơn giới hạn đàn hồi của răng bánh răng.

4. Công thức cơ bản

CHÚ THÍCH 2 - Tất cả các ký hiệu, thuật ngữ và đơn vị đo được qui định trong ISO 6336 -1

Ứng suất chân răng thực σ_F và ứng suất uốn cho phép σ_{FP} được tính riêng đối với bánh răng nhỏ và bánh răng lớn, σ_F phải nhỏ hơn σ_{FP} .

4.1. Ứng suất chân răng, σ_F

4.1.1 Phương pháp xác định ứng suất chân răng, σ_F : Nguyên tắc và ứng dụng .

Trong tiêu chuẩn này, ứng suất chân răng cục bộ được xác định bằng tích của ứng suất uốn danh nghĩa và hệ số hiệu chỉnh ứng suất (phương pháp B và C¹⁾).

a) Phương pháp A

Về nguyên tắc cơ bản, ứng suất kéo lớn nhất có thể được xác định bằng bất kỳ phương pháp thích hợp nào (ví dụ phân tích phần tử hữu hạn, phương trình tích phân, phương pháp ánh xạ thích hợp hoặc bằng thí nghiệm quang đàn hồi, đo ứng suất kéo v v...). Để xác định ứng suất chân răng lớn nhất, phải xem xét các ảnh hưởng của phân bố tải qua hai hoặc nhiều răng ăn khớp và sự thay đổi ứng suất với sự thay đổi qua các pha ăn khớp.

Phải chú ý rằng ứng suất tiếp xúc chân răng có liên quan đến trạng thái biến dạng phẳng. Điều này rất quan trọng khi so sánh các kết quả của thí nghiệm quang đàn hồi (Phương pháp B và C) và các ứng suất cho phép.

Phương pháp A chỉ được dùng trong những trường hợp đặc biệt vì chi phí lớn.

b) Phương pháp B

Phương pháp này xuất phát từ các ý kiến cho rằng yếu tố quyết định ứng suất chân răng xuất hiện là do tải trọng tác động tại điểm ăn khớp một đôi răng ngoài của bánh răng thẳng hoặc bánh răng thẳng tương đương với bánh răng nghiêng. Tuy nhiên gần đây, "tải trọng ngang" được thay thế bằng "tải trọng pháp tuyến" tác động trên chiều rộng mặt răng bánh răng được kiểm.

¹⁾ Các ứng suất sinh ra do độ co ngót khi lắp ráp vành bánh răng mà làm tăng ứng suất do tải trọng răng gây nên thì phải được xem xét khi tính toán ứng suất chân răng σ_F hoặc ứng suất chân răng cho phép σ_{FP}

Đối với các bánh răng có hệ số trùng khớp tương đương trong phạm vi $2 \leq \varepsilon_{\alpha n} < 3$, được thừa nhận rằng yếu tố quyết định ứng suất xảy ra là do tác động tải trọng tại các điểm ăn khớp hai đôi răng trong. Công thức để tính hệ số dạng răng Y_β đối với ứng suất danh nghĩa và Y_S đối với các hệ số hiệu chỉnh ứng suất. Trường hợp với bánh răng nghiêng, hệ số Y_β tính cho các sai lệch so với những thừa nhận trên.

Phương pháp B thích hợp với các tính toán chính xác và cũng thuận tiện khi lập trình tính toán trên máy tính cũng như khi đánh giá các số liệu thực nghiệm trên máy sàng lắc (với một điểm đặt tải cho trước).

c) Phương pháp C

Phương pháp này được xác định từ phương pháp B. Trước tiên tính ứng suất cục bộ khi tải trọng đặt tại đỉnh răng (với các hệ số Y_{Fa} và Y_{Sa}), sau đó chuyển đổi đến giá trị gần đúng tương ứng, phù hợp với tải trọng đặt tại điểm ăn khớp một đôi răng ngoài nhờ hệ số Y_ε .

Hệ số dạng răng Y_{Fa} đối với ứng suất danh nghĩa và hệ số hiệu chỉnh ứng suất Y_{Sa} được cho bằng đồ thị ứng với một số profin thanh răng cơ sở.

Phương pháp C chỉ được sử dụng đối với các bánh răng có $\varepsilon_{\alpha n} < 2$; và cũng được sử dụng khi không có chương trình máy tính. Phương pháp này đủ chính xác cho phần lớn các trường hợp và thường cho các giá trị ứng suất cao hơn không đáng kể so với phương pháp B.

4.1.2 Ứng suất chân răng, σ_F : Phương pháp B và C.

Tải trọng tiếp tuyến tổng trong trường hợp bộ truyền bánh răng có nhiều đường truyền dẫn (bộ truyền bánh răng hành tinh, bộ truyền bánh răng có đường truyền tách rời) không được phân đều cho các lần ăn khớp riêng lẻ (phụ thuộc vào thiết kế, vận tốc tiếp tuyến, độ chính xác chế tạo). Điều này được tính đến bằng hệ số phân bố K_γ , hệ số K_A trong công thức (1), để điều chỉnh tải trọng trung bình khi cần thiết cho mỗi một lần ăn khớp.

$$\sigma_F = \sigma_{FO} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} \leq \sigma_{FP} \quad \dots(1)$$

trong đó :

σ_{FO} : ứng suất chân răng danh nghĩa, là ứng suất kéo cục bộ lớn nhất được xuất hiện tại chân răng khi một cặp bánh răng ăn khớp chính xác chịu tác dụng của mô men xoắn tĩnh danh nghĩa;

σ_{FP} : ứng suất uốn cho phép (xem 3.2);

K_A : hệ số ứng dụng (ISO 6336-1) tính đến sự tăng tải do các tác động bên ngoài của mô men xoắn vào hoặc ra;

K_V : hệ số tải trọng động (ISO 6336-1) tính đến sự tăng tải do tác động của tải trọng động trong (nội động lực);

$K_{F\beta}$: hệ số tải trọng bề mặt khi tính ứng suất chân răng (ISO 6336-1) tính đến sự phân bố tải trọng không đều trên chiều rộng mặt răng do sai lệch ăn khớp sinh ra khi chế tạo không chính xác, do biến dạng đàn hồi, .v.v...

$K_{F\alpha}$: hệ số tải ngang đối với ứng suất chân răng (ISO 6336-1) tính đến sự phân bố tải trọng không đều theo hướng chuyển động ngang, ví dụ do sai lệch bước răng;

CHÚ THÍCH 3 : Xem 4.1. 8 trong ISO 6336 - 1 về tính toán các hệ số K_A , K_V , $K_{F\beta}$ và $K_{F\alpha}$

4.1.3 Ứng suất chân răng danh nghĩa, σ_{FO-B} : phương pháp B.

$$\sigma_{FO-B} = \frac{F_t}{b.m_n} Y_F \cdot Y_S \cdot Y_\beta \quad \dots(2)$$

Trong đó: F_t : tải trọng tiếp tuyến danh nghĩa, tải trọng ngang tiếp tuyến với trụ chia²⁾ (xem TCVN 6336 -1).
 b : chiều rộng răng (với bánh răng nghiêng hai bậc $b = 2 b_B$). Giá trị b , của các bánh răng ăn khớp là chiều rộng răng tại vòng đáy, không tính đến các giá trị vát ngang hoặc phần lượn đỉnh răng. Nếu chiều rộng răng bánh răng nhỏ và bánh răng lớn không bằng nhau thì có thể giả định là chiều rộng răng chịu tải của chiều rộng lớn hơn được tính bằng chiều rộng răng nhỏ hơn cộng với phần kéo dài của chiều rộng lớn hơn nhưng không lớn hơn một môđun tại mỗi đầu mút của răng.

m_n : môđun pháp tuyến;

Y_F : hệ số dạng răng (xem điều 5) tính đến ảnh hưởng đến ứng suất chân răng danh nghĩa của hình dạng răng khi tải trọng tác động tại điểm ăn khớp một đôi răng ngoài;

Y_S : hệ số hiệu chỉnh ứng suất (xem điều 6) tính đến sự chuyển ứng suất uốn danh nghĩa khi tải trọng tác động tại điểm ăn khớp một đôi răng ngoài thành ứng suất chân răng cục bộ. Do đó tính hệ số Y_S phải lưu ý các vấn đề sau:

- a) Ảnh hưởng của sự tăng ứng suất do sự thay đổi tiết diện tại chân răng; và
 - b) Đánh giá phân loại ứng suất chính xác, tại tiết diện nguy hiểm chân răng phức tạp hơn là đánh giá phân loại đơn giản hiện có, ngoài ra bỏ qua ảnh hưởng của cánh tay đòn mô men uốn;
- Y_β : hệ số góc nghiêng (xem điều 8). Hệ số này bù cho việc cường độ mô men uốn tại chân răng bánh răng nghiêng, nhỏ hơn giá trị tương ứng của các bánh răng thẳng tương đương.

4.1.4 Ứng suất chân răng danh nghĩa, σ_{FO-C} : phương pháp C

$$\sigma_{FO-C} = \frac{F_t}{b m_n} Y_{Fa} \cdot Y_{Sa} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta = \frac{F_t}{b.m_n} Y_{FS} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \quad \dots(3)$$

Trong đó :

Y_{Fa} : hệ số dạng răng (xem điều 5), có tính đến ảnh hưởng của hình dạng răng đến ứng suất chân răng danh nghĩa khi tải trọng đặt tại đỉnh răng;

Y_{Sa} : hệ số hiệu chỉnh ứng suất (xem điều 6) có tính đến sự chuyển ứng suất uốn danh nghĩa khi tải trọng đặt tại đỉnh răng thành ứng suất chân răng cục bộ. Do đó tính hệ số Y_S phải lưu ý các vấn đề sau :

- a) Ảnh hưởng của sự tăng ứng suất do sự thay đổi tiết diện tại chân răng; và
- b) Đánh giá phân loại ứng suất chính xác, tại tiết diện nguy hiểm chân răng phức tạp hơn là đánh giá phân loại đơn giản hiện có, ngoài ra bỏ qua ảnh hưởng của cánh tay đòn mô men uốn.

²⁾ Tuy thuộc vào điều kiện vành bánh răng khi chân răng có đủ chiều dày, nghĩa là chiều dày vành răng $S_R \geq 3,5 m_n$, (xem phạm vi áp dụng) . Trong toàn bộ trường hợp thậm chí khi $\varepsilon_{\alpha n} > 2$, cần thiết thay thế tải trọng tiếp tuyến tổng phù hợp bằng F_t . Lý do để lựa chọn tải trọng tác động tại trụ chia cho trong 5.5. Xem 4.2 (ISO 6336-1) về định nghĩa F_t và các dẫn giải về các đặc tính đặc biệt của bánh răng nghiêng hai bậc

Y_e : là hệ số tiếp xúc (xem điều 7) tính đến sự thay đổi của ứng suất cục bộ khi tải trọng đặt tại đỉnh răng đến giá trị gần đúng ứng với khi tải trọng đặt tại điểm ăn khớp một đôi răng ngoài. Bằng hệ số này, tính ảnh hưởng của sự phân bố tải trọng trên nhiều điểm tiếp xúc và mô men uốn của răng đến hệ số hiệu chỉnh ứng suất;

Y_{FS} : hệ số đỉnh răng, bằng $(Y_{Fa} Y_{Sa})$ (xem điều 5). Hệ số này tính đến tất cả ảnh hưởng do Y_{Fa} và Y_{Sa} . Hệ số Y_{FS} có thể được suy ra từ các đồ thị biểu thị các bánh răng thân khai ăn khớp ứng với bất kỳ thanh răng cơ sở thích hợp.

Các thuật ngữ và ký hiệu còn lại được đề cập trong 4.1.3

4.2 Ứng suất uốn cho phép, σ_{FP}

Giá trị giới hạn của ứng suất chân răng (xem điều 9) được xác định từ các thử nghiệm vật liệu bánh răng thử. Do đó, các ảnh hưởng hình học của mẫu thử, ví dụ ảnh hưởng của góc lượn chân răng được bao gồm trong kết quả thử. Các phương pháp tính này dùng để so sánh ứng suất các bánh răng có kích thước khác nhau với kết quả thực nghiệm. Các bánh răng thử và điều kiện thử phải giống như bánh răng thực và điều kiện làm việc thực tế.

4.2.1 Phương pháp xác định ứng suất uốn cho phép, σ_{FP} : Nguyên lý và ứng dụng.

Để xác định ứng suất uốn cho phép có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau. Phương pháp được chấp nhận dựa trên cơ sở tiến hành nghiên cứu so sánh cẩn thận các tư liệu về quá trình làm việc của các bánh răng cần kiểm.

a) Phương pháp A

Ứng suất uốn cho phép σ_{FP} hoặc giá trị của giới hạn ứng suất chân răng σ_{FG} có thể tính được bằng công thức (1) và (2), từ đường cong S - N hoặc đường cong phá huỷ mà được tạo từ các kết quả thử nghiệm của cặp bánh răng thực tế, với các điều kiện làm việc phù hợp.

Chi phí yêu cầu của phương pháp này, hợp lý cho việc phát triển sản phẩm mới, sai hỏng của sản phẩm này sẽ gây ra hậu quả nghiêm trọng nếu dùng cho trường hợp. (ví dụ cơ cấu điều khiển các chuyển bay).

Tương tự, theo phương pháp này, có thể xác định được giá trị ứng suất cho phép từ việc xem xét kích thước, điều kiện làm việc và khảo sát cẩn thận các bánh răng chuẩn.

b) Phương pháp B

Đường cong phá huỷ được đặc trưng bởi giới hạn mỏi uốn danh nghĩa, σ_{Flim} , và hệ số Y_{NT} , được xác định bằng các số liệu của đặc tính vật liệu bánh răng thông dụng và chế độ nhiệt luyện khi chịu tải hoặc thử nghiệm trên máy sàng lắc với các bánh răng tiêu chuẩn. Các số liệu về vật liệu này được xác định để chuyển đổi phù hợp với kích thước của bánh răng được kiểm, dùng cho các hệ số ảnh hưởng tương đối, với độ nhay, $Y_{\delta rel T}$, độ nhám bề mặt, $Y_{R rel T}$ và kích thước, Y_X .

Phương pháp B được dùng để tính toán các bánh răng chính xác trung bình, khi giá trị độ bền uốn được lấy từ các thử nghiệm bánh răng, các thử nghiệm đặc biệt hoặc nếu vật liệu tương tự thì lấy theo ISO 6336-5.

c) Phương pháp C và D

Các phương pháp này được xác định từ phương pháp B nhưng áp dụng dễ dàng và nhanh chóng hơn phương pháp B, hệ số ảnh hưởng $Y_{\delta \text{ rel T}}$, $Y_{R \text{ rel T}}$ và Y_X được xác định bằng các qui trình đơn giản. Các kết quả nhận được có xu hướng an toàn hơn. Các qui trình xác định giá trị độ bền được mô tả như phương pháp B.

d) Phương pháp B_k, C_k và D_k

Ứng suất uốn cho phép được suy từ giới hạn uốn danh nghĩa của mẫu thử có cắt rãnh, σ_{klim} và hệ số tuổi thọ Y_{NK} , thường được biểu thị bằng đường cong S-N hoặc đường cong phá huỷ của việc thử mỗi máy sàng lắc với các mẫu thử có cắt rãnh được đánh bóng phẳng nhẵn. Cũng như phương pháp B, dữ liệu kiểm tra sẽ được chuyển đổi để phù hợp với bánh răng kiểm, bằng việc sử dụng các hệ số ảnh hưởng phù hợp cho cả hai phương pháp và mẫu thử: $Y_{\delta \text{ rel k}}$ với độ nhạy, $Y_{R \text{ rel k}}$ cho độ nhám bề mặt và Hệ số kích cỡ Y_X theo phương pháp B.

Các hệ số ảnh hưởng phù hợp với phương pháp C_k và D_k được xác định bằng phương trình đơn giản hơn các phương trình ở phương pháp B_k.

Các phương pháp này có thể được áp dụng khi không có số liệu thử nghiệm đối với bánh răng thử. Các phương pháp này đặc biệt phù hợp để đánh giá, xác định các giá trị độ bền chân răng đối với các vật liệu bánh răng khác nhau.

e) Phương pháp B_p, C_p và D_p

Ứng suất uốn cho phép có thể được xác định từ giới hạn mỏi uốn danh nghĩa của mẫu thử dạng thanh, σ_{plim} , và hệ số tuổi thọ Y_{NP} thường được thể hiện bằng đường cong S-N hoặc đường cong phá huỷ của việc thử mỗi máy sàng với các mẫu thử được đánh bóng trơn nhẵn, cũng như phương pháp B, dữ liệu kiểm tra sẽ được chuyển đổi để phù hợp với bánh răng kiểm, bằng việc sử dụng các hệ số ảnh hưởng phù hợp với phương pháp và mẫu thử : hệ số Y_{δ} với độ nhạy, hệ số Y_R với độ nhám bề mặt, và Hệ số kích cỡ Y_X ứng với phương pháp B.

Các phương pháp này được áp dụng khi không có số liệu thử nghiệm đối với bánh răng hoặc các mẫu thử được cắt rãnh. Các phương pháp này đặc biệt phù hợp để đánh giá, xác định các giá trị độ bền chân răng đối với các vật liệu bánh răng khác nhau.

4.2.2 Ứng suất uốn cho phép, σ_{FP} : Phương pháp B, C, D

Công thức (4) được sử dụng tùy theo vào các giới hạn trong điều 4.2.2 a) và b),

$$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{Flim} Y_{ST} Y_{NT}}{S_{Fmin}} Y_{\delta \text{ rel T}} Y_{R \text{ rel T}} Y_X = \frac{\sigma_{FE} Y_{NT}}{S_{Fmin}} Y_{\delta \text{ rel T}} Y_{R \text{ rel T}} Y_X = \frac{\sigma_{FG}}{S_{Fmin}} \quad \dots 4)$$

trong đó :

σ_{Flim} giới hạn mỏi uốn danh nghĩa của các bánh răng thử chuẩn (xem ISO 6336-5). Giá trị giới hạn của ứng suất uốn phụ thuộc vào vật liệu, nhiệt luyện và độ nhám bề mặt của phần lượn chân răng của bánh răng kiểm ;

σ_{FE} giới hạn bền uốn. Độ bền uốn cơ bản của các mẫu thử không cắt rãnh, với giả định trạng thái vật liệu (bao gồm nhiệt luyện) là hoàn toàn đàn hồi. $\sigma_{FE} = (\sigma_{F \lim} Y_{ST})$;

Y_{ST} hệ số hiệu chỉnh ứng suất, tính đến kích thước của các bánh răng thử chuẩn (xem 6.5);

Y_{NT} hệ số tuổi thọ đối với ứng suất chân răng, tính đến kích thước của bánh răng thử chuẩn (xem 10). Hệ số này tính đến khả năng tải cao hơn đối với số chu kỳ chịu tải giới hạn;

σ_{FG} giới hạn ứng suất chân răng $\sigma_{FG} = (\sigma_{FP} S_{F \min})$;

$S_{F \min}$ hệ số an toàn được nhỏ nhất khi tính ứng suất chân răng (xem điều 3 và 4.3);

$Y_{\delta \text{ rel T}}$ hệ số nhảy tương đối là tỷ số của hệ số nhảy của bánh răng được kiểm và hệ số nhảy của bánh răng thử chuẩn (xem điều 11). Cho phép tính sự ảnh hưởng độ nhảy của vật liệu;

$Y_{R \text{ rel T}}$ là hệ số bề mặt tương đối là tỷ số của hệ số nhám bề mặt của phần lượn chân răng của bánh răng được kiểm và hệ số nhám bề mặt phần lượn chân răng của bánh răng thử chuẩn

(xem điều 12); Cho phép tính các ảnh hưởng nhám bề mặt của góc lượn chân răng;

Y_X là Hệ số kích cỡ khi tính độ bền chân răng (xem điều 13); Hệ số này được sử dụng để tính các ảnh hưởng kích thước răng đến giới hạn mỏi uốn của răng.

a) Ứng suất uốn cho phép (tham chiếu)

Ứng suất uốn cho phép (tham chiếu), $\sigma_{FP \text{ ref}}$, được tính theo công thức (4), với $Y_{NT} = 1$ và các hệ số Y_{ST} , $Y_{\delta \text{ rel T}}$, Y_X , $S_{F \min}$ và $\sigma_{F \lim}$ được xác định theo phương pháp B, C hoặc D.

b) Ứng suất uốn cho phép (tính)

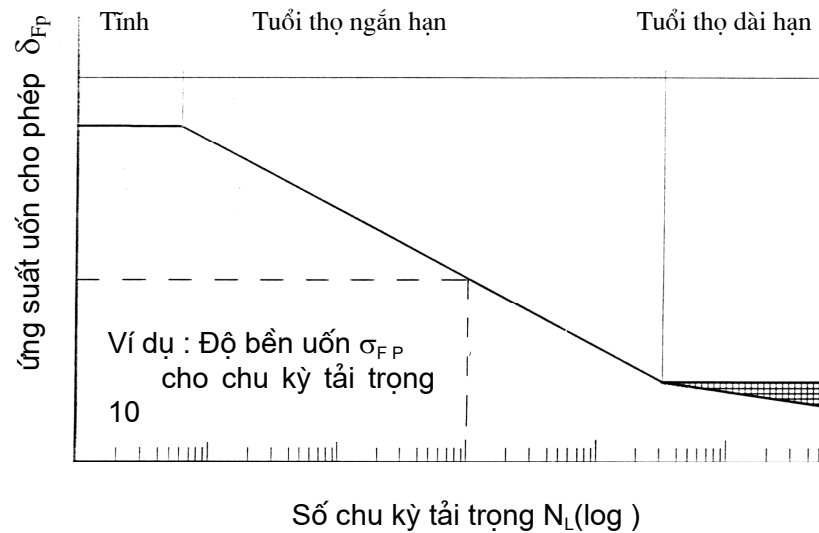
Ứng suất uốn cho phép (tính), $\sigma_{FP \text{ stat}}$, được tính theo công thức (4) với các hệ số Y_{NT} , Y_{ST} , $Y_{\delta \text{ rel T}}$, $Y_{R \text{ rel T}}$, Y_X , $S_{F \min}$ và $\sigma_{F \lim}$ được xác định theo phương pháp B, C hoặc D (đối với ứng suất tính)

4.2.3 Ứng suất uốn cho phép, σ_{FP} , ứng với tuổi thọ ngắn hạn và tuổi thọ dài hạn: Phương pháp B, C và D.

σ_{FP} ứng với số chu kỳ chịu tải N_L đã cho được xác định bằng đồ thị hoặc nội suy theo đường cong S-N, nằm giữa giá trị có ứng suất tham chiếu theo 4.2.2 a) và giá trị đạt được ứng với ứng suất tính theo 4.2.2 b) xem điều 10).

4.2.3.1 Các giá trị đồ thị

Tính toán $\sigma_{FP \text{ ref}}$ đối với ứng suất tham chiếu và $\sigma_{FP \text{ stat}}$ đối với ứng suất tính theo 4.2.2 a) và vẽ đường cong S-N tương ứng với hệ số tuổi thọ, Y_{NT} . Giá trị σ_{FP} ứng với các số chu kỳ tải trọng N_L , suy từ đồ thị trên Hình 1.



Hình 1 - Sơ đồ xác định ứng suất uốn cho phép ứng với tuổi thọ, tính theo phương pháp B

4.2.3.2 Xác định bằng tính toán

Tính toán σ_{FPref} ứng với ứng suất tham chiếu và σ_{FPstat} ứng với ứng suất tĩnh theo 4.2.2, sử dụng các kết quả này, xác định σ_{FP} đối với số chu kỳ tải trọng N_L trong phạm vi tuổi thọ ngắn hạn, theo công thức sau :

$$\sigma_{FP} = \sigma_{FPref} Y_N = \sigma_{FPref} \left(\frac{3 \times 10^6}{N_L} \right)^{exp} \quad \dots (5)$$

a) Đối với thép kết cấu và thép tôi thể tích, gang peclit hoặc banit phạm vi tuổi thọ ngắn hạn chỉ dẫn trên Hình 36 : $10^4 < N_L \leq 3 \times 10^6$:

$$exp = 0,4037 \log \frac{\sigma_{FPstat}}{\sigma_{FPref}} \quad \dots (6)$$

b) Đối với thép thấm các bon hoặc thép tôi bề mặt; thép tôi thể tích hoặc thép được thấm nitơ; thép tôi thể tích và thép thấm các bon, nitơ hoá, gang ferit hoặc gang xám phạm vi tuổi thọ ngắn hạn chỉ dẫn trong Hình 36 : $10^3 < N_L \leq 3 \times 10^6$:

$$exp = 0,2876 \log \frac{\sigma_{FPstat}}{\sigma_{FPref}} \quad \dots (7)$$

Các tính toán tương ứng có thể được xác định trong phạm vi tuổi thọ dài hạn.

4.2.4. Ứng suất uốn cho phép, σ_{FP} : Phương pháp B_K, C_K và D_K

4.2.4.1 σ_{FP} đối với ứng suất tĩnh và ứng suất tham khảo.

Ứng suất uốn cho phép được tính toán dựa trên độ bền của mẫu thử được cắt rãnh theo phương trình sau :

$$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{k \text{ lim}} Y_{Sk} Y_{Nk}}{S_{F \text{ min}}} Y_{\delta \text{ relk}} Y_{R \text{ relk}} Y_X = \frac{\sigma_{FG}}{S_{F \text{ min}}} \quad \dots(8)$$

Trong đó :

$\sigma_{k \text{ lim}}$: là giá trị giới hạn của ứng suất uốn của mẫu thử dạng thanh được cắt rãnh tính đến ảnh hưởng của vật liệu mẫu thử, nhiệt luyện và trạng thái bề mặt ảnh hưởng đến kích thước mẫu thử. Phải chú ý xem xét sự khác nhau do điều kiện chế tạo, giữa các tính chất của vật liệu được nhiệt luyện, tác động của ứng suất và tiết diện của mẫu thử và bánh răng được kiểm;

Y_{Sk} : hệ số hiệu chỉnh ứng suất ứng với mẫu thử được cắt rãnh;

Y_{Nk} : hệ số tuổi thọ đối với ứng suất chân răng, ứng với đến mẫu thử được cắt rãnh. Hệ số này được sử dụng để tính khả năng chịu tải cao hơn cho số chu kỳ tải trọng được giới hạn ;

$Y_{\delta \text{ relk}}$ hệ số độ nhạy tương đối là tỷ số của hệ số nhạy của bánh răng được kiểm và hệ số mẫu thử được cắt rãnh (xem điều 11) cho phép tính đến ảnh hưởng của độ nhạy vật liệu;

$Y_{R \text{ relk}}$: hệ số nhám tương đối là tỷ số của hệ số nhám phần lượn chân răng của bánh răng được kiểm và hệ số nhám mẫu thử được cắt rãnh (xem điều 12). Cho phép tính các ảnh hưởng của độ nhám bề mặt của phần lượn chân răng;

Các thuật ngữ và ký hiệu khác có liên quan được định nghĩa trong 4.2.2

Giá trị của các hệ số có liên quan đến mẫu thử được cắt rãnh ($\sigma_{k \text{ lim}}$, Y_{Sk} và Y_{Nk}) phải được xác định bằng thử nghiệm hoặc lấy từ các tài liệu (xem 9.2). Đánh giá $\sigma_{k \text{ lim}}$ và đánh giá các hệ số ảnh hưởng tương ứng phải dựa trên các giá trị của ứng suất tĩnh và ứng suất tham chiếu đối với các phôi thử được cắt rãnh.

Các hệ số ảnh hưởng phải được xác định theo điều 4.2.2 và điều 4.2.3, sử dụng phương pháp B_k chi tiết hơn hoặc một trong các phương pháp được đơn giản hoá hơn, C_k hoặc D_k .

4.2.4.2 σ_{FP} ứng với tuổi thọ ngắn hạn

Giá trị của σ_{FP} phải được xác định phù hợp với các qui trình được mô tả trong 4.2.3.

4.2.5 Ứng suất uốn cho phép, σ_{FP} : phương pháp B_p , C_p và D_p

4.2.5.1 σ_{FP} đối với ứng suất tĩnh hoặc ứng suất tham chiếu.

Trường hợp này, ứng suất uốn cho phép được tính dựa trên độ bền của các mẫu thử được đánh bóng nhẵn theo phương trình sau :

$$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{p \text{ lim}} Y_{Np}}{S_{F \text{ min}}} Y_{\delta} Y_R Y_X = \frac{\sigma_{FG}}{S_{F \text{ min}}} \quad \dots(9)$$

Trong đó :

$\sigma_{p \text{ lim}}$: là giá trị giới hạn ứng suất uốn của mẫu thử dạng thanh thẳng có liên quan tới vật liệu và nhiệt luyện, có tính đến kích thước của mẫu thử. Sự khác nhau giữa tính chất nhiệt luyện vật liệu của mẫu thử

và bánh răng được kiểm, nên điều kiện chế tạo phải được xem xét như trong trường hợp của σ_{klm} trong 4.2.4.

Y_{Np} là hệ số tuổi thọ đối với ứng suất chân răng ứng với mẫu thử đánh bóng, phẳng nhẵn. Hệ số này được sử dụng để tính khả năng chịu tải cao hơn đối với số chu kỳ được giới hạn;

Y_{δ} là hệ số độ nhay của bánh răng được kiểm, ứng với mẫu thử được đánh bóng, phẳng nhẵn. Cho phép tính ảnh hưởng của độ nhay vật liệu;

Y_R là hệ số bề mặt của bánh răng được kiểm ứng với mẫu thử đánh bóng, nhẵn. Cho phép tính các ảnh hưởng của độ nhám bề mặt;

Các thuật ngữ và ký hiệu khác được định nghĩa trong 4.2.2

Sự đánh giá σ_{plim} và Y_{Np} đối với mẫu thử phẳng nhẵn phải dựa trên các thử nghiệm hoặc lấy trong các tài liệu (xem 9.2). Giá trị σ_{plim} và các hệ số ảnh hưởng tương ứng phải dựa trên giá trị của ứng suất tĩnh và ứng suất tham chiếu.

Các hệ số ảnh hưởng phải được xác định theo 4.2.2 và 4.2.3 bằng phương pháp B_p hoặc theo một trong các phương pháp đơn giản hơn, C_p hoặc D_p .

4.2.5.2 σ_{FP} đối với tuổi thọ ngắn hạn

Giá trị của σ_{FP} được xác định theo qui trình được mô tả trong 4.2.3 và 4.2.4

4.3 Hệ số an toàn đối với độ bền uốn (tránh gãy răng), S_F

Tính toán hệ số an toàn S_F đối với bánh răng nhỏ và bánh răng lớn không giống nhau:

$$S_F = \frac{\sigma_{FG}}{S_{F \min}} \geq S_{F \min} \quad \dots(10)$$

a) Phương pháp B

Các giá trị của σ_{FG} đối với ứng suất tham chiếu và ứng suất tĩnh được tính toán theo 4.2.2 a) và b) theo phương trình (4). Đối với tuổi thọ ngắn hạn, σ_{FG} được tính theo 4.2.3. σ_F được tính theo phương trình (1) và (2).

b) Phương pháp C và D

Các giá trị của σ_{FG} đối với ứng suất tham chiếu và ứng suất tĩnh được tính theo 4.2.2 a) và b) bằng phương trình (4). Đối với tuổi thọ giới hạn σ_{FG} được xác định theo 4.2.3. σ_F được tính từ phương trình (1) và (3).

c) Phương pháp B_k, C_k và D_k

Tiếp theo các phương pháp được mô tả trong 4.3 a) hoặc b), σ_{FG} được tính theo 4.2.4.

d) Phương pháp B_p, C_p và D_p

Các qui trình này theo sau các phương pháp được mô tả trong điều 4.3 a) hoặc b), với σ_{FG} được tính toán theo 4.2.5.

Các giá trị giới hạn bền chân răng σ_{FG} , ứng suất cho phép σ_{FP} và ứng suất chân răng σ_F , có thể được xác định theo các phương pháp khác nhau. Các phương pháp sử dụng cho mỗi một giá trị phải được qui định trong các tài liệu tính toán.

CHÚ THÍCH 4: Các hệ số an toàn theo 4.3 có liên quan đến mô men xoắn truyền động.

Xem 4.1.3 ISO 6336-1 đối với các chỉ dẫn về giá trị của hệ số an toàn nhỏ nhất và rủi ro hư hỏng.

5 Các hệ số dạng răng, y_F và y_{Fa} ; Hệ số đỉnh răng, y_{Fs}

5.1 Qui định chung

y_F và y_{Fa} là các hệ số tính đến ảnh hưởng của dạng răng đối với ứng suất uốn danh nghĩa.

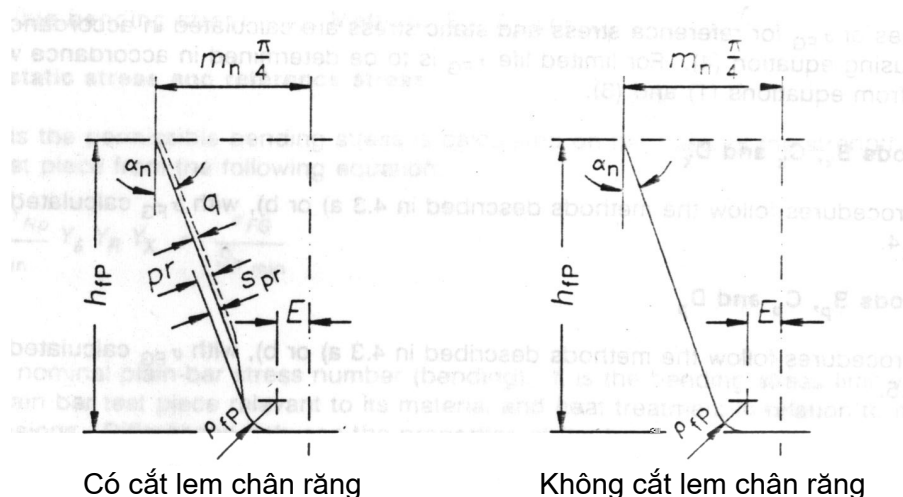
Xem 4.1.1. Hệ số y_F được xác định khi tải trọng đặt tại điểm ăn khớp một đôi răng ngoài (phương pháp B) và hệ số y_{Fa} được xác định khi tải trọng đặt tại đỉnh răng (phương pháp C).

Dây cung giữa các điểm tiếp tuyến 30° với đường lượn chân răng xác định tiết diện được dùng làm cơ sở tính toán (xem Hình 3 đến Hình 6).

Xác định các giá trị của y_F , y_S , y_{FS} , y_{Fa} và y_{Sa} dựa trên dạng răng danh nghĩa với hệ số dịch chỉnh thanh răng x . Các giá trị này cũng có thể nhận được từ Hình 9 đến Hình 32. Nói chung, tác động của sự giảm chiều dày răng đến ứng suất uốn của răng các bánh răng trụ được gia công tinh có thể được bỏ qua. Do chân răng của các răng bánh răng được cạo hoặc mài thường được tạo bằng dụng cụ cắt như dao phay lăn răng nên hình dạng và kích thước của chúng thường được xác định bằng chiều sâu cắt.

Do lượng vật liệu cho phép đối với quá trình gia công tinh như mài prôfin thường đặt chiều sâu của dụng cụ gia công liên quan đến trục bánh răng gồm giá trị hệ số dịch chỉnh thanh răng danh nghĩa x_{m_n} trừ đi dung sai thiết kế để bảo đảm lượng dư gia công tinh lớn hơn so với lượng dư yêu cầu. Vì vậy, các giá trị tính toán ứng suất chân răng thường an toàn hơn.

Nếu sai lệch chiều dày răng gần chân răng làm giảm chiều dày lớn hơn $0,05m_n$, phải lưu ý khi tính ứng suất, thay cho prôfin danh nghĩa bằng prôfin dụng cụ cắt ứng với giá trị dịch chỉnh thanh răng $m_n x_E$.



Hình 2- Kích thước và prôfin thanh răng cơ sở (prôfin hoàn chỉnh)

Các phương trình trong các phần của TCVN 7578 áp dụng cho tất cả các prôfin thanh răng cơ sở (xem Hình 2) có hoặc không có cắt lẹm chân răng nhưng có các hạn chế sau:

- Điểm tiếp xúc tại tiếp tuyến góc 30° phải nằm trên đường lượn chân răng do góc lượn của thanh răng cơ sở tạo thành;
- Prôfin thanh răng cơ sở của bánh răng có bán kính góc lượn chân răng $\rho_{fp} > 0$.
- Răng phải được tạo bằng các dụng cụ cắt như dao phay lặn, dụng cụ cắt dạng thanh răng
- Khi tính hiệu suất theo dạng răng hoàn chỉnh, có thể được bỏ qua lượng dư mài prôfin và các lượng dư tương tự kể cả lượng dư chiều dày răng. Trong thực tế, có thể thừa nhận kích thước thanh răng cơ sở của dụng cụ cắt giống hệt kích thước thanh răng cơ sở của bánh răng.

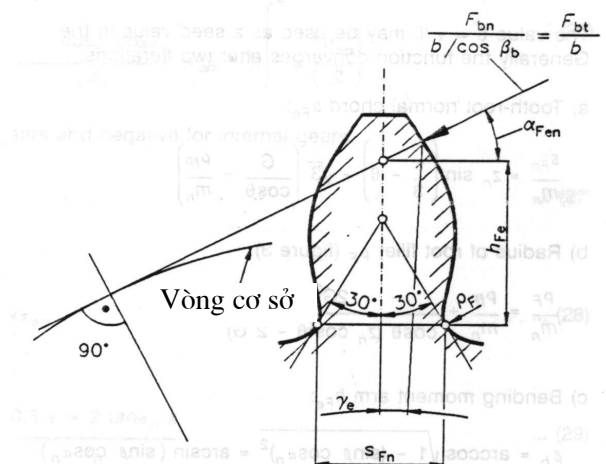
Các giải thích trên áp dụng cho của bánh răng thẳng và bánh răng nghiêng. Các giá trị Y_F , Y_{Fa} và Y_{Fs} được xác định với bánh răng thẳng tương đương của bánh răng nghiêng; số răng tương đương z_n có thể được xác định theo phương trình (19) hoặc (20) hoặc giá trị gần đúng của z_n có thể được lấy từ Hình 8. Các giá trị Y_F , Y_{Fa} và Y_{Fs} được xác định riêng cho bánh răng lớn và bánh răng nhỏ.

5.2 Tính toán hệ số dạng răng, Y_F : phương pháp B

Để xác định kích thước danh nghĩa của dây cung s_{Fn} tại tiết diện nguy hiểm chân răng và cánh tay đòn mô men uốn h_{Fe} khi đặt tải trọng tại điểm ăn khớp một đôi răng ngoài của bánh răng ăn khớp ngoài đối với phương pháp B, được chỉ dẫn trên Hình 3. Phương trình dưới đây sử dụng các kí hiệu minh họa trong Hình 3:

$$Y_F = \frac{\frac{6h_{Fe}}{m_n} \cos \alpha_{Fen}}{\left[\frac{s_{Fn}}{m_n} \right]^2 \cos \alpha_n} \quad \dots(11)$$

Để đánh giá các giá trị chính xác của h_{Fe} , s_{Fn} và α_{Fen} . Trước tiên lấy giá trị của θ với độ chính xác hợp lý, thường là sau khi tính lặp lại hai hoặc 3 lần công thức (15). Hệ số dạng răng Y_F không được xác định bằng đồ thị.



Hình 3 - Xác định kích thước danh nghĩa của dây cung tại tiết diện nguy hiểm chân răng theo phương pháp B

5.2.1 Bánh răng ăn khớp ngoài ³⁾

Trước tiên xác định các giá trị bổ trợ cho công thức (11):

$$E = \frac{\pi}{4} m_n - h_{fp} \operatorname{tg} \alpha_n + \frac{s_{pr}}{\cos \alpha_n} - (1 - \sin \alpha_n) \frac{\rho_{fp}}{\cos \alpha_n} \quad \dots(12)$$

Với $s_{pr} = p_r - q$ (xem Hình 2)

$s_{pr} = 0$ khi không có lẹm chân răng

$$G = \frac{\rho_{fp}}{m_n} - \frac{h_{fp}}{m_n} + x \quad \dots(13)$$

$$H = \frac{2}{z_n} \left[\frac{\pi}{2} - \frac{E}{m_n} \right] - \frac{\pi}{3} \quad \dots (14)$$

$$\theta = \frac{2G}{z_n} - \operatorname{tg} \theta - H \quad \dots(15)$$

$\theta = \pi/6$ được sử dụng là một giá trị gốc trong quá trình lặp của phương trình chuyển đổi (15). Thường các hàm hội tụ sau hai lần lặp lại.

a) Dây cung chân răng danh nghĩa S_{Fn} :

$$\frac{S_{Fn}}{m_n} = z_n \sin \left[\frac{\pi}{3} - \theta \right] + \sqrt{3} \left[\frac{G}{\cos \theta} - \frac{\rho_{fp}}{m_n} \right] \quad \dots(16)$$

b) Bán kính của góc lượn chân răng ρ_F (Hình 3)

$$\frac{\rho_F}{m_n} = \frac{\rho_{fp}}{m_n} + \frac{2G^2}{\cos \theta (z_n \cos^2 \theta - 2G)} \quad \dots(17)$$

c) Cánh tay đòn của mô men uốn h_{Fe} :

$$\beta_b = \arccos \sqrt{1 - (\sin \beta \cos \alpha_n)^2} = \arcsin(\sin \beta \cos \alpha_n) \quad \dots(18)$$

$$z_n = \frac{z}{\cos^2 \beta_b \cos \beta} \quad \dots (19)$$

Gần đúng, lấy

$$z_n = \frac{z}{\cos^3 \beta} \quad \dots (20)$$

$$\varepsilon_{an} = \frac{\varepsilon_a}{\cos^2 \beta} \quad \dots (21)$$

³⁾ Nếu đỉnh răng được vẽ tròn hoặc vát, thì khi tính toán cần phải thay đường kính đỉnh d_a bằng đường kính đỉnh có hiệu lực d_{Na} . d_{Na} là đường kính vòng tròn gần trụ đỉnh, giới hạn mặt răng bánh răng được sử dụng.

$$d_n = \frac{d}{\cos^2 \beta_b} = m_n z_n \quad \dots (22)$$

$$\rho_{bn} = \pi m_n \cos \alpha_n \quad \dots (23)$$

$$d_{bn} = d_n \cos \alpha_n \quad \dots (24)$$

$$d_{an} = d_n + d_a - d \quad \dots (25)$$

$$d_{an} = 2 \frac{z}{|z|} \sqrt{\left[\sqrt{\left(\frac{d_{an}}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_{bn}}{2} \right)^2} - \frac{\pi d \cos \beta \cos \alpha_n (\varepsilon_{an} - 1)}{|z|} \right]^2 + \left(\frac{d_{bn}}{2} \right)^2} \quad \dots (26)$$

Số răng z dương đối với bánh răng ăn khớp ngoài và âm đối với bánh răng ăn khớp trong.

$$\alpha_{en} = \arccos \left(\frac{d_{bn}}{d_{en}} \right) \quad \dots (27)$$

$$\gamma_e = \frac{0,5\pi + 2tg\alpha_n x}{z_n} + inv\alpha_n - inv\alpha_{en} \quad \dots (28)$$

$$\alpha_{Fen} = \alpha_{en} - \gamma_e = tg\alpha_n - inv\alpha_n - \frac{0,5\pi + 2 \tan \alpha_n x}{z_n} \quad \dots (29)$$

$$\frac{h_{Fe}}{m_n} = \frac{1}{2} \left[(\cos \gamma_e - \sin \gamma_e tg\alpha_{Fen}) \frac{d_{en}}{m_n} - z_n \cos \left(\frac{\pi}{3} - \theta \right) - \frac{G}{\cos \theta} + \frac{\rho_{fp}}{m_n} \right] \quad \dots (30)$$

5.2.2 Bánh răng ăn khớp trong³⁾

Giá trị hệ số dạng răng của thanh răng đặc biệt có thể được thay thế cho một giá trị gần đúng của hệ số dạng răng của bánh răng ăn khớp trong. Profil của một thanh răng như vậy là một dạng đặc biệt của profil cơ sở, được sửa đổi để tạo ra profil danh nghĩa, gồm cả vòng đỉnh và vòng chân của một bánh răng giống hệt bánh răng ăn khớp trong. Góc đặt tải là α_n (xem Hình 4). Xác định các giá trị thay thế trong phương trình (11) theo các phương trình sau:

a) Dây cung chân răng danh nghĩa của s_{Fn2} :

$$\frac{s_{Fn2}}{m_n} = 2 \left[\frac{\pi}{4} + \frac{h_{fp2} - \rho_{fp2}}{m_n} tg\alpha_n + \frac{\rho_{fp2} - s_{pr}}{m_n \cos \alpha_n} - \frac{\rho_{fp2}}{m_n} \cos \frac{\pi}{6} \right] \quad \dots (31)$$

b) Cánh tay đòn mô men uốn h_{Fe2}

$$\frac{h_{Fe2}}{m_n} = \frac{d_{en2} - d_{fn2}}{2m_n} - \left[\frac{\pi}{4} + \left(\frac{h_{fp2}}{m_n} - \frac{d_{en2} - d_{fn2}}{2m_n} \right) tg\alpha_n \right] tg\alpha_n - \frac{\rho_{fp2}}{m_n} \left(1 - \sin \frac{\pi}{6} \right) \quad \dots (32)$$

Trong đó,

d_{en2} được lấy ra từ công thức (25) nhưng bổ sung thêm chỉ số 2 vào thông số

d_{fn2} được lấy tương tự như d_{an} (công thức (25); $d_{fn2} - d_{f2} = d_{n2} - d_2$) và

$$h_{fp2} = \frac{d_{n2} - d_{fn2}}{2} \quad \dots(33)$$

c) Bán kính góc lượn chân răng, ρ_{F2}

Khi biết các bán kính góc lượn chân răng bánh răng ăn khớp trong, ρ_{F2} , thì dùng nó cho ρ_{fp2} . Khi không biết ρ_{F2} có thể sử dụng giá trị gần đúng sau:

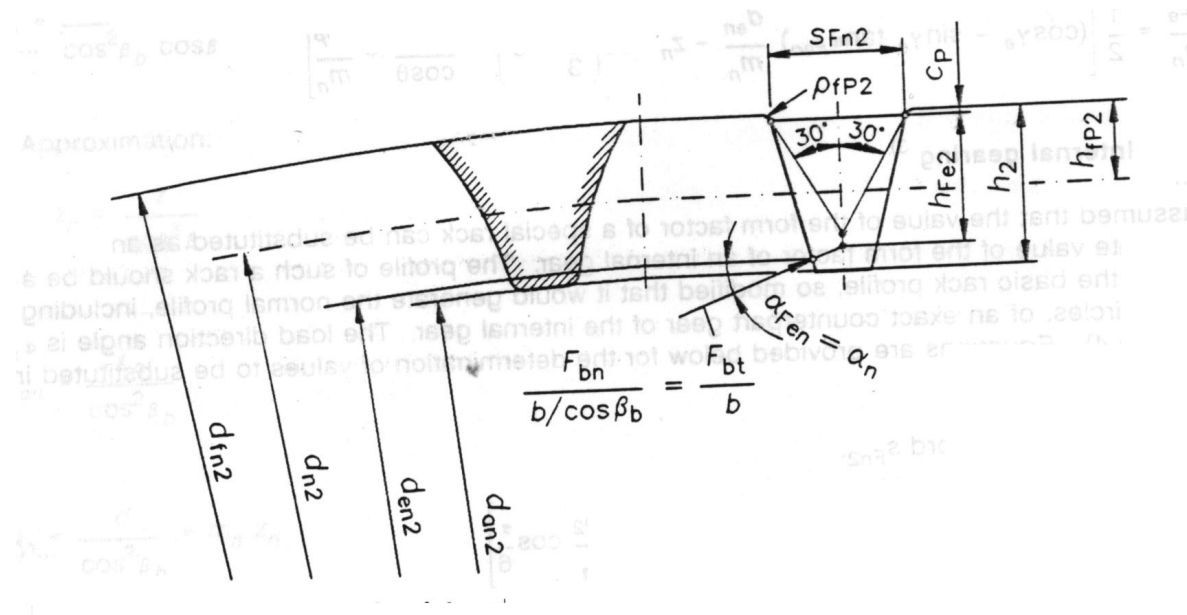
$$\rho_{F2} = \rho_{fp2} = 0,15 m_n \quad \dots(34)$$

Từ đó tính ra:

$$\rho_{fp2} = \frac{C_p}{1 - \sin \alpha_n} = \frac{h_{f2} - h_{nf2}}{1 - \sin \alpha} = \frac{d_{nf2} - d_{f2}}{2(1 - \sin \alpha_n)} \quad \dots(35)$$

Trong đó,

d_{nf2} là đường kính của vòng tròn gần chân răng, gồm giới hạn mặt răng có thể sử dụng của bánh răng ăn khớp trong hoặc bánh răng lớn ăn khớp ngoài của cặp bánh răng ăn khớp. Đối với bánh răng ăn khớp trong, đường kính có dấu âm.



Hình 4 - Các thông số dùng để xác định hệ số dạng răng, y_F , đối với bánh răng ăn khớp trong (phương pháp B)

5.3 Hệ số dạng răng, Y_{Fa} : phương pháp C

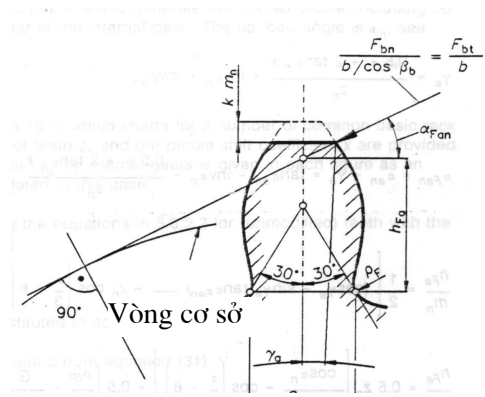
Xác định kích thước danh nghĩa của dây cung, S_{Fn} tại tiết diện nguy hiểm chân răng và cánh tay đòn, h_{Fa} khi đặt tải trọng tại đỉnh răng của bánh răng ăn khớp ngoài đối với phương pháp C được chỉ dẫn trên Hình 5.

Y_{Fa} phải được sử dụng cùng với Y_ϵ và chỉ có giá trị đối với bánh răng có $\epsilon_{an} < 2$

Phương trình (36) sử dụng các kí hiệu được ghi trên Hình 5 :

$$Y_{Fa} = \frac{6 \frac{h_{Fa}}{m_n} \cos \alpha_{Fan}}{\left(\frac{S_{Fn}}{m_n} \right)^2 \cos \alpha_n} \quad (36)$$

Các thông số cần cho việc xác định Y_{Fa} có thể được xác định bằng phương pháp lập được giải thích trong 5.2.



Hình 5 – Xác định kích thước dây cung danh nghĩa của chân răng tại tiết diện nguy hiểm theo phương pháp C

5.3.1 Bánh răng ăn khớp ngoài

5.3.1.1 Các giá trị đồ thị

Hệ số Y_{Fa} có thể được tra từ Hình 9 đến Hình 16 với loạt prôfin thanh răng cơ sở thông dụng và là một hàm của số răng tương đương z_n và hệ số dịch chỉnh thanh răng x . Các đồ thị này được tính toán bằng các phương trình được chỉ dẫn trong 5.3.1.2. Hình 9 đến Hình 16 ứng với các bánh răng lớn không giảm đầu răng và vát mép đỉnh răng. Các giá trị cánh tay đòn của mô men uốn h_{Fa} cho các bánh răng có giảm đầu răng và vát mép đỉnh răng nhỏ hơn không đáng kể so với bánh răng được vẽ tròn đầu răng. Bởi vậy, các giá trị bán kính cong tính được nằm về phía an toàn.

Sử dụng Hình 8 cho các giá trị đồ thị của z_n .

5.3.1.2 Xác định bằng tính toán

Xác định các giá trị sau để thay vào phương trình (36):

- Dây cung chân răng danh nghĩa, S_{Fn} : được xác định từ phương trình (16) với các giá trị tính theo phương trình (12) đến (15).
- Bán kính góc lượn chân răng, ρ_F : được xác định từ phương trình (17) với các giá trị tính theo phương trình (12) đến (15).
- Cánh tay đòn mô men uốn, h_{Fa} :

$$\alpha_{an} = \arccos\left(\frac{d_{bn}}{d_{an}}\right) = \arccos\left[\frac{\cos \alpha_n}{1 + \frac{(d_a - d)}{m_n z_n}}\right] \quad \dots(37)$$

$$Y_e = \frac{0,5\pi + 2tg\alpha_n x}{z_n} + inv\alpha_n - inv\alpha_{an} \quad \dots(38)$$

$$\alpha_{Fan} = \alpha_{an} - Y_a = tg\alpha_{an} - inv\alpha_n - \frac{0,5\pi + 2tg\alpha_n x}{z_n} \quad \dots(39)$$

$$\frac{h_{Fa}}{m_n} = \frac{1}{2} \left[\left(\cos y_a - \sin y_a \operatorname{tg} \alpha_{Fan} \right) \frac{d_{an}}{m_n} - z_n \cos \left(\frac{\pi}{3} - \theta \right) - \frac{G}{\cos \theta} + \frac{\rho_{fp}}{m_n} \right] \quad \dots(40)$$

$$\frac{h_{Fa}}{m_n} = 0,5 z_n \left[\frac{\cos \alpha_n}{\cos \alpha_{Fan}} - \cos \left(\frac{\pi}{3} - \theta \right) \right] + 0,5 \left(\frac{\rho_{fp}}{m_n} - \frac{G}{\cos \theta} \right) \quad \dots(41)$$

Trong đó:

Z_n số răng tương đương theo phương trình (19) và (20);

G xem phương trình (13);

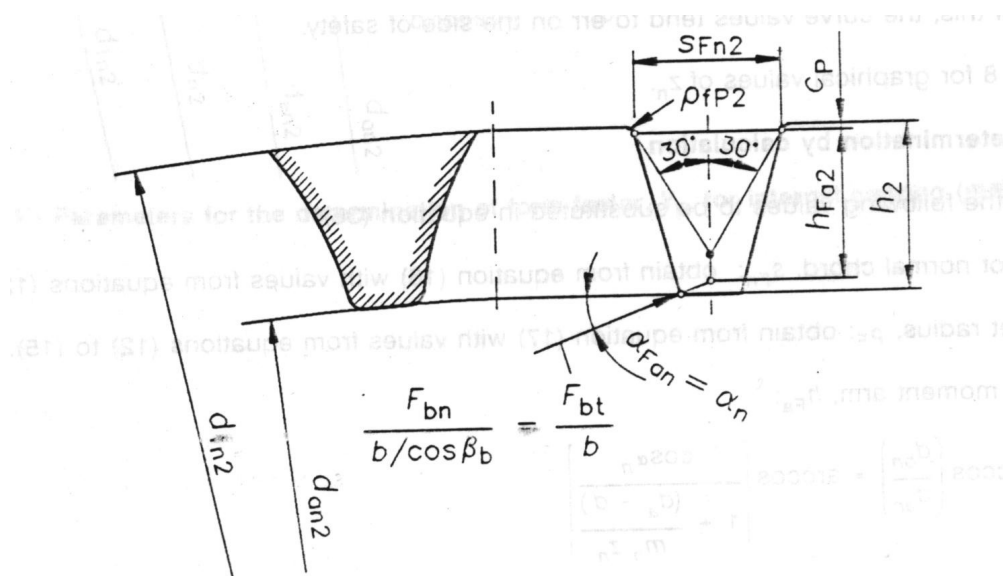
d_{an} xem phương trình (25);

d_n xem phương trình (22).

d_{bn} xem phương trình (24);

θ xem phương trình (15);

5.3.2 Bánh răng ăn khớp trong



Hình 6 – Các thông số để xác định hệ số dạng răng, Y_F đối với bánh răng ăn khớp trong

Giá trị hệ số dạng răng của thanh răng đặc biệt có thể được thay thế cho một giá trị gần đúng của hệ số dạng răng của bánh răng ăn khớp trong. Prôfin của một thanh răng như vậy là một dạng đặc biệt của prôfin cơ sở, được sửa đổi để tạo ra prôfin danh nghĩa, gồm cả vòng đỉnh và vòng chân của một bánh răng giống hệt bánh răng ăn khớp trong. Góc chịu tải đỉnh răng α_n , xem Hình 6.

5.3.2.1 Các giá trị đồ thị

Hệ số Y_{Fa} có thể được tra từ Hình 9 đến Hình 16, trong đó đồ thị đối với một số prôfin thanh răng cơ sở thông dụng là hàm của số răng tương đương z_n và hệ số dịch chỉnh prôfin x . Tương ứng với phương trình (34), giá trị Y_{Fa} đối với bánh răng ăn khớp trong được cho trong mỗi hình là giá trị gần đúng.

Các giá trị bằng số được tính theo 5.3.2.2 đối với các răng không biến thể có chiều cao của prôfin thanh răng cơ sở (xem 5.3.1.1).

5.3.2.2 Xác định bằng tính toán

Các giá trị sau được thay vào phương trình (36)

a) Dây cung chân răng danh nghĩa, S_{Fn2} : được xác định từ phương trình (31)

b) Cánh tay đòn mô men uốn, h_{Fa2} :

$$h_{Fa2} = \frac{d_{an2} - d_{fn2}}{3m_n} - \left[\frac{\pi}{4} + \left(\frac{h_{fp2}}{m_n} - \frac{d_{an2} - d_{fn2}}{2m_n} \right) \operatorname{tg} \alpha_n \right] \operatorname{tg} \alpha_n - \frac{\rho_{fp2}}{m_n} \left(1 - \sin \frac{\pi}{6} \right) \quad \dots (42)$$

Xác định h_{fp2} theo phương trình (33); dẫn đến phương trình (35) và thông tin liên quan với ρ_{fp2} .

c) Bán kính góc lượn chân răng, ρ_{F2} : giá trị này được xác định theo phương trình (34). Dấu hiệu chỉnh phải được sử dụng; xem 5.2.2 c).

5.4 Các giá trị sơ đồ của hệ số đỉnh răng, Y_{FS} : phương pháp C

Hệ số đỉnh răng Y_{FS} là tích của hệ số dạng răng, Y_{Fa} và hệ số hiệu chỉnh ứng suất Y_{Sa} , khi đặt tải trọng tại đỉnh răng.

$$Y_{FS} = Y_{Fa} Y_{Sa} \quad \dots (43)$$

Các hệ số dạng răng và hệ số hiệu chỉnh ứng suất, khi đặt tải trọng tại đỉnh răng được tính theo phương trình (36) và phương trình (51), theo các kích thước của thanh răng cơ sở và các giá trị z_n và x . Do đó Y_{FS} có thể được xác định cho toàn bộ profin thanh răng cơ sở của hệ thống bánh răng thân khai. Các giá trị của hệ thống này có thể được xem là một hàm của số răng tương đương z_n và hệ số dịch chỉnh thanh răng x từ Hình 17 đến Hình 24 cho một số dạng thanh răng cơ sở thông dụng. Nội dung trong 5.3.2.1 ứng với các bánh răng ăn khớp trong. Các giá trị đồ thị trong Hình 9 đến Hình 16 và trong Hình 25 đến Hình 32 áp dụng cho các bánh răng không cắt lẹm đầu răng hoặc vát mép đỉnh răng. Xem 5.3.1.1 cho các giải thích.

Kiểm tra công thức (3) cho thấy hệ số Y_{FS} là ứng suất chân răng cục bộ khi $F_t = 1N$,

$b = 1 \text{ mm}$, $m_n = 1 \text{ mm}$ và tải trọng được tác động tại đỉnh răng.

Các đồ thị của dạng được mô tả cho phép tính nhanh các giá trị ứng suất. Các đồ thị riêng lẻ cũng được dùng cho Y_{Fa} và Y_{Sa} khi tính hệ số độ nhạy Y_s . Xem điều 11.

5.5 Cơ sở xác định tải trọng pháp tuyến của răng đối với các bánh răng trụ

Mô men uốn

Ứng suất uốn danh nghĩa = _____

Mô men chống xoắn tiết diện bánh răng tại s_{Fn}

Theo các phương trình sau, với các ký hiệu được mô tả trên Hình 5.

$$\sigma = \frac{F_b \cos \alpha_{Fa}}{\frac{1}{6} (bs_{Fn}^2)} h_{Fa} \quad \dots (44)$$

$$F_b \frac{d_b}{2} = F_t \frac{d}{2} = F_w \frac{d_w}{2} \quad \dots (45)$$

trong đó, d_b đường kính cơ sở; d đường kính chia; d_w đường kính lăn;

F_t tải trọng tiếp tuyến danh nghĩa tại trụ chia; F_w tải trọng tiếp tuyến danh nghĩa tại trụ lăn;

$$F_b = \frac{F_t}{\cos \alpha} = \frac{F_w}{\cos \alpha_w} \quad \dots(46)$$

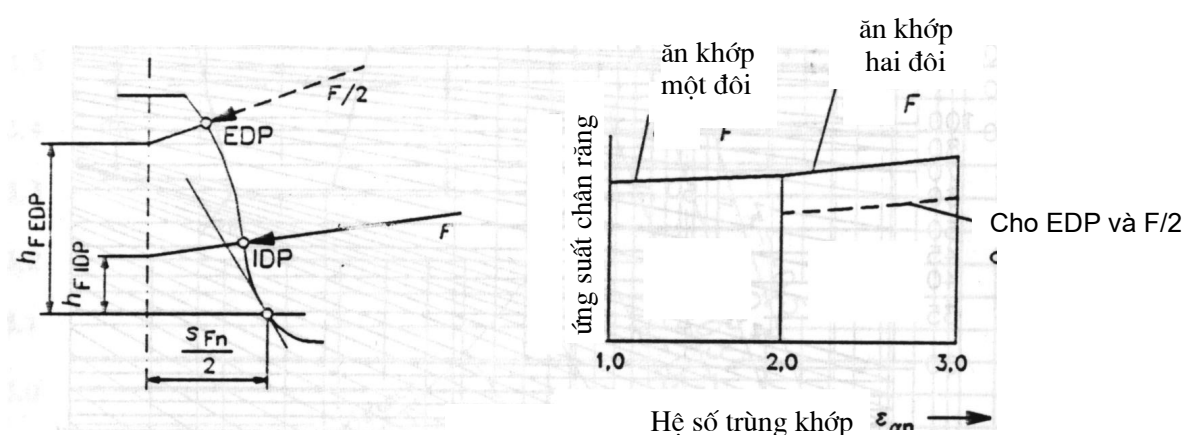
$$\sigma = \left[\frac{\frac{h_{fa}}{m} \cos \alpha_{Fa}}{\frac{1}{6} \left[\frac{s_{Fn}}{m} \right]^2 \cos \alpha} \right] \frac{F_t}{bm} = \frac{F_t}{bm} y_{Fa} \quad \dots (47)$$

Trong đó α , góc áp lực của pôfin thanh răng cơ sở; α_w góc áp lực tại vòng lăn;

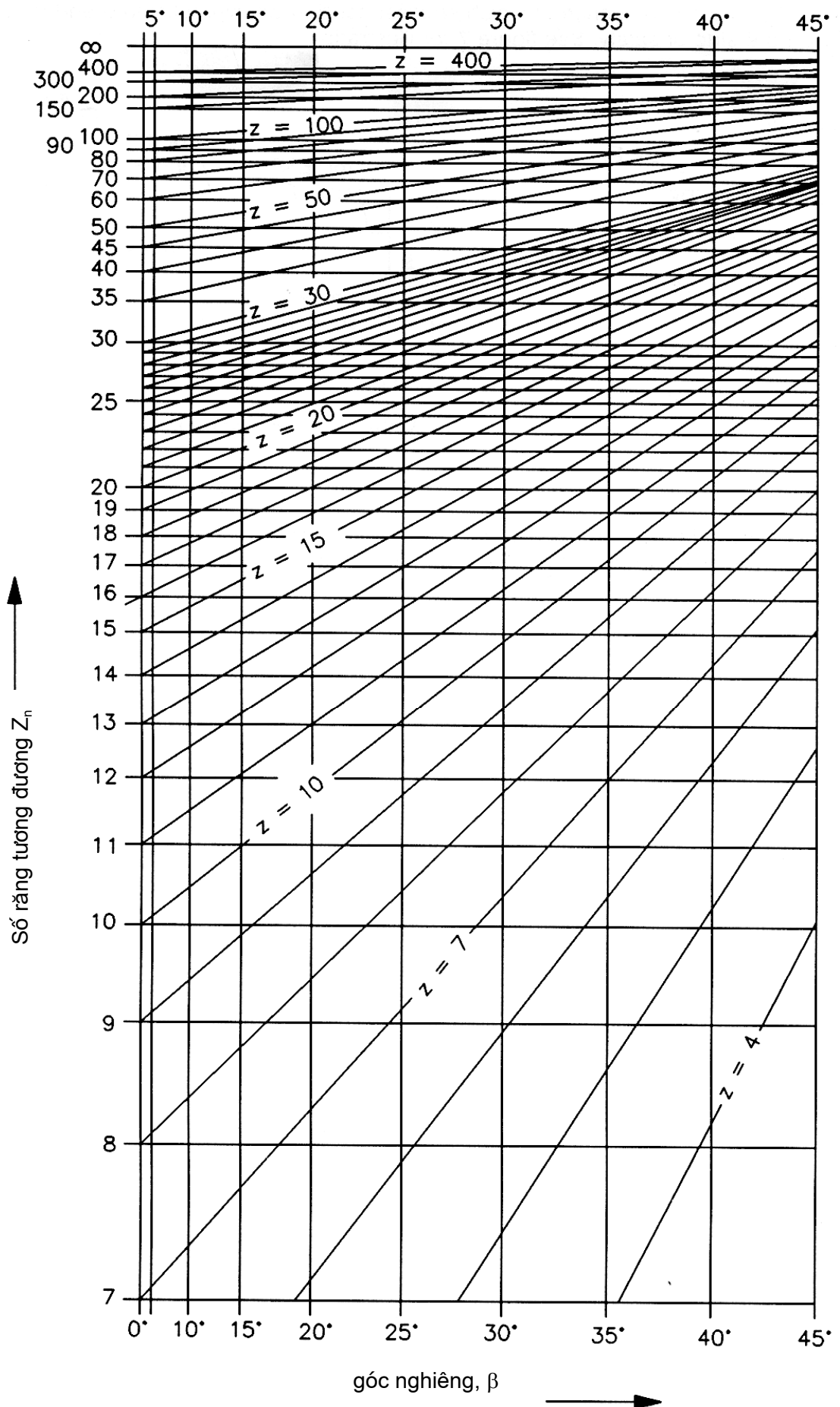
Khi σ là hàm của F_t , hệ số dạng răng y_{Fa} không phụ thuộc vào các bánh răng đối tiếp, có thể được xác định theo phương trình (47). Các giá trị của hệ số này có thể được lập thành các bảng cho bất kỳ thanh răng cơ sở của các bánh răng thân khai. Các giá trị được lập bảng như vậy áp dụng đối với các bánh răng thẳng tương đương của bánh răng nghiêng mà các bánh răng đó có chiều rộng răng bằng nhau và chịu tải trọng tiếp tuyến bằng nhau.

5.6 Hệ số dạng răng, y_F , và hệ số hiệu chỉnh ứng suất, y_s , đối với các bánh răng có răng cao : Phương pháp B

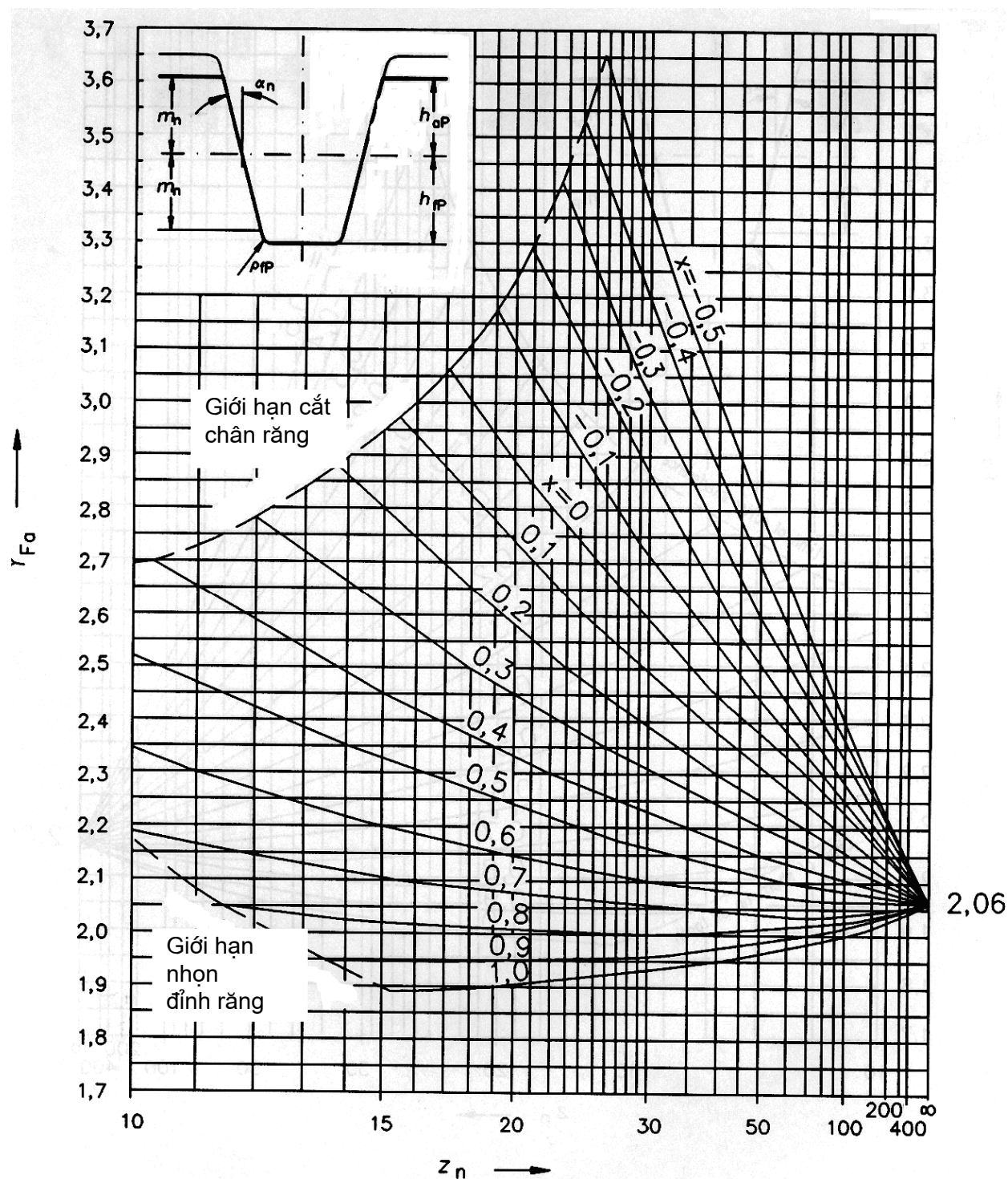
Khi hệ số trùng khớp của các bánh răng cấp chính xác cao nằm trong phạm vi $2 \leq \varepsilon_{\alpha n} \leq 3$, tải trọng tổng của răng được truyền cho hai hoặc ba cặp răng ăn khớp. Hệ số dạng răng dựa vào việc đặt tải trọng tại điểm ăn khớp của hai đôi răng trong, IDP, phù hợp hơn là đặt tải tại điểm ăn khớp một đôi răng ngoài, ESP, ứng với hệ số $\varepsilon_{\alpha n} < 2$ hoặc tại điểm ăn khớp của hai đôi răng ngoài, EDP, ứng với $2 \leq \varepsilon_{\alpha n} < 3$. Do vậy, các phương trình trong 5.2, 5.3, 6.2 và 6.3 có thể được sử dụng không có sự thay đổi khi hệ số biến dạng răng. Tuy nhiên bánh răng được tính toán với tải trọng tiếp tuyến tổng F_t , đưa đến giá trị ứng suất tăng lên và làm cho khả năng an toàn hơn. Xem minh hoạ trên Hình 7



Hình 7 – Vị trí tác động đặt tải khi tính hệ số dạng răng, y_F , và hệ số hiệu chỉnh ứng suất, y_s , là hàm của hệ số trùng khớp, $\varepsilon_{\alpha n}$.



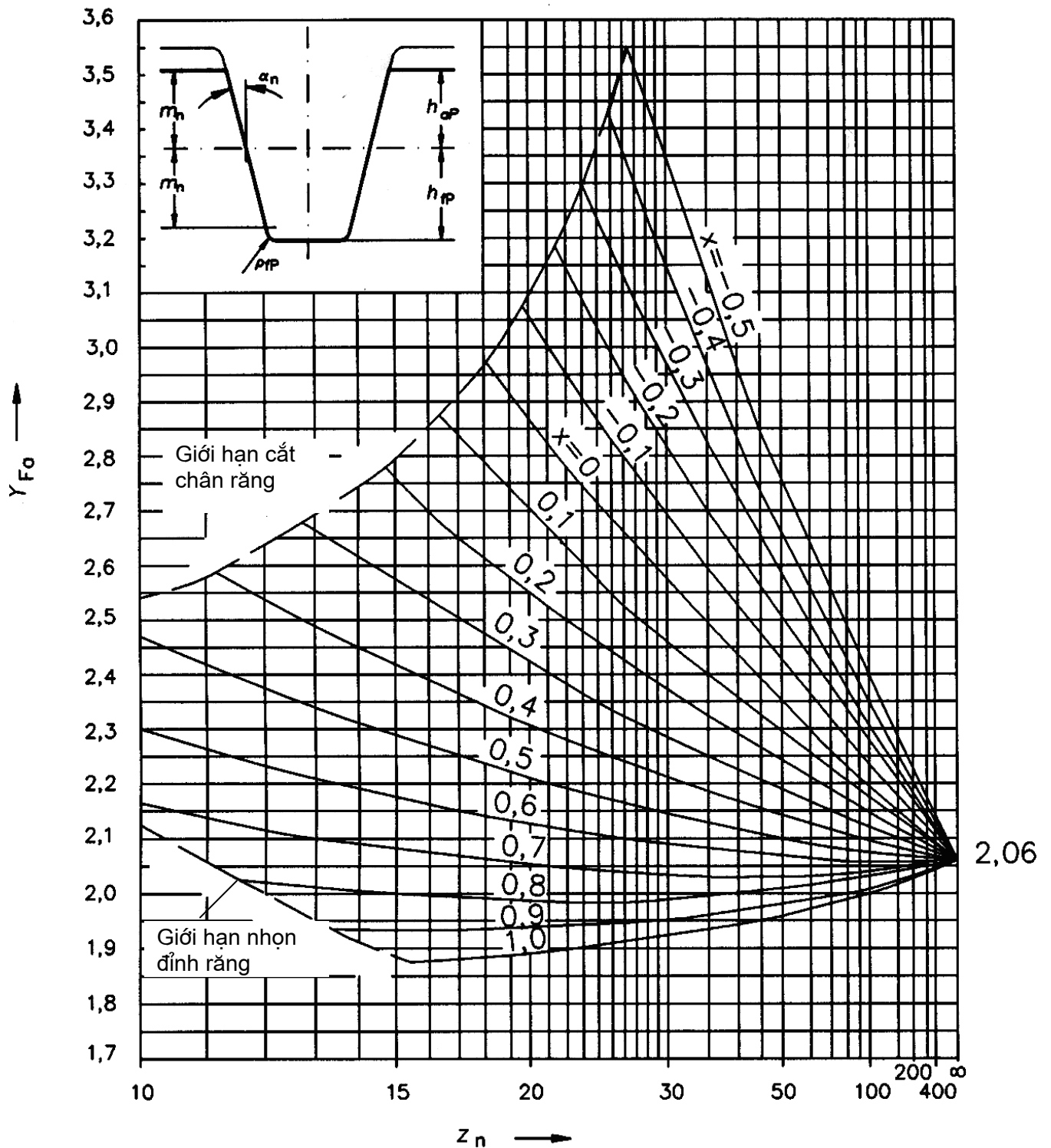
Hình 8 - Số răng tương đương Z_n (sơ đồ đánh giá gần đúng)



CHÚ THÍCH:

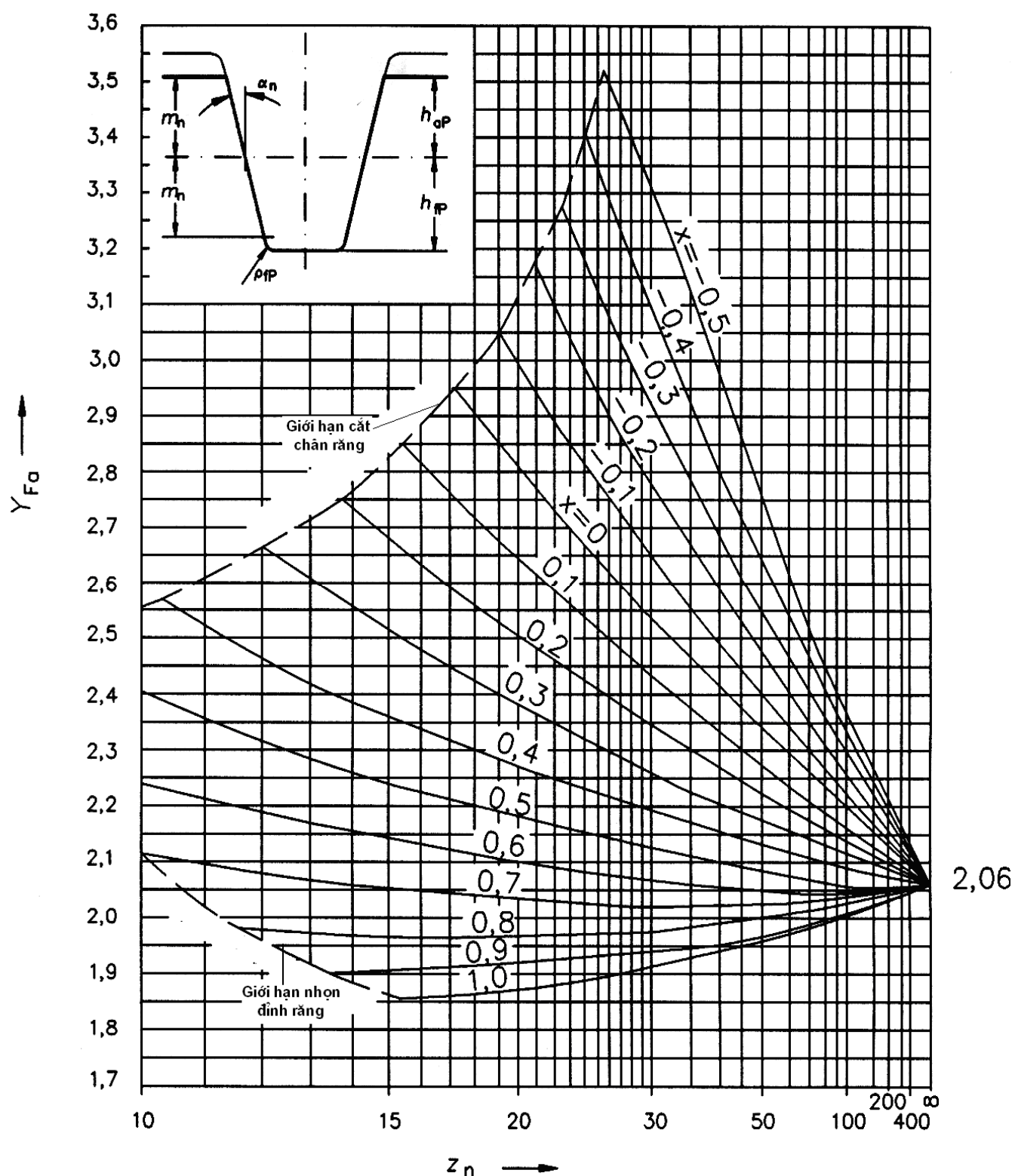
Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_F = 0,15m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp}=1,25m_n$; $h_{ap}=1,0m_n$; $y_{Fa}=2,053$

Hình 9 - Hệ số dạng răng, Y_{Fa} , đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với prôfin thanh răng tiêu chuẩn $\alpha_n=20^\circ$; $h_{ap}/m_n=1,0$; $h_{fp}/m_n=1,25$; $\rho_{fp}/m_n=0,25$



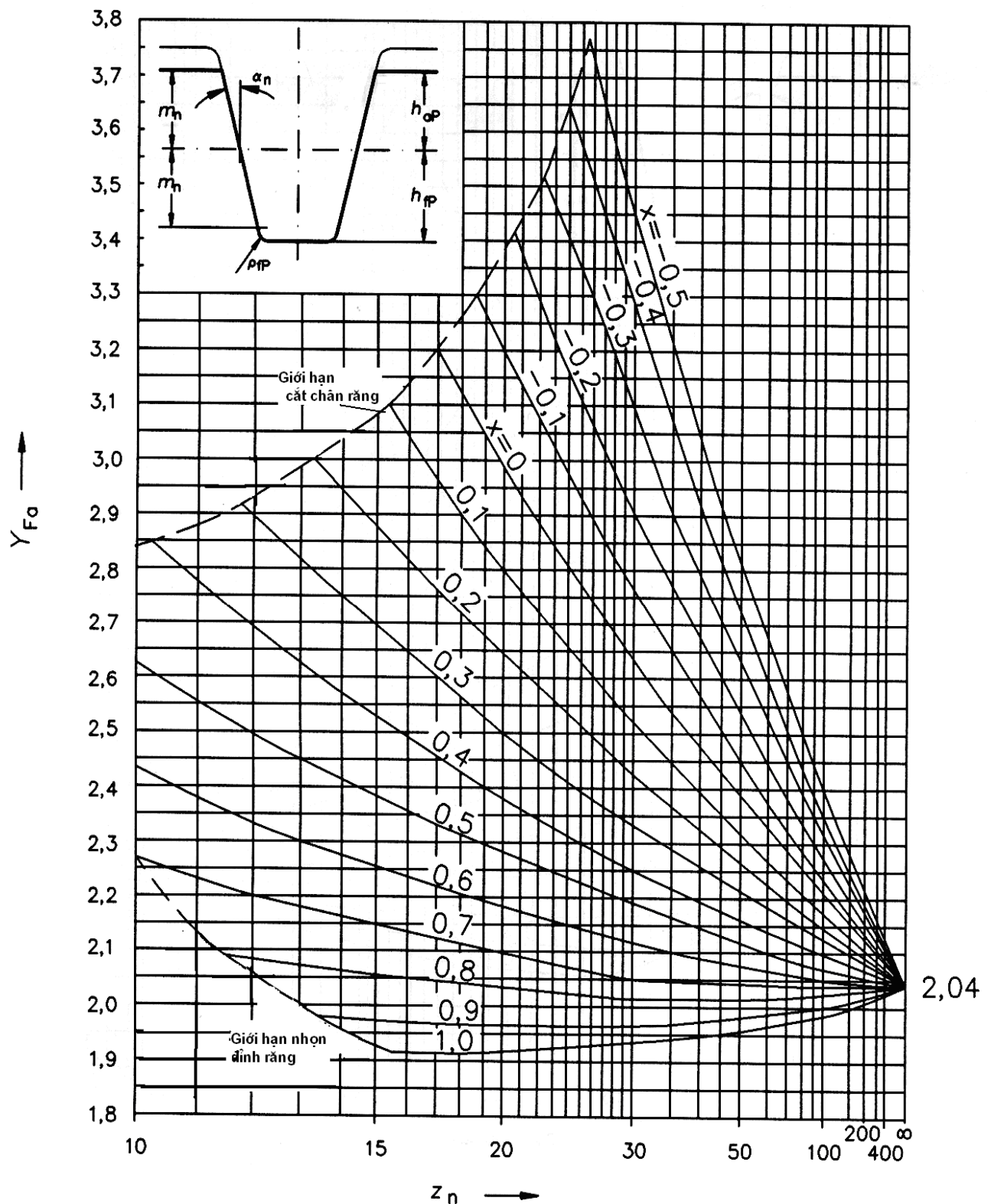
CHÚ THÍCH: Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_{fp} = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp}=1,25m_n$; $h_{ap} = 1,0m_n$; $Y_{Fa} = 2,053$

Hình 10- Hệ số dạng răng, Y_{Fa} , đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với profile thanh răng tiêu chuẩn $\alpha_n=20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,3$



CHÚ THÍCH: Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_{fp} = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp}=1,25m_n$; $h_{ap}=1,0m_n$; $Y_{Fa}=2,053$

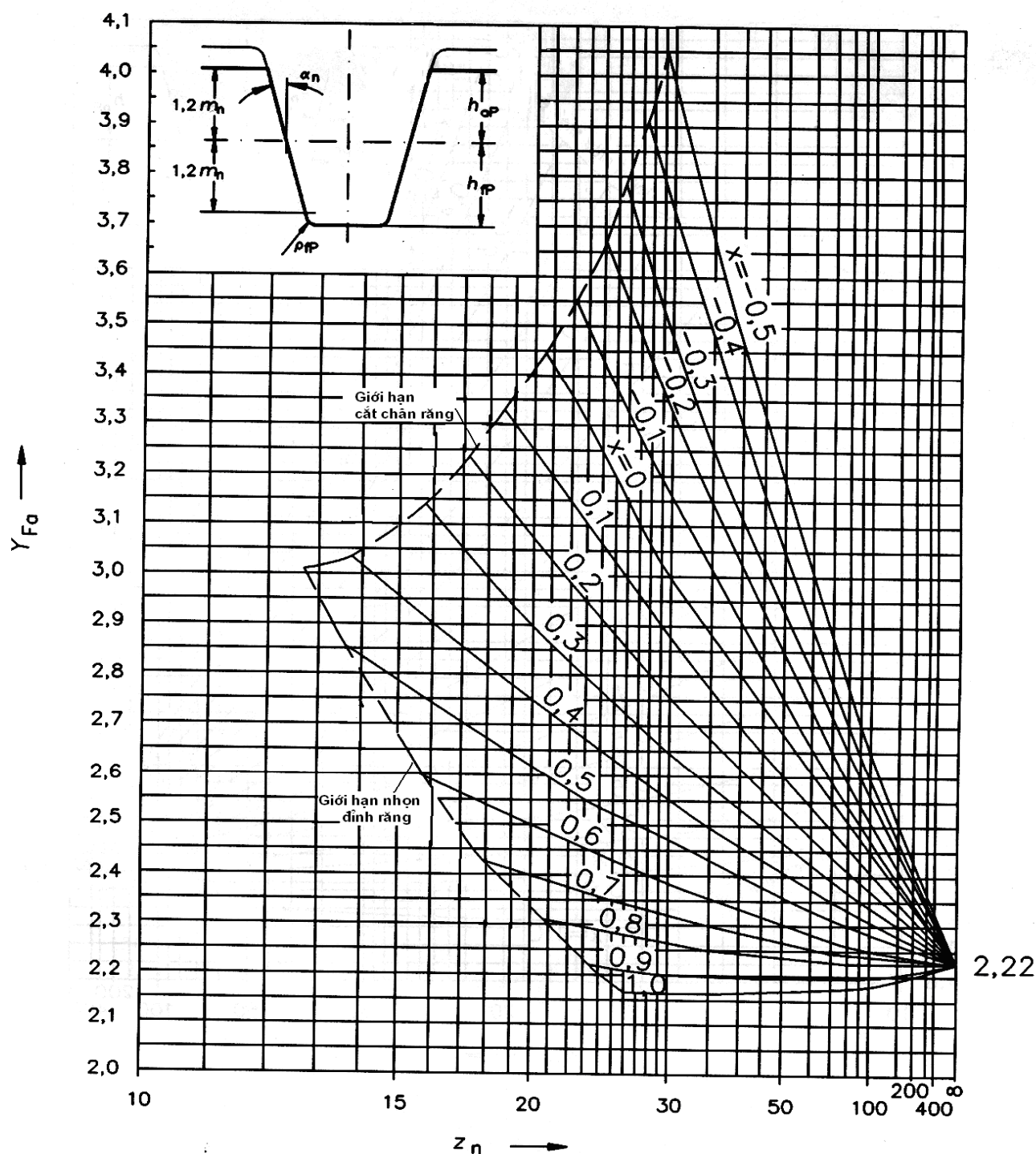
Hình 11 - Hệ số dạng răng, Y_{Fa} , đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với profile thanh răng tiêu chuẩn $\alpha_n=20^\circ$; $h_{ap}/m_n=1,0$; $h_{fp}/m_n=1,25$; $\rho_{fp}/m_n=0,375$



CHÚ THÍCH: Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_{fp} = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp}=1,35m_n$; $h_{ap}=1,0m_n$; $Y_{Fa}=2,03$

Hình 12 - Hệ số dạng răng, Y_{Fa} , đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với profile thanh răng cơ sở

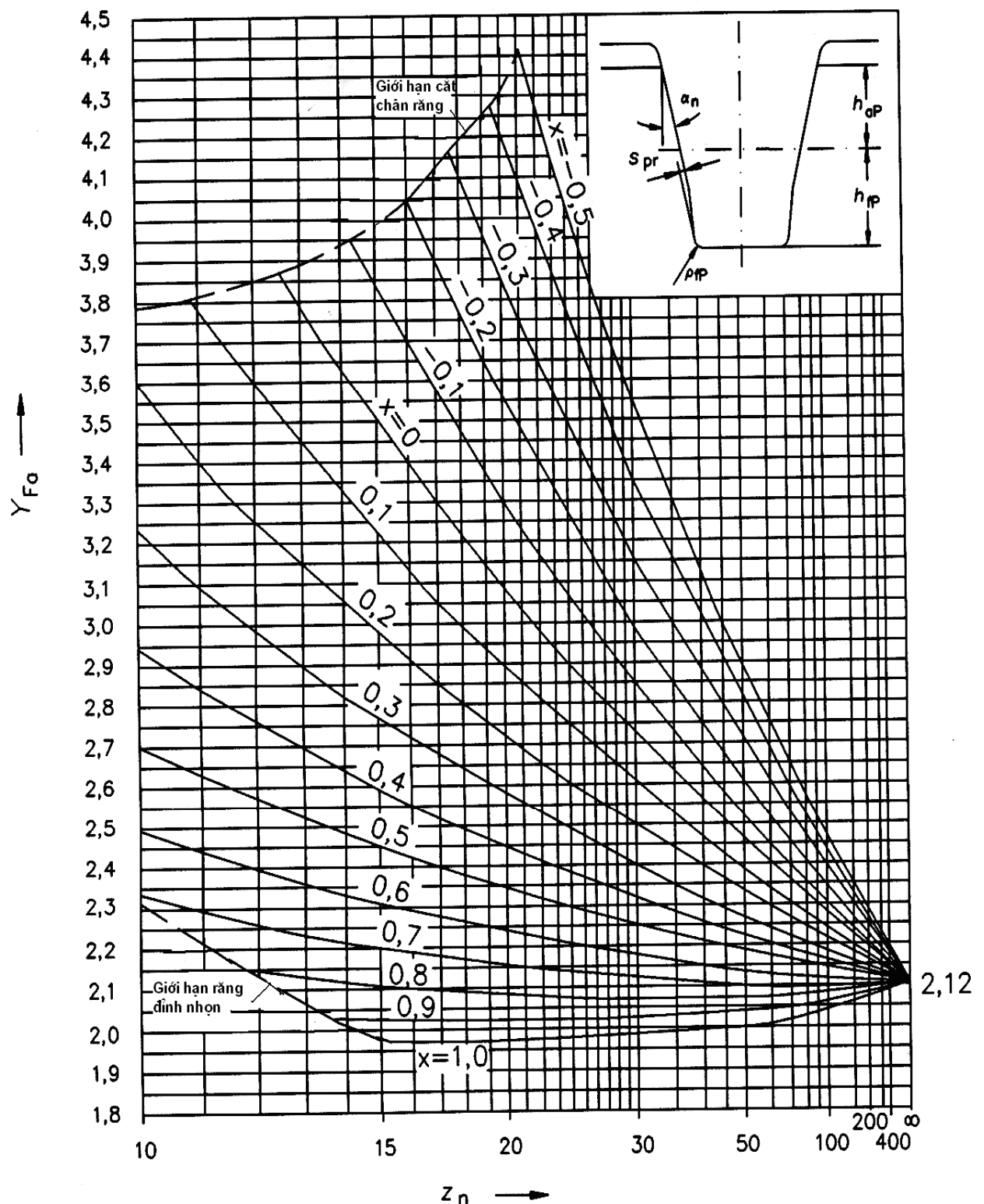
$\alpha_n = 20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,35$; $\rho_{fp}/m_n = 0,3$



CHÚ THÍCH: Đối với bánh răng ăn khớp trong có $\rho_{fp} = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp}=1,5m_n$; $h_{ap}= 1,2m_n$; $y_{Fa}= 2,2$

Hình 13 - Hệ số dạng răng, Y_{Fa} , đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với prôfin thanh răng cơ sở

$\alpha_n = 20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,2$; $h_{fp}/m_n = 1,5$; $\rho_{fp}/m_n = 0,3$

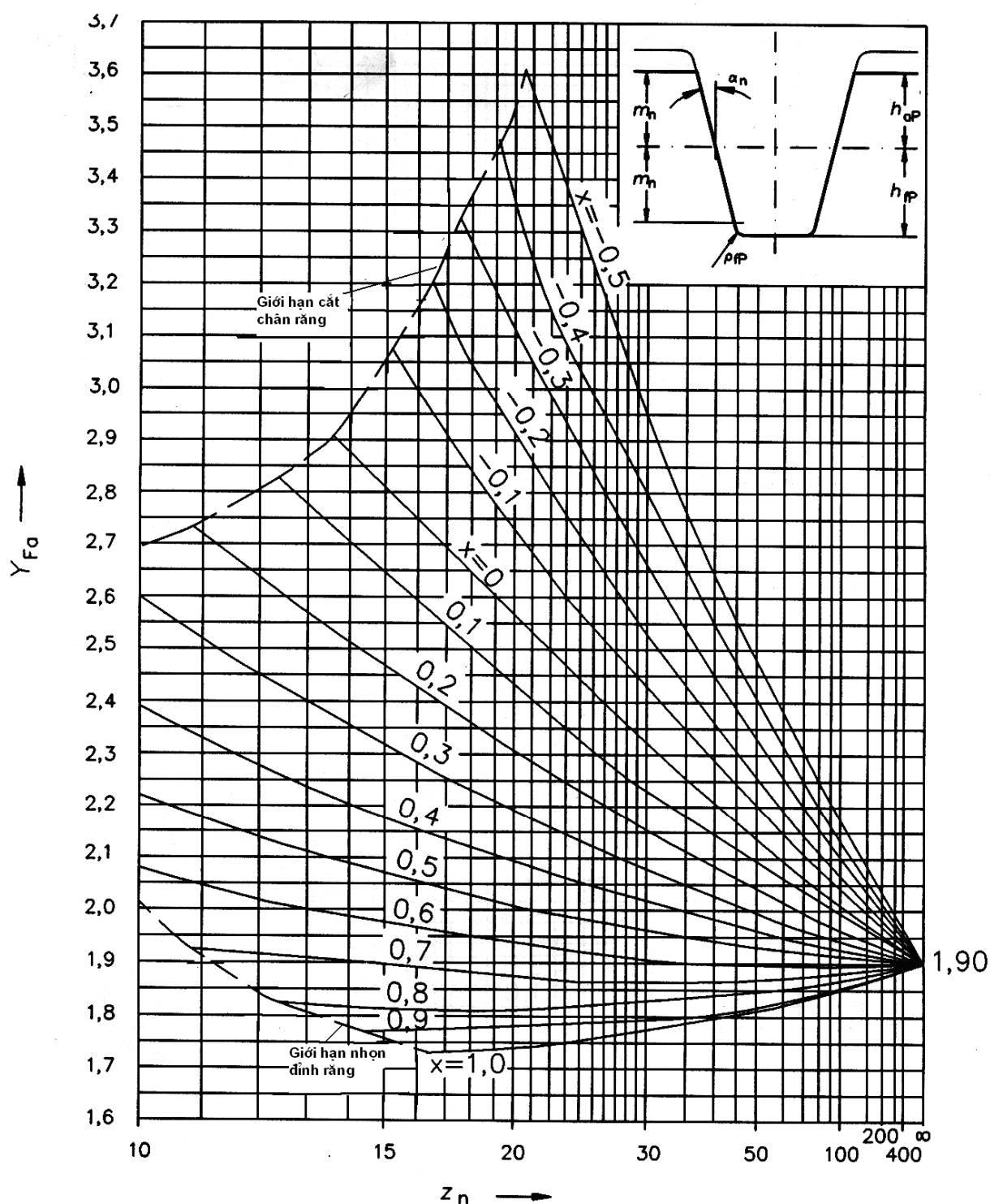


CHÚ THÍCH:

- 1 Không có dữ liệu có giá trị đối với bánh răng ăn khớp trong (cắt lẹm chân răng)
- 2 Các giá trị s_{pr} nhỏ hơn , thường có mô đun lớn hơn. Xem Hình 2.

Hình 14 - Hệ số dạng răng, Y_{Fa} , đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với prôfin thanh răng cơ sở

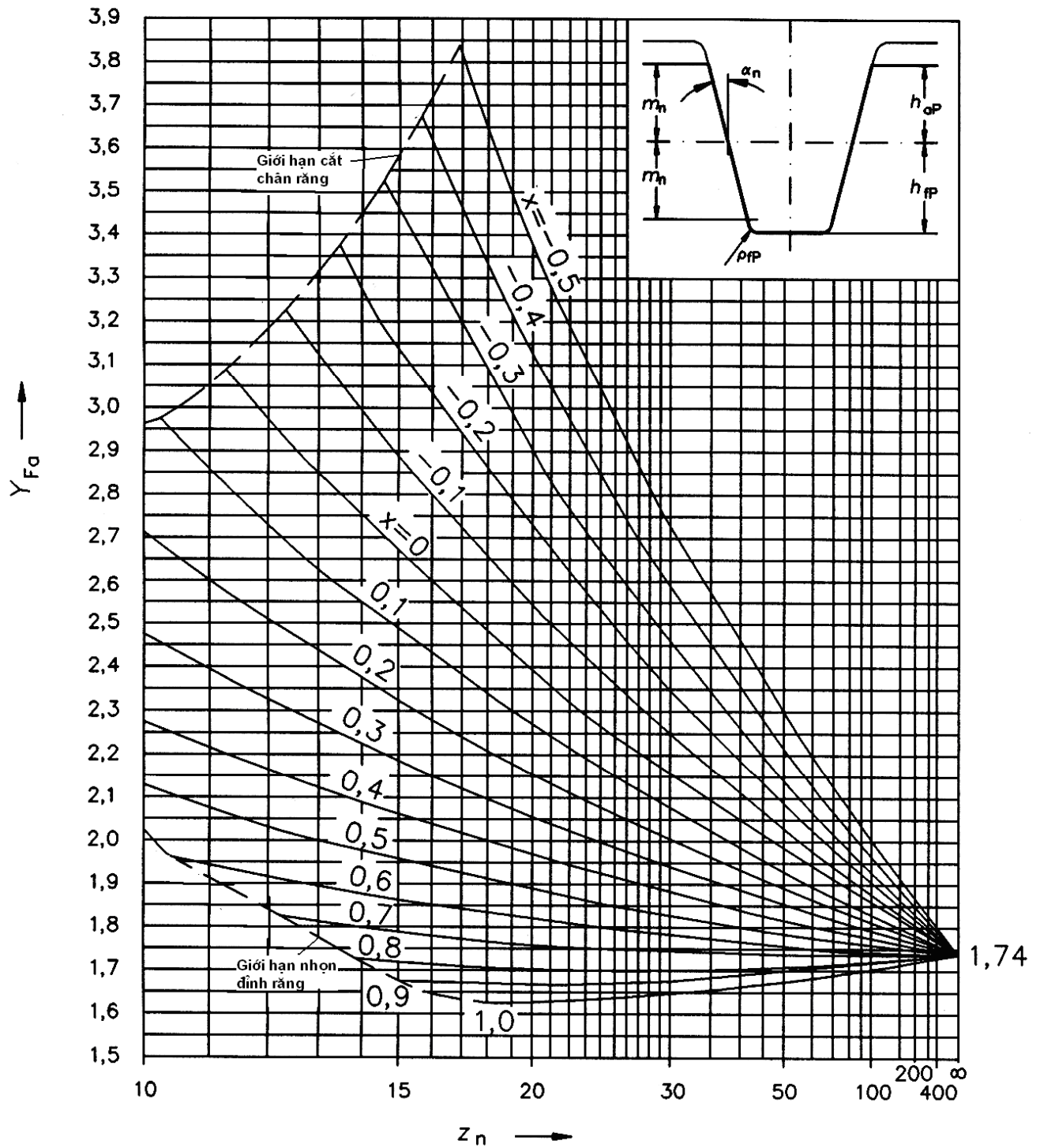
$$\alpha_n = 20^\circ; h_{ap}/m_n = 1,0; h_{fp}/m_n = 1,4; \rho_{fp}/m_n = 0,4; s_{pr} = 0,02m_n$$



CHÚ THÍCH: Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_{fp} = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,25 m_n$; $h_{ap} = 1,0 m_n$; $Y_{Fa} = 1,87$

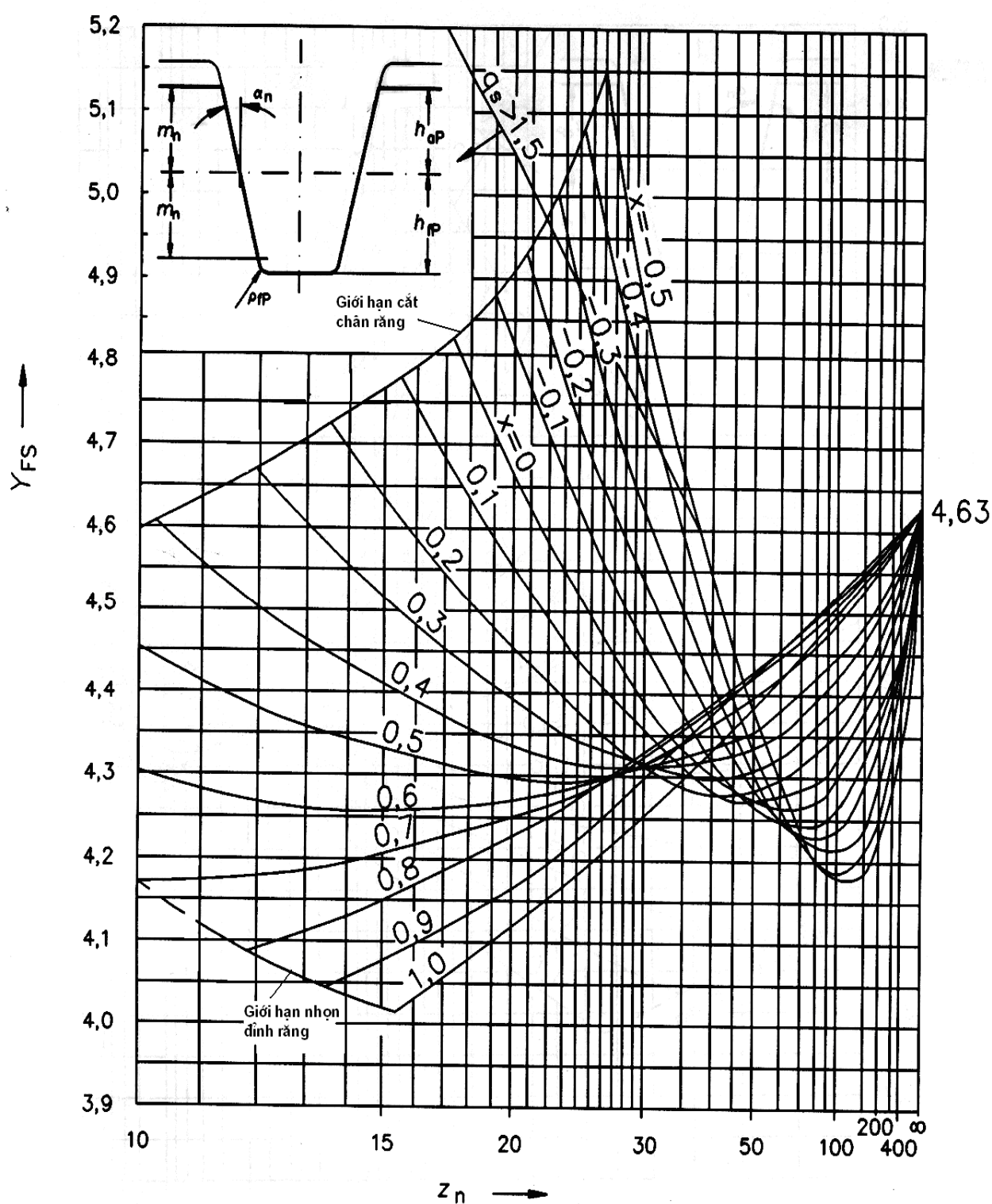
Hình 15 - Hệ số dạng răng, Y_{Fa} , đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với profile thanh răng cơ sở

$$\alpha_n = 22,5^\circ; h_{ap}/m_n = 1,0; h_{fp}/m_n = 1,25; \rho_{fp}/m_n = 0,4$$



CHÚ THÍCH: Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_{fp} = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp}=1,25m_n$; $h_{ap} = 1,0m_n$; $y_{Fa}= 1,71$

Hình 16 - Hệ số dạng răng, Y_{Fa} , đối với bánh răng ăn khớp ngoài có profile thanh răng cơ sở $\alpha_n = 25^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,318$



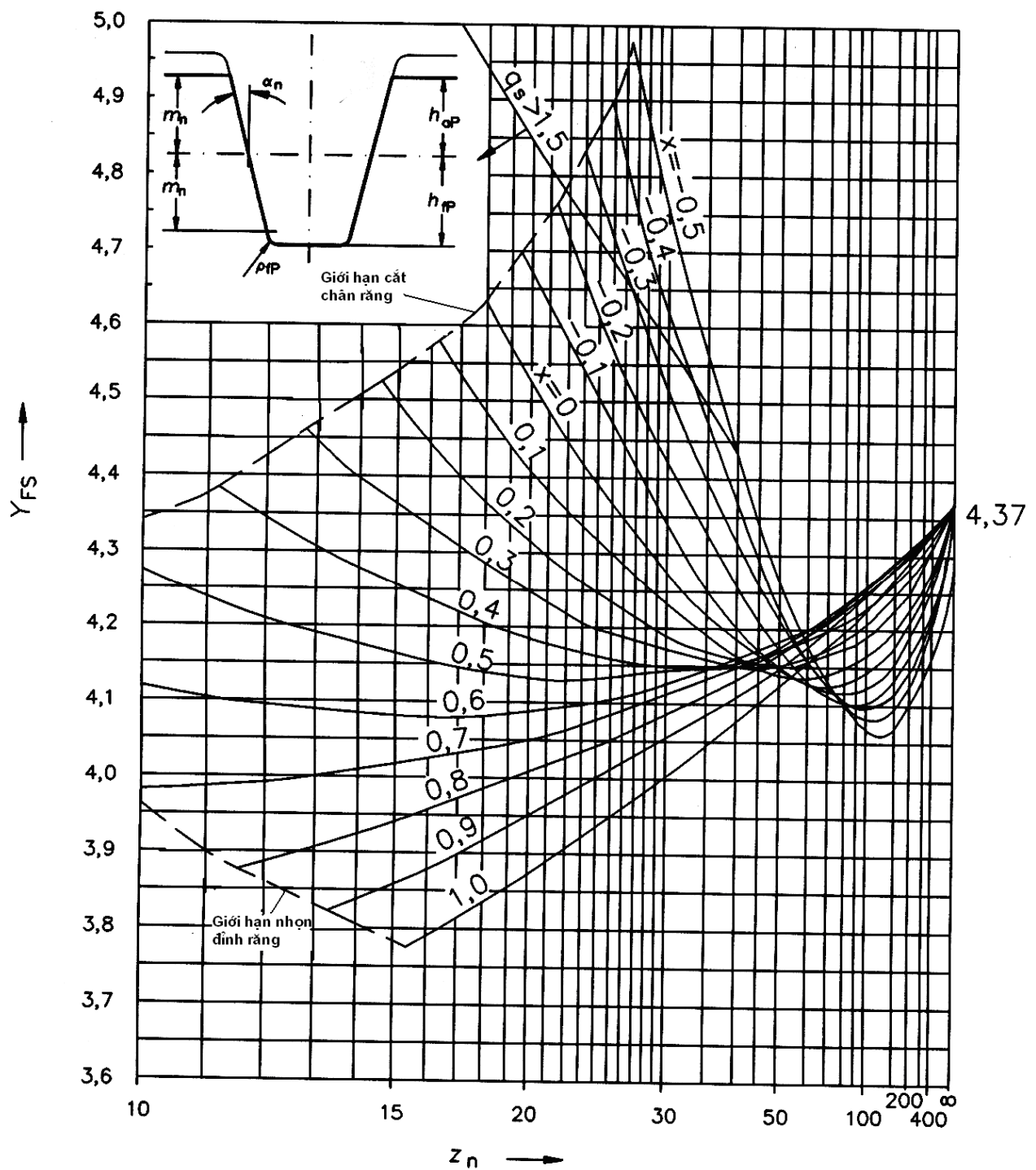
CHÚ THÍCH:

Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,25 m_n$; $h_{ap} = 1,0 m_n$; $y_{FS} = 5,44$.

Đối với các giá trị q_s giới hạn xem điều 11.

Hình 17- Hệ số đỉnh răng Y_{FS} ($= Y_{Fa} Y_{Sa}$) đối với bánh răng ăn khớp ngoài có profile thanh răng cơ

sở $\alpha_n = 25^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,25$

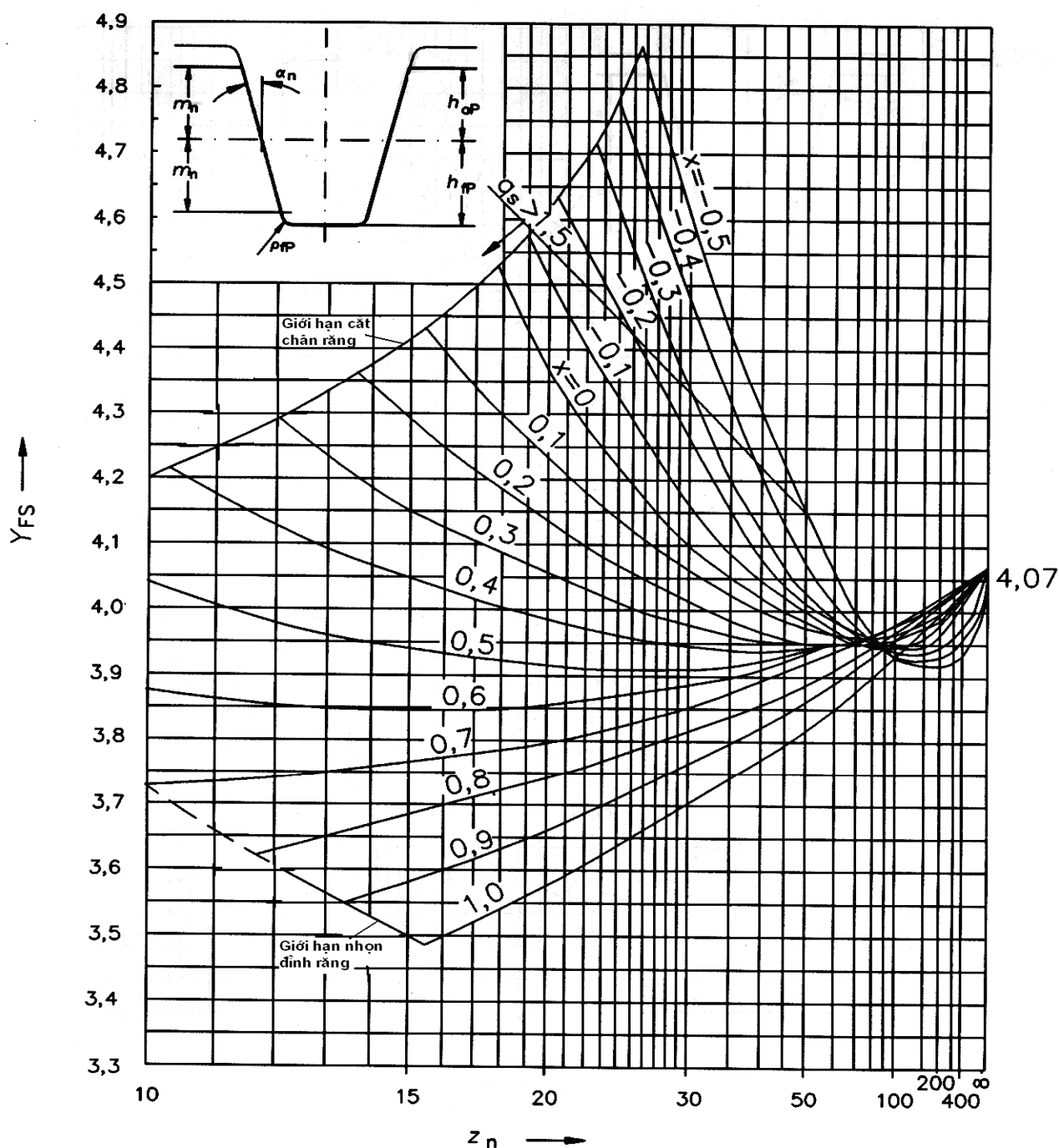


CHÚ THÍCH:

Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,25 m_n$; $h_{ap} = 1,0 m_n$; $y_{FS} = 5,44$.

Đối với các giá trị q_s giới hạn xem điều 11.

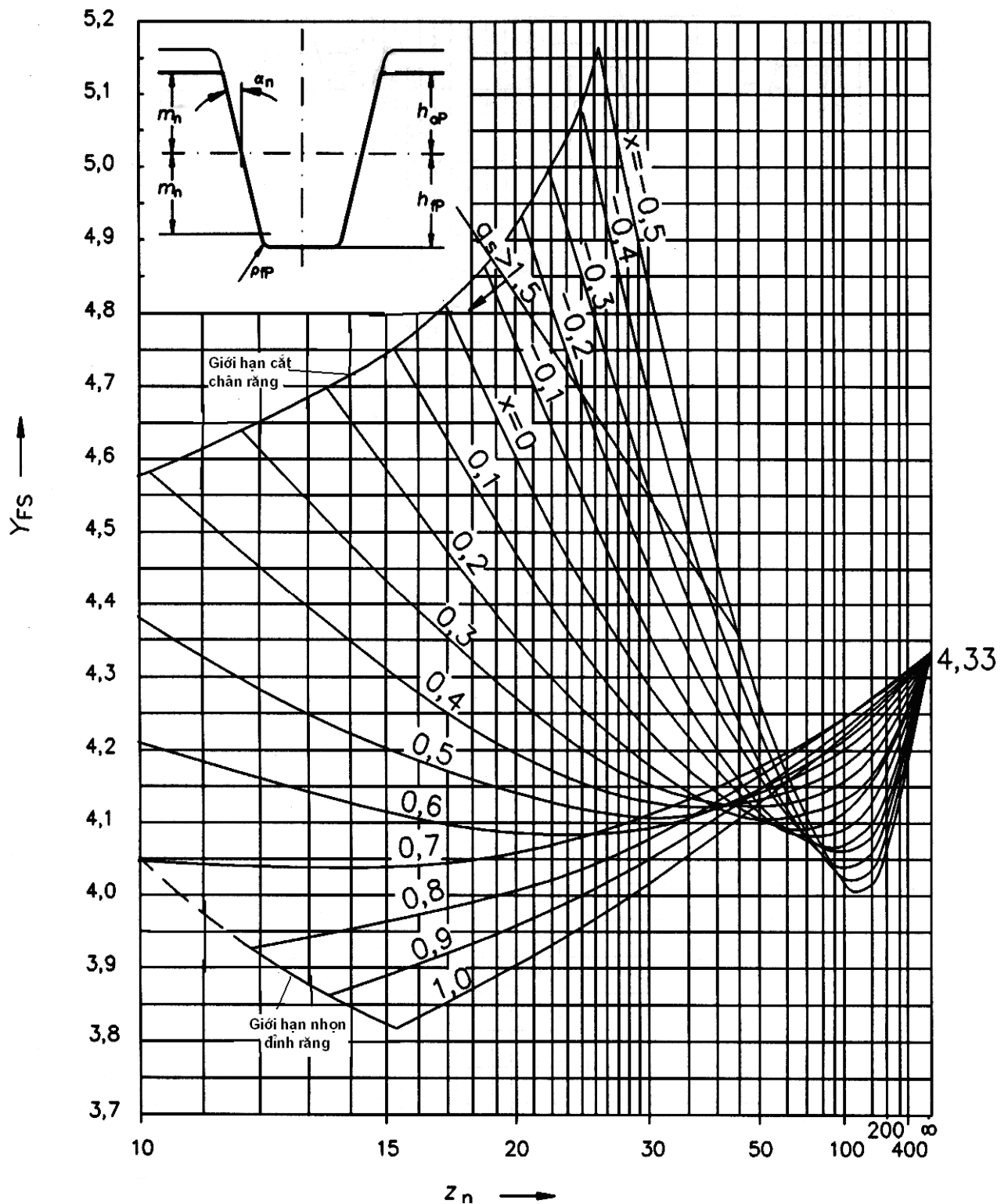
Hình 18 - Hệ số đỉnh răng $Y_{FS} = (Y_{Fa} Y_{Sa})$ đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với prôfin thanh răng cơ sở $\alpha_n = 20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,3$



CHÚ THÍCH:

Đối với bánh răng ăn khớp trong $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,25 m_n$; $h_{ap} = 1,0 m_n$; $Y_{FS} = 5,44$.

Đối với các giá trị q_s giới hạn xem điều 11.

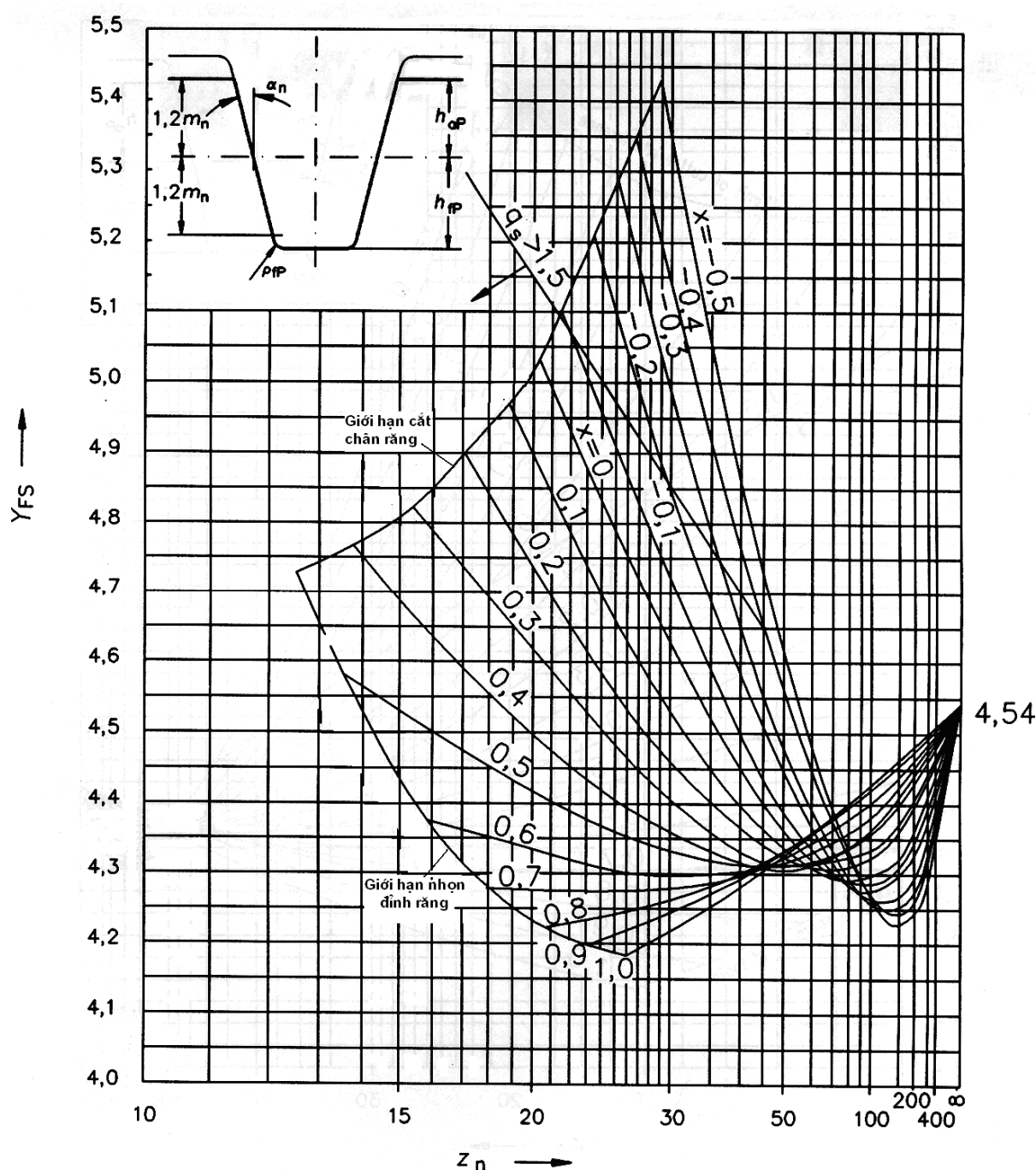
Hình 19 - Hệ số đỉnh răng $Y_{FS} (= Y_{Fa} Y_{Sa})$ đối với bánh răng ăn khớp ngoài có pôfin thanh răngcơ sở $\alpha_n = 20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,375$ 

CHÚ THÍCH:

Đối với bánh răng ăn khớp có $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,35 m_n$; $h_{ap} = 1,0 m_n$;

$y_{FS} = 5,35$.

Đối với các giá trị q_s giới hạn xem điều 11.

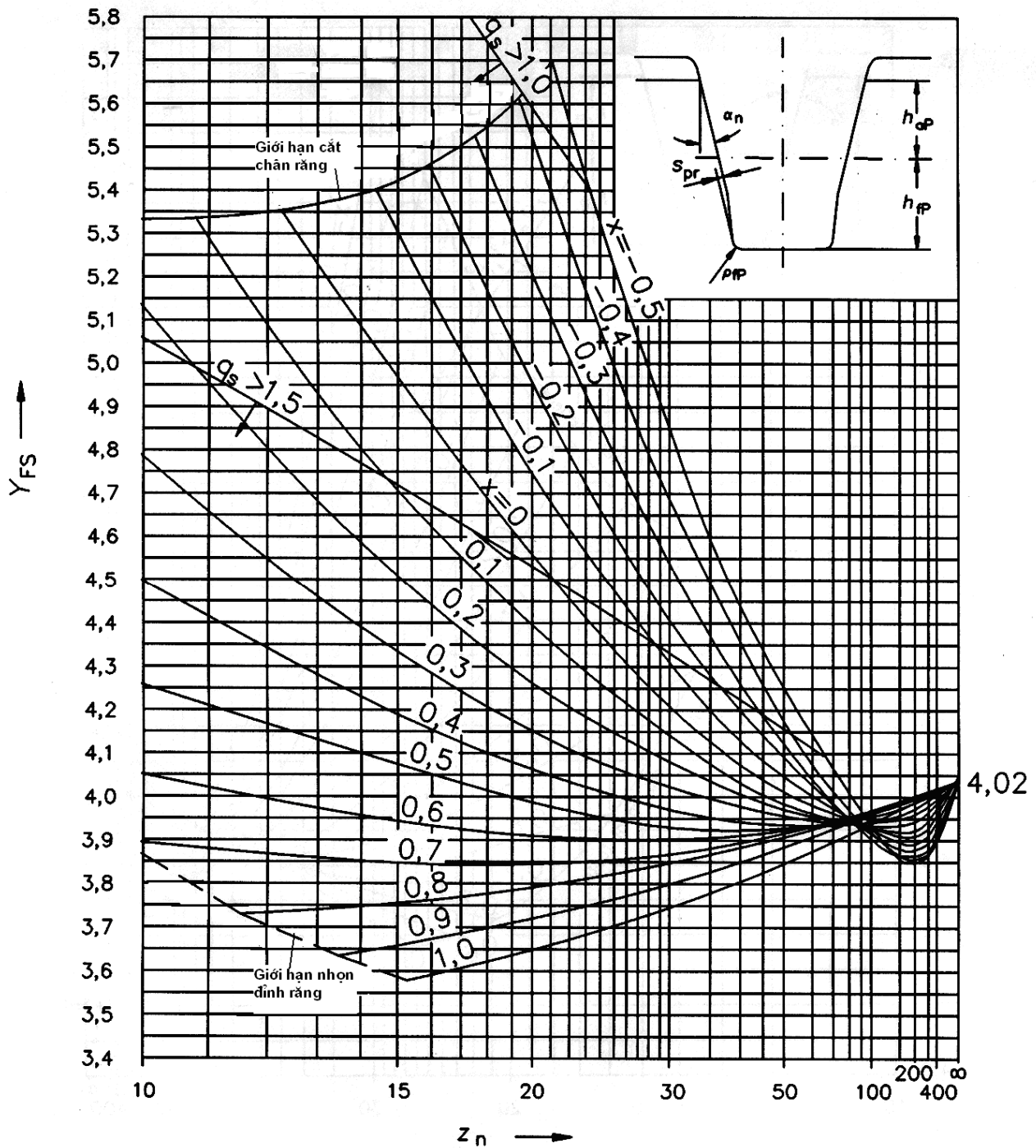
Hình 20 - Hệ số đỉnh răng $Y_{FS} = (Y_{Fa} Y_{Sa})$ đối với bánh răng ăn khớp ngoài có profile thanh răng cơsở $\alpha_n = 20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,3$ 

CHÚ THÍCH:

Đối với bánh răng ăn khớp trong $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,5 m_n$; $h_{ap} = 1,2 m_n$; $y_{FS} = 5,54$.

Đối với các giá trị q_s giới hạn xem điều 11.

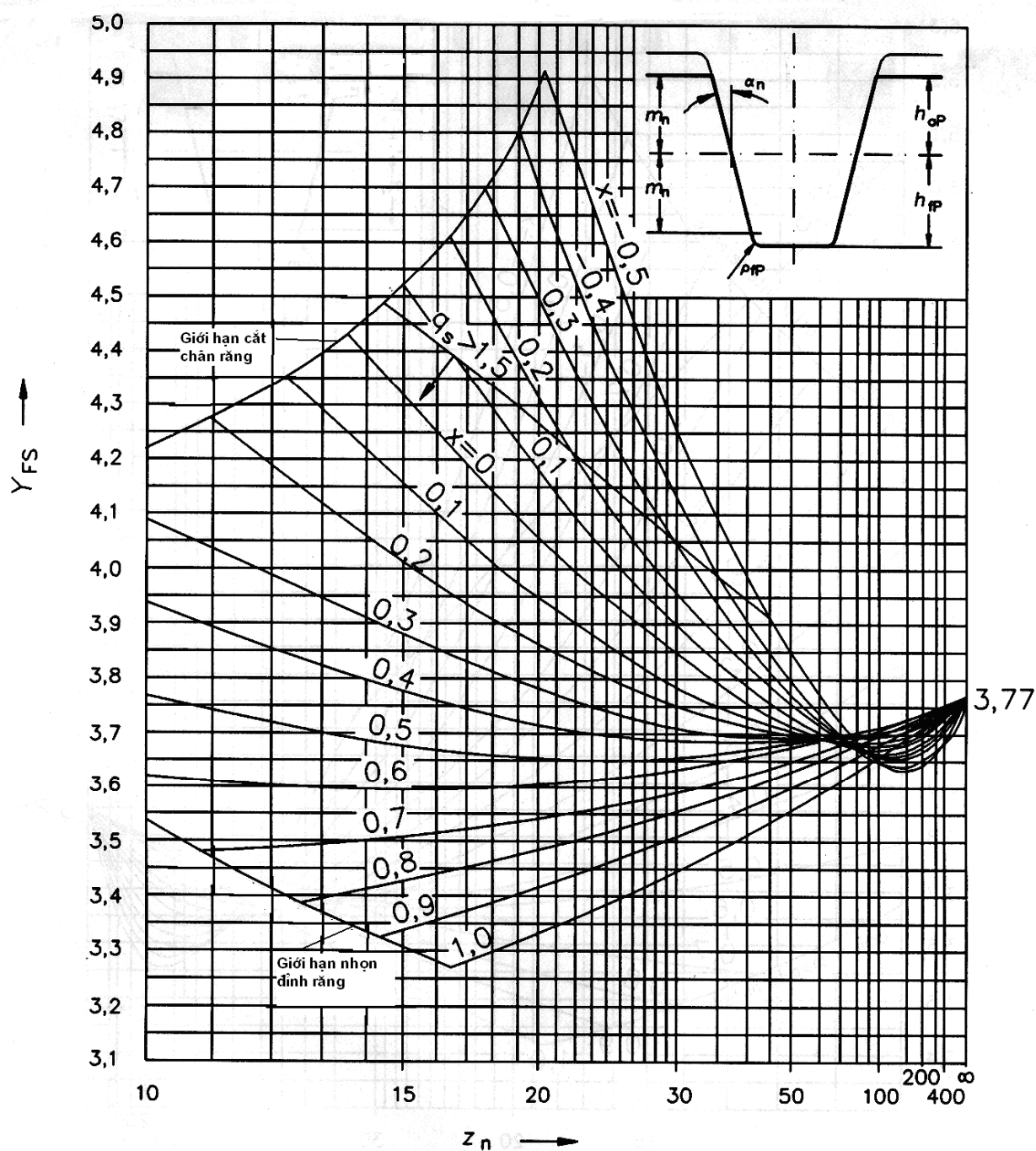
Hình 21 - Hệ số đỉnh răng $Y_{FS} (= Y_{Fa} Y_{Sa})$ ứng với bánh răng ăn khớp ngoài có profile thanh răngcơ sở $\alpha_n = 20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,2$; $h_{fp}/m_n = 1,5$; $\rho_{fp}/m_n = 0,35$



CHÚ THÍCH:

1. Không có dữ liệu giá trị đối với bánh răng ăn khớp trong (cắt lẹm chân răng)
2. Đối với các giá trị s_{pr} nhỏ hơn thường có mô đun lớn hơn . Xem Hình 2
3. Đối với các giá trị q_s giới hạn xem điều 11.

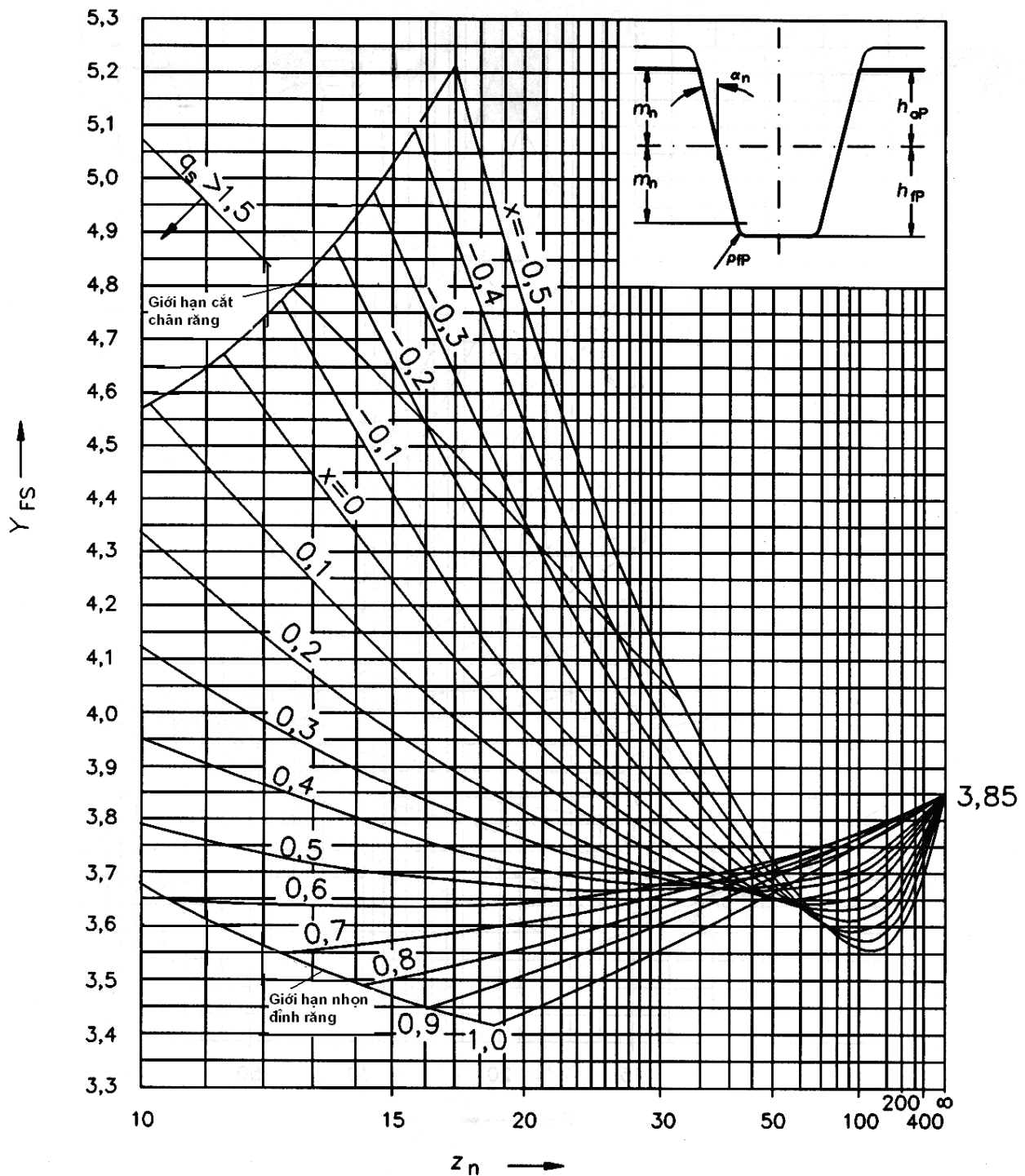
Hình 22 - Hệ số đỉnh răng $Y_{FS} (= Y_{Fa} Y_{Sa})$ ứng với bánh răng ăn khớp ngoài có profile thanh răng
 cơ sở $\alpha_n = 20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,4$; $\rho_{fp}/m_n = 0,4$; $s_{pr} = 0,02m_n$



CHÚ THÍCH:

1. Đối với bánh răng ăn khớp trong $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,25 m_n$; $h_{ap} = 1,0 m_n$; $Y_{FS} = 5,16$.
2. Đối với các giá trị q_s giới hạn xem điều 11.

Hình 23- Hệ số đỉnh răng Y_{FS} ($= Y_{Fa} Y_{Sa}$) đối với bánh răng ăn khớp ngoài có pôfin thanh răng cơ sở $\alpha_n = 22,5^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,4$



CHÚ THÍCH:

- 1 Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,25 m_n$; $h_{ap} = 1,0 m_n$; $y_{FS} = 4,9$.
- 2 Đối với các giá trị q_s giới hạn xem điều 11.

Hình 24 - Hệ số đỉnh răng Y_{FS} ($= Y_{Fa} Y_{Sa}$) ứng với bánh răng ăn khớp ngoài có profile thanh răng
cơ sở $\alpha_n = 25^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,318$

6 Hệ số hiệu chỉnh ứng suất, y_s và y_{sa}

6.1 Các sử dụng cơ bản

Hệ số hiệu chỉnh ứng suất Y_s và Y_{sa} được sử dụng để biến đổi ứng suất uốn danh nghĩa thành ứng suất chân răng cục bộ, khi dùng các hệ số này, phải lưu ý những điều sau:

- Biên độ ứng suất chịu ảnh hưởng của sự thay đổi bán kính góc lượn chân răng⁴⁾;
- Đánh giá hệ thống ứng suất thực tại tiết diện nguy hiểm của chân răng phức tạp hơn đánh giá hệ thống đơn giản hiện thời. Độ lớn của ứng suất cục bộ tại chân răng gồm hai phần, một phần bị ảnh hưởng trực tiếp bởi giá trị của mô men uốn và một phần có giá trị tăng dần khi vị trí đặt tải tiến dần đến tiết diện nguy hiểm.

Y_s là hệ số được xác định khi đặt tải trọng tại điểm ăn khớp một đôi răng ngoài (phương pháp B), Y_{sa} là hệ số được xác định khi đặt tải trọng tại đỉnh răng (phương pháp C). Xem 4.1 theo nguyên tắc làm tròn và áp dụng phương pháp B và C.

Công thức dưới đây dựa vào dữ liệu nhận được từ hình học của bánh răng thẳng ăn khớp ngoài có góc áp lực 20° , các phương pháp đo và tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn và các phương trình tích phân. Công thức cũng có thể được sử dụng để nhận được các giá trị gần đúng đối với các bánh răng ăn khớp trong và bánh răng có góc áp lực khác.

Xem điều 5 có các chú thích và các hướng dẫn tính toán số răng tương đương liên quan đến bánh răng nghiêng.

6.2 Hệ số hiệu chỉnh ứng suất, Y_s : phương pháp B

Hệ số hiệu chỉnh ứng suất Y_s ứng với giá trị trong phạm vi $1 \leq q_s < 8$, được tính theo phương trình sau,; các kí hiệu được minh hoạ trong Hình 3.

$$Y_s = (1,2 + 0,13L)q_s^{\left[\frac{1}{1,21 + \frac{2,3}{L}} \right]} \quad \dots(48)$$

Trong đó,

$$L = \frac{S_{Fn}}{h_{Fe}} \quad \dots(49)$$

Với : S_{Fn} xác định theo phương trình (16) đối với bánh răng ăn khớp ngoài và theo phương trình (31) với bánh răng ăn khớp trong;

h_{Fe} được xác định theo công thức (30) đối với bánh răng ăn khớp ngoài và phương trình (32) đối với bánh răng ăn khớp trong.

$$q_s = \frac{S_{Fn}}{\rho_F} \quad \dots(50)$$

⁴⁾ Xem 6.4 cho các qui trình tiếp theo khi mài rãnh (bạc mài) trong các góc lượn chân răng.

Với ρ_F lấy từ phương trình phương trình (17) đối với bánh răng ăn khớp ngoài và phương trình (34) đối với bánh răng ăn khớp trong.

Các phương pháp đồ thị không phù hợp để xác định hệ số Y_S .

6.3 Thông số Y_{SA} : Phương pháp C

Giống như Y_{Fa} (xem 5.3), Y_{SA} áp dụng chỉ đối với bánh răng có mặt tiếp xúc $\varepsilon_{\alpha n} < 2$.

6.3.1 Các giá trị trên đồ thị

Hệ số Y_{SA} đối với một loạt profin thanh răng cơ sở thông dụng có thể xác định theo Hình 25 đến Hình 32 là một hàm của của số răng tương đương z_n và hệ số dịch chỉnh thanh răng x . Xem 5.3.2.1 để xác định cho bánh răng ăn khớp trong. Các đường cong vẽ trên đồ thị phải được tính đủ chiều cao răng không có vát đỉnh răng và profin thanh răng cơ sở phù hợp, sử dụng phương trình (51) và (52). Cánh tay đòn mô men uốn của các bánh răng này nhỏ hơn không đáng kể với cánh tay đòn mô men uốn của các bánh răng có cắt lẹm và vát đỉnh răng. Do vậy mà các giá trị trên đồ thị đối với Y_{SA} nhỏ đi chút ít và mức tải tính toán sẽ an toàn.

Xem Hình 8 đối với các giá trị trên đồ thị của z_n .

6.3.2 Xác định bằng tính toán

Phạm vi ứng dụng của phương trình (51): $1 \leq q_s < 8$. Y_{SA} được tính bằng phương trình dưới đây, được xác định từ phương trình (48) bằng việc thay h_{Fa} với h_{Fe} :

$$Y_{SA} = \left[\frac{1}{1,2 + \frac{2,3}{L_a}} \right] \quad \dots(51)$$

Trong đó,

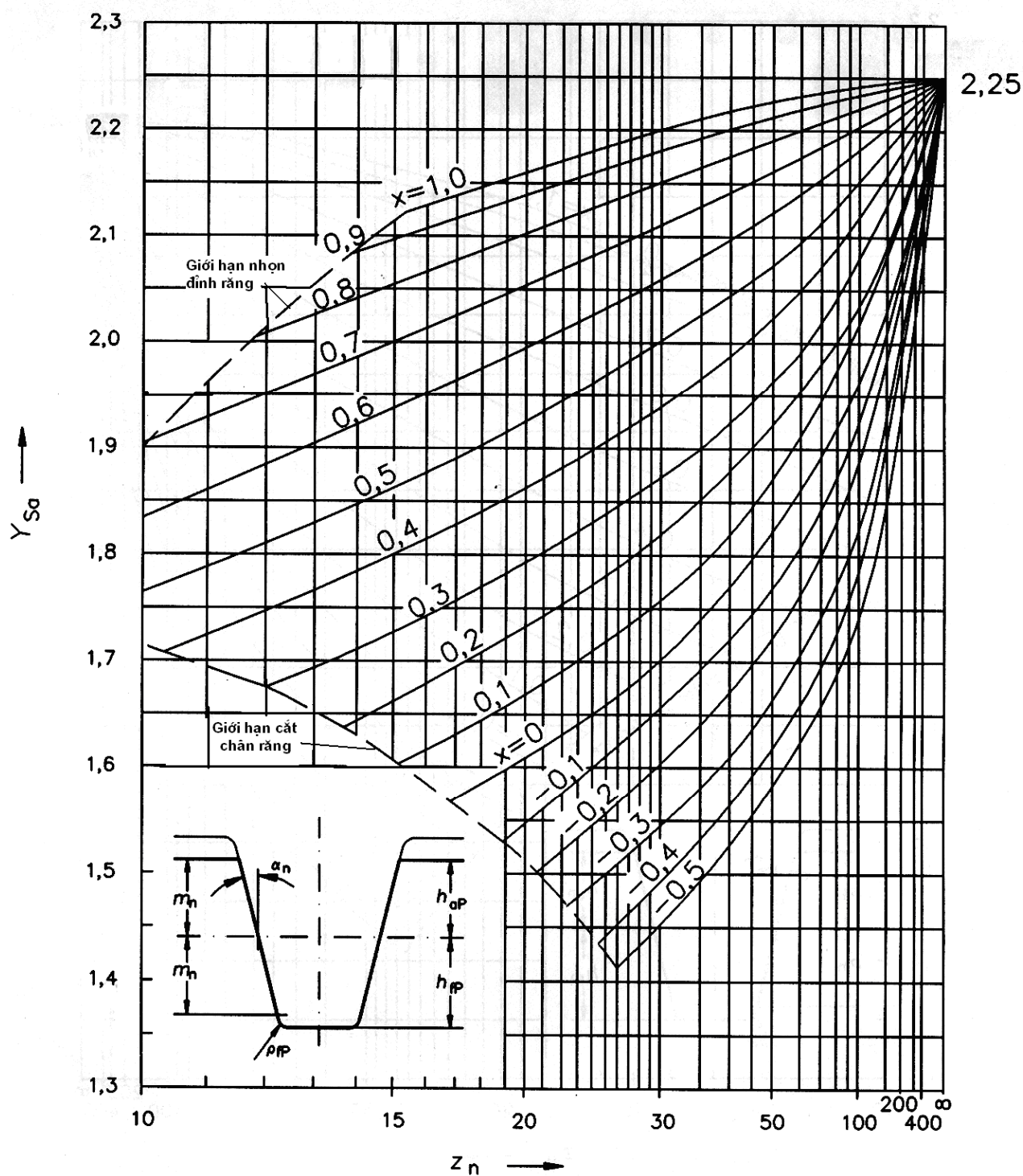
$$L_a = \frac{s_{Fn}}{h_{Fa}} \quad \dots(52)$$

Với :

s_{Fn} xác định từ phương trình (16) đối với bánh răng ăn khớp ngoài và phương trình (31) đối với bánh răng ăn khớp trong;

h_{Fa} tính theo phương trình (41) đối với bánh răng ăn khớp ngoài và theo phương trình (42) đối với bánh răng ăn khớp trong.

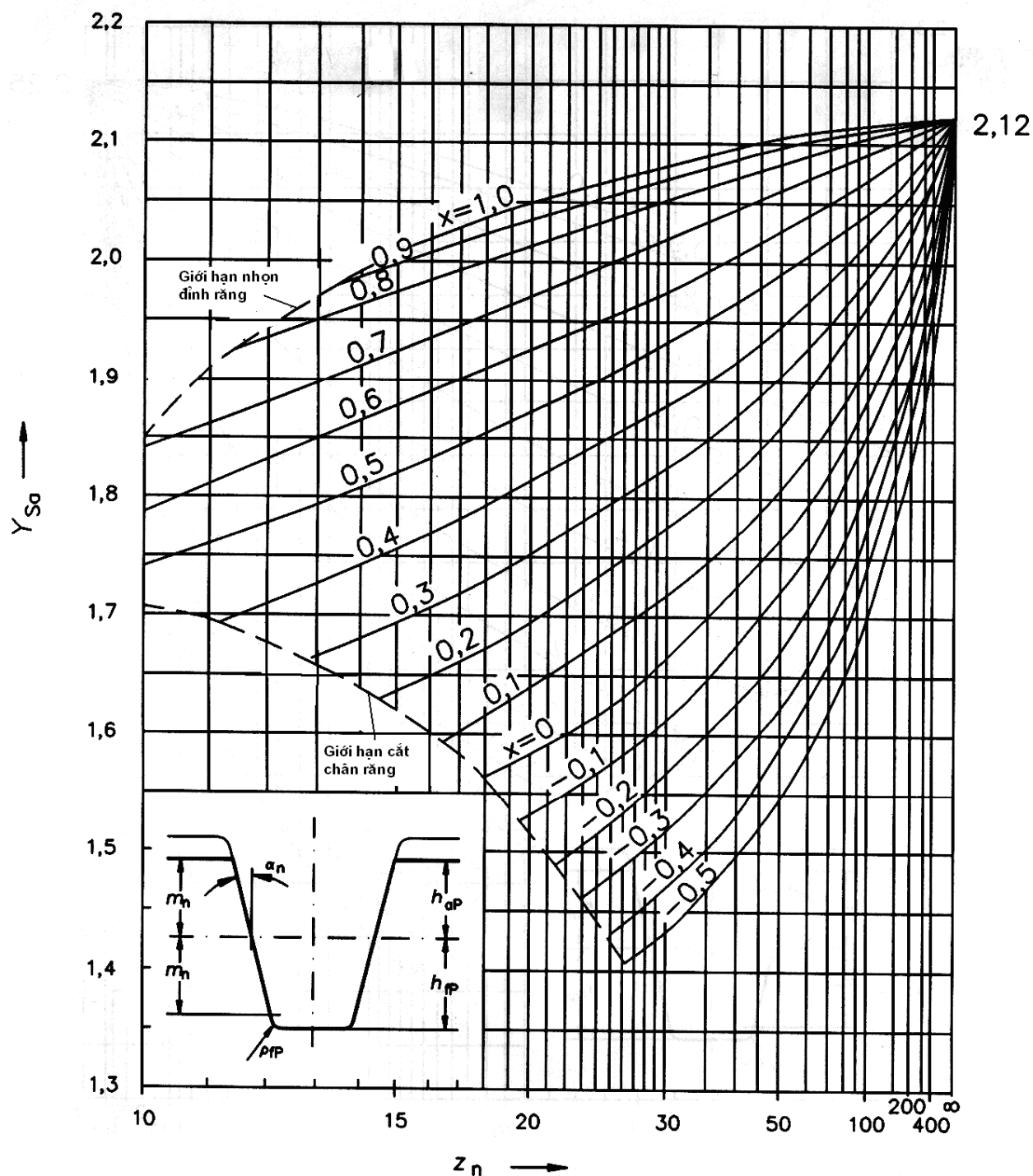
q_s từ phương trình (50).



CHÚ THÍCH:

Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,25 m_n$; $h_{ap} = 1,0 m_n$;
 $Y_{FS} = 2,65$

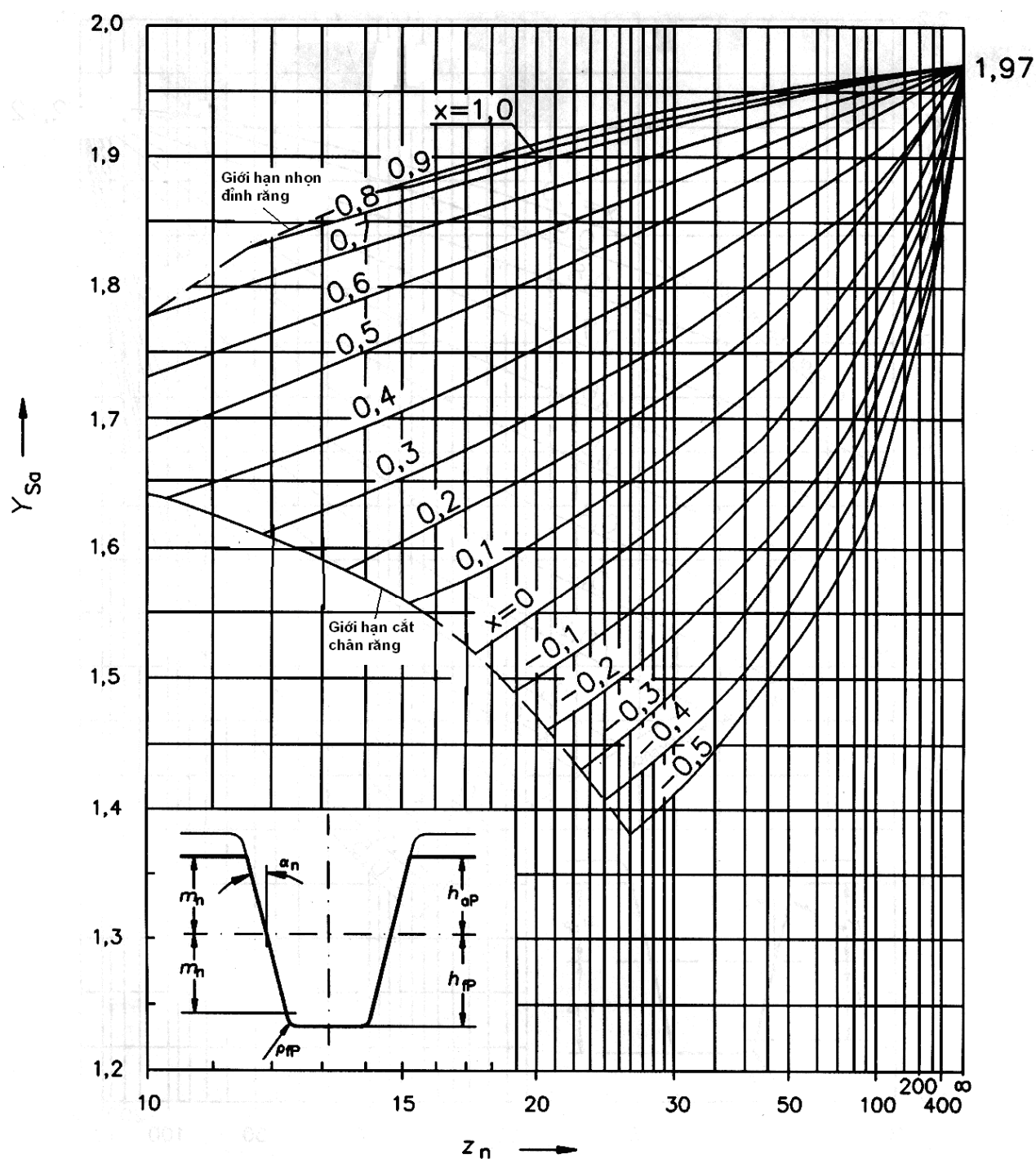
**Hình 25 - Hệ số dạng răng Y_{Sa} đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với
 prôfin thanh răng cơ sở $\alpha_n = 20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,25$**



CHÚ THÍCH:

Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,25 m_n$;
 $h_{ap} = 1,0 m_n$; $Y_{FS} = 2,65$

**Hình 26 - Hệ số dạng răng Y_{Sa} đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với
 prôfin thanh răng cơ sở $\alpha_n = 20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,3$**

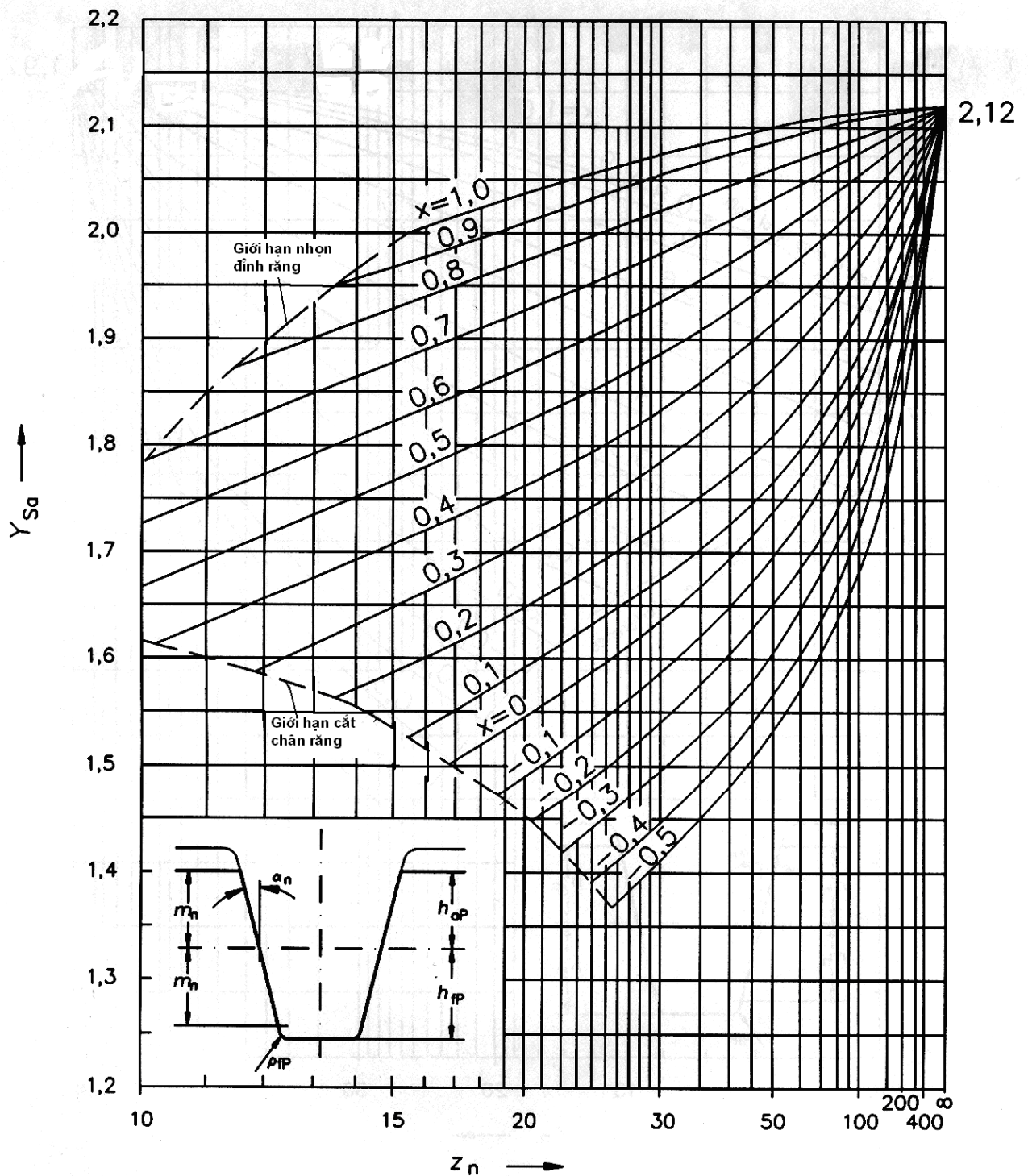


CHÚ THÍCH:

Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,25 m_n$;

$h_{ap} = 1,0 m_n$; $Y_{FS} = 2,65$.

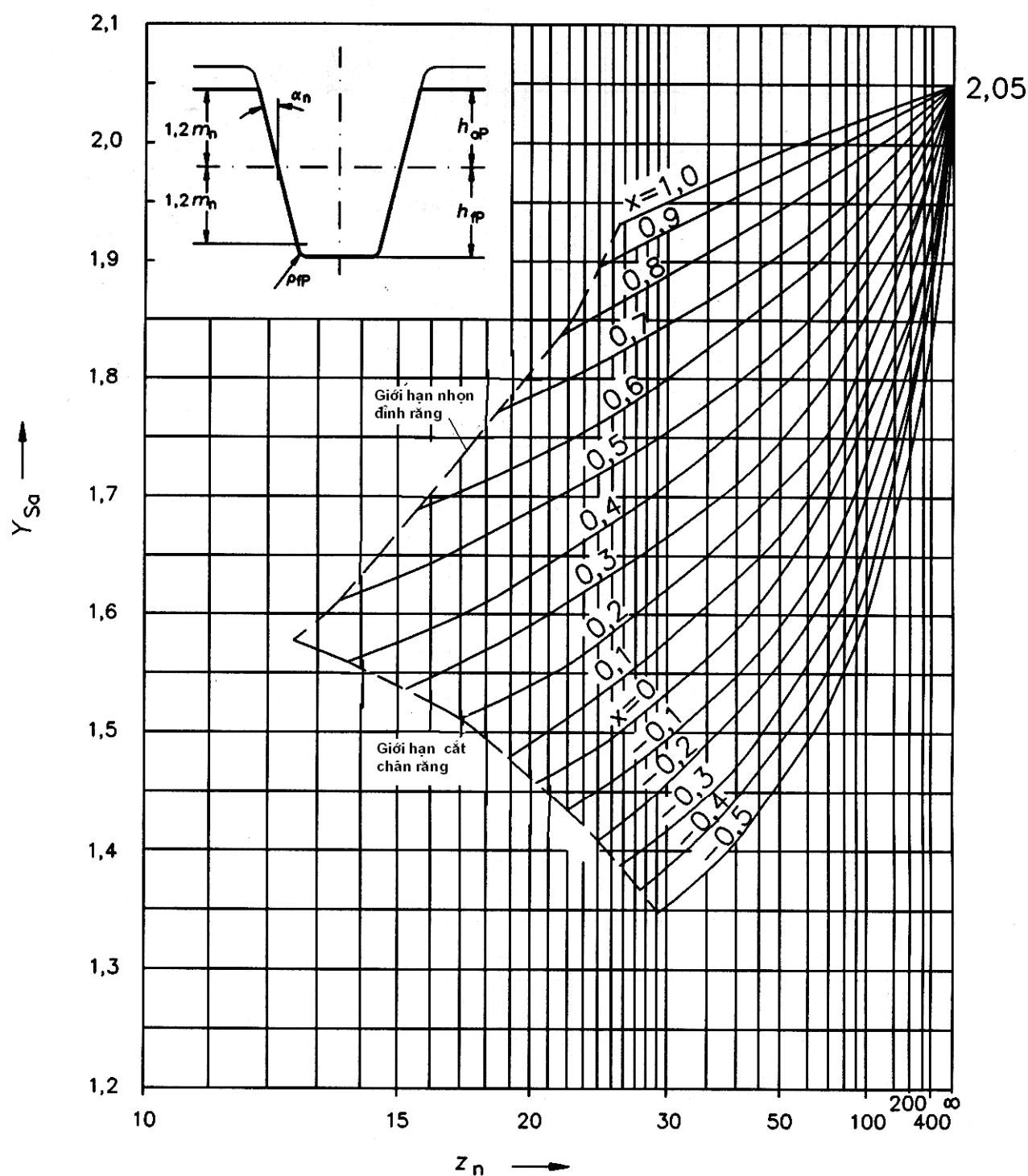
**Hình 27- Hệ số dạng răng Y_{Sa} đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với
 pôfin thanh răng cơ sở $\alpha_n = 20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,375$**



CHÚ THÍCH:

Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,35 m_n$;
 $h_{ap} = 1,0 m_n$; $Y_{FS} = 2,65$.

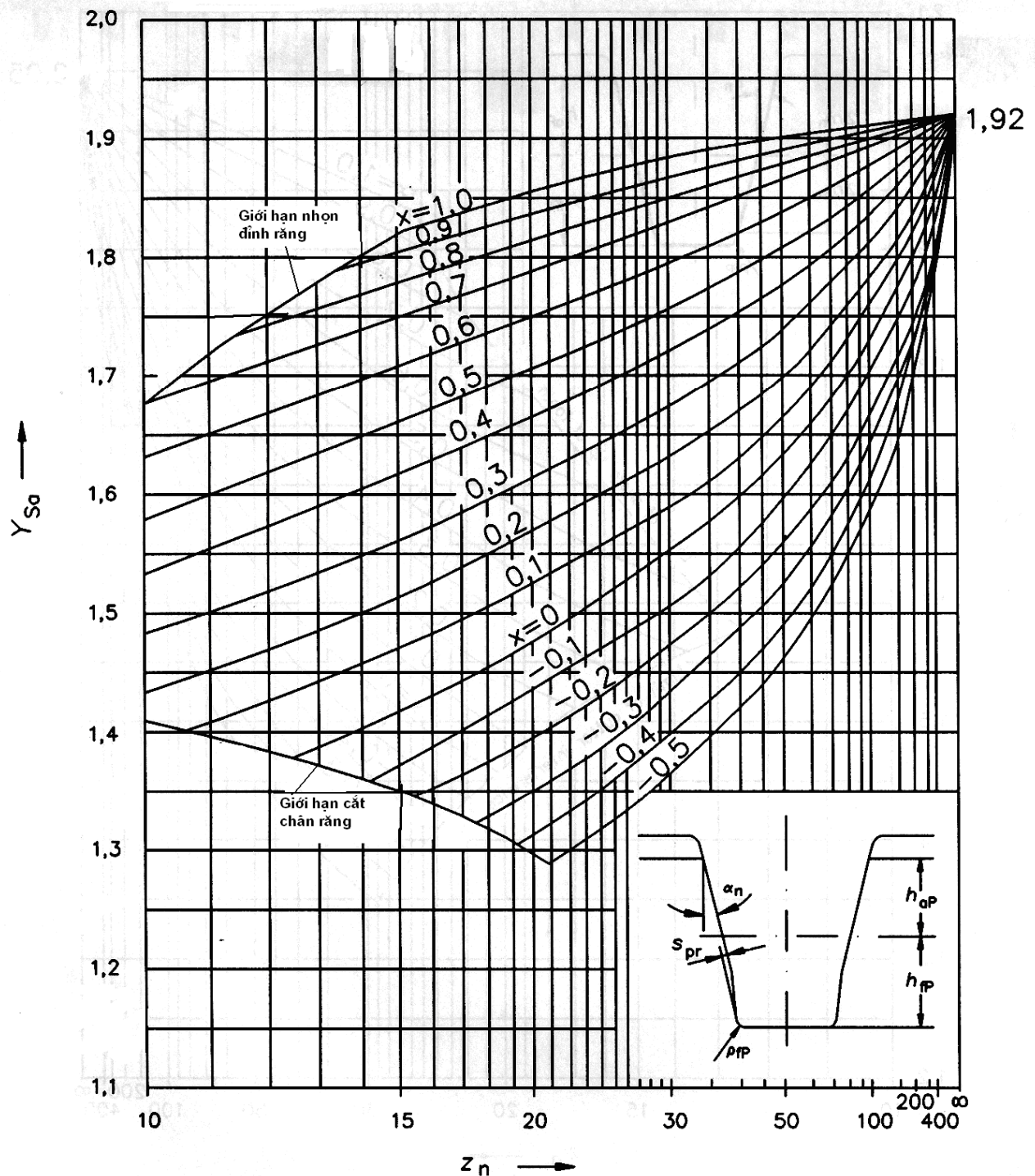
**Hình 28- Hệ số dạng răng Y_{Sa} đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với
 prôfin thanh răng cơ sở $\alpha_n = 20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,35$; $\rho_{fp}/m_n = 0,3$**



CHÚ THÍCH:

Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,5 m_n$;
 $h_{ap} = 1,2 m_n$; $Y_{FS} = 2,52$.

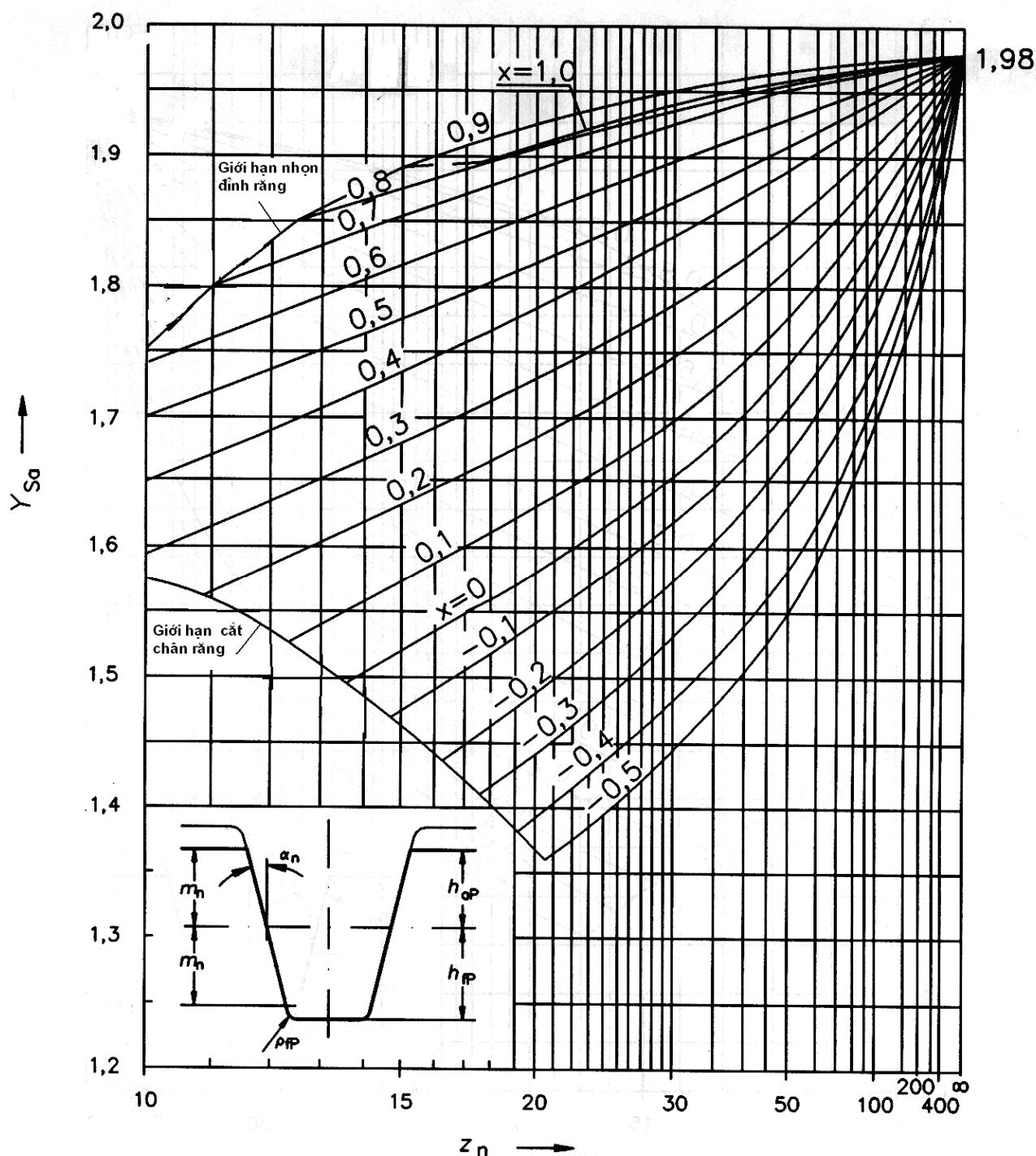
**Hình 29 - Hệ số dạng răng Y_{Sa} đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với
 pôfin thanh răng cơ sở $\alpha_n = 20^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,2$; $h_{fp}/m_n = 1,5$; $\rho_{fp}/m_n = 0,3$**



CHÚ THÍCH:

- 1 Không có dữ liệu có giá trị đối với bánh răng ăn khớp trong (cắt lẹm chân răng)
- 2 Các giá trị s_p nhỏ hơn thường có môđun lớn hơn. Xem Hình 2.

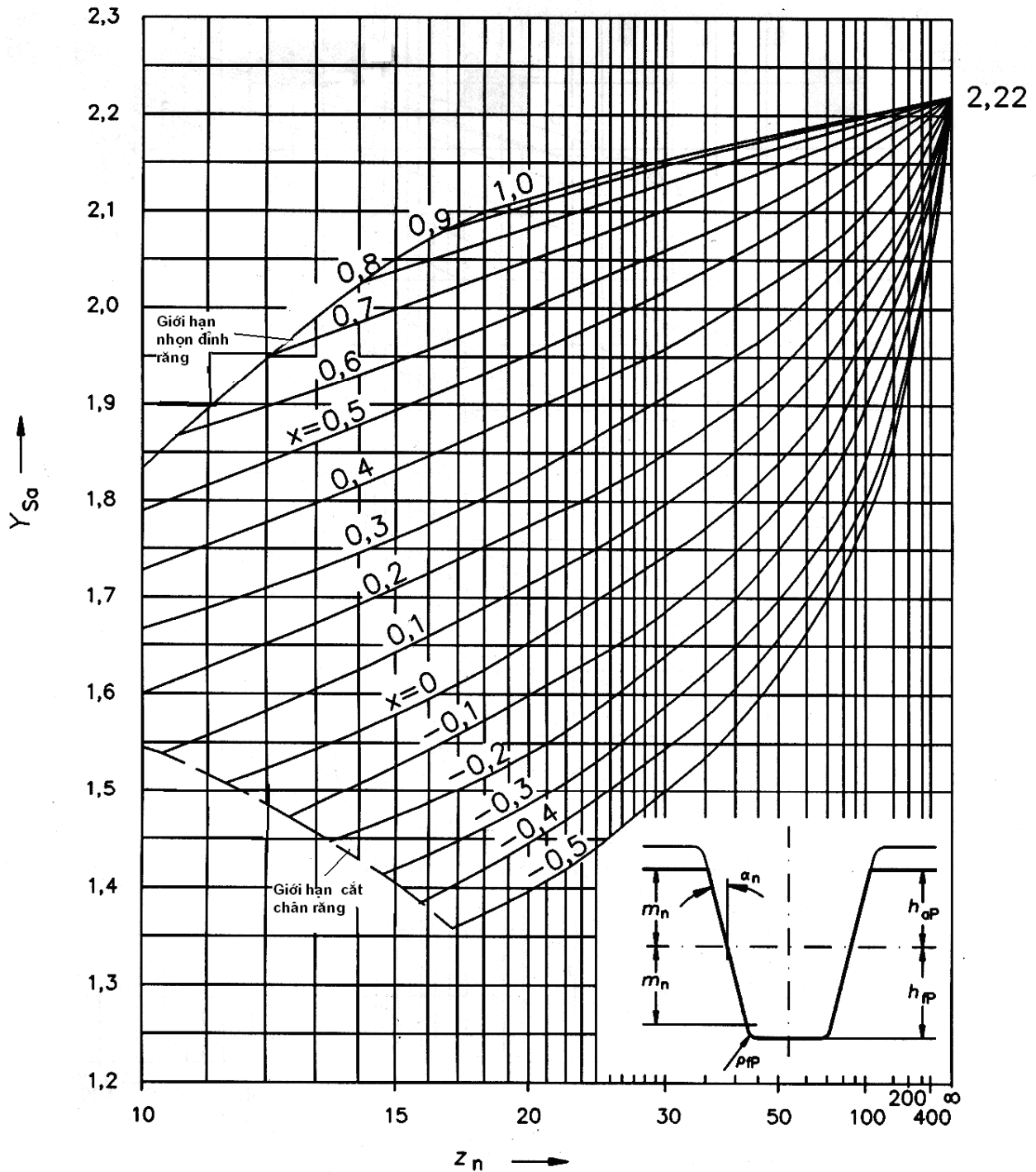
Hình 30- Hệ số dạng răng Y_{Sa} đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với prôfin thanh răng cơ sở $\alpha_n=20^\circ$; $h_{ap}/m_n=1,0$; $h_{fp}/m_n=1,4$; $\rho_{fp}/m_n=0,4$; $s_{pr}=0,02m_n$



CHÚ THÍCH:

Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)) và chiều cao răng $h_{fp} = 1,25 m_n$; $h_{ap} = 1,0 m_n$; $Y_{Sa} = 2,76$.

**Hình 31- Hệ số dạng răng y_{Sa} đối với bánh răng ăn khớp ngoài có
 prôfin thanh răng cơ sở $\alpha_n = 22,5^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,4$**



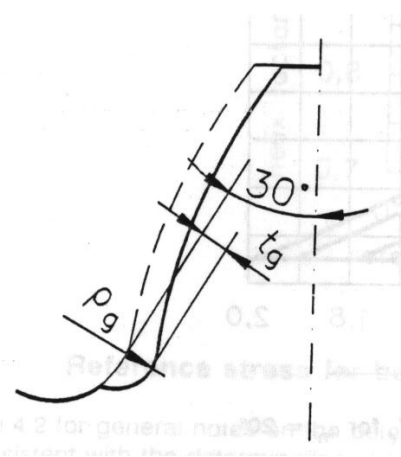
CHÚ THÍCH:

Đối với bánh răng ăn khớp trong, $\rho_F = 0,15 m_n$ (phương trình (34)); chiều cao răng $h_{fp} = 1,25 m_n$; $h_{ap} = 1,0 m_n$; $Y_{Sa} = 2,87$

**Hình 32- Hệ số dạng răng Y_{Sa} đối với bánh răng ăn khớp ngoài ứng với
 pôfin thanh răng cơ sở $\alpha_n = 25^\circ$; $h_{ap}/m_n = 1,0$; $h_{fp}/m_n = 1,25$; $\rho_{fp}/m_n = 0,318$**

6.4 Các hệ số hiệu chỉnh ứng suất dùng cho các bánh răng có rãnh(bậc)trong góc lượn chân răng

Một rãnh (bậc nhỏ) giống như rãnh thoát đá mài trong góc lượn của bánh răng gần tiết diện nguy hiểm thường gây ra ứng suất tập trung lớn hơn ứng suất của góc lượn. Do đó hệ số hiệu chỉnh ứng suất tương ứng lớn hơn. Hệ số Y_{Sg} được xác định theo phương trình (53), có thể thay thế cho Y_s , tương tự hệ số Y_{Sag} xác định theo phương trình (54) có thể thay cho Y_{Sa} , xem Hình 33.



Hình 33 – Kích thước rãnh

$$Y_{Sg} = \frac{1,3Y_s}{1,3 - 0,6\sqrt{\frac{t_g}{\rho_g}}} \quad \dots (53)$$

$$Y_{Sag} = \frac{1,3Y_{Sa}}{1,3 - 0,6\sqrt{\frac{t_g}{\rho_g}}} \quad \dots (54)$$

có giá trị đối với $0 < \sqrt{\frac{t_g}{\rho_g}}$

Ảnh hưởng của các rãnh (bậc) mài đến việc xác định các hệ số theo phương trình (53) hoặc (54) ít hơn khi rãnh nằm trên điểm tiếp xúc của đường tiếp tuyến góc 30° .

Y_{Sg} và Y_{Sag} cũng tính đến giảm chiều dày tại chân răng.

Đối với bánh răng thép tôi bề mặt, các rãnh sâu trong góc lượn sẽ làm giảm nhiều độ bền uốn của răng.

6.5 Hệ số hiệu chỉnh ứng suất Y_{ST} , ứng với kích thước của bánh răng thử chuẩn

Các giá trị giới hạn ứng suất chân răng đối với vật liệu, cho trong ISO 6336 - 5 được xác định từ kết quả thử của các bánh răng thử chuẩn có $Y_{ST} = 2,0$, hoặc dùng giá trị này tính ngược lại.

7 Hệ số tiếp xúc, Y_ϵ

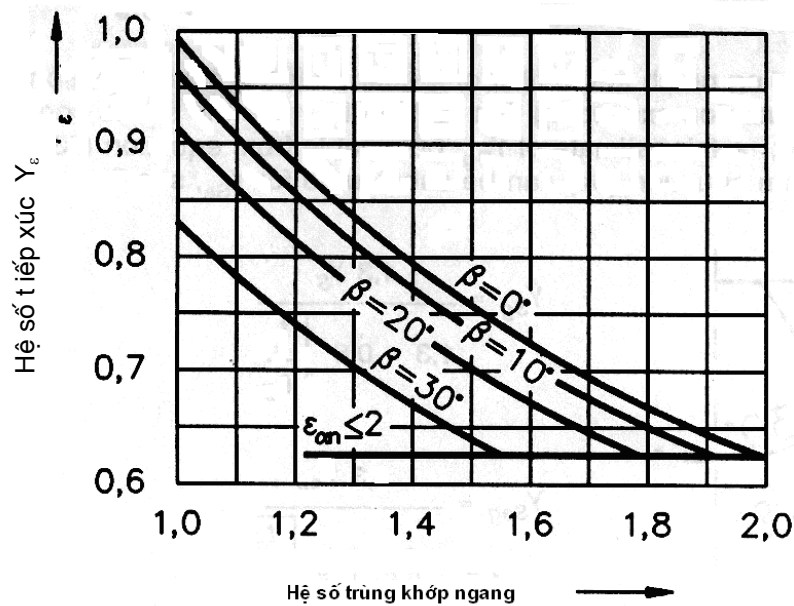
Hệ số Y_ϵ được dùng để xác định ứng suất chân răng danh nghĩa σ_{F0-C} theo phương pháp C.

Ứng suất được tính bằng hệ số hình dạng, Y_{Fa} , và hệ số hiệu chỉnh ứng suất, Y_{Sa} , khi đặt tải trọng tại đỉnh răng được biến đổi bằng Y_ϵ đến một giá trị gần đúng phù hợp với vị trí đặt tải trọng, ví dụ tại điểm ăn khớp một đôi răng ngoài⁵⁾.

7.1 Các giá trị trên đồ thị

Hệ số Y_ϵ có thể được xác định theo Hình 34 là hàm của hệ số trùng khớp ngang, ϵ_α và góc nghiêng β .

⁵⁾ Bất kỳ sự giảm hệ số tiếp xúc do cắt lẹm chân răng hoặc vát đỉnh răng đều được bỏ qua. Xem 5.3.1.1



Hình 34 – Hệ số tiếp xúc (chân răng), Y_ε đối với $\alpha_n = 20^\circ$

7.2 Xác định bằng tính toán

$$Y_\varepsilon = 0,25 + \frac{0,75}{\varepsilon_{\alpha n}} \quad \dots (55)$$

Ở đây $\varepsilon_{\alpha n}$ được xác định từ phương trình (21)

8 Hệ số góc nghiêng, Y_β

Ứng suất chân răng của bánh răng thẳng tương đương được tính toán là giá trị sơ bộ, được biến đổi bằng hệ số góc nghiêng Y_β để tương ứng với bánh răng nghiêng. Bằng cách này tính hướng nghiêng của đường tiếp xúc trên mặt răng (ứng suất chân răng sẽ nhỏ hơn).

8.1 Các giá trị trên đồ thị

Y_β có thể được xác định từ Hình 35 là hàm của góc nghiêng β và hệ số trùng khớp dọc ε_β .

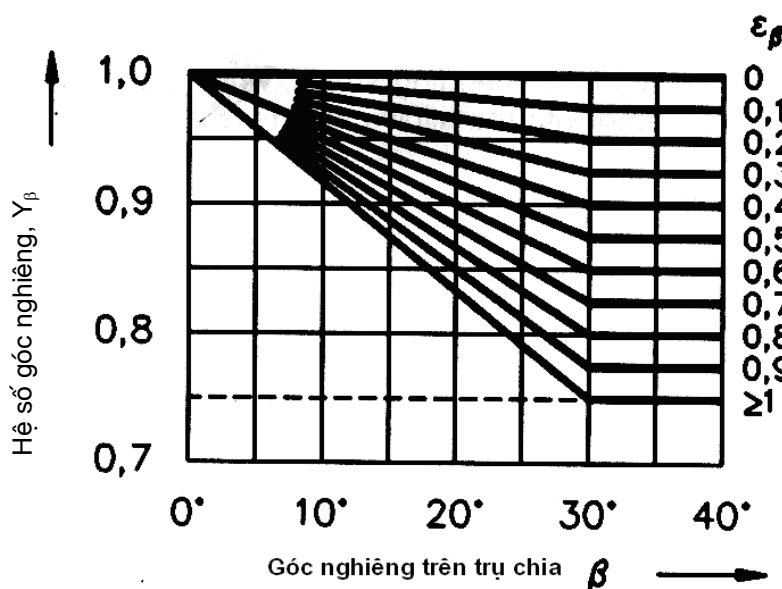
8.2 Xác định bằng tính toán

Hệ số Y_β có thể được tính toán bằng phương trình (56) bao gồm các đường được minh họa trong Hình 35.

$$Y_\beta = 1 - \varepsilon_\beta \frac{\beta}{120^\circ} \quad \dots (56)$$

trong đó, β là góc nghiêng trên trụ chia tính theo độ

Khi $\varepsilon_\beta > 1,0$ thì lấy $\varepsilon_\beta = 1,0$ và khi $\beta > 30^\circ$ thì lấy $\beta = 30^\circ$

Hình 35 – Hệ số góc nghiêng, Y_β

9 Ứng suất uốn tham chiếu

Chú thích chung về xác định các giá trị giới hạn của ứng suất chân răng, xem 4.2. Phương pháp A thích hợp để xác định ứng suất chân răng, ứng suất uốn cho phép xem trong 4.2.1 a).

9.1 Các giá trị $\sigma_{F \text{ lim}}$ và σ_{FE} cho bánh răng thử chuẩn dùng với phương pháp B, C và (D)

Xem 4.2.1 b), 4.2.2 và phương trình (4) để xác định $\sigma_{F \text{ lim}}$ và σ_{FE} .

Tiến hành thử nghiệm các bánh răng thử chuẩn để thu được các giá trị của $\sigma_{F \text{ lim}}$ và σ_{FE} ứng với các vật liệu thông dụng và các chế độ nhiệt luyện. Các yêu cầu về vật liệu và chế độ nhiệt luyện ứng với cấp chất lượng ML, MQ, ME và MX tham khảo ISO 6336-5.

Khi không có thoả thuận khác, thường lựa chọn cấp chất lượng vật liệu MQ cho các bánh răng

9.2 Các giá trị $\sigma_{K \text{ lim}}$ và $\sigma_{p \text{ lim}}$ của bánh răng thử chuẩn dùng với phương pháp B_K , C_K , (D_K) và B_p , C_p và (D_p)

Xem 4.2.1 d) và e) về các giá trị của $\sigma_{k \text{ lim}}$ và $\sigma_{k \text{ lim}}$. Ứng suất uốn $\sigma_{k \text{ lim}}$ và $\sigma_{k \text{ lim}}$ được xác định trên máy sàng lắc với mẫu thử phẳng hoặc mẫu thử cắt rãnh hoặc trong tài liệu hướng dẫn.

10 Hệ số tuổi thọ, Y_{NT}

Hệ số tuổi thọ, Y_{NT} tính cho ứng suất uốn cao hơn có thể chịu được tuổi thọ ngắn hạn (số chu kỳ chịu tải), khi được so với ứng suất cho phép tại 3×10^6 chu kỳ.

Các yếu tố ảnh hưởng chính:

- Vật liệu và nhiệt luyện (xem ISO 6336-5);
- Số chu kỳ tải trọng (tuổi thọ làm việc) N_L ;
- Chỉ tiêu phá huỷ;
- Sự trơn nhẹ của cơ cấu vận hành ;
- Độ sạch của vật liệu bánh răng;
- Độ dẻo và độ bền của vật liệu;
- Ứng suất dư.

Đối với tiêu chuẩn này, số chu kỳ tải trọng, N_L được xác định là số lần tiếp xúc ăn khớp có tải của răng bánh răng được thử. Ứng suất cho phép được thiết lập với 3×10^6 chu kỳ tải trọng với độ tin cậy 99 phần trăm.

Ngoài số 3×10^6 chu kỳ, giá trị Y_{NT} có thể được sử dụng ở nơi có kinh nghiệm. Tuy nhiên, cần phải xem xét để lựa chọn tối ưu chất lượng vật liệu và chế tạo và chọn hệ số an toàn phù hợp.

10.1 Hệ số tải trọng, Y_{NT} : phương pháp A

Đường cong S-N hoặc đường cong phá huỷ được xác định theo bản sao của bánh răng thực để thiết lập tuổi thọ ngắn hạn. Do đó các hệ số $Y_{\delta_{rel T}}$, $Y_{R_{rel T}}$ và Y_x được lấy bằng 1,0 cho mỗi một lần tính toán ứng suất cho phép.

10.2 Hệ số tải trọng, Y_{NT} : phương pháp B

Đối với phương pháp này, hệ số tuổi thọ, Y_{NL} của bánh răng thử chuẩn được dùng để xác định ứng suất cho phép ứng với tuổi thọ ngắn hạn hoặc độ tin cậy (xem 4.2).

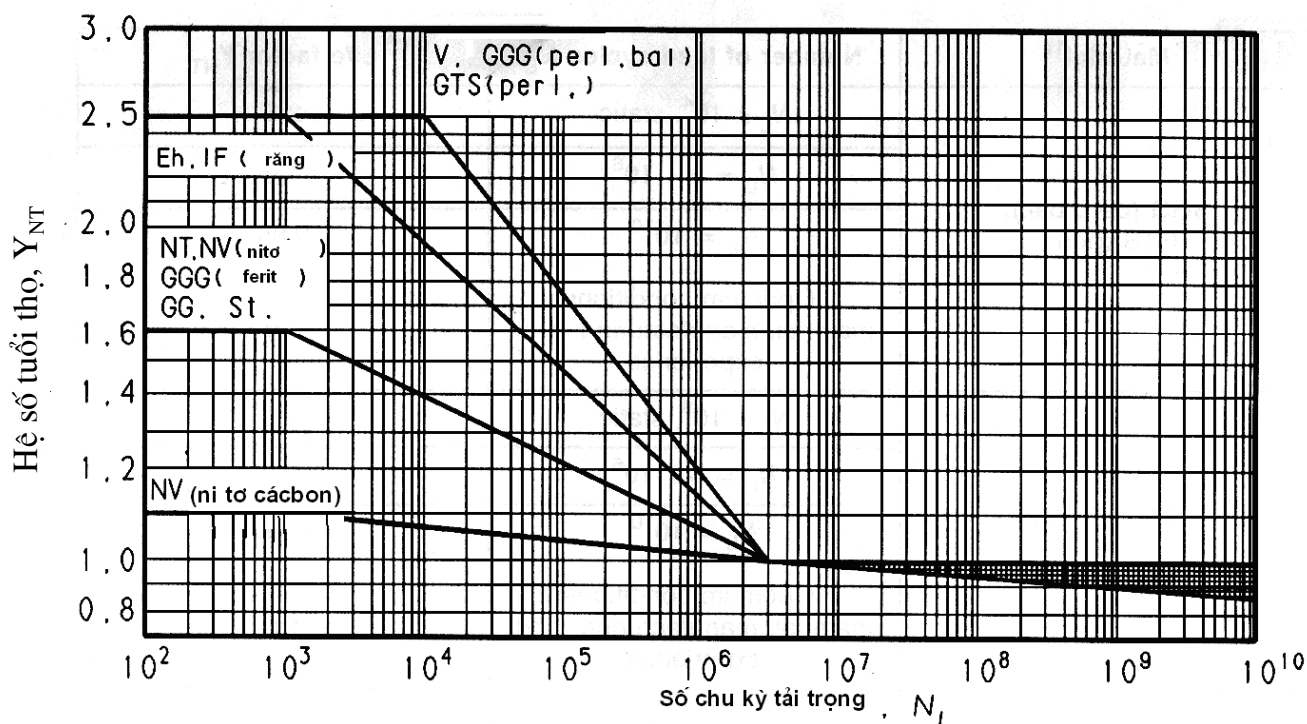
10.2.1 Các giá trị đồ thị

Y_{NL} có thể tra từ Hình 36 ứng với ứng suất tĩnh và ứng suất tham chiếu là hàm của vật liệu và nhiệt luyện. Các đường giá trị lấy từ số lớn các lần thử được xem là đường cong phá huỷ đặc trưng hoặc là các đường cong bắt đầu gãy đối với các loại thép tôi bề mặt hoặc thép thấm nitơ hoặc đường cong biến dạng đối với thép tôi thể tích và thép kết cấu.

10.2.2 Xác định bằng tính toán

Dữ liệu của Y_{NT} dùng cho ứng suất tĩnh và ứng suất tham chiếu theo chỉ dẫn trên Bảng 1. Các ký hiệu vật liệu đặc trưng cho trong Hình 36.

Hệ số tuổi thọ, Y_{NT} , đối với ứng suất uốn cho phép được xác định bằng phép nội suy giữa các giá trị giới hạn ứng suất uốn cho phép tĩnh và ứng suất uốn cho phép tham chiếu, được định nghĩa trong 4.2.2. Đánh giá hệ số tuổi thọ, Y_{NT} được mô tả trong 4.2.3.

**CHÚ THÍCH:**

Các giá trị ứng suất trên giá trị cho phép ứng với 10^3 chu kỳ nên tránh dùng vì các ứng suất nằm trong phạm vi này có thể vượt quá giới hạn đàn hồi của răng bánh răng.

St: thép ($\sigma_B < 800 \text{ N/mm}^2$)

V: Thép tôi thể tích ($\sigma_B \geq 800 \text{ N/mm}^2$)

GG: Gang xám

GGG (peclit, banít, ferit)

GTS (peclit): gang đen dễ uốn

Eh: thép thấm các bon

IF: thép và gang tôi cảm ứng hoặc tôi qua lửa

NT (nitơ): thép thấm nitơ

NV (nitơ): Thép tôi thể tích và thép thấm các bon, nitơ

NV(nitơ các bon): Thép tôi thể tích và thép thấm các bon, nitơ cacbuahóa

Hình 36 - Hệ số tuổi thọ, Y_{NT} (đối với các bánh răng thử chuẩn)

Bảng 1 – Hệ số tuổi thọ, y_{NT}

Vật liệu¹⁾	Số chu kỳ tải trọng N_L	Hệ số tuổi thọ Y_{NL}
V, GGG(peclit, banit.) GTS (peclit)	$N_L \leq 10^4$	2,5
	$N_L = 3 \times 10^6$	1,0
	$N_L = 10^{10}$	0,85
	Các điều kiện tối ưu về; vật liệu, chế tạo và kinh nghiệm	1,0
Eh,IF (chân)	$N_L \leq 10^3$, tĩnh	2,5
	$N_L = 3 \times 10^6$	1,0
	$N_L = 10^{10}$	0,85
	Các điều kiện tối ưu; vật liệu, chế tạo và kinh nghiệm	1,0
St NT, NV (nitơ) GG,GGG (ferit)	$N_L \leq 10^3$, tĩnh	1,6
	$N_L = 3 \times 10^6$	1,0
	$N_L = 10^{10}$	0,85
	Các điều kiện tối ưu; vật liệu, chế tạo và kinh nghiệm	1,0
NV (cacbit)	$N_L \leq 10^3$, tĩnh	1,1
	$N_L = 3 \times 10^6$	1,0
	$N_L = 10^{10}$	0,85
	Các điều kiện tối ưu; vật liệu, chế tạo và kinh nghiệm	1,0
1) Xem Hình 36 để giải thích cho các chữ viết tắt được sử dụng.		

11 Các hệ số độ nhạy, Y_δ , $Y_{\delta T}$, $Y_{\delta K}$ và các hệ số nhạy tương đối của rãnh, $Y_{\delta \text{rel T}}$, $Y_{\delta \text{rel K}}$

11.1 Ứng dụng cơ bản

Giới hạn ứng suất chân răng được tính toán, lớn hơn giới hạn ứng suất của vật liệu tương ứng được biểu thị bằng hệ số nhạy động hoặc tĩnh, Y_δ , nó đặc trưng cho độ nhạy của vật liệu và phụ thuộc vào vật liệu và sự tăng ứng suất. Các giá trị độ nhạy đối với ứng suất động khác với các giá trị độ nhạy đối với ứng suất tĩnh.

Hệ số $Y_{\delta K}$ dùng cho mẫu thử được cắt rãnh và với $Y_{\delta T}$ dùng cho bánh răng thử chuẩn.

Sử dụng hệ số độ nhạy tương đối của bánh răng thử chuẩn ($Y_{\delta \text{rel T}}$) và đối với mẫu thử được cắt rãnh ($Y_{\delta \text{rel K}}$).

11.2 Xác định các hệ số độ nhạy

Các giải thích về các hệ số này được cho trong 4.2 áp dụng theo yếu tố cơ bản .

a) Phương pháp A

Các giới hạn ứng suất chân răng được xác định khi thử bánh răng thực (có đặc tính giống hệt các bánh răng thử); trong trường hợp này các hệ số nhạy tương đối lấy bằng 1,0. Tuy nhiên phải phân tích một cách kỹ lưỡng, để tìm ra được hệ số nhạy tương đối cho vật liệu và dạng răng tương ứng .

b) Phương pháp B

Khi các giá trị giới hạn của ứng suất tĩnh và ứng suất tham chiếu được xác định theo phương pháp B, sử dụng các bánh răng thử chuẩn có các hệ số rãnh $q_{sT} = 2,5$, hệ số $Y_{\delta \text{ rel } T}$ ứng với giới hạn ứng suất tĩnh và ứng suất tham chiếu của bất kỳ bánh răng thực có sai lệch rất ít so với 1,0. Đó là vì giá trị $q_{sT} = 2,5$ nằm ở mức trung bình của các thiết kế bánh răng thông dụng. Giá trị tham chiếu $Y_{\delta \text{ rel } T} = 1,0$ đối với các bánh răng thử chuẩn tương ứng với hệ số hiệu chỉnh ứng suất $Y_S = 2,0$ (xem Hình 38 và Hình 40).

c) Phương pháp C và D

Phương pháp C được suy từ phương pháp B. Như chỉ dẫn trong Hình 38, $Y_{\delta \text{ rel } T}$ có thể lấy bằng 1,0 đối với các thép thông dụng và quá trình nhiệt luyện, trong phạm vi rộng của các giá trị hệ số rãnh q_s . Các giá trị này tương đối an toàn cho góc lượn chân răng nhỏ khi $q_s \geq 2,5$ nhưng với góc lượn lớn thì giá trị lại ít an toàn hơn, ví dụ, khi q_s nhỏ hơn 2,5 giá trị $Y_{\delta \text{ rel } T}$ quá cao, lên tới 5%.

Phần trên chỉ áp dụng để tính ứng suất tĩnh trong phạm vi hẹp của các hệ số hiệu chỉnh ứng suất Y_S khoảng bằng 2,0. Giá trị $Y_{\delta \text{ rel } T}$ thu được theo phương pháp C thường được sử dụng khi hệ số hiệu chỉnh ứng suất được xác định theo phương pháp C, nghĩa là hệ số Y_{Sa} . Giá trị 1,3 Y_{Sa} được dùng là một giá trị trung bình của Y_S và có thể được nhận được từ Hình 38 một giá trị của $Y_{\delta \text{ rel } T}$ tỷ lệ với Y_{Sa} .

Trong phương pháp D, giá trị $Y_{\delta \text{ rel } T}$ được lấy bằng 1,0, khi đó các giá trị được tính toán tương đối an toàn.

d) Phương pháp B_K và C_K

Khi dùng phương pháp B_K và C_K, các giá trị độ bền vật liệu được xác định từ mẫu thử được cắt rãnh, các giá trị sát với q_{sk} của mẫu thử được cắt rãnh gần giống như các giá trị của bánh răng thực, giá trị gần đúng của $Y_{\delta \text{ rel } k}$ tiến dần đến 1,0. Do đó trong phương pháp C có thể lấy $Y_{\delta \text{ rel } k}$ bằng hằng số. Điều này đặc biệt đúng trong trường hợp tính ứng suất tham chiếu.

e) Phương pháp B_p và C_p

Khi dùng phương pháp B_p và C_p giá trị độ bền vật liệu được xác định đối với các mẫu thử nhẵn phẳng nên cần sử dụng hệ số nhạy tuyệt đối Y_{δ} , như đã thấy trên Hình 37, khi lấy $Y_{\delta} = 1,0$, các giá trị tham chiếu được tính toán theo phương pháp C có xu hướng tương đối an toàn. Điều này cũng đúng với các giá trị ứng suất tĩnh, xem Hình 39, tuy nhiên khả năng quá tải của các vật liệu ứng với các giá trị thông dụng của hệ số rãnh ($Y_S = 2,0$) và góc lượn chân răng nhỏ ($Y_S > 2,0$), không được khai thác đầy đủ.

11.3 Hệ số nhạy tương đối, $Y_{\delta \text{ rel T}}$: phương pháp B

11.3.1 Các giá trị đồ thị

11.3.1.1 $Y_{\delta \text{ rel T}}$ dùng cho ứng suất tham chiếu

$Y_{\delta \text{ rel T}}$ có thể được xác định theo Hình 37 là một hàm của q_s hoặc Y_{Sa} và vật liệu. Đồ thị này tương ứng với mỗi một vật liệu được xác định theo Hình 39 bằng cách lấy giá trị tuyệt đối Y_{δ} ứng với mỗi giá trị của q_s (hệ số rãnh của bánh răng thực) trừ đi giá trị $Y_{\delta T}$ cho ứng với hệ số rãnh $q_s = 2,5$ (hệ số rãnh của bánh răng thử chuẩn). Đối với bất kỳ bánh răng được kiểm, q_s có thể được tính theo phương trình (50) và Y_{Sa} có thể xác định được từ Hình 25 đến Hình 32.

11.3.1.2 $Y_{\delta \text{ rel T}}$ dùng cho ứng suất tĩnh

$Y_{\delta \text{ rel T}}$ có thể được xác định theo Hình 38 là một hàm của hệ số điều chỉnh ứng suất Y_S và vật liệu. Đồ thị này tương ứng với mỗi vật liệu được xác định theo Hình 40 bằng cách lấy giá trị tuyệt đối Y_{δ} ứng với mỗi giá trị của Y_S của bánh răng thực trừ đi giá trị của $Y_{\delta T}$ ứng với $Y_{ST} = 2,0$ (hệ số điều chỉnh ứng suất của bánh răng thử chuẩn). Đối với bất kỳ bánh răng nào được kiểm, Y_S có thể được tính theo phương trình (48). Giá trị gần đúng của Y_S cũng có thể được xác định theo đồ thị thấp hơn trên Hình 38 là hàm của Y_{Sa} và $\varepsilon_{\alpha n}$; chúng cũng có thể được tính theo các biểu thức dưới đồ thị.

11.3.1.3 $Y_{\delta \text{ rel T}}$ đối với tuổi thọ ngắn hạn

$Y_{\delta \text{ rel T}}$ được xác định bằng nội suy tuyến tính giữa các giá trị đối với ứng suất tham chiếu và ứng suất tĩnh theo a) và b). Các công thức này bao gồm cả việc xác định ứng suất cho phép đối với tuổi thọ ngắn hạn quy định trong 4.2.3 a)

11.3.2 Xác định bằng tính toán

11.3.2.1 $Y_{\delta \text{ rel T}}$ cho ứng suất tham chiếu

$Y_{\delta \text{ rel T}}$ có thể được tính toán theo phương trình (57) phù hợp với các đường cong trong Hình 37.

$$Y_{\delta \text{ rel T}} = \frac{Y_{\delta}}{Y_{\delta T}} = \frac{1 + \sqrt{\rho' \chi^*}}{\sqrt{\rho' \chi_T^*}} \quad \dots (57)$$

Chiều dày của lớp trượt ρ' có thể được tra từ Bảng 2 là một hàm của vật liệu.

Mức ứng suất tương đối ở đáy rãnh được tính theo phương trình (50)⁶⁾

$$\chi^* = \chi_p^* (1 + 2 q_s) \quad \dots (58)$$

$$\text{Với } \chi_p^* = \frac{1}{5}$$

Các giá trị của χ_p^* đối với bánh răng thử chuẩn được xác định tương tự bằng cách thay q_s trong công thức (58) bằng $q_{sT} = 2,5$.

⁶⁾ áp dụng với mô đun $m = 5 \text{ mm}$. Sự ảnh hưởng của kích thước nhờ hệ số Y_X (xem điều 13)

Bảng 2- Các giá trị dùng đối với chiều dày lớp trượt ρ'

Điều	Vật liệu ¹⁾	ρ' [mm]
1	GG $\sigma_B = 150 \text{ N/mm}^2$	0,3124
2	GG, GGG (ferit); $\sigma_B = 300 \text{ N/mm}^2$	0,3095
3	NT, NV; đối với toàn bộ độ cứng	0,1005
4	St; $\sigma_S = 300 \text{ N/mm}^2$	0,0833
5	St; $\sigma_S = 400 \text{ N/mm}^2$	0,0445
6	V, GTS, GGG (peclit, banit); $\sigma_S = 500 \text{ N/mm}^2$	0,0281
7	V, GTS, GGG (peclit, banit); $\sigma_S = 600 \text{ N/mm}^2$	0,0194
8	V, GTS, GGG (peclit, banit); $\sigma_{0,2} = 800 \text{ N/mm}^2$	0,0064
9	V, GTS, GGG (peclit, banit); $\sigma_{0,2} = 1000 \text{ N/mm}^2$	0,0014
10	Eh, IF (chân); cho toàn bộ độ cứng	0,0030
1) Xem Hình 37 để giải thích các từ viết tắt được sử dụng		

11.3.2.2 $Y_{\delta \text{ rel T}}$ đối với ứng suất tĩnh

$Y_{\delta \text{ rel T}}$ có thể được tính toán bằng phương trình (59) đến (60) phù hợp với đường cong trong Hình 38. (Các kí hiệu được sử dụng tra theo Hình 37)⁷⁾

a) Đối với thép có giới hạn chảy lớn, St:

$$Y_{\delta \text{ rel T}} = \frac{1 + 0,93(Y_S - 1) \sqrt[4]{\frac{200}{\sigma_S}}}{1 + 0,93 \sqrt[4]{\frac{200}{\sigma_S}}} \quad \dots(59)$$

b) Đối với thép có sự giãn dài tăng đều và độ giãn dài 0,2%, thép V và gang xám GGG (peclit, banit) :

$$Y_{\delta \text{ rel T}} = \frac{1 + 0,82(Y_S - 1) \sqrt[4]{\frac{300}{\sigma_{0,2}}}}{1 + 0,82 \sqrt[4]{\frac{300}{\sigma_{0,2}}}} \quad \dots(60)$$

c) Đối với thép Eh và IF có ứng suất lên đến mức bắt đầu gãy rạn nứt:

$$Y_{\delta \text{ rel T}} = 0,44 Y_S + 0,12 \quad \dots(61)$$

d) Đối với thép NT và NV có ứng suất đến mức bắt đầu gãy rạn nứt

$$Y_{\delta \text{ rel T}} = 0,2 Y_S + 0,60 \quad \dots(62)$$

e) Đối với gang GG và GGG (ferit) có ứng suất đến giới hạn gãy

$$Y_{\delta \text{ rel T}} = 1,0 \quad \dots(63)$$

⁷⁾ Giá trị gần đúng của Y_S có thể được lấy từ Y_{Sa} , sử dụng đồ thị thấp hơn trên hình 38

11.3.2.3 $Y_{\delta \text{ rel T}}$ đối với tuổi thọ ngắn hạn

Hệ số $Y_{\delta \text{ rel T}}$ với tuổi thọ giới hạn được xác định như mô tả trong 11.3.1.3

11.4 Hệ số nhạy tương đối, $Y_{\delta \text{ rel T}}$: phương pháp C và D

11.4.1 Phương pháp C

11.4.1.1 $Y_{\delta \text{ rel T}}$ đối với ứng suất tham chiếu

Theo Hình 37, đối với bánh răng có q_s không nhỏ hơn 1,5 có thể lấy $Y_{\delta \text{ rel T}} = 1,0$ Khi q_s lớn hơn 2,5, các giá trị tính tương đối an toàn. Sự biến đổi của hệ số nhạy động do sự không đồng đều của vật liệu, nhiệt luyện và sự gia công, thường bù cho các ảnh hưởng đơn giản này.

Theo Hình 37, đối với các bánh răng bằng thép có $q_s < 1,5$, có thể thay $Y_{\delta \text{ rel T}}$ bằng 0,95

Giới hạn dùng với q_s được chỉ dẫn trên Hình 17 đến Hình 24.

11.4.1.2 $Y_{\delta \text{ rel T}}$ đối với ứng suất tĩnh

Trên cơ sở các quy định trong 11.2 c) $Y_{\delta \text{ rel T}}$ có thể được tính toán như sau (các chữ viết tắt được giải thích trên Hình 37):

a) Đối với St, GGG (peclit, bainit), V, Eh và IF:

$$Y_{\delta \text{ rel T}} = 0,52 Y_{Sa} + 0,20 \quad \dots(64)$$

b) Đối với NT và NV:

$$Y_{\delta \text{ rel T}} = 0,26 Y_{Sa} + 0,60 \quad \dots(65)$$

c) GG và GGG(peclit)

$$Y_{\delta \text{ rel T}} = 1,0 \quad \dots(66)$$

11.4.1.3 $Y_{\delta \text{ rel T}}$ đối với tuổi thọ ngắn hạn

Hệ số $Y_{\delta \text{ rel T}}$ với tuổi thọ ngắn hạn được xác định như trình bày trong 11.3.1.3.

11.4.2 Phương pháp D

Theo phương pháp này, giá trị $Y_{\delta \text{ rel T}} = 1,0$ ứng với ứng suất tham chiếu, ứng suất tĩnh và tuổi thọ ngắn hạn đối với toàn bộ vật liệu bánh răng. Với $q_s \geq 1,5$ và $Y_{Sa} > 1,8$ các giá trị được tính tương đối an toàn. Khi $Y_{Sa} < 1,8$, có thể thay $Y_{\delta \text{ rel T}}$ bằng 0,8.

11.5 Hệ số độ nhạy tương đối, $Y_{\delta \text{ rel k}}$: phương pháp B_k

11.5.1 Các giá trị đồ thị

11.5.1.1 Hệ số $Y_{\delta \text{ rel k}}$ đối với ứng suất tham chiếu

Theo Hình 39, hệ số Y_{δ} đối với bánh răng được kiểm là hàm của q_s và vật liệu, hệ số $Y_{\delta k}$ đối với mẫu thử được cắt rãnh là hàm của $q_{\delta k}$ và vật liệu. Các giá trị này theo công thức (67) để tính $Y_{\delta \text{ rel k}}$.

$$Y_{\delta \text{ rel k}} = \frac{Y_{\delta}}{Y_{\delta k}} \quad \dots(67)$$

11.5.1.2 Hệ số $Y_{\delta \text{ rel k}}$ đối với ứng suất tĩnh

Theo Hình 40, hệ số Y_{δ} đối với bánh răng được kiểm là hàm của Y_s và vật liệu, hệ số $Y_{\delta k}$ đối với mẫu thử được cắt rãnh là hàm của $Y_{\delta k}$ và vật liệu. Các giá trị theo công thức (67) để xác định $Y_{\delta \text{ rel k}}$. Giá trị gần đúng của Y_{δ} có thể được xác định theo $Y_{\delta a}$ và $\varepsilon_{\alpha n}$ bằng đồ thị thấp hơn của Hình 40. Các giá trị của

hệ số hiệu chỉnh ứng suất Y_{Sk} đối với mẫu thử được cắt rãnh (tương ứng với hệ số rãnh) có thể tham khảo tài liệu hướng dẫn.

11.5.1.3 Hệ số $Y_{\delta \text{ rel } k}$ đối với tuổi thọ ngắn hạn

Cách xác định hệ số $Y_{\delta \text{ rel } k}$ được mô tả trong 11.3.1.3.

11.5.2 Xác định bằng tính toán

11.5.2.1 Hệ số $Y_{\delta \text{ rel } k}$ đối với ứng suất tham chiếu

Hệ số $Y_{\delta \text{ rel } k}$ có thể được tính toán theo công thức (68) và các giá trị từ bảng 2:

$$Y_{srelT} = \frac{Y_{\delta}}{Y_{\delta k}} = \frac{1 + \sqrt{\rho' \chi^*}}{1 + \sqrt{\rho' \chi_k^*}} \quad \dots(68)$$

trong đó, χ_k^* là mức đo ứng suất tương đối ở đáy rãnh của mẫu thử và được xác định theo công thức (58) khi thay $q_{\delta k}$ bằng q_s .

11.5.2.2 Hệ số $Y_{\delta \text{ rel } k}$ đối với ứng suất tĩnh

Hệ số Y_{δ} có thể được tính theo 11.7.2.2; Hệ số $Y_{\delta k}$ có thể được tính theo phương trình (69) đến (73) phù hợp với đồ thị Hình 40. Hai giá trị trong công thức (67) để tính $Y_{\delta \text{ rel } k}$.

a) Đối với thép có giới hạn chảy lớn, St:

$$Y_{\delta k} = 1 + 0,93 (y_{Sk} - 1) \sqrt[4]{\frac{200}{\sigma_s}} \quad \dots(69)$$

b) Đối với thép có sự giãn dài tăng dần đều và độ giãn dài 0,20%, thép V và gang xám GGG (peclit; banít)

$$Y_{\delta k} = 1 + 0,82 (Y_{Sk} - 1) \sqrt[4]{\frac{300}{\sigma_{0,2}}} \quad \dots(70)$$

c) Đối với thép Eh và IF có ứng suất tăng đến mức bắt đầu gãy rạn nứt:

$$Y_{\delta k} = 0,77 Y_{Sk} + 0,22 \quad \dots(71)$$

d) Đối với thép NT và NV có ứng suất tăng đến mức bắt đầu gãy rạn nứt :

$$Y_{\delta k} = 0,27 Y_{Sk} + 0,72 \quad \dots(72)$$

e) Đối với gang xám GG và GGG(ferit) có ứng suất tăng đến giới hạn gãy:

$$Y_{\delta k} = 1,0 \quad \dots(73)$$

1.5.2.3 Hệ số $Y_{\delta \text{ rel } k}$ đối với tuổi thọ ngắn hạn

Hệ số $Y_{\delta \text{ rel } k}$ được xác định như mô tả trong 9.3.1.3

11.6 Hệ số nhạy tương đối $Y_{\delta \text{ rel } k}$: phương pháp C_k

11.6.1 Hệ số $Y_{\delta \text{ rel } k}$ đối với ứng suất tham chiếu

Hệ số $Y_{\delta \text{ rel } k}$ có thể được lấy bằng 1,0 khi $q_s > q_{sk} - 1$. Với sự thay thế này, khi q_s lớn hơn q_{sk} , các giá trị được tính tương đối an toàn.

11.6.2 Hệ số $Y_{\delta \text{ rel } k}$ đối với ứng suất tĩnh và tuổi thọ ngắn hạn

Hệ số $Y_{\delta \text{ rel } k}$ có thể được lấy bằng 1,0 khi $Y_s > Y_{Sk} - 0,5$, và $Y_{\delta \text{ rel } k}$ được thay bằng 0,8 khi

$Y_S < Y_{Sk} - 0,5$. Với sự thay thế này, các giá trị được tính hoàn toàn an toàn.

11.7 Xác định hệ số nhảy, Y_δ : phương pháp B_p

11.7.1 Các giá trị đồ thị

11.7.1.1 Hệ số Y_δ đối với ứng suất tham chiếu

Y_δ có thể được xác định từ Hình 39 là hàm của Y_{Sa} hoặc q_s và vật liệu ứng với bánh răng được kiểm.

11.7.1.2 Hệ số Y_δ đối với ứng suất tĩnh

Y_δ có thể được xác định từ Hình 40 là hàm của Y_S , hệ số hiệu chỉnh ứng suất và vật liệu của bánh răng được kiểm. Giá trị gần đúng của Y_S có thể nhận được từ đồ thị thấp nhất trên Hình 40 hoặc có thể được tính toán.

11.7.1.3 Hệ số Y_δ đối với tuổi thọ ngắn hạn

Về nguyên tắc, hệ số Y_δ được xác định như mô tả trong 11.3.1.3.

11.7. 2 Xác định bằng tính toán

11.7.2.1 Hệ số Y_δ đối với ứng suất tham chiếu

Hệ số Y_δ có thể được tính toán bằng phương trình (74) và các giá trị trong Bảng 2:

$$Y_\delta = \frac{1 + \sqrt{\rho' \chi^*}}{1 + \sqrt{\rho' \chi_p^*}} \quad \dots(74)$$

11.7.2.2 Hệ số Y_δ đối với ứng suất tĩnh

Giá trị lớn nhất của hệ số nhảy tĩnh có thể được lấy bằng hệ số hiệu chỉnh ứng suất, Y_δ . Điều này có nghĩa là vật liệu ở trạng thái hoàn toàn dẻo. Các chữ viết tắt được định nghĩa trong Hình 37:⁷⁾

a) Đối với thép có giới hạn chảy lớn, St :

$$Y_\delta = 1 + 0,93 (Y_S - 1) \sqrt[4]{\frac{200}{\sigma_S}} \quad \dots (75)$$

b) Đối với thép có sự giãn dài tăng dần đều và độ giãn dài 0,2%, thép V và gang xám GGG (perit; banít)

$$Y_\delta = 1 + 0,82 (Y_S - 1) \sqrt[4]{\frac{300}{\sigma_{0,2}}} \quad \dots(76)$$

c) Đối với thép Eh và IF có ứng suất tăng đến mức bắt đầu gãy nứt:

$$Y_\delta = 0,77 Y_S + 0,22 \quad \dots(77)$$

d) Đối với thép NT và NV có ứng suất tăng đến mức bắt đầu gãy nứt:

$$Y_\delta = 0,27 Y_S + 0,72 \quad \dots(78)$$

e) Đối với gang xám GG và GGG(ferit) có ứng suất tăng đến giới hạn gãy:

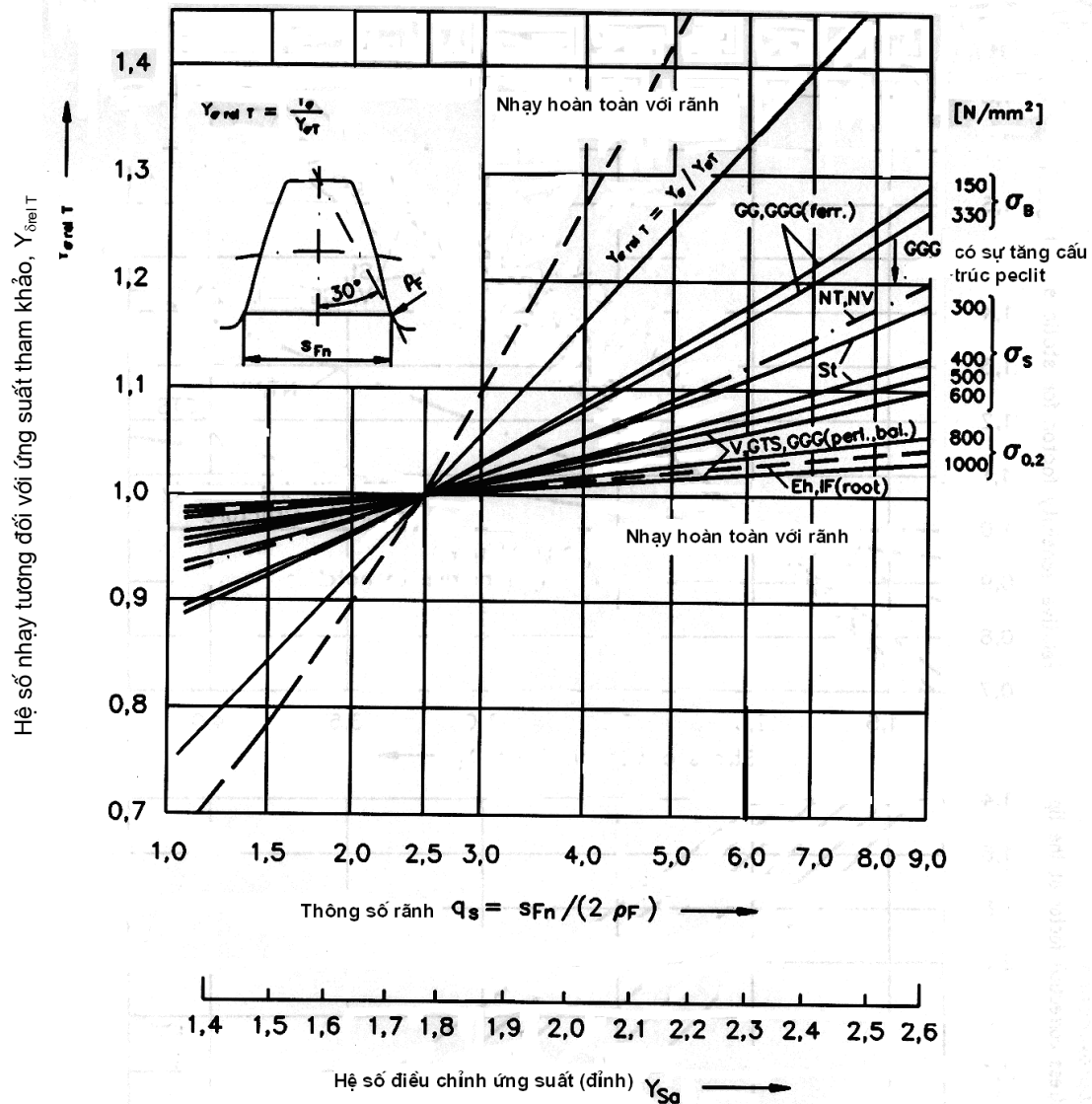
$$Y_{\delta k} = 1,0 \quad \dots(79)$$

11.7.2.3 Hệ số $Y_{\delta \text{ rel k}}$ đối với tuổi thọ ngắn hạn

Về nguyên tắc, hệ số $Y_{\delta \text{ rel k}}$ được xác định như mô tả trong 11.3.1.3

11.8 Hệ số nhạy tương đối Y_δ : phương pháp C_k

Trong phương pháp này, lấy giá trị $Y_\delta = 1,0$ đối với ứng suất tham chiếu, ứng suất tĩnh và tuổi thọ ngắn hạn. Hằng số này, đối với các giá trị tham chiếu là tương đối an toàn (xem Hình 39) và các giá trị ứng suất tĩnh hoàn toàn an toàn (xem Hình 40)



CHÚ THÍCH: St: Thép có giới hạn bền $\sigma_B < 800 \text{ N/mm}^2$

V: Thép tôi thể tích ($\sigma_B \geq 800 \text{ N/mm}^2$)

GG: Gang xám

GGG (peclit, banít, ferit): gang xám (cấu trúc peclit, banit, ferit)

GTS (perit): gang rèn (cấu trúc peclit)

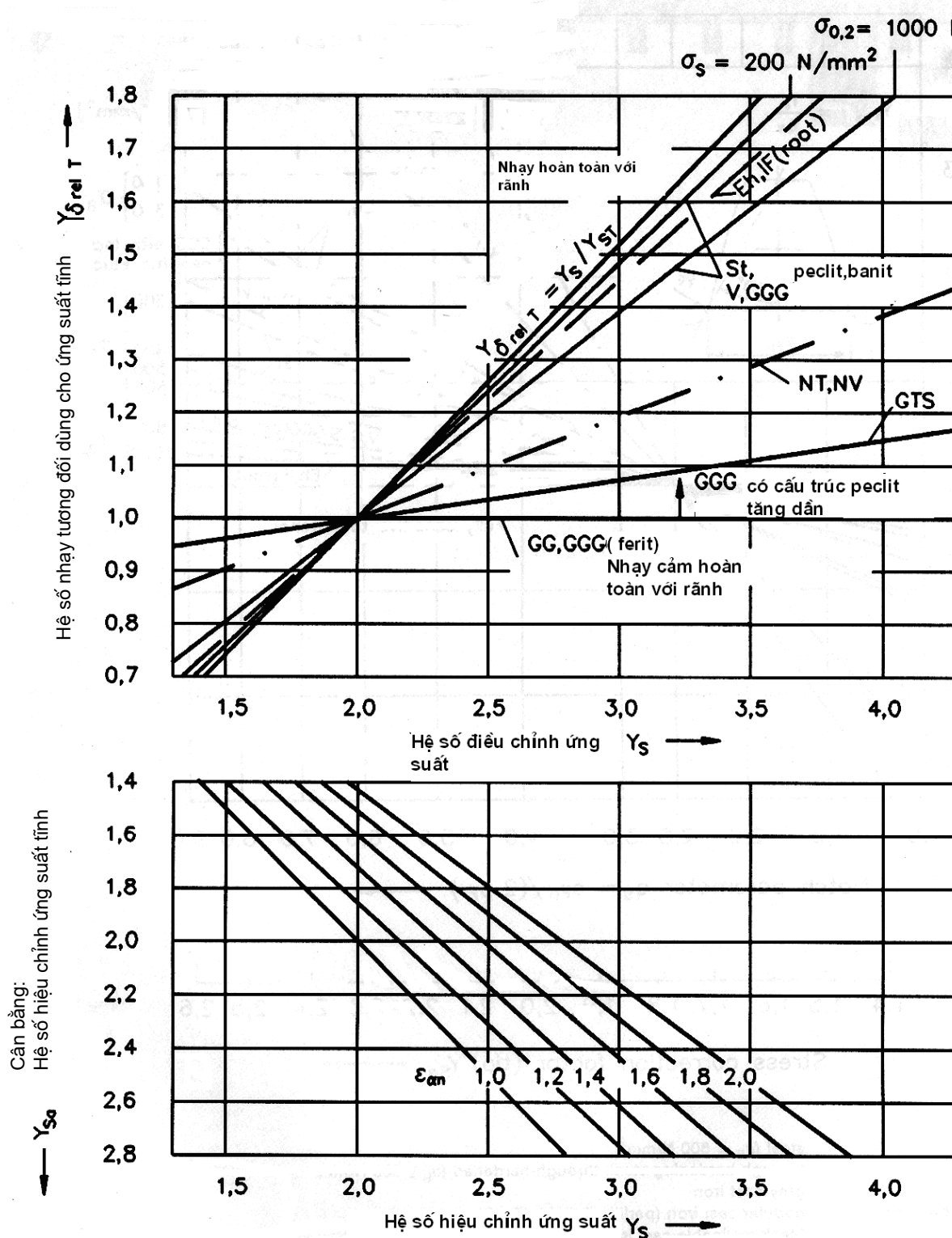
Eh: Thép thấm các bon

IF: Thép và gang tôi cảm ứng hoặc tôi qua lửa

NT, NV: Thép thấm ni tơ, thép tôi thể tích và thép thấm các bon, ni tơ các-bua hoá

Hình 37- Hệ số nhạy tương đối, $Y_{\delta_{rel} T}$, đối với ứng suất tham chiếu

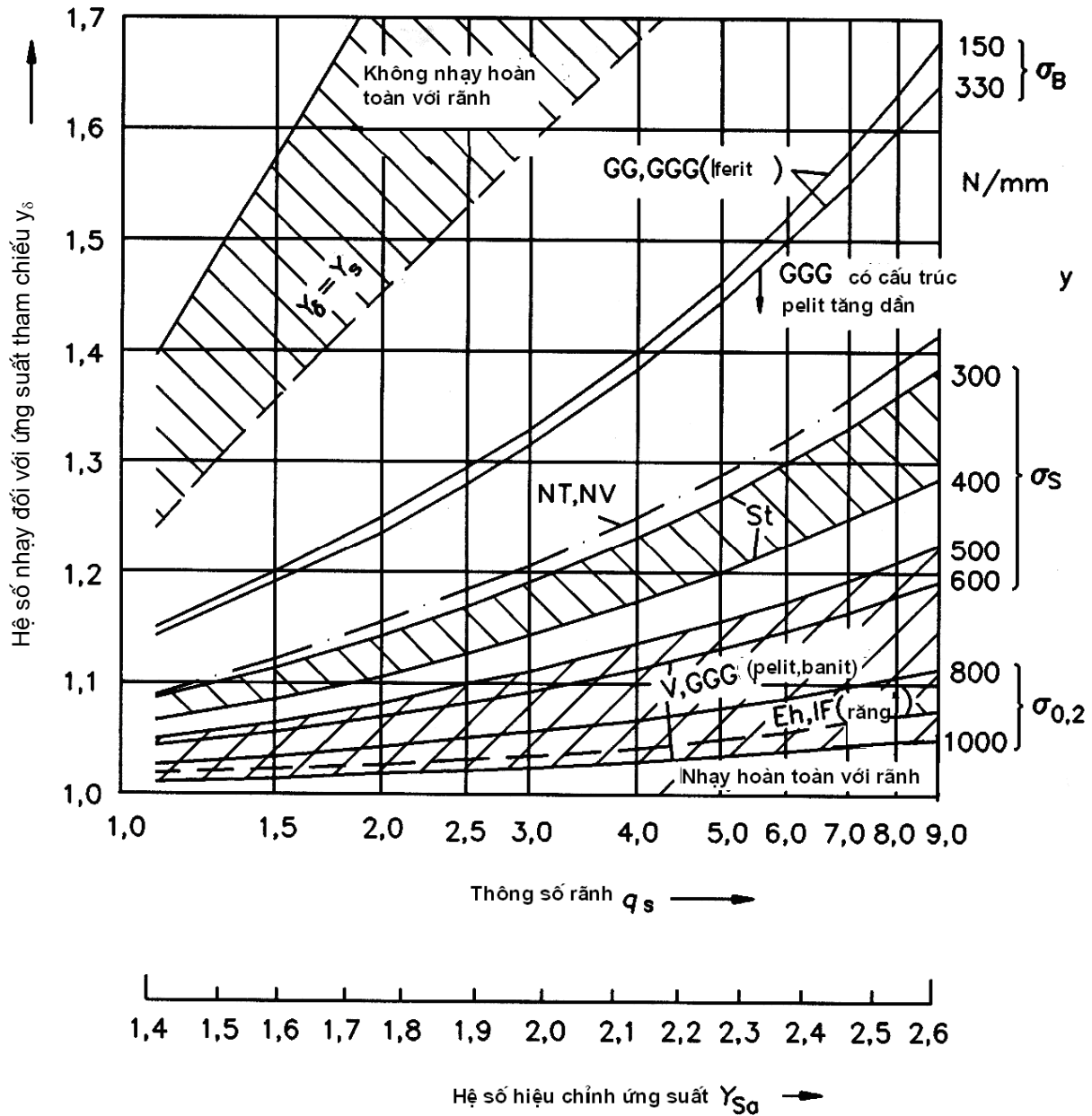
(Y_{Sa} có giá trị với $s_{Fn} / h_{Fa} = 1,1$)

**CHÚ THÍCH:**

1 Đồ thị thấp nhất dựa trên $Y_s = Y_{sa} (0,6 + 0,4 \epsilon_{an})$; có giá trị với $s_{Fn} / h_{Fa} \approx 1,1$

2 Để giải thích các từ viết tắt với vật liệu xem Hình 37

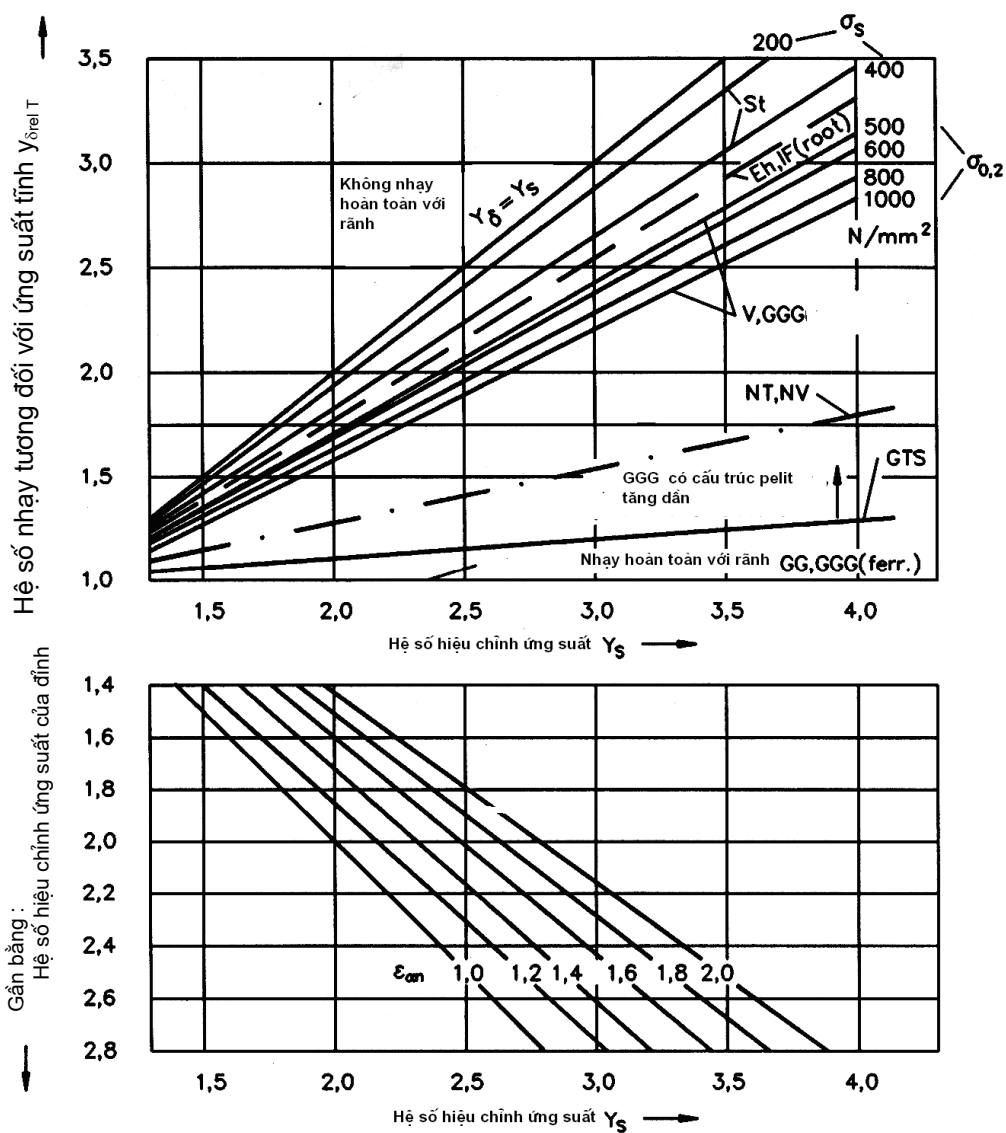
Hình 38 - Hệ số nhạy tương đối, $Y_{\delta rel \tau}$ với ứng suất tĩnh



CHÚ THÍCH -

Giải thích các chữ viết tắt với vật liệu, xem Hình 37.

Hình 39 – Hệ số nhảy, Y_δ , đối với ứng suất tham chiếu (Y_{Sa} có giá trị với $s_{Fn}/h_{Fa} \approx 1,1$)



CHÚ THÍCH:

- 1 Đồ thị thấp nhất dựa trên $Y_s = Y_{sa} (0,6 + 0,4 \epsilon_{an})$; có giá trị với $s_{Fn} / h_{Fa} \approx 1,1$
- 2 Để giải thích các từ viết tắt với vật liệu xem Hình 37

Hình 40 - Hệ số nhảy, Y_{δ} đối với ứng suất tĩnh

12 Các hệ số bề mặt, y_R , y_{RT} , y_{Rk} và hệ số bề mặt tương đối, $y_{R\text{ rel } T}$ và $y_{R\text{ rel } k}$ **12.1 Ảnh hưởng của trạng thái bề mặt**

Hệ số bề mặt, y_R tính cho ảnh hưởng ứng suất chân răng của trạng thái bề mặt chân răng. Ảnh hưởng này phụ thuộc vào vật liệu và độ nhám bề mặt ở góc lượn chân răng (xem Chú thích 5), hệ số y_R tính cho ứng suất tĩnh khác với y_R tính cho ứng suất động. Cũng như vậy y_{Rk} , hệ số bề mặt tính cho mẫu thử được cắt rãnh thô và y_{RT} là hệ số bề mặt của bánh răng thử chuẩn. Các hệ số này được so sánh với mẫu thử được đánh bóng nhẵn. Các hệ số bề mặt tương đối đặc trưng cho mối tương quan của hệ số bề mặt của bánh răng được kiểm đối với hệ số bề mặt của bánh răng thử chuẩn ($y_{R\text{ rel } T}$) hoặc đối với hệ số bề mặt của mẫu thử được cắt rãnh thô ($y_{R\text{ rel } k}$).

CHÚ THÍCH 5: Sự ảnh hưởng của trạng thái bề mặt đến độ bền uốn chân răng không những chỉ phụ thuộc vào độ nhám bề mặt tại góc lượn chân răng mà còn phụ thuộc vào kích thước và Hình dáng của rãnh. Các ảnh hưởng về trạng thái bề mặt không được qui định kỹ trong tiêu chuẩn này. Phương pháp này chỉ áp dụng khi các vết xước hoặc các khuyết tật khác tương tự có độ nhám thấp hơn $2R_z$ ($2R_z$ là giá trị đánh giá ban đầu).

Ngoài độ nhám bề mặt, các ảnh hưởng khác đến độ bền uốn của răng bao gồm: ứng suất nén dư (rèn bằng búa), ôxi hoá đường bao ngoài, các ảnh hưởng hoá học v.v... Khi góc lượn được tạo bằng rèn hoặc khi hình dáng góc lượn đã hoàn chỉnh, giá trị lớn hơn không đáng kể nhận được từ đồ thị sẽ thay thế cho $y_{R\text{ rel } T}$. Khi các ảnh hưởng của hoá học hoặc ôxi hoá tồn tại thì giá trị nhỏ hơn chỉ dẫn trên đồ thị sẽ được thay thế $y_{R\text{ rel } T}$.

12.2 Xác định các hệ số bề mặt và hệ số bề mặt tương đối

Theo nguyên lý để áp dụng cho các hệ số này trong 4.2.

a) Phương pháp A

Trong phương pháp A giới hạn ứng suất chân răng được xác định bằng thử các bánh răng kiểm hoặc thử các bánh răng có đặc tính tương đương. Bằng phép tính gần đúng này, hệ số bề mặt tương đối lấy bằng hoặc gần bằng 1,0. Để xác định mối tương quan của hệ số bề mặt của vật liệu đối với bánh răng được kiểm thì phải tiến hành phân tích kỹ lưỡng.

b) Phương pháp B

Các giá trị độ bền vật liệu theo phương pháp B được xác định từ kết quả thử của các bánh răng thử chuẩn có $R_{ZT} = 10\mu\text{m}$. Nói chung giá trị $y_{R\text{ rel } T}$ liên quan đến ứng suất tham khảo của bất kỳ bánh răng được kiểm, khác chút ít so với 1,0 khi $R_{ZT} = 10\mu\text{m}$ là một giá trị trung bình. $y_{R\text{ rel } T}$ đối với ứng suất tĩnh cũng có thể lấy bằng 1,0.

Phương pháp B phù hợp với cho phép tính toán chính xác hơn.

c) Phương pháp C và D

Vì rất khó xác định độ nhám bề mặt và trạng thái vật liệu trong chân răng, hệ số $y_{R\text{ rel } T}$ có thể bằng một hằng số. Nếu có so sánh thì thấy rằng các giá trị tương ứng hoặc kích thước liên quan (môđun), phương pháp chế tạo và xử lý nhiệt phải được duy trì nhất quán.

d) Phương pháp B_k, C_k và D_k

Bằng phương pháp B_k, các giá trị độ bền vật liệu được lấy ra từ sự thử các mẫu thử thô được cắt rãnh, các giá trị gần sát R_{zk} và q_{sk} của mẫu thử cắt rãnh gần giống với các giá trị của bánh răng kiểm, các giá trị gần đúng của Y_{R rel k} gần như bằng 1,0. Do đó, trong phương pháp C, khi cần thiết có thể được thay thế một hằng số với Y_{R rel k}.

e) Phương pháp B_p, C_p và D_p

Theo phương pháp B_p, các giá trị độ bền vật liệu được xác định bằng việc thử mẫu thử được đánh bóng phẳng. Trong trường hợp này, hệ số bề mặt tuyệt đối Y_R được sử dụng để tính toán. Do có độ nhám trong góc lượn chân răng, ảnh hưởng của Y_R có phần giảm chút ít (xem chú thích 5)

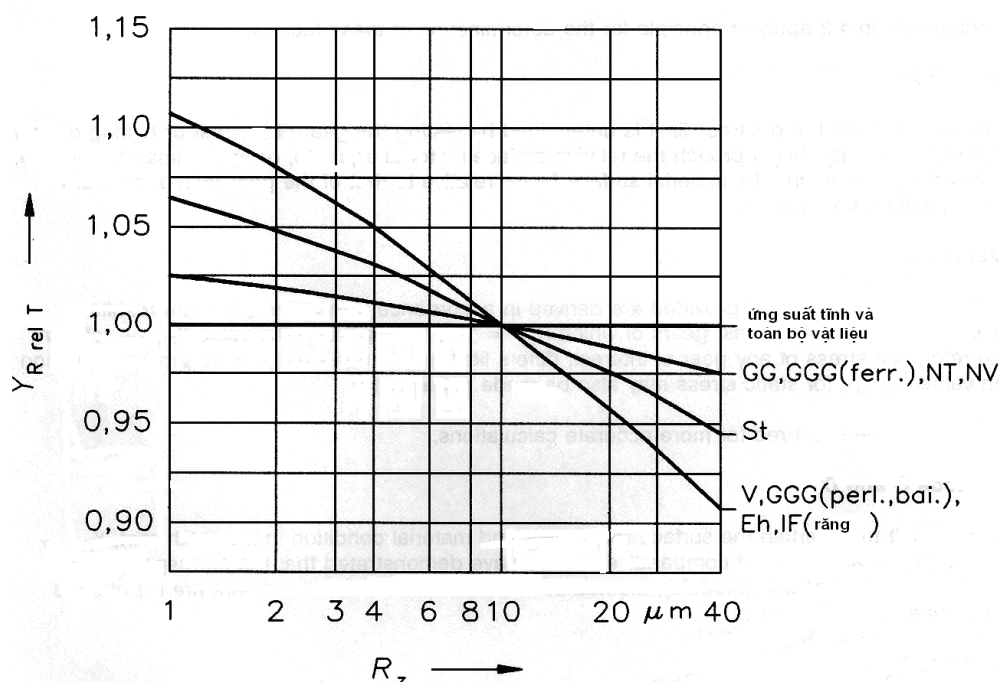
$$Y_R = Y_{RO} + (1 - Y_{RO}) \left(\frac{Y_S - 1}{Y_S} \right)^2 \quad \dots (80)$$

Trong đó, Y_{RO} là hệ số bề mặt của mẫu thử được đánh bóng nhẵn

Giá trị trung bình gần đúng có thể được xác định khi Y_S bằng 2,0. Hình 42 được tạo bằng giá trị này. Khi kiểm tra Hình 42 thấy rằng đối với phạm vi của độ nhám trung bình được kiểm từ đỉnh đến đáy, Y_R có thể bằng một hằng số nhỏ hơn 1 (phương pháp C_p).

12.3 Hệ số bề mặt tương đối, Y_{R rel T} : phương pháp B**12.3.1 Các giá trị đồ thị****12.3.1.1 Hệ số Y_{R rel T} đối với ứng suất tham chiếu và ứng suất tĩnh**

Hệ số Y_{R rel T} có thể xác định từ Hình 41 là một hàm của vật liệu và R_z, độ nhám từ đỉnh đến đáy trong góc lượn chân răng của bánh răng được kiểm. Đồ thị này được tra từ Hình 42.



CHÚ THÍCH: Để giải thích các kí hiệu của vật liệu xem Hình 37

Hình 41 – Hệ số bề mặt tương đối, Y_{R rel T} (lấy từ Hình 42)

12.3.1.2 Hệ số $Y_{R\ rel\ T}$ đối với tuổi thọ ngắn hạn

Hệ số $Y_{R\ rel\ T}$ có thể được xác định bằng nội suy tuyến tính giữa các giá trị đối với ứng suất tham khảo và ứng suất tĩnh mà được đánh giá theo 12.3.1.1. Công thức này bao gồm cả việc xác định ứng suất cho phép đối với tuổi thọ giới hạn trong 4.2.3 a).

12.3.2 Xác định bằng tính toán**12.3.2.1 Hệ số $Y_{R\ rel\ T}$ đối với ứng suất tham chiếu và ứng suất tĩnh**

Hệ số $Y_{R\ rel\ T}$ có thể được tính toán bằng phương trình (81) đến (87), phù hợp với các đường đồ thị trong Hình 41. Xem Hình 37 để xác định các chữ viết tắt đối với vật liệu.

a) Ứng suất tham khảo nằm trong phạm vi $R_z < 1\mu m$

Đối với vật liệu V, GGG (peclit, banit) Eh và IF (chân răng):

$$Y_{R\ rel\ T} = 1,12 \quad \dots (81)$$

Đối với thép:

$$Y_{R\ rel\ T} = 1,07 \quad \dots (82)$$

Đối với vật liệu GG, GGG (ferit) và NT, NV:

$$Y_{R\ rel\ T} = 1,025 \quad \dots (83)$$

b) Ứng suất tham khảo trong phạm vi $1\mu m \leq R_z \leq 40\mu m$

Đối với vật liệu V, GGG (peclit, banit), Eh và IF (chân răng):

$$Y_{rel\ T} = 1,674 - 0,529 (R_z + 1)^{0,1} \quad \dots (84)$$

Đối với thép, St:

$$Y_{R\ rel\ T} = 5,306 - 4,203 (R_z + 1)^{0,01} \quad \dots (85)$$

Đối với vật liệu GG, GGG (ferit) và NT, NV:

$$Y_{R\ rel\ T} = 4,299 - 3,259 (R_z + 1)^{0,005} \quad \dots (86)$$

c) Ứng suất tĩnh nói chung

$$Y_{R\ rel\ T} = 1,0 \quad \dots (87)$$

12.3.2.2 Hệ số $Y_{R\ rel\ T}$ đối với tuổi thọ ngắn hạn

Về nguyên lý hệ số $Y_{R\ rel\ T}$ được xác định như mô tả trong điều 12.3.1.2.

12.4 Hệ số tuổi thọ tương đối, $Y_{R\ rel\ T}$: phương pháp C**12.4.1 Hệ số $Y_{R\ rel\ T}$ đối với ứng suất tham chiếu và tuổi thọ ngắn hạn cho các loại vật liệu**

a) Phạm vi $R_z \leq 16\mu m$

Hệ số $Y_{R\ rel\ T}$ tính được bằng phương trình (87).

b) Phạm vi $R_z > 16\mu m$

$$Y_{R\ rel\ T} = 0,9 \quad \dots (88)$$

12.4.2 Hệ số $Y_{rel\ T}$ đối với ứng suất tĩnh với toàn bộ vật liệu

Hệ số $Y_{R\ rel\ T}$ được tính bằng phương trình (87)

12.5 Hệ số bề mặt tương đối, $Y_{R\ rel\ T}$: phương pháp D

Đối với ứng suất tĩnh, ứng suất tham chiếu và tuổi thọ ngắn hạn cho các vật liệu, hệ số

$Y_{R\text{rel}T}$ được tính bằng phương trình (88)

12.6 Hệ số bề mặt tương đối, $y_{R\text{rel}k}$: phương pháp B_k

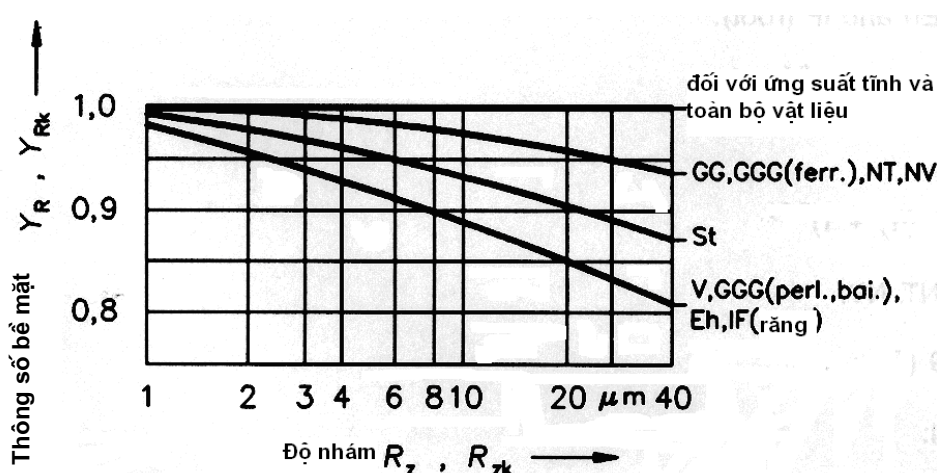
12.6.1 Các giá trị đồ thị

Hệ số Y_R được xác định từ Hình 42 đối với bánh răng được kiểm và Y_{Rk} đối với mẫu thử được cắt rãnh là hàm của

- độ nhám, R_z , của chân răng bánh răng hoặc R_{zk} độ nhám đáy rãnh mẫu thử và
- vật liệu được kiểm

Các giá trị này được thay thế trong công thức (89)

$$Y_{R\text{rel}k} = \frac{Y_R}{Y_{Rk}} \quad \dots(89)$$



CHÚ THÍCH: Giải thích về các chữ viết tắt cho vật liệu xem Hình 37

Hình 42 - Hệ số bề mặt, Y_R và Y_{Rk} (liên quan đến mẫu thử trơn nhẵn)

12.6.2 Xác định bằng tính toán

Hệ số Y_R được xác định theo điều 11.8.2 và hệ số Y_{Rk} xác định bằng công thức (90) đến (93). Các công thức này phù hợp với các đồ thị trong Hình 42. Các giá trị này được chỉ dẫn trong công thức (89).

12.6.2.1 Hệ số $Y_{R\text{rel}k}$ đối với ứng suất tĩnh (thông dụng) và ứng suất tham chiếu trong phạm vi $R_{zk} < 1\mu\text{m}$

$$Y_{Rk} = 1,0 \quad \dots(90)$$

12.6.2.2 Hệ số $Y_{R\text{rel}k}$ đối với ứng suất tham chiếu trong phạm vi $1\mu\text{m} < R_{zk} < 40\mu\text{m}$

- Đối với vật liệu V, GGG (peclit, banit), Eh và IF(chân răng):

$$Y_{Rk} = 1,490 - 0,471(R_{zk} + 1)^{0,1} \quad \dots(91)$$

Đối với thép:

$$Y_{Rk} = 4,924 - 3,90(R_{zk} + 1)^{0,01} \quad \dots(92)$$

Đối với vật liệu GG, GGG (ferit) và NT, NV:

$$Y_{Rk} = 4,161 - 3,155(R_{zk} + 1)^{0,005} \quad \dots(93)$$

12.6.2.3 Hệ số $Y_{R\text{rel } k}$ đối với tuổi thọ ngắn hạn

Về nguyên lý, hệ số này được xác định theo 12.3.1.2

12.7 Hệ số bề mặt tương đối, $Y_{R\text{rel } k}$: phương pháp C_k **12.7.1 Hệ số $Y_{R\text{rel } k}$ đối với ứng suất tham chiếu và tuổi thọ ngắn hạn**

a) Phạm vi $R_Z \leq R_{Zk} + 6 \mu\text{m}$

$$Y_{Rk} = 1,0 \quad \dots (94)$$

b) Phạm vi $R_Z > R_{Zk} + 6 \mu\text{m}$

$$Y_{Rk} = 0,9 \quad \dots (95)$$

12.7.2 Hệ số $Y_{R\text{rel } k}$ đối với ứng suất tĩnh (thông dụng)

$$Y_{Rk} = 1,0 \quad \dots (96)$$

12.8 Hệ số bề mặt, Y_R : phương pháp B**12.8.1 Các giá trị đồ thị**

Hệ số Y_R đối với ứng suất tham chiếu và ứng suất tĩnh được xác định từ Hình 42 là hàm của R_Z , độ nhám tại góc lượn chân răng của bánh răng được kiểm và của vật liệu. Về nguyên lý, hệ số Y_R được xác định theo 12.3.1.2.

12.8.2 Xác định bằng tính toán

Hệ số Y_R có thể được tính toán bằng công thức (97) đến (100), phù hợp với các đồ thị trong Hình 42.

12.8.2.1 Hệ số Y_R đối với ứng suất tĩnh (thông dụng) và ứng suất tham chiếu trong phạm vi $R_{Zk} < 1 \mu\text{m}$

$$Y_R = 1,0 \quad \dots (97)$$

12.8.2.2 Hệ số Y_R đối với ứng suất tham chiếu trong phạm vi $1 \mu\text{m} \leq R_{Zk} \leq 40 \mu\text{m}$

Đối với vật liệu V, GGG (peclit, banit), Eh và IF (chân răng):

$$Y_R = 1,490 - 0,471 (R_Z + 1)^{0,1} \quad \dots (98)$$

Đối với thép:

$$Y_R = 4,924 - 3,90 (R_Z + 1)^{0,01} \quad \dots (99)$$

Đối với vật liệu GG, GGG (ferit) và NT, NV:

$$Y_R = 4,161 - 3,155 (R_Z + 1)^{0,005} \quad \dots (100)$$

12.8.2.3 Hệ số Y_R đối với tuổi thọ ngắn hạn

Xác định hệ số này được mô tả trong 12.3.1.2

12.9 Hệ số bề mặt, Y_R : Phương pháp C_p **12.9.1 Hệ số y_R đối với ứng suất tham chiếu và tuổi thọ ngắn hạn**

$$Y_R = 0,8 \quad \dots (101)$$

Do sử dụng hằng số này, các giá trị được tính toán hoàn toàn an toàn (xem Hình 42)

12.9.2 Hệ số Y_R đối với ứng suất tĩnh

$$Y_R = 1,0 \quad \dots (102)$$

13 Hệ số kích cỡ, y_x

Hệ số kích cỡ, Y_x được sử dụng để xem xét các ảnh hưởng của kích thước đến: khả năng phân phối các điểm yếu trong cấu trúc của vật liệu; sự thay đổi của ứng suất theo độ bền lý thuyết vật liệu, suy giảm khi tăng dần kích thước; chất lượng của vật liệu được xác định bằng thử kéo và các ảnh hưởng của sự tạo hình, sự xuất hiện các khuyết tật v.v...

Có các ảnh hưởng đáng kể sau:

- Tình trạng sạch sẽ của vật liệu, phân tích qui trình tạo hình.
 - Xử lý nhiệt, chiều sâu và tính đồng đều của sự làm cứng.
 - Môđun, trong trường hợp tối bề mặt: chiều sâu thấm các bon liên quan đến kích thước răng
- Hệ số kích cỡ Y_x được xác định cho bánh răng lớn và bánh răng nhỏ không giống nhau.

13.1 Hệ số kích cỡ Y_x : phương pháp A

Giá trị của Hệ số kích cỡ Y_x dựa trên kinh nghiệm tin cậy hoặc thử nghiệm trong điều kiện làm việc phù hợp với phạm vi kích thước bánh răng khác nhau trong mỗi vật liệu được kiểm, xử lý nhiệt thích hợp (xem 4.1.8 ISO 6336 - 1).

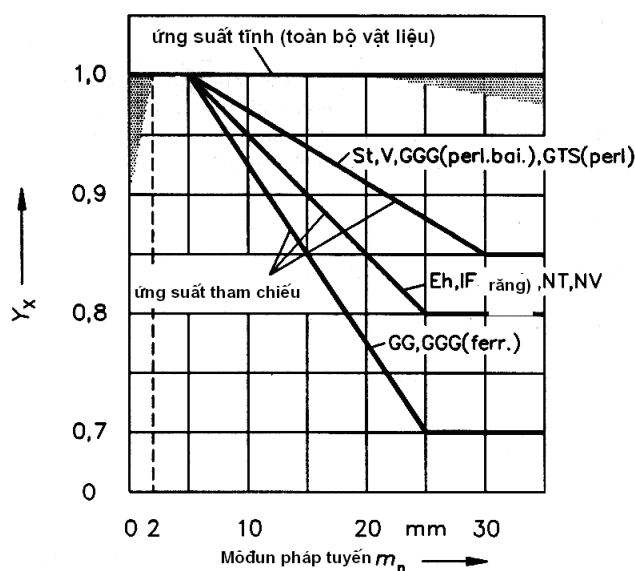
13.2 Hệ số kích cỡ Y_x : phương pháp B

Các giá trị được cung cấp dựa trên kết quả của bánh răng thử và độ bền uốn của mẫu thử có kích thước khác nhau, do đó liên quan đến sự thực hiện tiêu chuẩn hiện thời và qui trình xử lý nhiệt của người thao thác.

13.2.1 Hệ số kích cỡ, Y_x , đối với ứng suất tham khảo và ứng suất tĩnh

13.2.1.1 Các giá trị đồ thị

Các giá trị của Y_x có thể được xác định từ Hình 43 là hàm của môđun, vật liệu và xử lý nhiệt.



CHÚ THÍCH:

- Giải thích các chữ viết tắt đối với vật liệu xem Hình 37
- Vùng tối là phạm vi phân bố của ứng suất tĩnh

Hình 43 – Hệ số kích cỡ, Y_x , đối với độ bền uốn của răng**13.2.1.2 Xác định bằng tính toán**

Y_x có thể được tính toán bằng các phương trình trong Bảng 3. Các phương trình này phù hợp với các đồ thị cho trong Hình 43

Bảng 3 – Hệ số kích cỡ, Y_x

Vật liệu ¹⁾		Mô đun pháp tuyến m_n	Hệ số kích cỡ Y_x
St, V GGG(peclit, banit), GTS (peclit)	Đối với các chu kỳ $3 \cdot 10^6$	$m_n \leq 5$ $5 < m_n < 30$ $30 \leq m_n$	$Y_x = 1,0$ $Y_x = 1,03 - 0,006 m_n$ $Y_x = 0,85$
Eh, IF (răng) NT, NV		$m_n \leq 5$ $5 < m_n < 25$ $25 \leq m_n$	$Y_x = 1,0$ $Y_x = 1,05 - 0,01 m_n$ $Y_x = 0,8$
GG, GGG		$m_n \leq 5$ $5 < m_n < 25$ $25 \leq m_n$	$Y_x = 1,0$ $Y_x = 1,075 - 0,015 m_n$ $Y_x = 0,7$
Toàn bộ vật liệu đối với ứng suất tĩnh			$Y_x = 1,0$
1) Để giải thích các chữ viết tắt cho vật liệu xem Hình 37			

13.2.2 Hệ số kích cỡ, Y_x , đối với tuổi thọ ngắn hạn

Hệ số Y_x được xác định bằng nội suy tuyến tính giữa các giá trị ứng suất tham khảo và ứng suất tĩnh theo 13.2.1. Công thức này bao gồm cả việc xác định ứng suất cho phép đối với tuổi thọ giới hạn được quy định trong 4.2.3 a).

13.3 Hệ số kích cỡ Y_x : phương pháp C

Phương pháp này được suy ra từ phương pháp B. Giá trị Y_x đối với ứng suất tham khảo, ứng suất tĩnh và ứng suất tuổi thọ giới hạn được xác định giống như ứng suất tham khảo theo 13.2.1. Do có sự gần giống như vậy, các giá trị tính toán liên quan đến tuổi thọ giới hạn và ứng suất tĩnh tương đối an toàn.

Thư mục

- [1] TCVN 7584 – 2006 (ISO 54-1996) Bánh răng trụ trong công nghiệp và công nghiệp nặng – Mô đun.
- [2] TCVN 7578 – 2: 2006 (ISO 6336-2:1996)
Tính toán khả năng tải của bánh răng thẳng và bánh răng nghiêng. Phần 2: Tính toán độ bền bề mặt (tiếp xúc).
- [3] ISO 1122-1:1998 Vocabulary of gear terms - Part 1: Definitions related to geometry (Thuật ngữ về bánh răng – Phần 1 : Các định nghĩa liên quan đến hình học).
-