

LỜI NÓI ĐẦU

Công nghệ & thiết bị cán thép luôn được nghiên cứu cải tiến nâng cao mức độ cơ khí hóa và tự động hóa, tạo ra dây chuyền sản xuất năng suất và chất lượng. Trong các dây chuyền như vậy, con người chỉ có chức năng giám sát kiểm tra, điều chỉnh các thông số, duy trì chế độ làm việc. Sự phát triển kinh tế xã hội nói chung và thị trường thép nói riêng ở Việt Nam gần đây đã thúc đẩy sự cập nhật kỹ thuật sản xuất thép xây dựng với nhiều cơ sở nhập khẩu công nghệ & thiết bị cán hiện đại. Công nghệ mới sản xuất thép cán có ứng dụng quá trình biến dạng kim loại ở điều kiện kết hợp cơ nhiệt liên quan đến quá trình biến đổi cấu trúc và nâng cao cơ tính sản phẩm. Hàng loạt các nguyên công liên quan đến vận chuyển, nung phôi, làm nguội, cưa cắt, kiểm tra, thu hồi được cơ khí hóa, tự động hóa ở mức cao, loại bỏ tối đa lao động thủ công. Để phát huy năng suất và chất lượng sản phẩm, hệ thống thiết bị phải đồng bộ, có tính năng kỹ thuật cao cũng như đội ngũ phục vụ phải có trình độ chuyên môn vững vàng.

Đáp ứng nhu cầu cập nhật nội dung chương trình đào tạo ngành Kỹ thuật Luyện kim và Kỹ thuật Vật liệu, chuyên ngành “Cơ học vật liệu và Cán kim loại” tại trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, giáo trình “Công nghệ & thiết bị cán thép hình” giới thiệu tới bạn đọc công nghệ cán thép đang được áp dụng ở nước ta trong bức tranh tổng thể công nghệ cán thép hình hiện đại trên thế giới, phù hợp với sự phát triển đa dạng của các ngành công nghiệp khác nhau, liên quan đến công nghệ cán thép phôi thời (bloom); cán thép phôi thanh (billet); cán thép dầm-ray; cán thép hình cỡ lớn; cán thép hình cỡ trung và cỡ nhỏ; cán thép dẹt và cán thép dây. Trong phạm vi giới hạn của sách, các vấn đề bản chất biến dạng, sự biến đổi tổ chức cấu trúc của thép và hợp kim cũng như công nghệ cán thép tấm và thép ống không được đề cập đến. Tuy nhiên, phần tính toán và thiết kế thiết bị có xem xét giá cán bốn trục dùng cho cán tấm để tiện so sánh sự khác biệt về thiết bị và các loại hình công nghệ. Kích thước và thành phần hóa học sản phẩm chủ yếu được giới thiệu theo tiêu chuẩn Liên bang Nga, có tham khảo các tiêu chuẩn Đức, Mỹ và Nhật.

Nội dung cuốn sách gồm: cơ sở lý thuyết cán; máy và thiết bị chính; thiết bị cơ khí hóa; thiết kế hệ thống lỗ hình trục; sản phẩm cán và hiệu quả kinh tế sản xuất. Ngoài việc giới thiệu công nghệ & thiết bị tiên tiến và đồng bộ, các nội dung tính toán thiết bị theo phương án rút gọn, lập trình tính toán lý thuyết, ứng dụng phần mềm DEFORM và các ví dụ cụ thể cũng được đề cập để bạn đọc có thể tự thiết kế các sản phẩm điển hình cũng như tính toán thiết kế công nghệ, kiểm tra đối với các thiết bị chính, tiện cho việc tra cứu và sử dụng. Cuốn sách được biên soạn dựa trên các tài liệu giảng dạy tại Viện “Khoa học và Kỹ thuật Vật liệu”, trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, có thể làm tài liệu tham khảo cho cán bộ kỹ thuật trong nghiên cứu và thực tế sản xuất.

Do sách được biên soạn lần đầu nên không thể tránh khỏi thiếu sót, tác giả mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để nội dung cuốn sách được hoàn thiện hơn và phù hợp với chương trình đào tạo đổi mới. Mọi góp ý xin được gửi về Ban biên tập – Nhà xuất bản Bách Khoa Hà Nội, ngõ 17A, Tạ Quang Bửu, Hai Bà Trưng, Hà Nội.

Tác giả
Đào Minh Ngừng

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
Chương 1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH CÁN	7
1.1. Các khái niệm và thông số cơ bản	7
1.2. Điều kiện ăn phôi vào trục	11
1.3. Điều kiện cán ổn định	13
1.4. Ma sát giữa kim loại và trục	14
1.5. Độ vượt.....	15
1.6. Độ giãn rộng.....	17
1.6.1. Phân loại giãn rộng.....	17
1.6.2. Các công thức tính giãn rộng.....	18
1.6.3. Cơ sở lý thuyết tính giãn rộng.....	19
1.7. Tính lực và mômen cán.....	21
1.7.1. Áp lực trung bình.....	21
1.7.2. Tính lực cán.....	24
1.7.3. Lực cán trong các lỗ hình.....	26
1.7.4. Tính công, công suất và mômen cán	26
1.8. Tính lực cán bằng phương pháp tích phân gần đúng.....	28
1.9. Mô phỏng số quá trình cán ổn định bằng phần mềm DEFORM.....	30
Chương 2. MÁY CÁN VÀ THIẾT BỊ CHÍNH	32
2.1. Máy cán thép hình.....	32
2.1.1. Phân loại máy cán thép hình.....	32
2.1.2 Máy cán thép phôi thổi lớn (blooming)	34
2.1.3. Máy cán thép phôi thanh.....	39
2.1.4. Máy cán dầm-ray	48
2.1.5 Máy cán thép hình cỡ lớn.....	51
2.1.6. Máy cán thép hình cỡ trung	58
2.1.7. Máy cán hình cỡ nhỏ	61
2.1.8. Máy cán thép dây	69
2.1.9. Máy cán thép hợp kim	71
2.1.10. Máy cán kết hợp thép hình cỡ nhỏ và cán dây	73
2.2. Các thiết bị chính	74
2.2.1. Thiết bị đường giá cán	74
2.2.2. Các cơ cấu điều chỉnh giá cán	90
2.3. Tính toán thiết bị chính	99
2.3.1. Tính trục cán	99
2.3.2. Tính khung giá cán.....	101
2.3.3. Tính cơ cấu đai ốc vít nén	104
2.3.4. Tính trục truyền lực và khớp nối	105

2.3.5. Tính ổ bi	106
2.3.6. Tính mômen lật.....	106
2.3.7. Tính hộp chia lực.....	108
2.3.8. Tính hộp giảm tốc.....	112
2.3.9. Tính động cơ.....	113
2.3.10. Tính độ đàn hồi giá cân (dùng cho máy cân tấm)	116
2.3.11. Tính giá cân bốn trục (dùng cho cân tấm)	119
2.3.12. Tính khớp truyền động	122
Chương 3. THIẾT BỊ CƠ KHÍ HÓA QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT.....	127
3.1. Thiết bị vận chuyển.....	127
3.2. Lò nung kim loại	137
3.3. Máy cắt kim loại	141
3.4. Máy cuộn thép dây.....	147
3.5. Sàn làm nguội.....	151
3.6. Máy nắn thẳng.....	153
3.7. Thiết bị xử lý nhiệt.....	156
3.8. Cơ sở tự động hóa quá trình cán.....	157
Chương 4. THIẾT KẾ LỖ HÌNH TRỤC CÁN.....	159
4.1. Các nguyên lý cơ bản thiết kế lỗ hình trục cán	159
4.1.1. Yêu cầu về thiết kế lỗ hình trục cán.....	159
4.1.2. Các thành phần lỗ hình	159
4.1.3. Bố trí lỗ hình trên trục.....	160
4.1.4. Hình dạng và phân loại lỗ hình	161
4.1.5. Các hệ thống lỗ hình và đặc tính sử dụng	161
4.1.6. Xác định đường trung hoà của lỗ hình.....	176
4.1.7. Xác định đường kính cán trung bình.....	177
4.1.8. Những nguyên tắc cơ bản khi thiết kế lỗ hình trục cán	177
4.2. Thiết kế lỗ hình trục cán thép phôi thời lớn.....	178
4.3. Thiết kế lỗ hình trục cán thép phôi thời thanh.....	181
4.4. Thiết kế lỗ hình trục cán thép phôi tròn.....	183
4.4.1. Phương pháp cán và thiết kế	183
4.4.2. Phương pháp tính toán thép tròn	184
4.4.3. Thiết kế lỗ hình trục cán thép tròn trên máy cán liên tục.....	185
4.4.4. Ví dụ tính toán thiết kế trục cán thép tròn, nhóm cán tinh	188
4.4.5. Thiết kế lỗ hình nhóm cán thô máy cán liên tục	194
4.5. Thiết kế lỗ hình trục cán thép góc	200
4.5.1. Các phương pháp cán thép góc.....	200
4.5.2. Tính toán thiết kế lỗ hình trục cán	201
4.5.3. Các bài tập ví dụ	208
4.5.4. Phương pháp cán thép góc trên máy cán liên tục	219
4.6. Thiết kế trục cán thép chữ I	225
4.6.1. Đặc điểm tiết diện thép chữ I	225

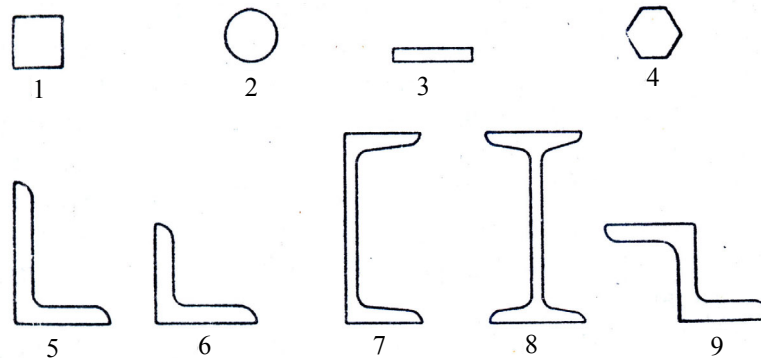
4.6.2. Phương pháp cán thép chữ I	226
4.6.3. Hệ số biến dạng của thép chữ I.....	226
4.6.4. Xác định số lần cán	229
4.6.5. Tính lượng giãn rộng	229
4.6.6. Tính toán mặt bích (phần chân)	230
4.6.7. Tính lỗ hình xẻ rãnh và tính phối vào	232
4.6.8. Bố trí lỗ hình trên trục.....	235
4.6.9. Ví dụ minh họa tính toán thiết kế	236
Chương 5. SẢN PHẨM THÉP HÌNH.....	242
5.1. Phân loại thép hình.....	242
5.2. Chung loại thép hình cán nóng	243
5.3. Các loại thép hình tiết diện đơn giản	246
5.3.1. Thép phối thời	246
5.3.2. Thép tròn cán nóng	248
5.3.3. Thép vuông cán nóng	250
5.3.4. Thép dẹt cán nóng	251
5.4. Sản phẩm thép hình tiết diện phức tạp	255
5.4.1. Sản phẩm thép hình phức tạp, công dụng chung.....	255
5.4.2. Sản phẩm thép hình phức tạp chuyên dụng (công dụng riêng biệt)	263
5.5. Thành phần hóa học, tính chất cơ học và tính công nghệ của một số mác thép và hợp kim	269
5.5.1. Thép chất lượng thường	270
5.5.2. Thép chất lượng và thép chất lượng cao	278
5.5.3. Thép và hợp kim chuyên dụng có tính chất đặc biệt	285
Chương 6. HIỆU QUẢ KINH TẾ SẢN XUẤT THÉP CÁN.....	287
6.1. Các chỉ tiêu kỹ thuật quá trình sản xuất.....	287
6.1.1. Biểu đồ chu kỳ và năng suất máy cán	287
6.1.2. Tính mức độ cơ khí hóa và các chỉ tiêu cơ khí hóa	293
6.1.3. Tiêu hao năng lượng cho các nhu cầu công nghệ.....	297
6.1.4. Các chỉ tiêu kỹ thuật cơ bản.....	298
6.2. Tổ chức sản xuất	298
6.2.1. Chế độ làm việc và quỹ thời gian	298
6.2.2. Biên chế và tính toán quỹ tiền lương.....	301
6.2.3. Tổ chức quản lý.....	304
6.2.4. Xây dựng hệ thống kiểm tra kỹ thuật.....	305
6.2.5. Thiết kế kho, bãi chứa	305
6.2.6. Các chỉ tiêu mang tính chất tổ chức và quản lý	307
6.3. An toàn lao động và bảo vệ môi trường	307
6.4. Các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật xưởng cán.....	310
6.4.1. Tính toán chi phí đầu tư xây dựng cơ bản.....	310
6.4.2. Tính toán giá thành sản phẩm.....	312
6.4.3. Đánh giá hiệu quả kinh tế và phân tích các chỉ tiêu thiết kế.....	314
TÀI LIỆU THAM KHẢO	319

Chương 1

CƠ SỞ LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH CÁN

1.1. CÁC KHÁI NIỆM VÀ THÔNG SỐ CƠ BẢN

Sản phẩm thép cán hình, gọi tắt là thép hình, là các loại thép cán (chủ yếu là cán nóng), có tiết diện tròn, vuông, tiết diện hình chữ L, chữ U, chữ I và các loại hình dạng phi tiêu chuẩn khác. Các loại thép hình cán nóng được chia thành hai nhóm: 1- thép hình tiết diện đơn giản như thép tròn, thép vuông và 2- thép hình tiết diện phức tạp như thép góc, thép chữ U, thép chữ I, thép đường ray... Các loại thép hình phức tạp có thể là tiêu chuẩn hoặc phi tiêu chuẩn, hình 1.1 thể hiện một số loại thép như vậy.



Hình 1.1. Một số loại thép hình cán nóng đơn giản

1. thép vuông; 2. thép tròn; 3. thép dẹt hay thép dải băng hẹp; 4. thép lục giác và phức tạp; 5. thép góc lệch (thép chữ L); 6. thép góc cân (thép chữ v); 7. thép chữ U; 8. thép chữ I và 9. thép chữ Z.

Thép hình được sản xuất bằng phương pháp cán nóng trên các máy cán hình. Máy cán hình hiện đại có thể được định nghĩa là liên hợp các thiết bị và cơ cấu dùng để gia công tạo hình kim loại bằng phương pháp biến dạng dẻo giữa hai trục, kể cả các thiết bị băng tải vận chuyển và xử lý sau cán. Máy cán thép hiện đại là loại máy được cơ giới hóa và tự động hóa cao.

Thiết bị cơ khí của máy cán phục vụ cho việc làm phôi kim loại biến dạng giữa hai trục gọi là thiết bị chính, đó là giá cán cùng thiết bị và cơ cấu dẫn động của chúng. Đường thẳng trên đó bố trí giá cán, trục truyền dẫn động và động cơ gọi là đường chính của máy cán, hay còn gọi là đường giá cán. Trên các máy cán kiểu cũ, các giá cán bố trí trên đường giá cán gọi là hàng cán.

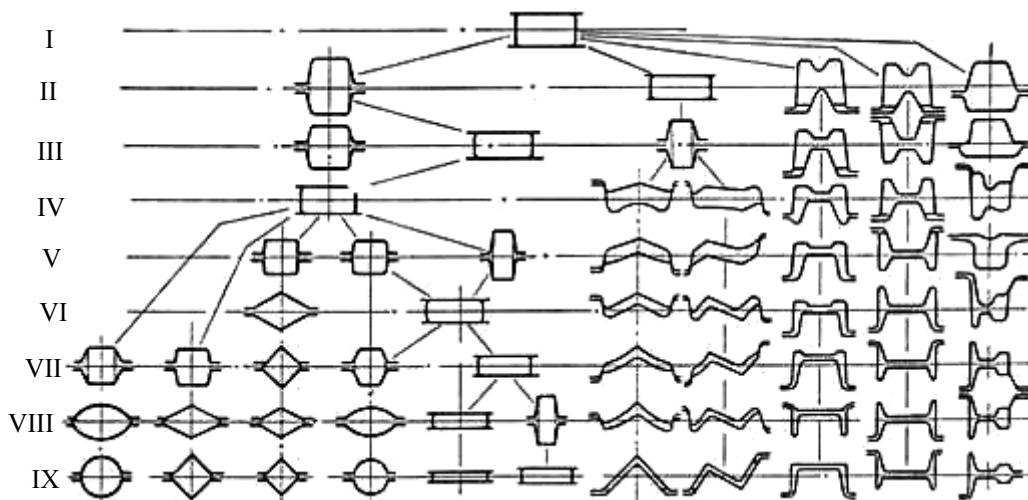
Đường dây chuyền công nghệ mà phôi cán chuyển động dọc theo nó từ khâu ban đầu đến công đoạn cuối, trùng với đường tâm của phôi gọi là đường cán. Các thiết bị có công dụng khác như: cắt, làm nguội, nắn thẳng... gọi là các thiết bị phụ. Chúng loại sản phẩm cán và các máy cán được xem xét và phân loại trong chương 5 và 2.

Để có được sản phẩm cán cuối cùng, cần xác định hệ thống lỗ hình trục cán và số lượng lần cán. Các nguyên lý tính toán kích thước lỗ hình, sắp xếp thứ tự và bố trí lỗ hình trên trục cán gọi là thiết kế lỗ hình trục cán sẽ được đề cập đến trong chương 4. Các loại lỗ hình có thể chia ra làm bốn loại:

- a. Lỗ hình cán sơ (cán ép hay cán phá): có mục đích làm giảm diện tích tiết diện thép phôi;
- b. Lỗ hình cán thô (hay lỗ hình chuẩn bị hoặc lỗ hình cán định hình): tiếp tục làm giảm tiết diện của phôi và có mục đích làm hình dạng tiết diện phôi tiến dần tới hình dạng tiết diện sản phẩm;
- c. Lỗ hình trước tinh hay còn gọi là lỗ hình kiểm tra;
- d. Lỗ hình cán tinh là lỗ hình của giá cuối cùng hay lần cán cuối cùng.

Trong số các loại lỗ hình hay sử dụng có lỗ hình hộp gồm lỗ hình hộp chữ nhật và hình hộp vuông; lỗ hình thoi; lỗ hình vuông; lỗ hình ovan; lỗ hình tròn; lỗ hình sáu cạnh; lỗ hình đa giác nhiều cạnh; lỗ hình cán thép góc; lỗ hình cán thép chữ I, chữ U.

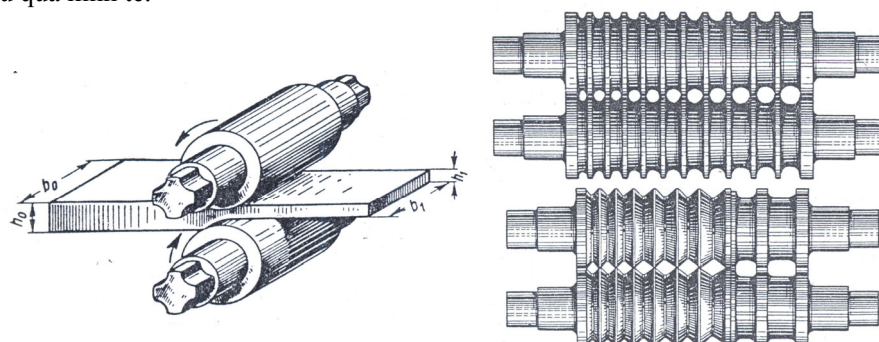
Hình 1.2 trình bày một ví dụ về các loại lỗ hình được thiết kế để cán các loại thép khác nhau của máy cán hình cỡ lớn 530. Các số I-IX là số thứ tự các giá cán, cuối hệ thống lỗ hình là hình dạng các sản phẩm cán cụ thể của máy.



Hình 1.2. Sơ đồ bố trí thứ tự các lỗ hình để cán các loại thép khác nhau trên máy cán hình cỡ lớn 530: I-IX – số thứ tự giá cán

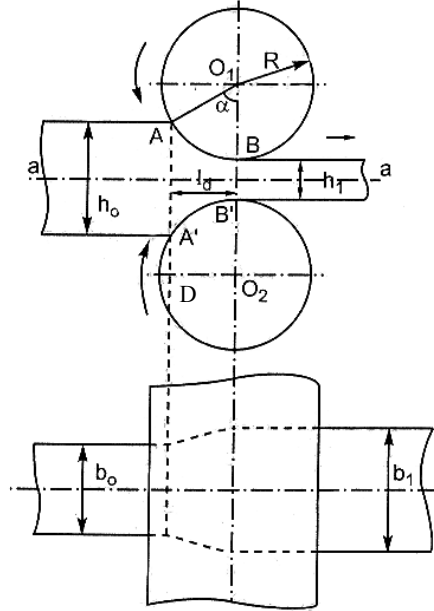
Quy trình công nghệ là tập hợp thứ tự các công đoạn sản xuất bắt đầu từ khâu tiếp nhận phôi đầu vào, nung phôi, cán nóng, làm nguội, kết thúc tại khâu bảo quản sản phẩm và xuất xưởng.

Các thông số cơ bản của quá trình cán gồm các thông số hình học, các thông số lực cán và mômen cán, chúng dùng cho việc xây dựng quy trình công nghệ và kiểm tra nghiệm bền thiết bị cũng như tính hiệu quả kinh tế.



Hình 1.3. Sơ đồ quá trình cán thép tấm (trái) và cán thép hình (phải)

Lý thuyết cán được xem xét cho trường hợp cán thép tấm và hiệu chỉnh để áp dụng cho cán thép hình tùy từng trường hợp tiết diện lỗ hình cụ thể. Như vậy, vùng biến dạng dẻo (hình 1.4) là phần vật cán giới hạn bởi mặt phẳng tiết diện vào AA' và tiết diện ra BB'. Đường thẳng nối hai tâm O_1 và O_2 trong mặt cắt ngang của trục cán gọi là đường tâm, còn đường aa, tương ứng với đường tâm vật cán gọi là đường cán. Cung AB và A'B' gọi là cung tiếp xúc, góc ở tâm α gọi là góc ăn phôi vào trục.



Hình 1.4. Sơ đồ cán dọc

h_0 - chiều cao (hay độ dày) trước lần cán;

h_1 - chiều cao (độ dày) sau lần cán;

$\Delta h = h_0 - h_1$ - lượng ép tuyệt đối của lần cán;

b_0 - chiều rộng trước lần cán;

b_1 - chiều rộng sau lần cán;

$\Delta b = b_1 - b_0$ - lượng giãn rộng tuyệt đối của lần cán;

R - bán kính của trục cán;

l_d - chiều dài vùng biến dạng là hình chiếu cung tiếp xúc trên mặt nằm ngang.

Lượng ép tương đối thường được sử dụng rộng rãi để đặc trưng cho quá trình biến dạng được tính như sau

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} = \frac{\Delta h}{h_0}; \quad \text{hoặc} \quad \varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} 100\%. \quad (1.1)$$

Lượng ép tương đối khi cán thép có thể dao động trong phạm vi 3 ÷ 40% và trong một số trường hợp có thể đạt tới 50% hoặc lớn hơn.

Hệ số giãn dài một lần cán (hay còn có tên gọi chung là hệ số biến dạng) được tính

$$\mu = \frac{F_0}{F_1} = \frac{l_1}{l_0}, \quad (1.2)$$

trong đó F_0 và F_1 - tiết diện của vật cán trước và sau lần cán.

Hệ số biến dạng đặc trưng cho sự giảm diện tích tiết diện ngang của vật cán sau mỗi lần cán. Trên thực tế giá trị của hệ số này đối với mỗi lần cán nằm trong giới hạn $1,1 \div 1,8$. Hệ số biến dạng sau n lần cán có thể viết như sau

$$\mu_{\Sigma} = \frac{F_0}{F_1} \cdot \frac{F_1}{F_2} \cdot \frac{F_2}{F_3} \dots \frac{F_{n-1}}{F_n} = \mu_1 \mu_2 \mu_3 \dots \mu_n = \mu_{tb}^n, \quad (1.3)$$

trong đó μ_{Σ} - hệ số biến dạng của n lần cán gọi là hệ số biến dạng tổng;

μ_{tb} - hệ số biến dạng trung bình của n lần cán;

n - số lần cán.

Hệ số biến dạng trung bình của máy cán hình cỡ nhỏ liên tục $\mu_{tb} = 1,25 - 1,3$.

Từ công thức trên suy ra

$$n = \frac{\lg F_0 - \lg F_n}{\lg \mu_{tb}}. \quad (1.4)$$

Sự thay đổi các kích thước của phôi cán dạng tấm cũng như của thép góc sau mỗi lần cán được đặc trưng bởi các hệ số biến dạng chiều dày:

$$\eta = \frac{h_0}{h_1}, \quad (1.5)$$

trong đó h_0 và h_1 - chiều dày trước và sau lần cán.

Khi tính toán chế độ ép của quá trình cán và thiết kế khuôn hình của trục cán, người ta thường sử dụng chỉ số giãn rộng

$$K = \frac{\Delta b}{\Delta h} = \frac{b_1 - b_0}{h_0 - h_1} \quad \text{hay} \quad \Delta b = K \cdot \Delta h \quad (1.6)$$

cho biết tỷ lệ phần kim loại dịch chuyển theo chiều giãn rộng so với lượng ép tuyệt đối.

Căn cứ vào hình vẽ trên:

$$\frac{\Delta h}{2} = R - R \cos \alpha,$$

suy ra công thức tính lượng ép tuyệt đối:

$$\Delta h = D(1 - \cos \alpha).$$

Phương trình tính kiểm tra góc ăn kim loại vào trục cán:

$$\cos \alpha = \frac{D - \Delta h}{D} \quad \text{và} \quad \alpha = \arccos \left(1 - \frac{\Delta h}{D} \right). \quad (1.7)$$

Từ đây suy ra

$$\Delta h = 2R \cdot 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \approx R \alpha^2,$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}}, \text{ rad}, \quad (1.8)$$