TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
NGUYỄN TRỌNG GIẢNG

SẢN XUẤT THÉP TẤM & THÉP BĂNG

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
NGUYỄN TRỌNG GIẢNG

SẢN XUẤT THÉP TẤM
VÀ
THÉP BĂNG

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS. TS. TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập : ThS. NGUYỄN HUY TIẾN

Sửa bài : NGỌC LINH

Trình bày bìa : HƯƠNG LAN

60-6C3.1
KHKT-04 **113-311-03**

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70, TRẦN HƯNG ĐẠO – HÀ NỘI

In 700 cuốn, khổ 19 x 27cm, tại Xí nghiệp in 19 - 8 số 3 đường Nguyễn Phong Sắc - Nghĩa Tân - Cầu Giấy - Hà Nội.
Giấy phép xuất bản số: 113-311 cấp ngày 17/10/2003
In xong và nộp lưu chiểu tháng 2 năm 2004.

LỜI NÓI ĐẦU

Thép tấm (lá) và thép băng là một trong những dạng sản phẩm cán kinh tế nhất. Từ thép tấm và thép băng người ta sản xuất thép ống, thép hình uốn, các loại kết cấu hàn và các sản phẩm dập rất đa dạng. Chế tạo các dạng ống và thép hình nhẹ từ thép tấm và thép băng (có độ dày nhỏ hơn so với sản phẩm ống và thép hình cán) cho phép tiết kiệm được (10÷15)% kim loại.

Ở một số nước công nghiệp phát triển, tỷ trọng thép tấm và thép băng trong tổng khối lượng sản phẩm cán chiếm tới (50÷70)%. Cùng với sự gia tăng nhu cầu về thép băng và thép tấm nói chung, khối lượng sản phẩm thép lá và thép băng mỏng cũng không ngừng tăng nhanh, chiếm tỷ trọng trên 40% tổng sản phẩm thép tấm và thép băng.

Ở nước ta, trong định hướng phát triển của ngành luyện kim đã dự kiến tổng nhu cầu thép vào năm 2010 là 6 400 000 tấn, trong đó có 3 500 000 tấn thép tấm, lá và 2 900 000 tấn thép hình và dây. Như vậy, khối lượng thép tấm, lá chiếm gần 55% tổng sản phẩm thép cán.

Để đảm bảo nhu cầu nêu trên, dự kiến xây dựng, phân bố và phát triển năng lực thiết bị nhằm cân đối nhu cầu sản phẩm cũng được đề xuất cho từng giai đoạn đến 2005 và 2010, bao gồm các nhà máy cán nóng, cán nguội thép băng liên tục với tổng sản lượng dự kiến đến 2010 tới hơn 4 triệu tấn/năm.

Các số liệu nêu trên là định hướng quan trọng, dựa trên cơ sở dự báo phát triển kinh tế-xã hội của nước ta. Để thực thi định hướng phát triển đó, song song với việc tích cực tìm kiếm nguồn đầu tư, cần gấp rút chuẩn bị đội ngũ cán bộ khoa học-kỹ thuật có năng lực chuyên môn tốt, sẵn sàng đáp ứng nhu cầu phát triển của ngành luyện kim nói chung và chuyên ngành cán, kéo nói riêng.

*Cuốn sách "**Sản xuất thép tấm và thép băng**", một phần nội dung của công nghệ cán thép nói chung, được biên soạn nhằm phục vụ cho yêu cầu đào tạo nguồn nhân lực khoa học kỹ thuật trong lĩnh vực chuyên môn này. Sách được dùng làm giáo trình giảng dạy cho sinh viên thuộc chuyên ngành cán, kéo kim loại, sau khi đã được trang bị các kiến thức cần thiết về cơ học vật liệu, lý thuyết biến dạng dẻo và lý thuyết gia công kim loại bằng áp lực,*

đồng thời cũng có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho các cán bộ kỹ thuật làm công tác quản lý, thiết kế và vận hành công nghệ tại các nhà máy sản xuất cán.

Sách được kết cấu thành 7 chương, bao trùm toàn bộ kiến thức cơ bản về công nghệ sản xuất thép tấm (lá) và thép băng. Chương 1 giới thiệu khái quát về chủng loại và yêu cầu đối với sản phẩm. Chương 2 trình bày phương pháp công nghệ sản xuất thép tấm dày. Công nghệ sản xuất thép băng rộng bản bằng phương pháp cán nóng và cán nguội được trình bày tương ứng trong các chương 3 và 4. Chương 5 giới thiệu một số phương pháp công nghệ sản xuất tấm, băng bimetal và kim loại có phủ lớp bảo vệ bề mặt, là các dạng sản phẩm được sử dụng rất phổ biến trong nhiều ngành công nghiệp. Để có cơ sở cho việc tối ưu thiết bị và công nghệ, chương 6 giới thiệu về biến dạng đàn hồi của giá cán thép tấm và thép băng cũng như ảnh hưởng của nó tới độ chính xác về kích thước và hình dạng của sản phẩm. Cuối cùng, chương 7 trình bày cơ sở lý thuyết cán chính xác và các phương pháp điều chỉnh tự động kích thước và hình dạng của băng kim loại.

Tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ và các ý kiến đóng góp của tập thể bộ môn Cơ học biến dạng và Cán kim loại, khoa Luyện kim và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Mặc dù đã có nhiều cố gắng trong việc biên soạn và hiệu chỉnh, cuốn sách không thể tránh khỏi còn có những khiếm khuyết. Tác giả xin chân thành cảm ơn mọi nhận xét và góp ý của độc giả gửi về địa chỉ nêu trên.

TÁC GIẢ

MỤC LỤC

Trang

Lời nói đầu

CHƯƠNG 1. **CHỦNG LOẠI VÀ YÊU CẦU ĐỐI VỚI THÉP TẤM**

CHƯƠNG 2. **CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP TẤM DÀY**

2.1. Phôi cho sản xuất thép tấm và thép băng cán nóng 15
2.2. Đặc điểm, thành phần và cách bố trí thiết bị ở các máy cán tấm dày 17
2.3. Kỹ thuật cán thép ở các máy cán tấm dày 23
2.4. Đặc điểm biến dạng của thép khi cán ở các máy cán tấm dày 35
2.5. Các thông số năng lượng của quá trình cán tấm dày 38
2.6. Tính toán chế độ ép cho máy cán tấm dày 50
2.7. Nhiệt luyện và tinh chỉnh thép tấm dày 61
2.8. Các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật trong sản xuất thép tấm dày 64

CHƯƠNG 3. **CÔNG NGHỆ CÁN NÓNG THÉP BĂNG**

3.1. Đặc điểm và cách bố trí thiết bị ở các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục 68
3.2. Kỹ thuật cán ở các máy cán nóng thép băng rộng bản 84
3.3. Đặc điểm của quá trình cán trong nhóm liên tục của các máy cán nóng thép băng rộng bản 92
3.4. Các thông số năng lượng của quá trình cán ở các máy cán nóng thép băng rộng bản 95
3.5. Chế độ ép trong nhóm cán thô và cán tinh của các máy cán nóng thép băng rộng bản 98
3.6. Cán thép băng ở các máy có thiết bị cuộn thép trong lò nung và các máy kiểu hành tinh 107
3.7. Tinh chỉnh thép băng cán nóng 113
3.8. Các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật trong sản xuất thép băng cán nóng 115

CHƯƠNG 4. CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP BĂNG VÀ THÉP LÁ CÁN NGUỘI

4.1. Đặc điểm công nghệ và thiết bị trong xưởng cán nguội 119

4.2. Tẩy gỉ thép băng cán nóng 126

4.3. Đặc điểm và tính năng kỹ thuật của các máy cán nguội 131

4.4. Đặc điểm công nghệ cán nguội thép băng và thép lá 145

4.5. Dầu bôi trơn công nghệ và chất lỏng làm nguội 147

4.6. Biến đổi cơ tính của thép trong quá trình cán nguội 150

4.7. Ảnh hưởng của sự lún đàn hồi trong vùng tiếp xúc giữa thép cán và trục đến các thông số cơ bản của quá trình cán nguội – Độ dày tới hạn của thép cán 153

4.8. Các thông số năng lượng trong quá trình cán nguội 159

4.9. Tính toán chế độ ép cho các máy cán nguội 170

4.10. Nhiệt luyện thép cán nguội 173

4.11. Cán tinh chỉnh thép cán nguội 178

4.12. Tinh chỉnh thép cán nguội 181

4.13. Các chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật trong sản xuất thép băng cán nguội 182

CHƯƠNG 5. SẢN XUẤT BIMETAL VÀ THÉP CÓ PHỦ LỚP BẢO VỆ

5.1. Sản xuất tấm, băng bimetal 189

5.2. Sản xuất thép lá và thép băng có phủ lớp kim loại bảo vệ 195

5.3. Thép sơn, phủ bề mặt bằng polime 220

CHƯƠNG 6. BIẾN DẠNG ĐÀN HỒI CỦA GIÁ CÁN THÉP TẤM VÀ THÉP BĂNG

6.1. Biến dạng đàn hồi và modun cứng của giá cán 225

6.2. Đường sinh hữu hiệu của trục làm việc 234

6.3. Tạo biên dạng cho trục cán 241

6.4. Ảnh hưởng của độ cứng giá cán đến độ chính xác của sản phẩm 246

6.5. Các phương pháp tăng độ cứng cho giá cán 251

CHƯƠNG 7. CƠ SỞ CÁN CHÍNH XÁC VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH KÍCH THƯỚC CỦA BĂNG KIM LOẠI

7.1. Ảnh hưởng của các điều kiện công nghệ đến độ chính xác của kích thước băng kim loại và những đặc trưng cơ bản của độ chính xác 255

7.2. Phương trình cơ bản của độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại 257

7.3. Phương pháp điều chỉnh độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại 261

7.4. Phương trình cơ bản của độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại 266

7.5. Phương pháp điều chỉnh độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại 268

7.6. Điều chỉnh kết hợp độ không đồng đều ngang và dọc của chiều dày băng kim loại 279

7.7. Điều chỉnh hình dạng của băng kim loại 282

7.8. Điều chỉnh kết hợp độ không đồng đều dọc, ngang của chiều dày và hình dạng băng kim loại 285

Tài liệu tham khảo 292

CHƯƠNG 1

CHỦNG LOẠI, YÊU CẦU ĐỐI VỚI THÉP TẤM VÀ THÉP BĂNG

Trong tiêu chuẩn quốc tế và quốc gia chỉ dẫn cụ thể kích thước danh nghĩa và dung sai cho phép cũng như các yêu cầu về chất lượng bề mặt, độ phẳng, độ cong cạnh, cơ tính, thành phần hoá học, tổ chức tế vi, tính dập được, chất lượng lớp phủ bề mặt, phương pháp thử nghiệm, đóng nhãn, nguyên tắc đóng gói, giao sản phẩm, ... đối với mỗi loại thép tấm và thép băng.

Căn cứ vào hàm lượng các nguyên tố có hại như lưu huỳnh (S), photpho (P), thép tấm và thép băng chia ra làm ba loại :

- Thép chất lượng bình thường, có hàm lượng mỗi nguyên tố nêu trên không quá (0,05÷0,055)%;
- Thép chất lượng, có hàm lượng S và P không quá (0,04÷0,045)%;
- Thép chất lượng cao, có hàm lượng S và P không quá (0,03)%.

Theo thành phần hoá học, thép tấm và thép băng chia ra làm hai loại : thép cacbon và thép hợp kim. Trong nhóm thép hợp kim có thép hợp kim thấp, thép hợp kim trung bình và thép hợp kim cao, tương đương với hàm lượng các nguyên tố hợp kim (trừ cacbon) không quá 2,5 %, (2,5 ÷10)% và hơn 10%.

Theo công dụng, người ta phân biệt thép tấm và thép băng kết cấu, thép tấm và thép băng đặc biệt.

Nhóm thép kết cấu gồm :

- Thép cacbon kết cấu chất lượng bình thường;

- Thép cacbon kết cấu chất lượng cao;
- Thép hợp kim kết cấu.

Thép tấm và thép băng kết cấu được sử dụng trong các ngành công nghiệp đóng tầu, chế tạo máy bay, ôtô, trong công nghiệp hoá chất và chế tạo máy nói chung.

Thép tấm và thép băng từ các mác thép đặc biệt có các tính chất như bền nhiệt, chịu axit, chịu nhiệt, ... Về nguyên tắc, đó là các mác thép hợp kim trung bình và hợp kim cao.

Theo phương pháp cán, thép tấm và thép băng được chia làm hai loại : thép cán nóng và thép cán nguội. Cả hai loại có thể được xuất xưởng dưới dạng tấm hoặc cuộn.

Theo độ dày, thép tấm và thép băng chia ra hai nhóm : thép dày (h ≥4mm) và thép mỏng (h <4mm).

Thép dày có thể sản xuất dưới dạng tấm rời hoặc cuộn, có độ dày từ 4 mm đến 160 mm. Thép tấm dày hơn 60 mm gọi là thép phiến. Thép tấm dày thường có chiều rộng (600÷5000)mm, chiều dài (2÷25)m.

Thép tấm dày có cạnh biên được gia công bằng phương pháp cán gọi là thép vạn năng. Loại thép này được cán ở các giá có trục đứng. Thép vạn năng thường có kích thước h×b×l = (4÷50)mm×(160÷1050)mm×(5000÷8000)mm, hoặc được xuất xưởng dưới dạng cuộn.

Thép tấm dày phải có bề mặt sạch, phẳng. Trên bề mặt thép không cho phép có vảy gỉ, các loại vết rỗ, vết xước, vết nứt, sẹo lõm, ... có độ sâu lớn hơn một nửa dung sai âm của chiều dày. Các khuyết tật bề mặt có thể được tẩy sạch bằng phương pháp cơ học. Tuy nhiên, độ sâu của vết tẩy không được vượt quá giới hạn cho phép đối với mỗi loại chiều dày tấm. Trong thép tấm không cho phép có sự phân lớp. Độ cong vênh của tấm không quá 10mm/1m dài và rộng.

Để chế tạo nhiều loại kết cấu khác nhau, người ta sử dụng rộng rãi thép tấm dày từ các mác thép cacbon kết cấu chất lượng. Loại thép này phổ biến dưới dạng tấm cán nóng dày (4÷60)mm, xuất xưởng sau khi nhiệt luyện và kiểm tra cơ tính bằng thử kéo, uốn ở trạng thái nguội. Giới hạn bền và độ giãn dài tương đối cho phép nhỏ nhất ($[\sigma_b]_{min}$, $[\mu]_{min}$), phụ thuộc vào mác thép, tương ứng (32÷76)kG/mm^2 và (11÷34)%.

Thép tấm dày cán nóng từ các mác thép cacbon chất lượng dùng trong công nghiệp chế tạo ôtô, máy kéo thường có độ dày (4÷14)mm, được xuất xưởng sau khi nhiệt luyện và tẩy gỉ bề mặt bằng phương pháp hoá học (tẩy gỉ trong dung dịch axit). Loại thép này có thể dụng để dập và uốn nguội các chi tiết trong công nghiệp chế tạo ôtô. Theo độ dập được, người ta phân biệt thép tấm dùng cho dập sâu và dập bình thường.

Thép tấm dày dùng trong chế tạo toa tầu, xây dựng cầu và các công trình công nghiệp, dân dụng, được sản xuất từ các mác thép cacbon, dày hơn (4÷6)mm. Thép loại này thường dùng để chế tạo các kết cấu đinh tán, kết cấu hàn. Giới hạn bền và độ giãn dài tương đối không thấp hơn 38kG/mm^2 và 22%. Độ dai va đập, tổ chức và thành phần hoá học cũng phải được đảm bảo theo tiêu chuẩn qui định.

Thép tấm dày dùng chế tạo nồi hơi và bình chịu áp lực cao được sản xuất từ các mác thép cacbon , có độ dày (4÷60)mm, và thép hợp kim thấp, có độ dày (4÷160)mm. Loại thép này cần đảm bảo yêu cầu chặt chẽ về cơ tính cũng như thành phần hoá học. Thép phải có tổ chức hạt mịn và đồng nhất, không có các vết nứt, vết rỗ khí, phân lớp và các tạp chất phi kim loại. Yêu cầu về chất lượng bề mặt đối với loại thép này cao hơn. Độ cong vênh, uốn sóng không quá 8mm /1m dài và rộng.

Để chế tạo các kết cấu hàn của thân tầu biển, xà lan, thuyền, người ta dùng thép tấm có độ dày (4÷60)mm từ các mác thép cacbon và thép hợp kim thấp. Thép được xuất xưởng sau khi kiểm tra cơ tính bằng thử kéo và uốn ở trạng thái nguội. Độ cong vênh, uốn sóng không quá 5mm/1m dài và rộng.

Trong nhiều lĩnh vực của nền kinh tế, các loại thép tấm dày từ các mác thép hợp kim kết cấu chất lượng cao, thép hợp kim cao chống ăn mòn và chịu nhiệt, cũng như các loại thép tấm dày nhiều lớp (bimetal) chống ăn mòn, được sử dụng rộng rãi.

Thép tấm dày từ các mác thép hợp kim cần đáp ứng các yêu cầu chặt chẽ về cơ tính, tổ chức cũng như chất lượng bề mặt.

Thép tấm dày hai lớp chống ăn mòn có lớp nền là thép cacbon hoặc thép hợp kim thấp và lớp phủ là thép không gỉ, titan, niken hoặc một số kim loại và hợp kim khác.

Thép tấm (lá) mỏng có thể cán nóng hoặc cán nguội, kích thước h×b = (÷4,0) mm × (÷2300)mm, xuất xưởng dưới dạng thép lá dài (1,2÷5,0)m hoặc dưới dạng cuộn.

Thép lá mỏng từ các mác thép kết cấu cacbon thấp chất lượng có tính dập tốt và được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp chế tạo ôtô. Thép lá cacbon kết cấu chất lượng được cán từ các mác thép sôi có hàm lượng cacbon (0,05, 0,08, 0,1, 0,15, 0,2)%, các mác thép lắng có hàm lượng cacbon (0,1, 0,15, 0,2, 0,25, 0,35, 0,4, 0,45, 0,5)% và thép nửa lắng 0,08% cacbon. Thép lá mỏng được chế tạo và xuất xưởng theo yêu cầu về cơ tính và tổ chức vi mô hoặc theo độ dập được. Theo mức độ dập được, thép lá mỏng chia ra 3 loại : thép dập bình thường, thép dập sâu và thép dập sâu cao.

Độ dập được của thép cacbon kết cấu chất lượng thường được xác định bằng thử giãn dài theo Ericxen. Thép lá mỏng dùng cho dập sâu và dập sâu cao phải có cấu trúc với hình dạng và kích thước hạt chuẩn định, trong tổ chức không có xemetit tự do trên biên giới hạt.

Phụ thuộc vào trạng thái bề mặt, thép lá mỏng chia thành bốn nhóm :

- *Nhóm 1* : thép cán nguội có bề mặt bóng hoặc mờ, được tinh chỉnh theo tiêu chuẩn đặc biệt. Thép nhóm này thường dùng cho dập sâu cao. Trên bề mặt không cho phép có khuyết tật. Độ cong vênh không quá 4mm/1m dài và rộng.
- *Nhóm 2* : Thép cán nguội được tinh chỉnh theo tiêu chuẩn cao. Trên bề mặt có thể có các vết xước, rỗ nhẹ. Độ sâu của khuyết tật không quá 1/2 dung sai của chiều dày. Độ cong vênh không quá 8mm/1m dài và rộng.
- *Nhóm 3* : thép cán nóng hoặc cán nguội được tinh chỉnh theo tiêu chuẩn nâng cao. Độ cong vênh không quá 10 mm/1m dài và rộng.
- *Nhóm 4* : thép cán nóng hoặc cán nguội, bề mặt được tính chỉnh theo tiêu chuẩn bình thường. Độ cong vênh không quá 12mm/1m dài và rộng.

Để dập các chi tiết phức tạp của vỏ và thùng xe ôtô, người ta dùng thép lá mỏng cán từ các mác thép cacbon thấp chất lượng, dày (0,8÷1,5)mm. Theo mức độ phức tạp của chi tiết dập, người ta phân biệt thép dùng cho dập phức tạp và dập đặc biệt phức tạp. Chất lượng bề mặt của loại thép này thuộc nhóm 1 và nhóm 2.

Thép lá mỏng từ các mác thép kết cấu hợp kim có độ dày (0,5÷4,0)mm. Độ cong vênh cho phép trên 1 m dài và rộng, tương ứng thép thuộc nhóm 1, 2, 3 và 4 (theo chất lượng bề mặt), không quá 5, 10, 15 và 20 mm.

Thép lá mỏng từ các mác thép kết cấu hợp kim chất lượng cao và thép lá mỏng chống gỉ, bền nhiệt, có độ dày (0,8÷4,0)mm, thường được dùng trong công nghiệp hoá dầu, chế tạo máy bay, chế tạo thiết bị và dụng cụ gia dụng. Thép loại này cần đáp ứng yêu cầu cao về cơ tính, chất lượng bề mặt, độ chính xác và cấu trúc tế vi.

Thép lá mỏng kỹ thuật điện, cán nóng hoặc cán nguội, xuất xưởng với kích thước phổ biến h×b×l = (0,1÷1,0)mm×(240÷1000)mm×(÷2000)mm. Loại thép này dùng trong chế tạo động cơ, máy biến áp và các thiết bị điện khác. Bề mặt được tinh chỉnh theo tiêu chuẩn của các nhóm 3, 4 và phải đảm bảo yêu cầu chặt chẽ về các tính chất điện, từ.

Thép lá mỏng đã qua ủ và tẩy gỉ axit, cán từ các mác thép mềm lò mátanh hay lò thổi, dày (0,25÷2,0), được dùng rộng rãi để chế tạo thùng, nồi chứa, ...

Để sản xuất các loại thùng chứa và tấm lợp, người ta sử dụng phổ biến thép lá mỏng tráng kẽm. Loại thép này được tráng phủ bề mặt bằng một lớp kẽm mỏng. Bề mặt của thép tráng kẽm phải nhẵn, sạnh, không có vết nứt, rỗ, sẹo, ...

Trong những năm gần đây, người ta đã đưa vào sản xuất các loại thép lá mỏng tráng nhôm, mạ crom và phủ polime.

Tôn trắng cũng thuộc nhóm thép lá mỏng có phủ bề mặt. Tôn trắng là thép cán nguội (rất ít khi cán nóng) từ mác thép sôi 0,08% cacbon, dày (0,18÷0,3) mm, được phủ thiếc bề mặt. Tôn trắng được xuất xưởng dưới dạng cuộn hoặc dưới dạng lá với 3 cấp phủ bề mặt (I, II, III). Cấp phủ bề mặt đặc trưng cho độ dày lớp phủ và được xác định bởi khối lượng thiếc trên 200 cm^2 bề mặt : cấp I - (0,39÷0,45)g, cấp II- (0,28÷0,38)g và cấp III - (0,23÷0,27)g.

Theo phương pháp phủ thiếc, người ta phân biệt tôn tráng thiếc nóng và tôn tráng thiếc điện phân. Phụ thuộc vào công dụng và trạng thái bề mặt, người ta chia tôn phủ thiếc thành hai nhóm : tôn đồ hộp và tôn thường. Tôn tráng thiếc phải có bề mặt bóng, sạch, không có vết nứt, bọt, sẹo, vết đen, bong cục bộ và các khuyết tật bề mặt khác.

Ngày nay, với sự phát triển của công nghệ và thiết bị cán, người ta có thể sản xuất tôn cực mỏng (giấy kim loại), có chiều dày từ vài micron.

Trong thực tế, việc sản xuất thép tấm và thép băng đúng theo kích thước danh nghĩa không thể đạt được. Do đó, bên cạnh kích thước danh nghĩa, người ta còn tiêu chuẩn hoá cả độ chênh lệch kích thước cho phép. Độ chênh lệch cho phép của kích thước thép tấm và thép

băng gọi là dung sai. Dung sai của chiều dày có thể âm hoặc dương. Tổng dung sai âm và dương,xác định độ chêch lệch lớn nhất gọi là trường dung sai.

Chênh lệch giữa độ dày lớn nhất và độ dày nhỏ nhất của tấm thép theo chiều dọc và chiều ngang gọi là độ không đồng đều dọc và ngang của chiều dày.

Dung sai của kích thước thép tấm và thép băng phụ thuộc vào giá trị tuyệt đối của kích thước và các yêu cầu về độ chính xác cũng như chất lượng bề mặt tấm. Giá trị tuyệt đối của kích thước càng nhỏ thì giá trị tuyệt đối của dung sai càng nhỏ.

Một trong những đặc điểm quan trọng, đánh giá độ chính xác của thép tấm là độ phẳng bề mặt. Độ phẳng được xác định bởi hình dạng của tấm (độ uốn sóng, độ cong vênh) và được đo bằng mm/1m dài và rộng.

CHƯƠNG 2

CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP TẤM DÀY

2.1. Phôi cho sản suất thép tấm và thép băng cán nóng

Để sản xuất thép tấm và thép băng dày, người ta sử dụng phôi là slab và thép thỏi.

Slab là phôi có tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều dày khoảng 3÷12. Kích thước phổ biến của slab, dùng cho các máy cán tấm và cán băng hiện đại, H×B×L = (100÷300) mm × (600÷2320)mm × (1500÷14000) mm, khối lượng tới (35÷45)T.

Theo phương pháp sản xuất, slab chia ra làm hai loại : slab đúc và slab cán.

Slab cán được cán từ thỏi ở các máy bluming, luming-slabing và slabing. Khi cán slab ở các máy bluming, bluming-slabing, người ta áp dụng những lần cán biên. Do vậy, bề rộng lớn nhất của slab bị hạn chế bởi khoảng cách nâng trục cực đại. Các máy bluming có thể sản xuất slab với chiều rộng lớn nhất (800÷1000)mm, còn các máy bluming-slabing - (1600÷1900)mm.

Slabing là loại máy cán chủ yếu dùng để sản xuất slab cán. Slab cán ở các máy này đảm bảo được hình dạng, kích thước và chất lượng gia công. Khoảng cách giữa hai trục đứng và giữa hai trục ngang lớn, cho phép cán slab có bề rộng đến 2240 mm. Quá trình cán ở các máy slabing được tiến hành với số lần đảo chiều và số lần cán ít nhất. Cho nên, năng suất của các máy slabing lớn hơn nhiều so với các loại máy cán slab khác.

Sản xuất slab từ thỏi bằng phương pháp cán có nhiều điểm hạn chế : hệ số tiêu hao kim loại lớn; qui trình công nghệ phức tạp, tốn thời gian và năng lượng; slab có sự không đồng nhất về cơ tính do sự không đồng nhất về thành phần hoá học và tổ chức của thỏi gây nên.

Sản xuất slab bằng phương pháp đúc liên tục khắc phục được hầu hết những nhược điểm kể trên. Do có sự đồng nhất về thành phần hoá học và tổ chức nên chất lượng của slab

đúc cao hơn của slab cán. Ngoài ra, phương pháp đúc liên tục còn cho phép giảm một cách đáng kể hệ số tiêu hao kim loại, năng lượng và thời gian cho qui trình công nghệ. Chính vì vậy mà giá thành của slab đúc thấp hơn nhiều so với slab cán.

Do có những ưu điểm kinh tế-kỹ thuật nêu trên, hiện nay phương pháp đúc liên tục slab được áp dụng một cách rộng rãi và trở thành phương pháp sản xuất phôi chủ yếu cho các máy cán thép tấm và thép băng dày.

Trong trường hợp cán thép tấm có chiều dày ≥60 mm, người ta dùng phôi là thỏi dẹt. Tuỳ thuộc vào kiểu máy và chủng loại sản phẩm, thỏi dẹt có thể có khối lượng (6÷250)T. Độ dày của thỏi dẹt được xác định căn cứ vào yêu cầu về chất lượng bề mặt và cơ tính của thép tấm thành phẩm. Kinh nghiệm cho thấy, để thu được sản phẩm đảm bảo chất lượng, độ dày tối thiểu của thỏi phải lớn hơn độ dày của tấm thành phẩm khoảng từ 12 đến 18 lần.

Cán thép tấm và thép băng dày từ phôi slab là phương pháp công nghệ hợp lý hơn cả. Bằng phương pháp này, ta có thể nâng cao cơ tính, chất lượng bề mặt của thép thành phẩm, đồng thời giảm đáng kể hệ số tiêu hao kim loại, tăng năng suất và mở rộng chủng loại sản phẩm của máy.

Kích thước và khối lượng của slab được xác định căn cứ vào khích thước của sản phẩm.

Đối với các máy cán tấm dày, những phôi slab có chiều dày nhỏ nhất và chiều rộng (hoặc chiều dài) bằng chiều rộng của tấm thành phẩm là những phôi có kích thước tối ưu. Các phôi này cho phép giảm tối đa số lần cán và, bằng cách đó, nâng cao năng suất của máy. Chiều dài của phôi thường bị hạn chế bởi chiều dài của thân trục cán, bởi lẽ với các phôi có chiều dài vượt quá chiều dài thân trục, ta không thể áp dụng sơ đồ cán ngang để tạo bề rộng cho thép thành phẩm. Ở các máy cán tấm dày lớn, khối lượng của slab có thể đến 40T hoặc hơn.

Khi cán ở các máy cán thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục, người ta dựa vào khả năng ép của các giá cán, kích thước lò nung phôi, đặc điểm và tính năng của các thiết bị phụ để tính toán kích thước slab.

Khi chọn kích thước tối ưu cho slab, ta cũng cần chú ý đến khả năng và tính hợp lý của việc sản xuất chúng ở các máy cán phôi (slabing) hay ở các thiết bị đúc liên tục.

2.2. Đặc điểm, thành phần và cách bố trí thiết bị ở các máy cán tấm dày

Chiều dài thân trục cán của các máy cán tấm dày được xác định theo chiều rộng của thép thành phẩm. Chiều rộng lớn nhất của tấm sau khi cán phải nhỏ hơn chiều dài thân trục từ 200 mm đến 400 mm.

Các máy cán tấm dày gồm 1 hoặc 2 giá phân bố nối tiếp nhau. Số lượng giá cán được xác định căn cứ vào năng suất cần thiết và yêu cầu về chất lượng của thép thành phẩm. Với năng suất (300 000÷500 000)T/năm, người ta thường đặt máy 1 giá. Máy 2 giá cần trong trường hợp yêu cầu năng suất cao hơn.

Các giá cán của máy cán tấm dày thường là kiểu giá 2 trục (duo) đảo chiều, 4 trục (kvarto) hoặc 4 trục vạn năng (4 trục ngang kết hợp với 2 trục đứng). Kiểu giá 3 trục, với trục giữa nhỏ hơn không truyền động (trio Lauta).

Các giá cán duo và trio Lauta có độ cứng thấp, thường gây nên độ không đồng đều ngang và dọc đáng kể của chiều dày thép cán. Đối với các giá cán trio Lauta, còn cần phải có bàn nâng hạ bố trí hai bên giá cán, hệ thống này thường rất nặng nề, một mặt làm hạn chế khối lượng và kích thước thép cán, mặt khác vì tốc độ quay của trục cán không đổi suốt trong quá trình cán một sản phẩm, nên tải trọng động khi trục cán ăn thép rất lớn. Ngoài ra, ở các giá cán trio Lauta lượng ép trong một lần cán thường bị hạn chế và thời gian nghỉ giữa hai lần cán tương đối dài. Chính vì những nhược điểm trên mà hiện nay, khi xây dựng các xưởng cán tấm dày mới, kiểu giá cán trio Lauta không được sử dụng nữa, còn các giá cán duo chỉ được sử dụng làm các giá cán thô ở các máy cán tấm dày hai giá.

Kiểu giá kvarto được sử dụng rộng rãi hơn cả. So với các kiểu giá cán khác (ít trục hơn), các giá cán kvarto có độ cứng cao hơn, do đó đảm bảo được độ chính xác của chiều dày thép thành phẩm.

Để cán thép tấm dày có mặt biên được gia công, người ta sử dụng các giá kvarto vạn năng. Các giá này thường được dùng làm giá cán tinh ở các máy cán tấm, băng dày và hẹp. Tuy nhiên, hiệu suất sử dụng các giá vạn năng ở các máy cán tấm dày không cao, bởi lẽ khi cán các tấm rộng và tương đối mỏng, không thể áp dụng lượng ép biên để tránh cho thép bị uốn cong theo chiều ngang.

Một số ít nhà máy luyện kim cũ hiện nay trên thế giới vẫn còn sử dụng máy cán tấm dày một giá trio Lauta. Các máy này thường có chiều dài thân trục 1800 ÷ 3850 mm, đường kính trục trên và dưới 650 ÷ 1000 mm, đường kính trục giữa 450 ÷ 780 mm. Hai trục trên và

dưới được truyền động từ động cơ điện xoay chiều, qua hộp giảm tốc và bánh đà. Các máy này thường cán tấm dày 4 ÷ 32 mm với tốc độ 2,5÷3,5 m/s.

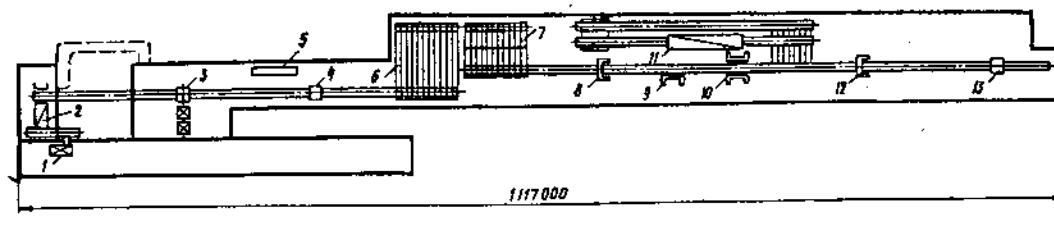
Các máy cán tấm dày một giá trio Lauta hiện nay không được chế tạo nữa.

Ở các máy cán tấm dày một giá, ngoài giá kvarto, người ta thường đặt thêm một giá trục đứng, có nhiệm vụ đánh gỉ, gia công mặt biên và căn chiều rộng. Trên hình 2.1 trình bày sơ đồ bố trí thiết bị của máy cán tấm dày một giá kvarto 1050/2150×4300 (CHLB Đức). Máy cán thép tấm có chiều dày đến 40 mm, chiều rộng đến 4160 mm, từ phôi slab có khối lượng đến 40T. Phôi trước khi cán được nung trong lò liên tục với công suất 206 T/h. Năng suất của máy đạt (900 000÷1 000 000) T/năm.

Mỗi trục làm việc được truyền động từ động cơ riêng, công suất 3725 kW. Vận tốc cán đạt 6 m/s. Giá cán có khả năng chịu tải đến 8850 T.

Máy được trang bị hệ thống tự động điều chỉnh chiều dày và cơ cấu chống uốn trục tựa, cho phép cán sản phẩm với độ chính xác và độ phẳng cao. Lực chống uốn ở mỗi đầu trục đạt tới 1470 T.

Trước giá cán người ta đặt thiết bị đánh gỉ thuỷ lực, áp suất nước đạt tới 170 at. Sau giá cán là máy nắn nóng, có thể nắn thẳng thép tấm có chiều dày đến 95 mm.



Hình 2.1. *Sơ đồ bố trí thiết bị của máy cán tấm dày một giá đảo chiều kvarto 4300: 1- bàn cân phôi; 2- lò nung liên tục; 3- giá cán đảo chiều kvarto; 4- máy nắn nóng; 5- máy cắt lửa; 6- giàn làm nguội; 7- giá kiểm tra và nghiệm thu sản phẩm (có trang bị máy lật tấm); 8- máy cắt đầu, đuôi; 9- máy cắt dọc; 10- máy cắt mép biên; 11- lò thường hoá; 12- máy cắt ngang; 13- máy nắn nguội.*

Máy cán cũng được trang bị các máy cắt đầu, đuôi, cắt phân đoạn và cắt mép biên, máy nắn nguội và các lò thường hoá. Các lò thường hoá có chiều dài 75m, rộng 4,5m, cho phép nung thép tấm có chiều dài đến 30m, rộng đến 4,1m với nhiệt độ 500 ÷ 1100 °C.

Do nhu cầu đa dạng hoá chủng loại sản phẩm thép tấm dày từ các mác thép cacbon và thép hợp kim, cùng với những yêu cầu ngày càng cao về chất lượng bề mặt và độ chính xác của sản phẩm, các máy cán tấm dày liên hợp duo-kvarto và các máy cán có khung giá di động được sử dụng một cách rộng rãi.

Máy liên hợp có cấu tạo gồm một giá kvarto và một bộ 2 trục cán (duo), có chiều dài thân trục nhỏ hơn chiều dài thân trục của giá kvarto, được gá đặt nhờ một hệ thống dầm ngang đặc biệt. Do đó, máy liên hợp có thể thay thế phần nào vai trò của hai giá cán : slabing và giá cán tấm dày kvarto, cho phép sản xuất thép tấm dày có chất lượng cao từ thỏi.

Một trong các máy liên hợp lớn nhất thế giới được xây dựng ở Nhật Bản, bộ duo (kích thước trục 1230 x 3000 m) làm việc như một máy slabing, có thể cán thỏi khối lượng đến 25 T và slab kích thước H x B = (100÷400)mm x (1200÷1800)mm. Bộ kvarto có kích thước trục 1020/1800 x 4300 mm, cho phép cán tấm sản phẩm có chiều dày 6 ÷ 150mm, chiều rộng 1200 ÷ 4000 mm và chiều dài đến 20 m. Giá cán liên hợp được truyền động từ hai động cơ với công suất mỗi chiếc 3680 kW.

Ở các máy cán tấm dày được trang bị các giá cán có khung di động, quá trình cán các chủng loại thép tấm hẹp và rộng được tiến hành với các trục có chiều dài khác nhau. Điều đó cho phép cán các sản phẩm có dung sai chiều dày thấp (giảm ảnh hưởng của độ uốn trục do không phải cán tấm hẹp với trục cán quá dài). Khi chủng loại chiều rộng thay đổi, một trong hai khung giá có thể dịch chuyển đến hai vị trí khác nhau nhờ các xilanh thuỷ lực. Khung giá được bắt chặt vào đế máy bằng các móc kẹp thuỷ lực.

Một trong những giá cán kvarto đảo chiều có khung di động lớn nhất được xây dựng ở Mỹ. Chiều dài thân trục ở giá cán này có thể thay đổi trong khoảng 4065 ÷ 5335 mm, đường kính trục tựa 1800 mm, đường kính trục làm việc 1000mm. Mỗi trục làm việc được truyền động từ một động cơ riêng với công suất 4470kW. Máy cho phép cán tấm dày từ các mác thép cacbon và thép hợp kim, kích thước h x b x l = (4.7÷380)mm x (760÷5080)mm x (÷29000)mm.

Các máy cán tấm dày liên hợp duo-kvarto và các máy cán có khung giá di động chỉ có hiệu suất sử dụng cao trong trường hợp cán sản phẩm có khối lượng sản xuất nhỏ và chủng loại rộng.

Trong bảng 2.1 trình bày đặc tính kỹ thuật của một số máy cán tấm dày một giá đang làm việc hiện nay.

Bảng 2.1. *Đặc tính kỹ thuật của một số máy cán tấm dày một giá*

Số TT	Nước	Kiểu giá cán	Chiều dài thân trục cán, mm	Đường kính trục cán, mm		Kích thước thép tấm thành phẩm		Kích thước phôi slab, mm		Khối lượng slab (thỏi), T	Tốc độ cán cực đại, m/s	Tổng công suất truyền động, kW	Năng suất năm, 10^3 T
				trục LV	trục tựa	dày, mm	rộng, m	dày, mm	rộng, m				
Máy cán một giá													
1	Pháp	Kvarto N	4320	990	1830	5-100	1,2-4,0	100-340	0,9-1,9	20	4,7	8800	400
2	Điển	Kvarto N	3650	920	1550	5-32	1,0-3,35	115-300	đến 1,5	10	4,3	12400	360
3	Nhật Bản	Kvarto N	4100	1000	1900	4,5-100	0,9-3,85	đến 500	-	25	5,2	7500	600
Máy cán hai giá													
1	Nhật Bản	Kvarto Th	4725	1000	1980	-	-	-	-	-	-	2x6800	-
		Kvarto Ti	4725	1000	1980	4,5-200	đến 4,5	76-584	0,99-2,0	-	6,3	2x9100	1500
2	Rumani	Duo GĐ	1200	1050	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kvarto N, Th	3300	1050	1700	-	-	-	-	30,5	-	-	-
		Kvarto N, Ti	3300	950	1700	4-150	0,8-3,05	-	-	7,5	5,5	2x 4800	1000
3	Ucraine	Duo GĐ	1400	900	-	-	-	130-150	1,1-1,9	16	-	2x1800	-
		Kvarto N, Th	3600	1130	1800	-	-	*450-900*	1,3-2,0	37	-	2x6920	-
		Kvarto N, Ti	3600	1050	1800	5-50	2,0-3,2	-	-		6,0	2x8600	-
4	Anh	Duo G	3200	1070	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kvarto N, Th	3800	990	1920	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kvarto N, Ti	3800	920	1520	6-150	đến 3,6	-	-	20	5,0	-	1000

N- giá cán trục ngang; GĐ- giá đánh gỉ trục đứng; Th- giá cán thô; Ti- giá cán tinh.

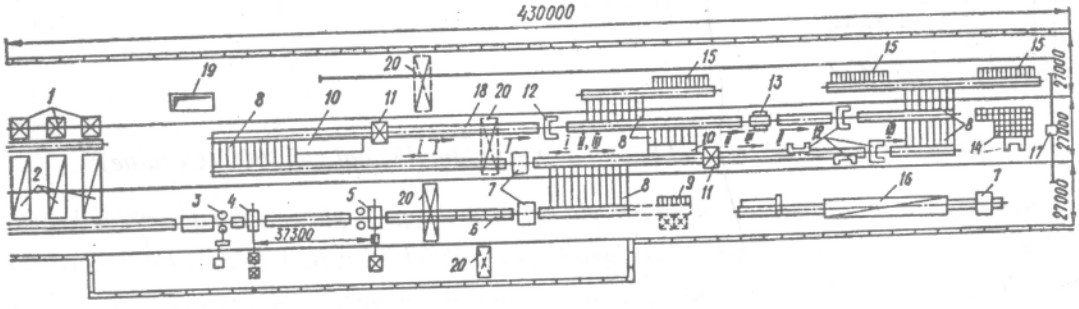
Để sản xuất thép tấm dày, các máy cán hai giá vẫn được sử dụng rộng rãi hơn cả. Thành phần của các máy cán tấm dày hai giá hiện đại thường gồm một giá trục đứng và hai giá trục ngang (cán thô và cán tinh) bố trí nối tiếp nhau. Các máy hai giá có ưu điểm là chất lượng bề mặt sản phẩm cao (do thép được đánh sạch gỉ ở giá trục đứng và giá cán thô trước khi cán trong giá cán tinh), thời gian làm việc của trục cán dài (giảm số lần thay trục), năng suất cao.

Các máy cán tấm dày hai giá hiện đại có sự phối hợp giữa các giá cán như sau :

Giá cán thô duo và giá cán tinh kvarto;

Giá cán thô kvarto và giá cán tinh kvarto.

Trên hình 2.2 trình bày sơ đồ bố trí thiết bị của máy cán tấm dày hai giá 2800. Máy gồm một giá trục đứng, một giá cán thô duo và một giá cán tinh vạn năng kvarto. Sản phẩm của máy có kích thước h×b×l = (8÷50)mm× (÷2500)mm×(÷20 000)mm, được cán từ slab kích thước H×B×L = (125÷250)mm×(700÷1600)mm× (2500÷6000) mm, khối lượng đến 12 T. Năng suất của máy đạt 1 000 000 T/năm.

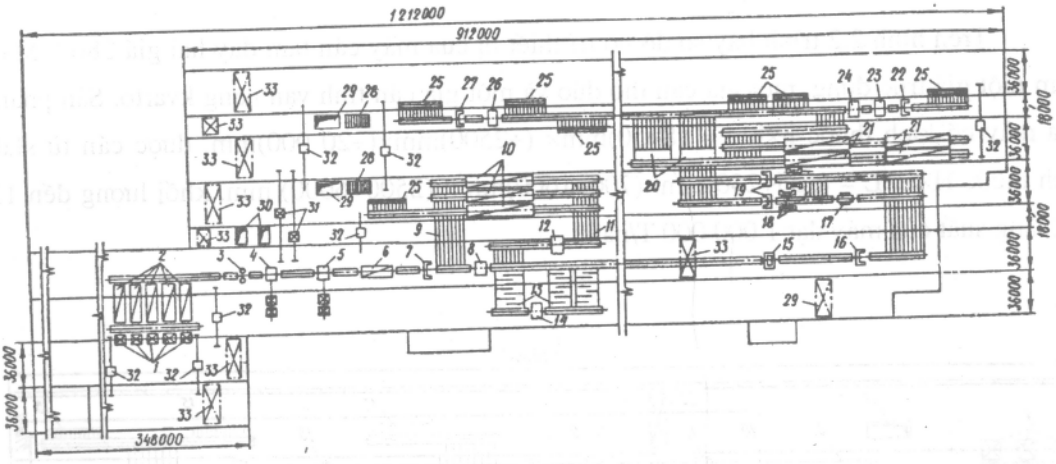


Hình 2.2. *Sơ đồ bố trí thiết bị của máy cán tấm dày hai giá 2800:*

I- bộ phận tinh chỉnh thép tấm chưa cắt mép biên; II, III - tương ứng bộ phận tinh chỉnh thép tấm đã cắt mép biên có chiều dày đến 25 mm và từ 25 đến 50mm; 1- máy đẩy phôi; 2- lò nung liên tục; 3- giá cán trục đứng; 4- giá cán thô đảo chiều duo 1150×2800; 5-giá cán tinh đảo chiều kvarto 800/1400×2800; 6- đường băng lăn làm nguội; 7- máy nắn; 8- sàn làm nguội; 9- bộ phận chứa thép tấm làm nguội chậm; 10- máy lật tấm; 11- xe lấy dấu kích thước; 12- máy cắt chém dùng cắt ngang và cắt dọc; 13- máy cắt đĩa cắt mép biên; 14- máy cắt chém có miền hoạt động rộng; 15- bộ phận chứa thép tấm; 16- lò nung có sàn con lăn dùng nhiệt luyện thép tấm; 17- xe vận chuyển thép; 18- đường băng lăn có máy đảo điện từ; 19- hố chứa vảy gỉ; 20- cầu trục.

Giá trục đứng có đường kính trục 1500 mm, chiều dài thân trục 600 mm. Công suất động cơ truyền động cho giá trục đứng 880 kW. Phía trước giá này có máy đảo phôi, phía sau là hệ thống đánh gỉ thuỷ lực gồm hai ống dẫn với các vòi phun nước áp suất cao (đến 100 at), phân bố phía trên và phía dưới tấm thép.

Trục của giá cán thô duo có kích thước D×L = 1150 mm × 2800 mm. Mỗi trục cán có động cơ truyền động riêng, công suất 2570 kW, tốc độ 0-30-60 vòng/phút. Giá cán cũng được trang bị hệ thống đánh gỉ thuỷ lực. Phía trước và phía sau giá có giàn con lăn côn xoay thép một góc 90° trong mặt phẳng ngang và hai máy căn dẫn thép vào trục.



Hình 2.3. *Sơ đồ bố trí thiết bị của máy cán tấm dày hai giá 3600 (Ucraine):*

1- máy đẩy phôi; 2- lò nung liên tục; 3- giá cán trục đứng; 4- giá cán thô đảo chiều kvarto 1130/1800×3600; 5- giá cán tinh đảo chiều kvarto 1050/1800×3600; 6- máy tôi thép với sàn con lăn; 7, 16, 19, 22, 27 - các máy cắt chém, dùng cắt ngang thép tấm có chiều dày đến 50 mm; 8- máy nắn nóng thép tấm có chiều dày đến 50 mm; 9- sàn tải thép đến lò thường hoá; 10- lò thường hoá; 11- sàn tải thép; 12- máy nắn dùng cho thép tấm dày (5÷25)mm; 13- giàn làm nguội; 14- máy nắn nguội; 15- máy dò khuyết tật; 17- máy cắt đĩa dùng cho thép tấm dày đến 20 mm; 18- máy cắt mép kiểu đĩa dùng cho thép tấm dày (5÷50)mm; 20- sàn tải thép có trang bị máy lật; 21- lò tôi thép có sàn lăn; 23, 24- máy nắn dùng cho thép tấm dày (18÷50) mm; 25- cơ cấu vận chuyển có bộ phận thu sản phẩm; 26- máy nắn dùng cho thép tấm dày (5÷20)mm; 28- máy cắt thép phiến dùng mỏ đốt; 29- cơ cấu thu mẩu cắt và xỉ; 30- cơ cấu thu thép vụn kích thước lớn; 31- xe chuyển thép phiến; 32- xe vận chuyển; 33- cầu trục.

Trục đứng của giá cán tinh vạn năng kvarto có kích thước D×L = 700mm× 400mm. Mỗi trục có động cơ truyền động riêng, công suất 200 kW. Trục làm việc và trục tựa có đường kính tương ứng 800 mm và 1400 mm, chiều dài thân trục 2800 mm. Hai trục làm việc được truyền động từ động cơ điện một chiều, công suất 5500 kW, tốc độ 0-60-120 vòng/phút. Phía trước và phía sau giá cán có các máy căn dẫn thép vào trục.

Trên hình 2.3 trình bày sơ đồ bố trí thiết bị của máy cán tấm dày hai giá 3600 (Ucraine).

Thực tế cho thấy, để đảm bảo tính hợp lý về công nghệ, thép tấm có chiều rộng lớn hơn 2000 mm nên cán ở các máy cán tấm dày. Chính vì vậy, những máy cán tấm dày đang làm việc và được thiết kế mới hiện nay thường có chiều dài thân trục không dưới 3000 mm. Một số máy cán tấm dày lớn có chiều dài thân trục tới 5590 mm hoặc hơn.

Phụ thuộc vào chiều dài thân trục, trục làm việc thường có đường kính (800÷1130) mm, đường kính trục tựa - (1400÷2300) mm.

Để nung phôi slab và phôi thỏi, người ta sử dụng kiểu lò nung liên tục hoặc lò giếng (cho các thỏi lớn).

Các máy cán tấm dày hiện nay đều được trang bị các hệ thống tự động điều khiển, cho phép cán sản phẩm có độ chính xác và độ phẳng cao. Nhiều máy cán tấm dày được tự động hoá hoàn toàn từ khâu nung phôi cho đến khi ra thép thành phẩm.

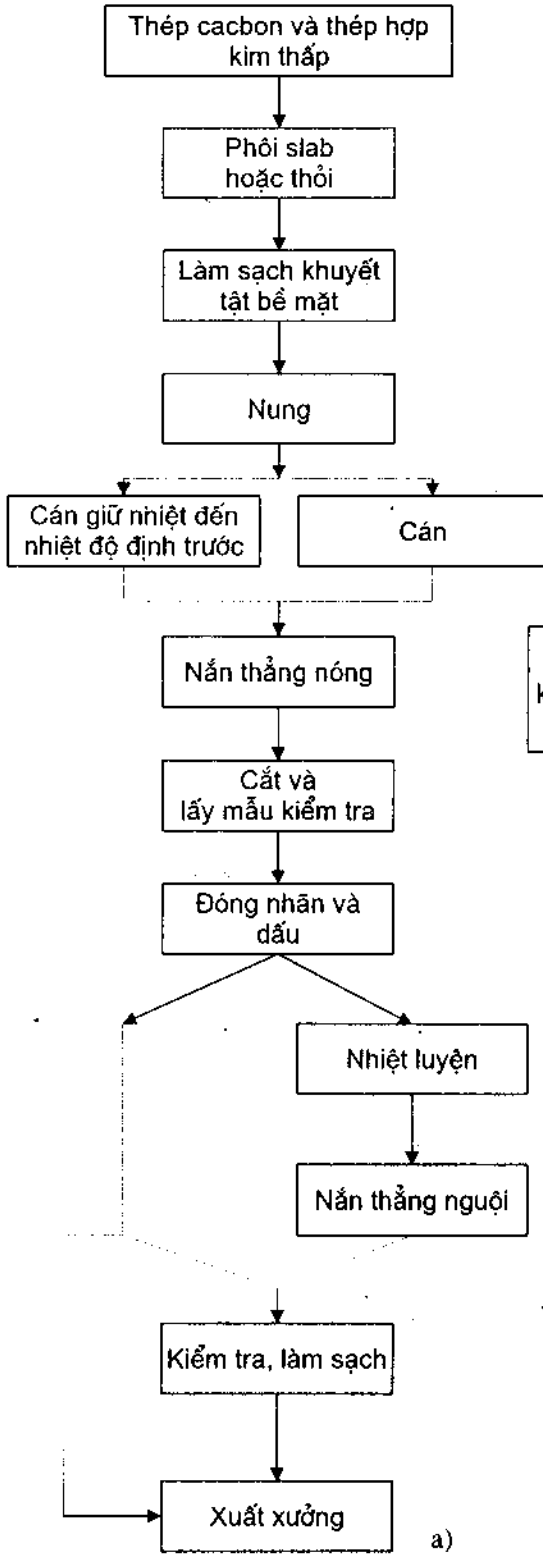
2.3. Kỹ thuật cán thép ở các máy cán tấm dày

Hình 2.4 trình bày sơ đồ quá trình công nghệ sản xuất thép tấm dày từ các mác thép cacbon, thép hợp kim và thép không gỉ.

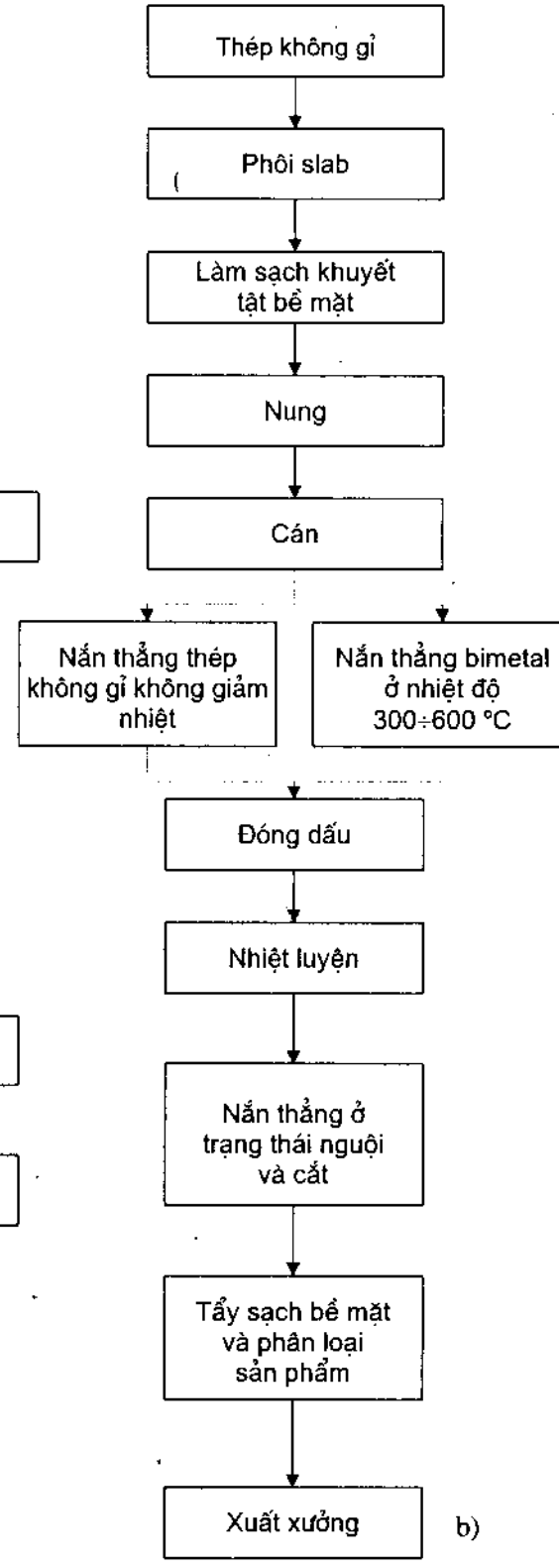
Sau khi kiểm tra và làm sạch khuyết tật bề mặt (thổi bằng ngọn lửa dưới áp suất cao), phôi slab và thỏi được nung trong các lò liên tục hoặc lò giếng (cho thỏi) đến nhiệt độ (1150÷1250)°C. Khi đạt nhiệt độ cán thiết, từng phôi một được đưa đến máy cán theo đường băng lăn.

Phụ thuộc vào thành phần thiết bị của máy, người ta cán phôi (slab hoặc thỏi) thành tấm dày trong một hay vài giá cán. Vì các giá làm việc đảo chiều, nên số lần cán bao giờ cũng là số lẻ.

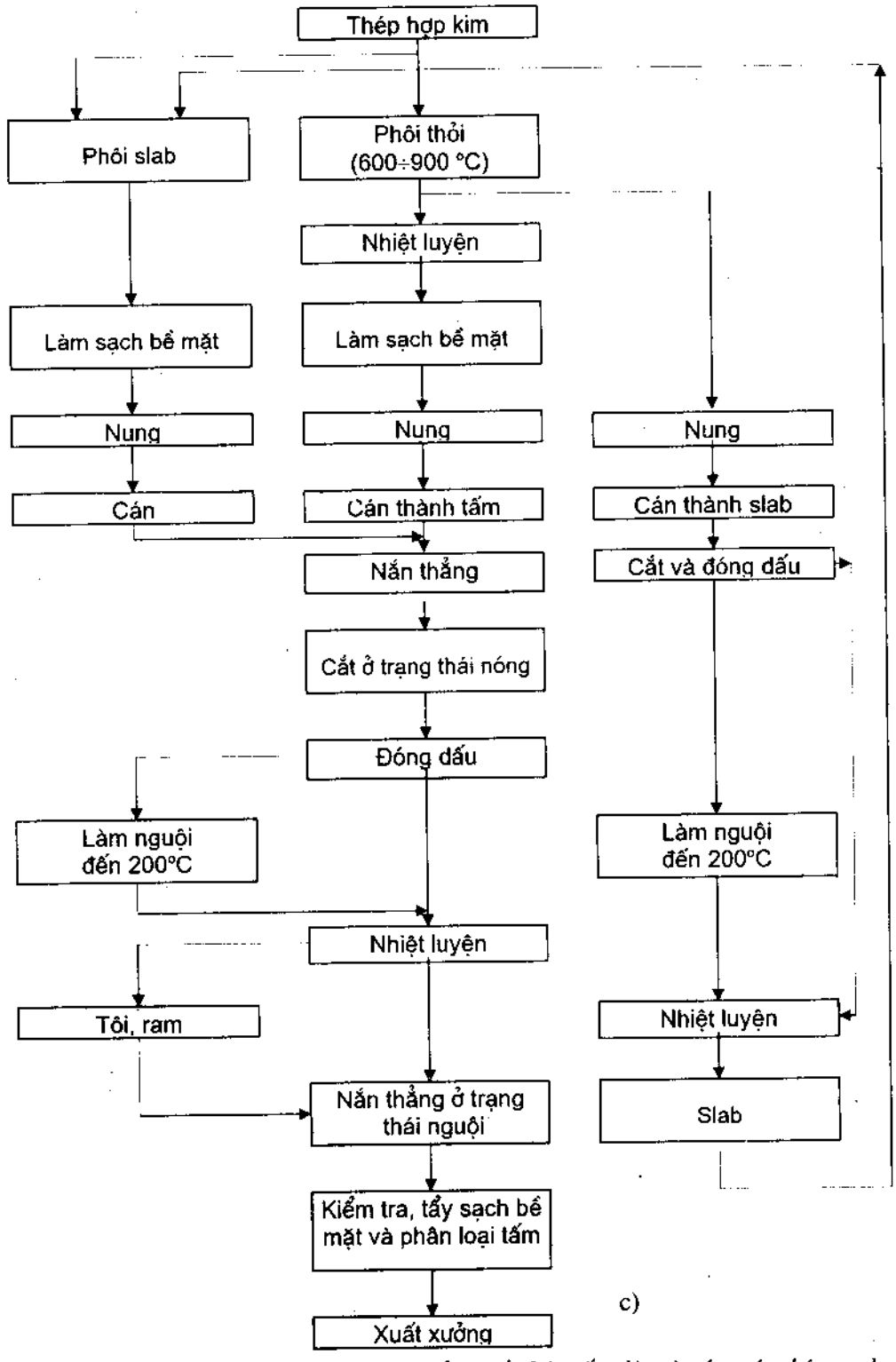
Ở các máy cán một giá, số lần cán thô và cán tinh đều tiến hành trong một giá. Ở các máy cán hai giá, quá trình cán tiến hành theo thứ tự sau : phôi (slab) đầu tiên được cán


Thép cacbon và thép hợp kim thấp
Phôi slab hoặc thỏi
Làm sạch khuyết tật bề mặt
Nung
Cán giữ nhiệt đến nhiệt độ định trước
Cán
Nắn thẳng nóng
Cắt và lấy mẫu kiểm tra
Đóng nhãn và dấu
Nhiệt luyện
Nắn thẳng nguội
Kiểm tra, làm sạch
Xuất xưởng

a)


Thép không gỉ
Phôi slab
Làm sạch khuyết tật bề mặt
Nung
Cán
Nắn thẳng thép không gỉ không giảm nhiệt
Nắn thẳng bimetal ở nhiệt độ 300÷600 °C
Đóng dấu
Nhiệt luyện
Nắn thẳng ở trạng thái nguội và cắt
Tẩy sạch bề mặt và phân loại sản phẩm
Xuất xưởng

b)



Hình 2.4. *Các sơ đồ qui trình công nghệ sản xuất thép tấm dày từ các mác thép cacbon (a), thép không gỉ (b) và thép hợp kim (c).*

trong giá trục đứng. Tại đây, sau một lần cán, phôi được ép theo chiều ngang (10÷50) mm. Tiếp theo, phôi được chuyển sang giá cán thô và cán ở đây cho đến khi đạt được độ dày và chiều rộng cho trước. Số lần cán trong giá cán thô thường từ 5 đến 11. Sau lần cán thứ 2 và thứ tư ở giá cán thô, thép được một lần nữa được đưa trở lại giá trục đứng để cán bằng cạnh biên và căn chiều rộng. Tiếp theo giá cán thô, thép được cán trong giá cán tinh cho đến khi đạt độ dày cần thiết sau (5÷9) lần cán.

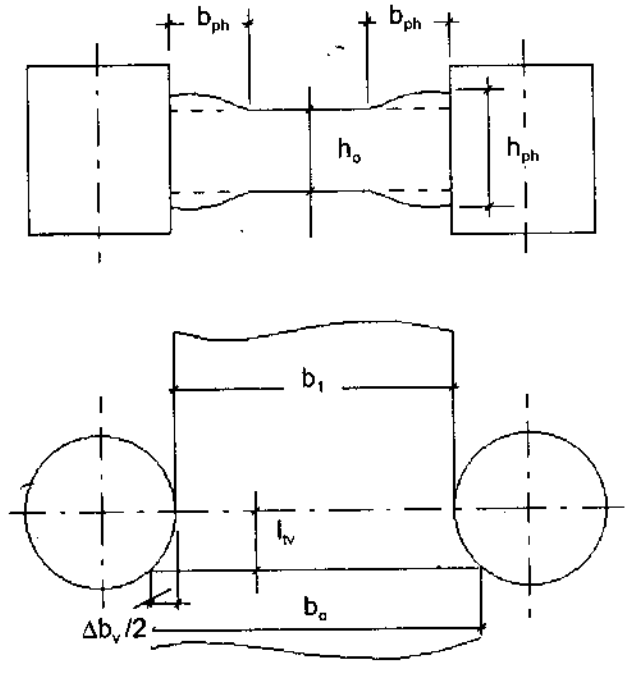
Ở các máy cán tấm dày hai giá, người ta thường cán đồng thời 2 phôi - một ở giá cán thô và một ở giá cán tinh. Để đảm bảo sự đồng bộ trong quá trình làm việc, chu trình cán ở giá cán thô và cán tinh phải xấp xỉ bằng nhau.

Đặc điểm của quá trình cán trong giá trục đứng, giá cán thô và giá cán tinh được trình bày ở hình 2.4.

2.3.1. Cán phôi slab trong giá trục đứng

Trong giá trục đứng, phôi slab được ép theo chiều ngang nhằm đánh bong gỉ tạo ra trong quá trình nung (gỉ lò) và san bằng độ không đồng đều ban đầu của chiều rộng phôi. Gỉ lò, sau khi bị bẻ gãy cơ học, được đánh bong bằng nước phun dưới áp suất (100÷200) at.

Chất lượng đánh gỉ phụ thuộc vào độ thẩm thấu của biến dạng trên tiết diện ngang của phôi. Nếu vùng giữa phôi trong quá trình cán không biến dạng dẻo, thì gỉ chỉ được đánh bong ở vùng hai mép biên, tức là vùng có sự giãn rộng (hay vùng có sự gia tăng độ dày phôi), b_{ph} (hình 2.5).



Hình 2.5. *Sơ đồ biến dạng của phôi slab trong giá cán trục đứng.*

Chiều rộng lớn nhất của phôi slab, đảm bảo cho biến

dạng dẻo thẩm thấu toàn bộ tiết diện ngang, có thể xác định từ điều kiện sau :

$$b_{tb} = 4.5\, l_{tv} + 4h_o\,, \qquad (2.1)$$

trong đó, $b_{tb} = 0,5(b_o + b_1)$ - chiều rộng trung bình của phôi; $l_{tv} = \sqrt{R.\Delta b_v}$ - chiều dài vùng biến dạng ($\Delta b_v = b_o - b_1$ - lượng ép trong giá trục đứng).

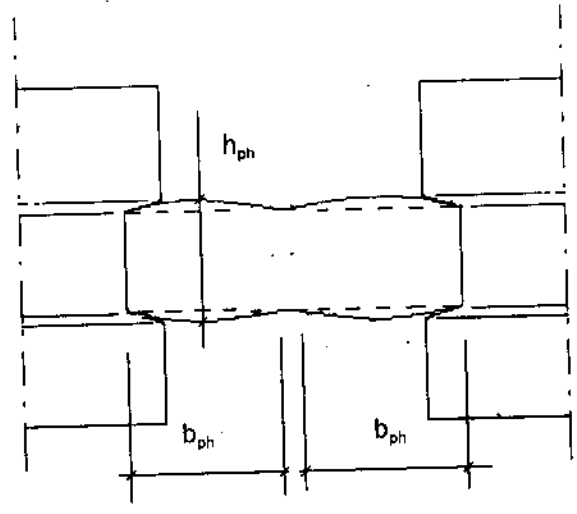
Biểu thức (2.1) cho thấy, nếu $b_{tb} > 4,5l_{tv} + 4h_o$, vùng giữa phôi sẽ không biến dạng, hiệu suất đánh gỉ của giá trục đứng sẽ kém, bởi lẽ gỉ chỉ được đánh bong ở vùng giãn rộng b_{ph}. Trị số của b_{ph} có thể tính theo công thức thực nghiệm:

$$\frac{2b_{ph}}{h_o} = 1,9 - 0,33\frac{h_o}{l_{tv}}\,, \qquad (2.2)$$

trong đó h_o là chiều dày ban đầu, mm.

Cũng từ biểu thức (2.1) ta có thể xác định lượng ép hay đường kính trục cho phép đạt hiệu suất đáng gỉ cao nhất :

$$\Delta b_v \geq \frac{(b_{tb} - 4h_o)^2}{20.2R}\,. \qquad (2.3)$$



Hình 2.6. *Sơ đồ cán phôi slab trong trục đứng có khuôn hình.*

Trong thực tế, chất lượng đánh gỉ chỉ đảm bảo khi lượng ép lớn hơn so với lượng ép tính được theo (2.3). Đại đa số các trường hợp, khi cán phôi có bề ngang tương đối hẹp, để

đánh sạch gỉ lò, lượng ép riêng tuyệt đối (cho một lần cán) trong giá trục đứng phải đạt (50÷60)mm. Tuy nhiên, do công suất động cơ truyền động và đường kính trục tương đối nhỏ, nên việc tiến hành một lượng ép riêng lớn như vậy, ở nhiều máy, không thể thực hiện được.

Để nâng cao hiệu suất đánh gỉ ở các giá trục đứng, người ta tăng đường kính trục lên tới (1200÷1300) mm.

Việc áp dụng trục đứng có khuôn hình cũng là biện pháp hiệu quả tăng chất lượng đánh gỉ. Khi cán trong trục đứng có khuôn hình, lượng giãn rộng của thép ở vùng tiếp giáp với trục bị hạn chế, còn lượng biến dạng giãn dài và độ thẩm thấu biến dạng lại tăng lên đáng kể, làm cho gỉ lò được đánh bong toàn diện hơn. Sơ đồ cán phôi slab trong trục đứng có khuôn hình được trình bày trên hình 2.6.

Sau khi đánh sạch gỉ lò, thép được chuyển sang giá cán thô. Tiếp theo, giá trục đứng chỉ dùng để san bằng mặt biên và căn chiều rộng cho thép giữa những lần cán thô nhất định.

2.3.2. Cán trong giá cán thô

Ở giá cán thô của các máy cán tấm dày hai giá, lượng ép tổng đạt tới (70÷80)% tổng lượng ép theo chiều dày phôi.

Phụ thuộc vào kết cấu của máy cán, tỷ số giữa chiều rộng của tấm sau khi cán và chiều rộng của phôi, yêu cầu về chất lượng của thép thành phẩm, ta có thể áp dụng nhiều sơ đồ cán khác nhau. Trước khi xét từng sơ đồ, cần thống nhất qui định sau : quá trình cán dọc theo trục của thỏi hoặc của slab gọi là cán dọc (CD), cán vuông góc với trục của thỏi hoặc của slab gọi là cán ngang (CN).

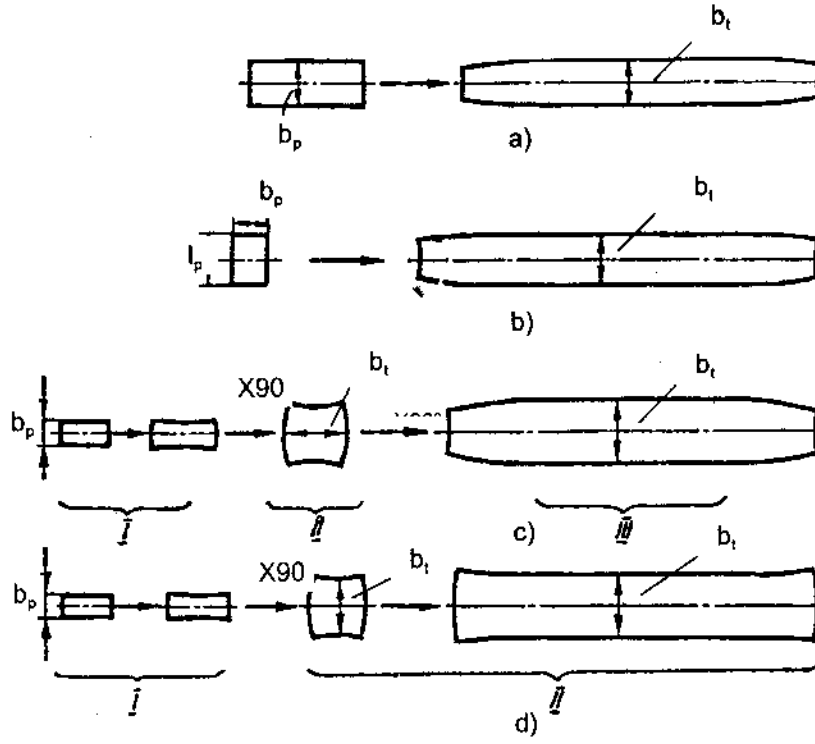
Nếu phôi là thỏi thì qua trình cán thường gồm các bước theo trình tự sau :

1. Cán mất độ côn (vát) và các gờ sống của thỏi theo sơ đồ CD, qua 3-4 lần cán ;

2. Cán phá bề rộng theo sơ đồ CN với số lần cán theo chế độ ép đã định. Bước này rất cần thiết, vì chiều rộng của tấm thép sau khi cán lớn hơn nhiều so với bề rộng của thỏi. Cán phá bề rộng tiến hành sau khi xoay phôi 90° trong mặt phẳng ngang;

3. Cán phá chiều dày và chiều dài tiến hành theo sơ đồ CD theo chế độ ép định trước, sau khi xoay thép trở lại 90°.

Trong trường hợp cán từ phôi slab, ta có thể áp dụng các sơ đồ sau :



Hình 2.7. *Các sơ đồ cán tấm dày từ slab:*

I, II, III là các bước của quá trình cán (X90- xoay 90° trong mặt phẳng ngang);

cán dọc (CD), $b_p \geq b_t$; b) cán ngang, $l_p \geq b_t$, c) cán dọc (CD), $l_p < b_t$, $b_p < b_t$;
d) cán ngang (CN), $l_p < b_t$, $b_p < b_t$.

Nếu chiều rộng của phôi, b_p, bằng hoặc lớn hơn chiều rộng của tấm chưa cắt mép, b_t, quá trình cán tiến hành theo sơ đồ CD cho đến khi đạt được độ dày cần thiết (hình 2.7-a).

Nếu chiều dài của phôi, l_p, bằng hoặc lớn hơn chiều rộng của tấm chưa cắt mép, b_t, ta có thể áp dụng sơ đồ CN. Theo sơ đồ này, chiều dài của phôi sẽ là chiều rộng của tấm và bề ngang của phôi sẽ được cán thành chiều dài của tấm (hình 2.7-b).

Đại đa số các trường hợp, thép tấm dày được cán từ phôi có chiều rộng và chiều dài nhỏ hơn chiều rộng của tấm ($b_p < b_t$, $l_p < b_t$) (hình 2.7- c, d). Trong những trường hợp này, quá trình cán có thể tiến hành hoặc theo sơ đồ CD hoặc theo sơ đồ CN .

Nếu áp dụng sơ đồ CD, quá trình cán gồm ba giai đoạn (hình 2.7-c):

1. Cán dọc đến khi đạt được chiều dài gần bằng chiều dài thân trục sau 2÷4 lần cán. Giai đoạn này gọi là bước cán giãn dài đầu tiên. Ngoài mục đích trên, giai đoạn này còn có tác dụng san bằng chiều dày và giảm độ co ở hai đầu tấm. Hệ số giãn dài của bước cán giãn dài đầu tiên, μ_1, thường nằm trong khoảng 1,1÷1,4;

2. Thép được cán theo sơ đồ CN, sau khi xoay 90°, cho đến khi đạt kích thước bằng chiều rộng của tấm chưa cắt mép. Giai đoạn này gọi là bước cán phá bề rộng. Để giảm độ không đồng đều của chiều rộng ở hai đầu tấm thép, hệ số giãn dài của giai đoạn này, μ_2, phải nhỏ nhất có thể. Trong thực tế μ_2 = 1,7÷2,1;

3. Thép được xoay 90° về vị trí dọc (CD)và được cán cho đến khi đạt được độ dày cần thiết. Giai đoạn này gọi là bước cán giãn dài thứ hai.

Theo sơ đồ CN, quá trình cán gồm hai giai đoạn (hình 2.7-d):

1. Bước cán giãn dài, tiến hành theo sơ đồ CD cho đến khi đạt chiều dài bằng chiều rộng của tấm chưa cắt mép sau 2÷4 lần cán, với μ_1 = 1,1÷1,4;

2. Thép được cán theo sơ đồ CN, sau khi xoay 90°, cho đến khi đạt được độ dày cần thiết.

Chiều dày của tấm thép sau khi cán phá bề rộng, h_2, có thể xác định theo công thức sau (bỏ qua ảnh hưởng của giãn rộng) :

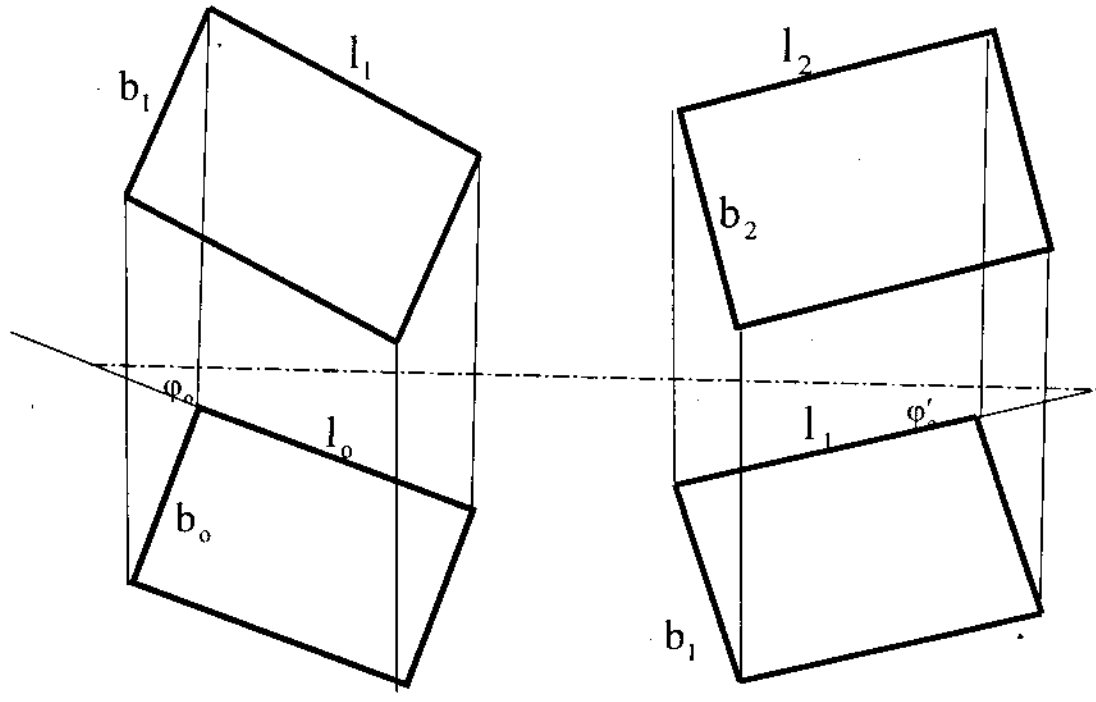
$$h_2 = \frac{h_1 b_1}{b_2}, \text{mm} \qquad (2.4)$$

trong đó, b_1, h_1 - tương ứng chiều rộng và chiều dày của tấm thép sau bước cán giãn dài đầu tiên; b_2- chiều rộng cần thiết của tấm thép sau khi cán phá bề rộng.

Lượng ép tuyệt đối, Δh, và tương đối, ε, cần thiết cho bước cán phá bề rộng có thể tính theo các công thức :

$$\Delta h = h_1 - h_2 = h_1 - \frac{b_1 h_1}{b_2} = h_1\left(1 - \frac{b_1}{b_2}\right), \text{mm} \qquad (2.5)$$

$$\varepsilon = \frac{h_1 - h_2}{h_1}.100\% = \frac{b_2 - b_1}{b_2}.100\% \ . \qquad (2.6)$$



Hình 2.8. *Sơ đồ cán góc:*

b_o, l_o – chiều rộng và chiều dài của slab; b_1, l_1, b_2, l_2 – tương ứng chiều rộng và chiều dài phôi sau lần cán thứ nhất và sau lần cán thứ hai.

Ở các máy cán một giá trio Lauta, để có được chiều rộng cần thiết của tấm, người ta thường tiến hành quá trình cán với phôi đưa nghiêng một góc so với trục - cán góc (hình 2.8). Trong quá trình cán góc, chiều dài và chiều rộng của phôi tăng đồng thời. Mức độ gia tăng của chiều rộng và chiều dài phụ thuộc vào góc đưa φ_o; góc đưa càng lớn thì chiều rộng tăng càng ít và chiều dài tăng càng nhiều. Trong thực tế, góc đưa φ_o thường bằng $10 \div 20^o$.

Chiều rộng phôi cán trong trường hợp cán góc có thể xác định theo công thức sau :

$$b_1 = \frac{b_o \mu}{\sqrt{1 + \sin^2 \varphi_o \left(\mu^2 - 1\right)}}, \text{ mm},$$

trong đó, b_o, b_1 - tương ứng chiều rộng của phôi (slab) trước và sau khi cán, mm; μ - hệ số giãn dài.

Trong trường hợp cán góc, tải trọng khi trục cán ăn kim loại giảm đi. Tuy nhiên, tiêu hao kim loại cũng gia tăng do khó thu được kích thước vuông vắn của tấm (tăng lượng cắt biên và đầu, đuôi). Năng suất của máy cán do đó cũng bị giảm đi.

Trong quá trình cán thô ở các máy cán tấm dày một hoặc hai giá, việc sử dụng trục đứng và hệ thống đánh gỉ thuỷ lực không phải lúc nào cũng đảm bảo được hiệu quả đánh gỉ cao. Để nâng cao chất lượng đánh gỉ, ở giá cán thô của các máy cán tấm dày hai giá, người ta sử dụng các trục cán có ô rãnh hoặc ô gờ. Khi cán ở các trục kiểu này, nhờ hiệu ứng nổ của hơi nước trong các ô rãnh hoặc ô gờ và sự phá huỷ cơ do lượng ép không đồng đều trải rộng trên toàn bề mặt phôi, mà hiệu suất đánh gỉ được nâng cao.

Cơ chế đánh gỉ bằng hiệu ứng nổ hơi có thể giải thích như sau : do trục cán được làm nguội với cường độ lớn, nên trên bề mặt trục luôn có nước đọng. Khi cán, thép điền vào các rãnh (hoặc ô gờ) và đẩy nước ra ngoài. Vì thép có nhiệt độ cao, nên một phần nước bị tạo thành hơi và thoát ra ngoài với áp suất rất lớn, đánh bong vảy gỉ.

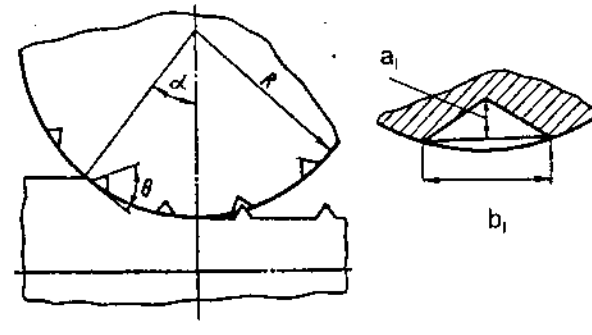
Yếu tố quan trọng để tạo hiệu ứng nổ hơi là phải tạo được khoang kín chứa nước trong rãnh (hoặc ô gờ).

Điều kiện để tạo được khoang kín trong ô rãnh, cho trường hợp $\theta > \alpha$ (θ - góc nghiêng của thành rãnh, α - góc ăn kim loại), có thể viết như sau (hình 2.8):

$$\Delta h < \frac{4a_l^2 R}{b_l^2}, \text{ mm} \qquad (2.7)$$

trong đó, Δh - lượng ép tuyệt đối; R- bán kính trục cán; a_l , b_l - kích thước ô rãnh.

Sau khi cán trong trục có ô rãnh, trên bề mặt tấm thép xuất hiện các mô gờ. Nếu mô gờ quá cao, trên bề mặt thành phẩm (sau khi cán ở giá cán tinh) có thể tạo thành các khuyết tật dạng vảy. Để khắc phục nhược điểm này, tổng lượng ép trong giá cán tinh phải bằng hoặc lớn hơn 20% tổng của chiều dày của phôi (h_p) và độ sâu của ô rãnh (a_l). Độ dày của tấm thép khi chuyển sang giá cán tinh, h_t, có thể tính theo công thức thực nghiệm sau :



Hình 2.9. Sự phân bố và kích thước ô rãnh trên bề mặt trục cán.

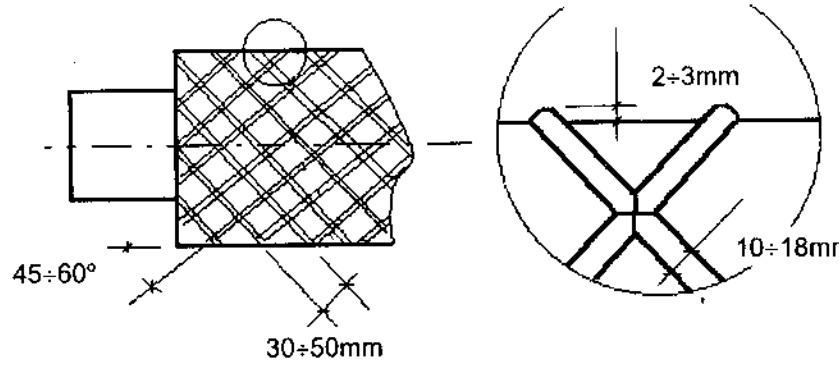
$$h_t = 0{,}2\,(h_p + a_l) + h_{tp}, \text{ mm} \qquad (2.9)$$

trong đó, h_{tp} - chiều dày của thép tấm thành phẩm. Chiều sâu của ô rãnh thường bằng (2÷5) mm.

Trục rãnh có nhược điểm kém bền, tuổi thọ ngắn, gia công ô rãnh trên bề mặt trục phức tạp và tốn thời gian. Để khắc phục các nhược điểm trên, người ta thay trục ô rãnh bằng các trục ô gờ (hình 2.10).

Để tạo ô gờ trên mặt trục, người ta dùng phương pháp hàn, sau đó mài nhẵn các đường gờ.

So với trục ô rãnh, trục ô gờ có ưu điểm là chế tạo đơn giản, độ bền cao hơn. Ngoài ra, khi cán trong trục ô rãnh, các mô gờ tạo ra trên bề mặt thép nguội đi nhanh, còn khi cán trong trục ô gờ, các đường lõm in trên mặt thép nguội không nhanh hơn so với toàn bộ bề mặt tấm, do đó khuyết tật bề mặt của sản phẩm cán trong trục ô gờ ít hơn.



Hình 2.10. *Trục cán có ô gờ.*

Quá trình cán trong giá cán thô tiến hành ở nhiệt độ cao. Nhiệt độ của thép khi vào giá cán thô khoảng (1160÷1200)°C, nhiệt độ kết thúc cán trong giá cán thô - (1020÷1050)°C.

Phụ thuộc vào kích thước của sản phẩm, chiều dày của thép khi chuyển sang giá cán tinh nằm trong khoảng (15÷80) mm.

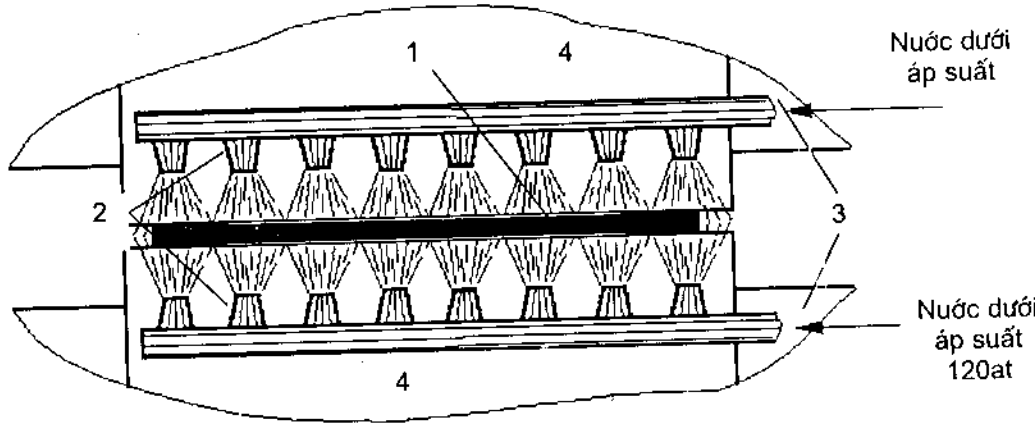
2.3.3. Cán trong giá cán tinh

Sau khi cán ở giá cán thô, thép được chuyển đến giá cán tinh và được cán ở đây theo một chiều cho đến khi đạt được độ dày cần thiết.

Quá trình cán trong giá cán tinh phải đảm bảo thu được sản phẩm có kích thước, độ chính xác, hình dạng và cơ-lý tính theo yêu cầu.

Tổng lượng ép trong giá cán tinh bằng (20÷30)% lượng ép tổng cộng. Quá trình tạo biên dạng và chất lượng bề mặt cho thép thực hiện trong giá cán tinh và phụ thuộc vào sự phân bố lượng ép riêng cho các lần cán. Do vậy, để đảm bảo các yêu cầu về chất lượng bề mặt, độ chính xác và hình dạng của sản phẩm, lượng ép được phân bố giảm dần từ lần cán đầu tiên đến lần cán cuối cùng. Trong hai lần cán cuối, lượng ép thường không vượt quá (3÷10)%. Khi cán tấm có chiều dày dưới 10 mm, có thể xuất hiện một số khuyết tật của sản phẩm như cong vênh, uốn sóng, ... Để góp phần khắc phục các dạng khuyết tật này, người ta áp dụng một lần cán là với khe cán không đổi hoặc lớn hơn một chút so với khe cán trong lần cán cuối cùng.

Nhiệt độ của thép khi vào giá cán tinh không được thấp hơn (950÷1000)°C và nhiệt độ kết thúc cán không thấp hơn 720 °C để tránh cho thép bị hoá bền đáng kể.



Hình 2.11. *Sơ đồ bố trí hệ thống đánh gỉ thuỷ lực:*
Thép cán; 2- Vòi phun nước áp suất cao; 3- Ống dẫn nước; 4- Trục cán.

Để tẩy gỉ tạo ra trong quá trình cán trên bề mặt thép (gỉ cán), giá cán tinh được trang bị hệ thống đánh gỉ thuỷ lực (hình 2.11).

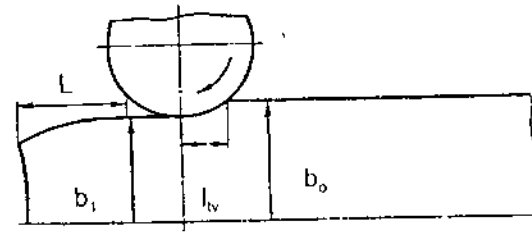
Ở các máy cán tấm dày một giá, chế độ nhiệt và chế độ ép cho những lần cán tinh hoàn toàn giống như đối với giá cán tinh của máy hai giá. Tuy nhiên, do chỉ có một giá, vừa cán thô vừa cán tinh, nên chất lượng bề mặt của sản phẩm thấp hơn so với máy hai giá.

Sau khi cán, thép tấm được tiếp tục làm nguội tại sàn làm nguội kiểu con lăn. Để cường hoá quá trình nguội, ở đây có thể được trang bị các giàn phun mưa. Sau khi làm nguội đến nhiệt độ thích hợp, thép tấm dày được nhiệt luyện, nắn phẳng ở trạng thái nguội và tinh chỉnh (hình 2.4.).

2.4. Đặc điểm biến dạng của thép khi cán ở các máy cán tấm dày

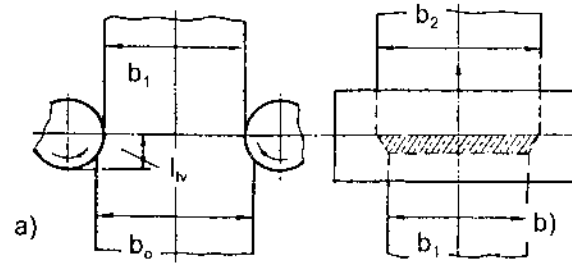
Khi cán trong các giá trục ngang, chiều rộng của tấm thép lớn hơn rất nhiều so với chiều dày. Tỷ lệ giữa chiều rộng ban đầu, b_o, và chiều dày trung bình, h_{th}, của tấm thép thường lớn hơn 10 (b_o/h_{th} >10). Trong trường hợp này, lượng giãn rộng của thép không đáng kể. Khi tính lực cán, yếu tố giãn rộng có thể bỏ qua, có nghĩa là biến dạng của thép có thể coi như phẳng và đồng đều .

Ở giá cán trục ngang, thép biến dạng trong điều kiện tỷ số l_t/h_{th} = (0,5 ÷ 3,0) (l_t là chiều dài cung tiếp xúc). Trong các giá (lần) cán thô l_t/h_{th} < 1,5 (những lần cán thô đầu tiên tương ứng l_t/h_{th} < 1,0). Trong các giá (lần) cán tinh - l_t/h_{th} = (1,5 ÷ 3,0).



Hình 2.12. Sơ đồ biến dạng của đầu trước phôi thép khi cán trong trục đứng:
b_o, b_1- tương ứng chiều rộng trước và sau khi cán của phôi thép; l_t- chiều dài cung tiếp xúc; L- chiều dài vùng biến dạng bổ sung (miền ngoài).

Quá trình biến dạng của thép trong trục đứng thuộc trường hợp cán khối cao và hẹp. Tỷ số giữa chiều dài cung tiếp xúc, l_{tv}, và chiều rộng trung bình của phôi, b_{th}, thường nhỏ hơn (0.1 ÷ 0.15) (l_{tv}/b_{th} = 0.1 ÷ 0.15). Khi cán trong giá trục đứng, lượng giãn rộng ở vùng tiếp giáp với trục cán phân bố không đồng đều theo chiều dọc cũng như theo chiều rộng của phôi.



Hình 2.13. Sơ đồ cán trong giá trục đứng (a) và trục ngang (b).

Tại vùng tiếp giáp, ở phần đầu và phần cuối phôi thép không có sự giãn rộng. Lượng giãn rộng tăng dần và ở một khoảng cách nhất định kể từ hai đầu phôi, đạt giá trị cực đại ổn định. Vùng có lượng giãn rộng chưa ổn định gọi là miền ngoài (hình 2.12). Khi cán ở giá trục

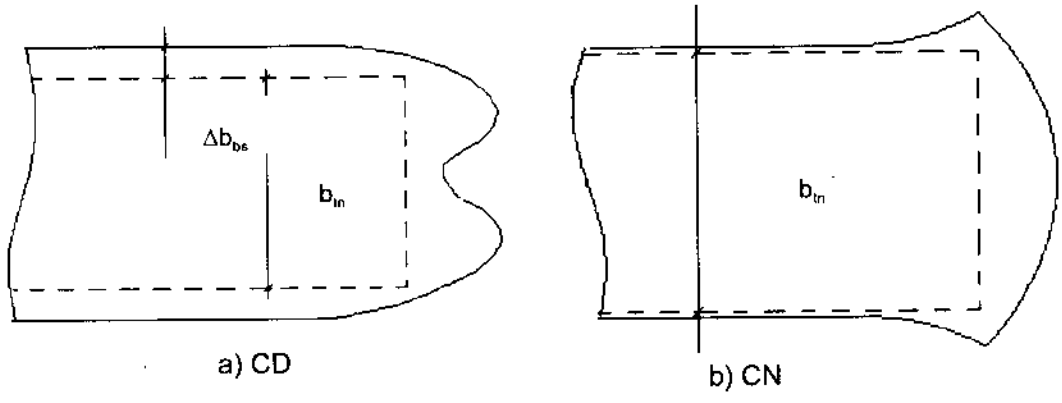
đứng, chiều rộng của đầu trước phôi thép nhỏ hơn so với khoảng cách giữa hai bề mặt trục khi quá trình cán đã ổn định (hình 2.13-a). Biến dạng bổ sung (hay sự co) của đầu trước phôi thép được giải thích bởi đặc điểm chảy của vật liệu dưới tác dụng của biến dạng đàn hồi của giá cán, trong điều kiện tồn tại miền ngoài không hoàn toàn. Độ dài miền biến dạng bổ sung, L, bằng khoảng 1/2 chiều rộng ban đầu của phôi.

Sự phân bố không đồng đều của giãn rộng tại vùng tiếp giáp và biến dạng bổ sung ở hai đầu phôi thép là nguyên nhân dẫn đến giãn rộng bổ sung (nếu thép được cán tiếp tục theo sơ đồ CD, hình 2.14-a) hoặc giãn rộng hình quạt (nếu theo sơ đồ CN, hình 2.14-b). Do vậy, khi cán tấm rộng từ phôi hẹp theo sơ đồ CD, định mức cắt mép tăng (4÷5)%; theo sơ đồ cán ngang, định mức cắt hai đầu tăng (2÷4)%. Điều đó chứng tỏ, bề rộng của tấm thép hình thành không chỉ trong giá trục đứng mà cả trong giá trục ngang.

Để đánh giá hiệu suất sử dụng giá trục đứng, ta căn cứ vào hệ số hữu ích η_v :

$$\eta_v = 1 - \frac{\Delta b_n}{\Delta b_v}, \qquad (2.9)$$

trong đó, Δb_n - lượng giãn rộng bổ sung khi cán trong giá trục ngang, gây nên bởi giãn rộng khi cán trong giá trục đứng; Δb_v- lượng ép trong giá trục đứng.



Hình 2.13. *Hình dạng phổ biến của thép tấm dày sau khi cán theo sơ đồ CD (a) và CN (b), Δb_{bs}- giãn rộng bổ sung; b_{tn}- chiều rộng thành phẩm trong trường hợp giãn rộng tự nhiên (khi cán phôi không qua ép trong trục đứng).*

Chiều rộng của thép sau khi cán trong giá trục ngang b_2 (hình 2.12-b) phụ thuộc vào chiều rộng của phôi trước khi cán trong giá trục đứng b_o và có thể xác định theo công thức sau :

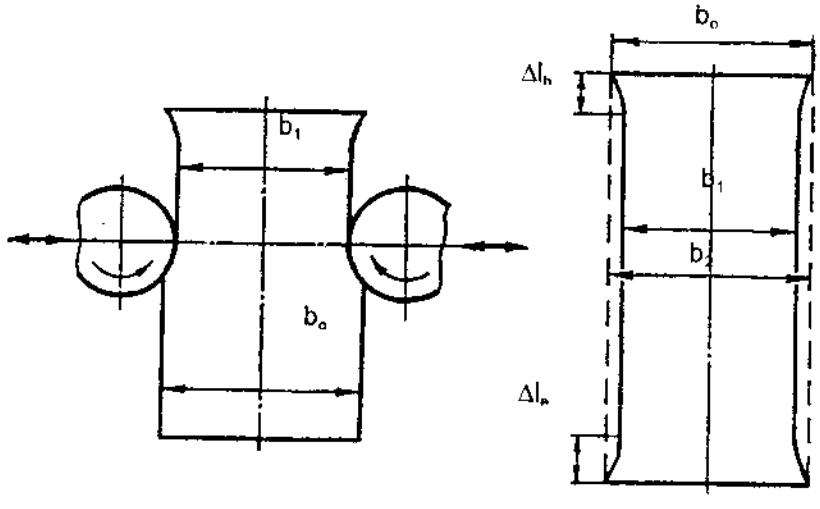
$$b_2 = b_1\eta_v + b_o - b_o\eta_v + \Delta b_1, \text{ mm} \qquad (2.10)$$

trong đó, b_1 - chiều rộng của thép sau khi cán trong giá trục đứng; Δb_1- lượng giãn rộng tự nhiên của tấm thép có tiết diện ngang vuông vắn và chiều rộng b_1 khi cán trong giá trục ngang.

Hệ số hữu ích của giá cán trục đứng, trong điều kiện b_{tb}/l_{tv}= (4.5÷12) có thể xác định theo công thức thực nghiệm :

$$\eta_v = 0{,}87 - 0{,}0375\frac{b_{tb}}{l_{tv}} \qquad (2.11)$$

Để giảm bớt định mức cắt mép biên (theo sơ đồ CD) và cắt đầu, đuôi (theo sơ đồ CN), khi cán phôi trong giá trục đứng, người ta áp dụng phương pháp thay đổi lượng ép theo chiều dọc phôi (hình 2.15).



Hình 2.15. *Sơ đồ cán trong giá trục đứng với lượng ép biến đổi theo chiều dọc phôi.*

b_o- chiều rộng ban đầu của phôi; b_1- chiều rộng của phôi sau khi cán trong giá trục đứng; b_2- chiều rộng của thép sau khi cán trong giá trục ngang; Δl_h, Δl_e- tương ứng chiều dài phần đầu và phần cuối phôi được cán với lượng ép thay đổi.

Phần đầu và phần cuối của phôi với chiều dài (350÷700) mm được ép trong trục đứng với lượng ép thay đổi, nhỏ hơn lượng ép ổn định ở phần giữa phôi. Đối với các phôi có chiều rộng (1000÷ 1200) mm, độ chênh lệch về lượng ép ở hai đầu và ở giữa nằm trong khoảng (60÷ 80) mm.

Ngoài phương pháp ép trong trục đứng với lượng ép biến đổi theo chiều dọc phôi nêu trên, Để thu được thép tấm có hình dạng vuông vắn, người ta còn áp dụng phương pháp ép hai đầu phôi trong trục đứng (ép theo chiều dọc).

2.5. Các thông số năng lượng của quá trình cán tấn dày

Lực cán (áp lực toàn phần của kim loại lên trục cán), trong trường hợp cán trong trục ngang, tính theo công thức :

$$P = p_{tb} . L_t . b_{oi} , MN \qquad (2.12)$$

trong đó, p_{tb} - áp lực riêng trung bình của kim loại lên trục cán, MN/m^2 ; l_t- chiều dài cung tiếp xúc ($l_t = \sqrt{R.\Delta h}$), m; b_{oi}- chiều rộng của thép trước lần cán, m.

Để tính áp lực riêng trung bình, trong trường hợp cán nóng thép tấm dày (không có lực kéo căng), ta có thể sử dụng các công thức của Korolev và Brovman.

Công thức Korolev nhận được trên cơ sở giải đồng thời phương trình vi phân cân bằng và phương trình dẻo với các giả thiết cơ bản :

- Biến dạng được coi như phẳng và đồng đều;
- Lực ma sát trên toàn bộ chiều dài cung tiếp xúc tỷ lệ thuận với ứng suất pháp theo định luật ma sát Amonton-Coulon;
- Hệ số ma sát không thay đổi trên toàn bộ chiều dài cung tiếp xúc;
- Cung tiếp xúc được thay thế bằng dây cung;
- Không tính tới ảnh hưởng của miền ngoài.

Cơ sở của công thức Brovman là phương pháp đường trượt. Lực ma sát trong trường hợp này được giả thiết tuân theo định luật Zibel. Các giả thiết khác tương tự như trường hợp của Korolev.

Công thức Korolev, áp dụng khi $l_t / h_{tb} > 1$, viết như sau :

$$p_{tb} = 1.15\sigma_T \frac{2}{\varepsilon\delta}\left[\left(\frac{1}{1-\varepsilon}\right)^{\frac{\delta-1}{2}} - \left(1-\frac{\varepsilon}{2}\right)\right], \text{MN/m}^2, \qquad (2.13)$$

trong đó, σ_T - giới hạn chảy của thép cán trong điều kiện nhiệt độ, mức độ và tốc độ biến dạng tương ứng, MN/m^2 ; ε - lượng ép tương đối (mức độ biến dạng), $\varepsilon = \Delta h/h_o$; h_{tb}- chiều dày trung bình của thép cán, $h_{tb} = (h_o + h_1)/2$, m ; hệ số δ xác định theo công thức sau :

$$\delta = \frac{2f_y}{\alpha} \approx \frac{2f_y l_t}{\Delta h}, \qquad (2.14)$$

trong đó, f_y - hệ số ma sát khi quá trình cán đã ổn định; α - góc tiếp xúc của thép với trục cán; Δh - lượng ép tuyệt đối, $\Delta h = h_o - h_1$.

Công thức Brovman :

- Trường hợp $l_t / h_{tb} \geq 2$:

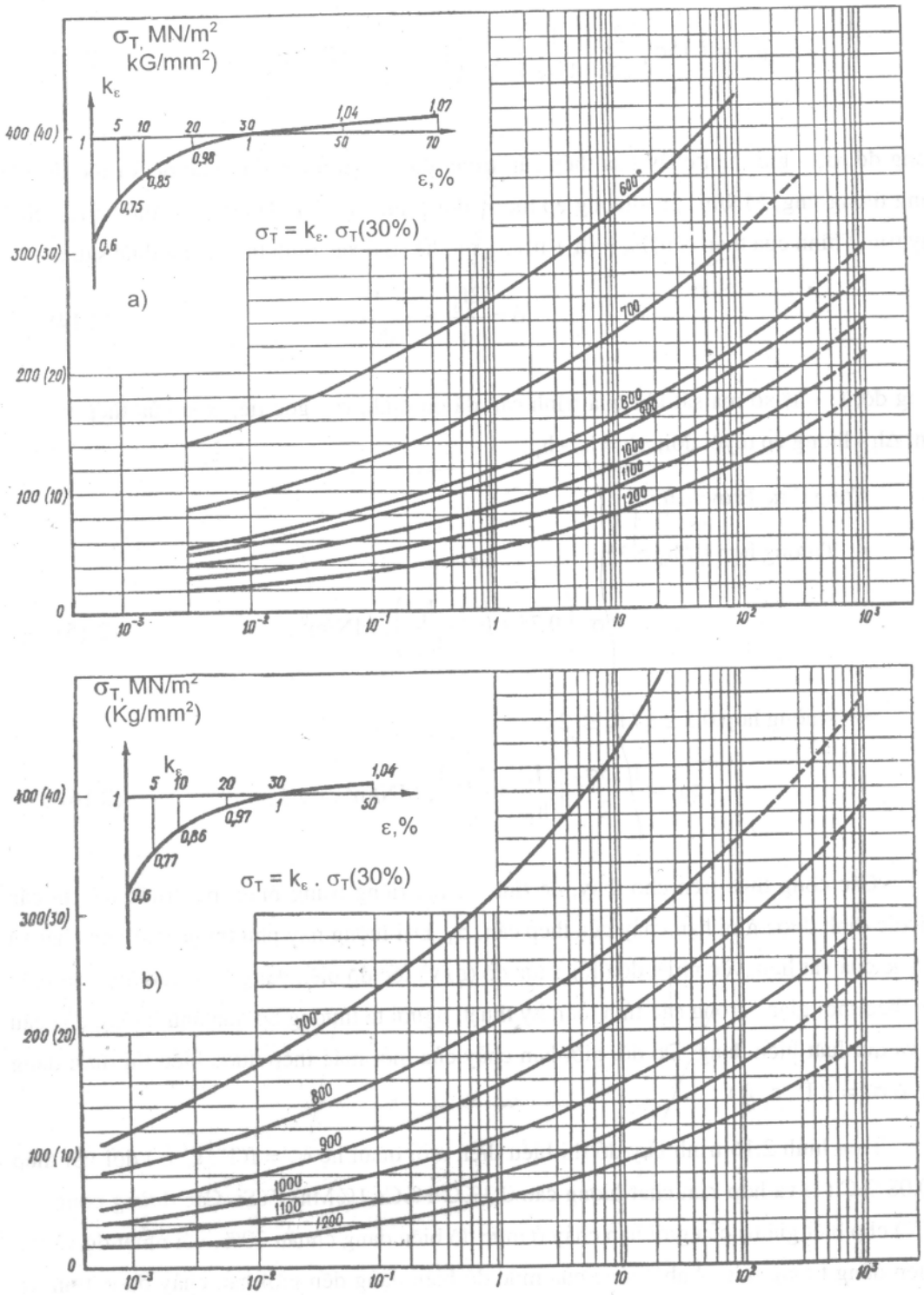
$$p_{tb} = 1{,}15\sigma_T\left(0{,}75 + 0{,}25\frac{l_t}{h_{tb}}\right), \text{MN/m}^2, \qquad (2.15)$$

- Trường hợp $0{,}5 \leq l_t / h_{tb} \leq 2$:

$$p_{tb} = \frac{1.15\sigma_T}{2}\left(\frac{l_t}{h_{tb}} + \frac{h_{tb}}{l_t}\right), \text{MN/m}^2. \qquad (2.16)$$

Các công thức trên cho thấy, để tính áp lực riêng trung bình, p_{tb}, trước hết, ta cần phải xác định được giới hạn chảy của thép cán, σ_T. Đại lượng này phụ thuộc vào bản chất và cấu trúc của vật liệu, vào nhiệt độ (T°), mức độ (ε) và tốc độ biến dạng ($\dot{\varepsilon}$), vào qui luật biến dạng theo thời gian. Trong các tính toán kỹ thuật, người ta thường bỏ qua ảnh hưởng của cấu trúc và qui luật biến dạng. Do đó, giới hạn chảy của mỗi mác thép được biểu thị dưới dạng hàm số $\sigma_T = f(T°, \varepsilon, \dot{\varepsilon})$.

Trên hình 2.16 trình bày đồ thị biểu diễn mối quan hệ $\sigma_T = f(T°, \varepsilon, \dot{\varepsilon})$ đối với thép sôi 0,08 %C (a) và hợp kim chất lượng cao 0,3%C-1%Cr-1%Mn-1%Si. Các đường cong σ_T ($\dot{\varepsilon}$, T°) cho biết giá trị của giới hạn chảy ở mức độ biến dạng chuẩn 30%, với nhiệt độ và tốc độ biến dạng tương ứng. Ảnh hưởng của mức độ biến dạng đến giới hạn chảy được tính tới thông qua hệ số k_ε (xác định trên trên đồ thị $k_\varepsilon = f(\varepsilon)$). Giá trị cần tìm của σ_T sẽ là tích của $\sigma_T(30\%)$ và k_ε xác định được từ đồ thị.



Hình 2.16. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ $\sigma_T = f(T^o, \varepsilon, \dot{\varepsilon})$ đối với thép sôi 0,08 % C (a) và hợp kim chất lượng cao 0,3%C- 1%Cr-1%Mn-1%Si (b).

Để xác định giới hạn chảy của thép trong khoảng nhiệt độ (800÷1300)°C, ta có thể sử dụng công thức thực nghiệm sau :

$$\sigma_T = s\sigma_{To}\dot{\varepsilon}^a(10\varepsilon)^b\left(\frac{T^o}{1000}\right)^c, \text{ MN/m}^2 \text{ (kG/mm}^2\text{)}, \qquad (2.17)$$

trong đó, ε tính bằng phần của đơn vị ; σ_{To} là giới hạn chảy tương ứng $\dot{\varepsilon} = 1s^{-1}$, ε = 0.1 và T°= 1000 °C ; s, a, b, c - các hệ số đặc trưng của vật liệu, xác định bằng thực nghiệm.

Giá trị của các hệ số s, a, b, c và σ_{To} cho một số mác thép được trình bày trong bảng 2.2.

Khi sử dụng đồ thị hay công thức thực nghiệm để xác định σ_T, cần phải biết nhiệt độ của thép trong vùng biến dạng, mức độ và tốc độ biến dạng trung bình theo cung tiếp xúc. Mức độ và tốc độ biến dạng trung bình có thể tính theo các công thức sau :

$$\varepsilon_{tb} = \frac{2}{3}\frac{h_o - h_1}{h_o}, \qquad (2.18)$$

$$\dot{\varepsilon}_{tb} = \frac{v_1}{l_t}\frac{h_o - h_1}{h_o}, s^{-1}, \qquad (2.19)$$

trong đó, v_1- vận tốc của thép khi ra khỏi trục cán (vận tốc thoát), mm/s ; h_o, h_1- tương ứng chiều dày của thép trước và sau lần cán, mm.

Hệ số ma sát khi quá trình cán ổn định, f_y, phụ thuộc vào thành phần hoá học của thép, nhiệt độ cán, vận tốc trượt tương đối giữa thép và trục cán, vật liệu và trạng thái bề mặt trục. Hệ số ma sát f_y có thể xác định theo công thức sau :

$$f_y = k_1 . k_2 . f_o, \qquad (2.20)$$

trong đó, k_1- hệ số tính tới ảnh hưởng của thành phần hoá học thép cán (k_1 = 1 đối với thép cacbon thấp, k_1 = 0.8÷0.9 - các mác thép cacbon cao, k_1 = 1.1÷1.2 - các mác thép không gỉ) ; k_2 - hệ số tính tới ảnh hưởng của vật liệu và trạng thái bề mặt trục cán (bảng 2.3) ; f_o - hệ số ma sát tương ứng điều kiện nhiệt độ và tốc độ trượt tương đối cho trước (bảng 2.4).

Vận tốc trượt tương đối của thép trên mặt trục, v_{tr}, có thể xác định theo công thức :

$$v_{tr} = v_t\frac{h_o - h_1}{3h_1}, \text{ m/s}, \qquad (2.21)$$

trong đó, v_t - vận tốc biên của trục cán, m/s .

Bảng 2.2. *Các hằng số cho công thức (2.17) và sai số bình phương trung bình giữa các giá trị tính toán và thực nghiệm* δ_{bp}

Mác thép*	s	σ_{To}, kG/mm^2	a	B	- c	δ_{bp}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
CT3 kп	0.885	7,79	0,135	0,164	2,80	10,1
CT3 cп	0,960	9,07	0,124	0,167	2,54	6,33
CT5 cп	0,917	8,95	0,144	0,208	3,35	10,3
15Г	0,842	10,3	0,126	0,188	2,74	7,97
23Г2А	0,962	8,82	0,123	0,229	3,23	4,67
35ГС	0,975	8,96	0,136	0,187	2,79	7,10
А35Г2	0,940	8,35	0,151	0,122	3,66	8,10
30ХГСА	0,966	9,24	0,134	0,250	3,34	6,19
15ХСНД	0,880	9,32	0,122	0,226	2,90	7,10
20ХГ2Д	1,011	9,58	0,125	0,213	3,65	9,15
30ХГСНА	1,051	9,76	0,116	0,140	3,42	5,53
15ХГНТА	0,932	10,8	0,108	0,257	3,25	6,03
45	1,000	8,74	0,143	0,173	3,05	6,77
40Х	0,979	8,75	0,130	0,170	3,62	6,70
40ХН	0,935	8,85	0,134	0,234	3,47	6,28
40ХГНМ	0,870	10,3	0,173	0,144	2,64	10,2
38ХМОА	1,016	10,0	0,114	0,273	3,72	4,51
40ХНМА	0,966	9,27	0,125	0,175	3,40	6,57
ТВМ	1,050	8,11	0,085	0,253	3,80	6,67
65Г	1,007	7,27	0,166	0,222	3,02	6,19
Y7A	0,948	7,87	0,159	0,197	2,87	7,00
Y10A	0,995	8,05	0,163	0,194	3,57	4,54
Y12A	1,057	7,00	0,173	0,180	3,26	6,23
60C2	0,921	10,5	0,153	0,197	3,46	6,52
60C2XA	0,946	10,1	0,139	0,115	3,84	8,07
33A	0,945	4,81	0,198	0,074	3,85	8,63
ШХ15	1,010	7,96	0,137	0,220	4,07	5,03
12Х2НЧА	0,966	10,4	0,100	0,226	3,20	5,36
18Х2НЧВА	0,971	10,7	0,117	0,165	2,73	8,83
ЭП182	0,927	15,6	0,120	0,108	4,63	7,59
В2Ф	0,950	12,4	0,135	0,119	3,69	6,83
ЭП257	0,947	14,9	0,127	0,103	3,99	8,63
30Х5МВНФСА	0,836	18,6	0,124	0,150	4,61	7,50

Bảng 2.2 (tiếp)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
ЭИ962	0,949	16,1	0,101	0,169	3,70	6,71
3Х2В8Ф	0,895	16,2	0,113	0,113	3,54	6,85
Р18	0,780	23,7	0,136	0,100	3,01	10,1
1Х13	0,950	14,5	0,102	0,125	3,50	8,81
2Х13	0,900	13,6	0,132	0,210	3,26	11,2
Х12М	0,861	21,2	0,127	0,067	3,12	7,37
ВНС14	0,900	13,7	0,124	0,208	4,88	10,8
Х17Н2	0,866	12,6	0,130	0,063	4,72	4,34
ЭП56	1,023	14,8	0,106	0,139	3,95	6,56
ВНС165	0,921	14,6	0,107	0,150	4,93	15,3
ЭИ636	0,934	5,65	0,172	0,067	3,64	8,80
ЭИ 439	1,028	5,85	0,124	0,052	3,70	6,82
ЭИ 811	0,900	15,0	0,077	0,067	3,23	7,24
ЭИ 302	0,804	19,8	0,104	0,070	3,00	8,83
Х18Н10Т	0,825	22,2	0,112	0,088	4,35	7,73
ЭИ 654	0,930	19,0	0,155	0,064	4,48	7,52
ЭИ 432	0,850	21,7	0,122	0,046	3,75	3,00
ЭИ 448	0,906	21,8	0,072	0,173	2,31	6,45
ЭИ 319	0,888	19,2	0,093	0,127	3,18	9,00
000Х21Н16АГ8	0,887	21,1	0,103	0,128	3,27	9,30
Х23Н18	0,848	21,1	0,093	0,105	3,18	7,82
000Х21Н21МНБ	0,883	23,9	0,096	0,151	3,21	7,55
ЭИ 723	0,975	13,8	0,108	0,107	3,94	7,20
ЭИ 711	1,015	14,9	0,099	0,142	3,12	8,36
СП33	0,965	12,0	0,114	0,200	2,95	5,87
ЭИ 702	0,918	22,4	0,166	0,134	5,38	9,17
ЭИ 943	0,918	24,8	0,109	0,089	3,46	4,52
ЭИ 437Б	0,885	28,9	0,158	0,037	4,32	9,05
ЭИ 602	0,809	38,6	0,116	0,153	3,22	11,9
ЭИ 617	0,753	39,0	0,108	0,118	3,87	15,7
ЭИ 487	0,839	49,1	0,132	0,060	5,47	12,4
ЭИ 109	0,515	76,9	0,124	0,055	6,32	15,9
ЭИ 220	0,694	67,6	0,086	0,026	8,06	

* Theo ký hiệu của Nga

Bảng 2.3. Hệ số k_2

Vật liệu và trạng thái bề mặt trục cán	k_2
Trục thép mới	1,01
Trục thép bị mòn và rạn nhiệt trên bề mặt	1,1÷1,2
Trục thép có bề mặt được tạo vân khía hoặc mô hàn đắp	1,2÷1,3
Trục gang mới bán cứng	0,8÷0,9
Trục gang bán cứng bị mòn	0,9÷1,0
Trục gang có vân khía	1,0÷1,1
Trục gang có bề mặt biến trắng và được mài bóng	0,65÷0,75
Trục thép tiện hoặc mài bóng	0,7÷0,9

Áp lực riêng trung bình của kim loại lên trục cán khi cán trong trục đứng, p_{tbv}, có thể tính một cách gần đúng, với điều kiện h_o/l_{tv}= (0,25÷2,5), theo công thức sau :

$$p_{tbv} = 1{,}15\sigma_T\left(1{,}1 + 0{,}44\frac{h_o}{l_{tv}}\right), \text{ MN/m}^2. \qquad (2.22)$$

Khi xác định giới hạn chảy của thép cán trong trục đứng, cần chú ý là không phải lúc nào biến dạng dẻo cũng thẩm thấu toàn bộ chiều rộng của phôi. Do đó, khi tính tốc độ và mức độ biến dạng trung bình, ta không lấy toàn bộ chiều rộng của phôi mà chỉ lấy phần có biến dạng kể từ phía hai trục cán. Có nghĩa là, giá trị h_o ở mẫu số trong các công thức (2.18), (2.19) được thay thế bằng b_{ph} (hình 2.5) :

$$\varepsilon_{tb} = \frac{2}{3}\frac{b_o - b_1}{b_{ph}}, \qquad (2.23)$$

$$\dot{\varepsilon}_{tb} = \frac{v_1}{l_t}\frac{b_o - b_1}{b_{ph}}, s^{-1}, \qquad (2.24)$$

Bảng 2.4. Hệ số ma sát f_o trong điều kiện nhiệt độ và tốc độ trượt tương ứng

Nhiệt độ của thép, °C	Hệ số ma sát f_o trong điều kiện tốc độ trượt, v_{tr}, bằng (m/s)							
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	3,0
700	0,46	0,43	0,41	0,37	0,34	0,31	0,29	0,26
800	0,49	0,46	0,43	0,39	0,36	0,33	0,29	0,26
900	0,49	0,46	0,43	0,39	0,36	0,33	0,29	0,26
950	0,46	0,43	0,41	0,37	0,34	0,31	0,28	0,25
1000	0,43	0,40	0,38	0,35	0,33	0,30	0,27	0,24
1050	0,39	0,37	0,36	0,33	0,31	0,29	0,26	0,24
1100	0,36	0,34	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23
1150	0,33	0,32	0,31	0,29	0,28	0,26	0,24	0,22
1200	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,23	0,21

Chiều rộng phần biến dạng, b_{ph}, có thể xác định theo công thức :

$$b_{ph} = h_o\left(1{,}9 - 0{,}33\frac{h_o}{l_{tv}}\right). \qquad (2.25)$$

Quá trình cán trong giá trục ngang tiến hành không có lực kéo căng, do đó momen cán, truyền bởi hai trục, được tính theo công thức :

$$M_c = 2.P.\psi.l_t\ ,\ KN.m\ , \qquad (2.26)$$

trong đó, P - áp lực toàn phần của kim loại lên trục cán, kN; ψ- hệ số cánh tay đòn của momen, xác định theo công thức :

$$\psi = \frac{1}{2-\varepsilon}\left(1 - \varepsilon\frac{1 + f_y\dfrac{l_t}{h_{tb}}}{2 + f_y\dfrac{l_t}{h_{tb}}}\right), \qquad (2.27)$$

trong đó, ε - lượng ép tương đối tính bằng phần của đơn vị; f_y- hệ số ma sát khi quá trình cán đã ổn định.

Khi tính momen cán trong giá trục đứng, M_{cv}, hệ số cánh tay đòn của momen có thể nhận bằng 0.5. Khi đó momen cán cho hai trục được tính theo công thu :

$$M_{cv} = p_{tb.v} \cdot h_{tb} \cdot R_v \cdot \Delta b_v \text{ , KN.m ,} \qquad (2.28)$$

trong đó, $p_{tb.v}$- áp lực riêng trung bình của kim loại lên trục đứng; h_{tb}- chiều dày trung bình của phôi khi cán trong trục đứng; R_v- bán kính trục đứng; Δb_v- lượng ép tuyệt đối trong giá trục đứng.

Công suất của động cơ truyền động đảo chiều, N_m, và momen quay trên trục động cơ, M_m, được tính theo các công thức sau :

$$Nm = Nc + Nms + No \pm Nd \text{ ,} \qquad (2.29)$$

$$M_m = M'_c + M'_{ms} + M'_o \pm M'_d \text{ ,} \qquad (2.30)$$

trong đó, M'_c, N_c - tương ứng momen cán qui về trục động cơ và công suất cán cần thiết để biến dạng thép; M'_{ms}, N_{ms} - tương ứng momen ma sát qui về trục động cơ và công suất của lực ma sát, $M'_{ms} = M'_{ms1} + M'_{ms2}$, với M'_{ms1}, M'_{ms2} - tương ứng momen qui về trục động cơ của lực ma sát trong các ổ lót trục và trong các cơ cấu truyền động; M'_o, N_o - tương ứng momen không tải qui về trục động cơ và công suất không tải, cần thiết để quay trục trong khoảng thời gian giữa các lần cán; M'_d, N_d - tương ứng momen động qui về trục động cơ và công suất động cần thiết để khắc phục quán tính của trục cán, trục spinden, bánh răng của giá truyền lực, các khớp nối và các chi tiết quay khác (M'_d, N_d dương trong giai đoạn tăng tốc và âm trong giai đoạn giảm tốc).

Momen M'_c tính theo công thức :

$$M'_c = \frac{M_c}{i} \text{ ,} \qquad (2.31)$$

với i là tỷ số truyền của cơ cấu truyền động cho trục cán từ động cơ.

Đối với các giá cán kvarto, M'_{ms1}, M'_{ms2} có thể tính theo các công thức sau :

$$M'_{ms1} = \frac{2Pf_t\rho_t}{i}\frac{D_{lv}}{D_t} \text{ , KN.m ,} \qquad (2.32)$$

$$M'_{ms2} = \left(\frac{1}{\eta_\Sigma} - 1\right)\frac{M_c + M_{msl}}{i}, \text{ KN.m}, \qquad (2.33)$$

trong đó, f_t- hệ số ma sát trong ổ lót trục tựa; ρ_t- bán kính ngõng cổ trục tựa trong ổ lót ma sát lỏng (nếu ổ lót trục là ổ lăn, ρ_t sẽ là bán kính ngoài của vòng trong ổ đũa côn); D_{lv}, D_t - tương ứng đường kính trục làm việc và trục tựa; η_Σ - Hệ số hữu ích tổng của hệ truyền động từ động cơ đến trục cán, xác định theo công thức :

$$\eta_\Sigma = \eta_{tl} + \eta_{gt} + \eta_{sp}, \qquad (2.34)$$

với η_{tl} là hệ số hữu ích của hộp truyền lực (η_{tl} = 0.92÷0.95); η_{gt} là hệ số hữu ích của hộp giảm tốc (η_{gt} = 0.95÷0.98 cho mỗi cấp); η_{sp} là hệ số hữu ích của trục spinden và các khớp nối (η_{sp} = 0.99). Trong thực tế, η_Σ = (0.85÷0.94).

Đối với các giá duo, M'_{msl} tính theo công thức :

$$M'_{msl} = \frac{2Pf_{lv}\rho_{lv}}{i}, \text{ KN.m}, \qquad (2.35)$$

trong đó, f_{lv}, ρ_{lv} - tương ứng hệ số ma sát trong ổ lót trục và bán kính ngõng cổ trục làm việc (đối với ổ lót tectolit, ρ_{lv} bằng bán kính cổ trục).

Hệ số ma sát trong các ổ lót trục có thể nhận các giá trị trong bảng 2.5.

Bảng 2.5. *Hệ số ma sát trong các ổ lót trục*

Kiểu ổ lót	Hệ số ma sát
Ổ lót ma sát lỏng	0,003
Ổ lăn đũa côn	0,004
Ổ trượt dùng bạc tectolit	0,01÷0,02
Ổ trượt dùng bạc đồng thanh	0,07÷0,10

Momen M_c và M_{msl} xác định tải trọng tĩnh của động cơ. Momen tĩnh qui về trục động cơ, M'_t, xác định như sau :

$$M'_t = M'_c + M'_{msl} = \frac{M_c + M_{msl}}{i\eta_\Sigma}, \text{ kN.m}. \qquad (2.36)$$

Momen chạy không tải giữa các lần cán, qui về trục động cơ, xác định theo công thức :

$$M'_o = \Sigma \frac{G_i f_i \rho_i}{i_n} \text{ , kN.m ,} \qquad (2.37)$$

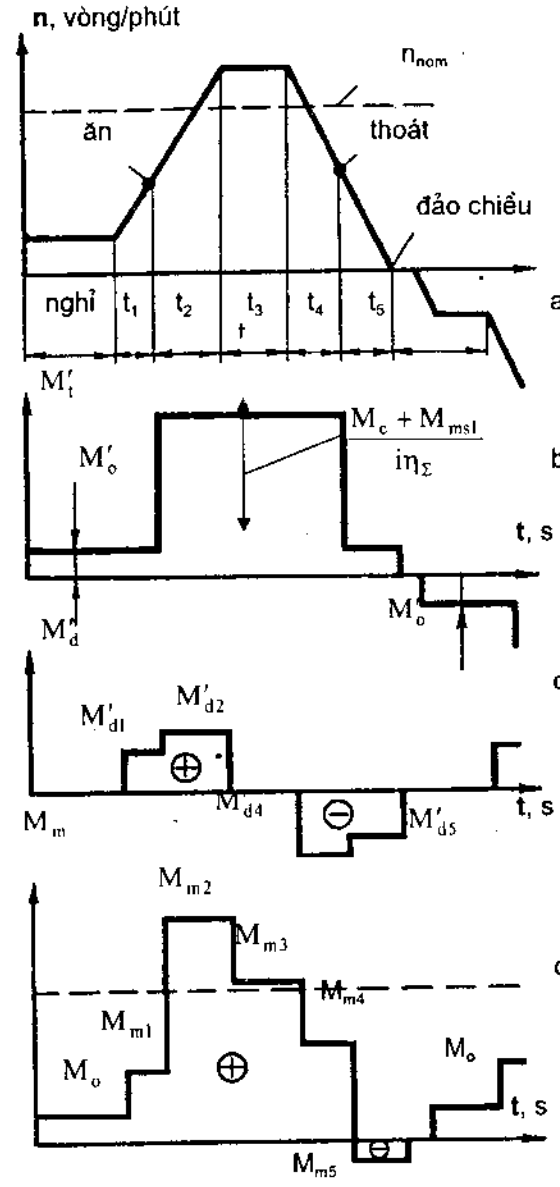
trong đó, G_i - tải trọng trong ổ lót của mỗi chi tiết quay trong hệ truyền động (trục cán, spinden, bánh răng truyền lực, ...); f_i , ρ_i - hệ số ma sát trong ổ lót và bán kính ngõng trong ổ lót của mỗi chi tiết quay; i_n - tỷ số truyền từ động cơ tới mỗi chi tiết quay. Momen chạy không tải thường bằng (2÷5)% momen định mức của động cơ

$$(M'_o = (0{,}02 \div 0{,}05) M_{nom}).$$

Momen động chỉ sinh ra khi vận tốc quay của trục trong quá trình cán cũng như trong khi chạy không tải bị thay đổi. Momen động qui về trục động cơ được tính theo công thức :

$$M'_d = \frac{GD_q^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt} \text{ , kN.m ,} \qquad (2.38)$$

trong đó, $\frac{dn}{dt}$ là gia tốc hay giảm tốc góc của các chi tiết quay trong hệ truyền động, s^{-2}; GD_q^2 - momen đà qui về trục động cơ, do khối lượng của các chi tiết và các cụm chi tiết quay gây nên (rotor động cơ, khớp nối, các bánh răng hộp giảm tốc, bánh răng truyền lực, trục spinden, trục cán), $kN.m^2$.



Hình 2.17. *Biểu đồ tải của động cơ truyền động cho giá cán của máy cán tấm dày đảo chiều:*

a- biểu đồ vận tốc góc của động cơ; b- biểu đồ tải trọng tĩnh; c- biểu đồ tải trọng động; d- biểu đồ tải trọng tổng của động cơ.

Giá trị của momen đà qui về trục động cơ xác định theo công thức :

$$GD_q^2 = G_r D_r^2 + \frac{G_1 D_1^2}{i_1^2} + ... + \frac{G_n D_n^2}{i_n^2}, \qquad (2.39)$$

trong đó, $G_r D_r^2$ - momen đà của rotor động cơ; $G_1 D_1^2 ... G_n D_n^2$ - momen đà của mỗi chi tiết quay trong hệ truyền động của giá cán; $i_1 ... i_n$ - tỷ số truyền từ chi tiết quay thứ nhất đến chi tiết quay thứ n.

Các máy cán tấm dày thường là máy đảo chiều. Khi cán ở các máy này vận tốc trung bình trong mỗi lần cán luôn phải điều chỉnh. Do vậy, trước khi xác định công suất của động cơ truyền động cần phải dựng biểu đồ tải cho mọi chủng loại sản phẩm của máy.

Trên hình 2.17 trình bày biểu đồ tải cho một lần cán ở máy cán tấm dày đảo chiều. Ta thấy thời gian cán chia làm ba giai đoạn : giai đoạn tăng tốc, giai đoạn vận tốc cán ổn định và giai đoạn giảm tốc. Trong giai đoạn tăng tốc trục cán ăn thép, còn trong giai đoạn giảm tốc thép thoát khỏi trục cán.

Tải trọng động xuất hiện trong các giai đoạn tăng tốc và giảm tốc (hình 2.16-c,d) có thể tính theo các công thức sau :

1. Khi tăng tốc và giảm tốc trong điều kiện chạy không tải, momen qui về trục động cơ xác định bởi :

$$M_{m1} = M'_{t1} + M'_{d1} = M'_o + M'_{d1}, \qquad (2.40)$$

$$M_{m5} = M'_o - M'_{d5}, \qquad (2.41)$$

trong đó, M'_{d1}, M'_{d5} - tương ứng momen động qui về trục động cơ khi máy chạy không tải trong giai đoạn tăng tốc và giảm tốc.

2. Trong điều kiện tăng tốc có tải (cho rằng M_c bằng momen cán khi quá trình cán ổn định) :

$$M_{m2} = M'_{t2} + M'_{d2} = \frac{M_c + M_{m51}}{i\eta_2} + M'_{d2}, \qquad (2.42)$$

trong đó, M'_{d2} - momen động qui về trục động cơ, tính tới cả khối lượng của thép cán, khi tăng tốc.

3. Trong điều kiện giảm tốc có tải :

$$M_{m4} = M'_{t4} - M'_{d4} = \frac{M_c + M_{msl}}{i\eta_\Sigma} - M'_{d4} \ , \qquad (2.43)$$

trong đó, M'_{d4} - momen động qui về trục động cơ, tính tới cả khối lượng của thép cán, khi giảm tốc.

4. Trong giai đoạn cán với tốc độ ổn định :

$$M_{m3} = M'_{t3} = \frac{M_c + M_{msl}}{i\eta_\Sigma} \ . \qquad (2.44)$$

Trong qúa trình cán, độ quá tải của động cơ không được vượt quá mức cho phép. Kiểm tra mức quá tải cho phép của động cơ tiến hành theo công thức sau :

$$M_{nom} \geq \frac{M_{m.max}}{k_{qt}} \ , \text{kN.m} \qquad (2.45)$$

trong đó, M_{nom} - momen định mức của động cơ ; $M_{m.max}$ - Momen cực đại của động cơ khi cán chủng loại thép cho trước (xác định theo biểu đồ tải); k_{qt} - hệ số quá tải của động cơ. Đối với các động cơ đảo chiều chạy điện một chiều, $k_{qt} \approx 2,5$.

Độ nung nóng của động cơ được kiểm tra theo điều kiện :

$$M_{nom} \geq M_{eq} = \sqrt{\frac{\Sigma M^2_{m,i} t_{m,i} + \Sigma M^2_{o,i} t_{ng,i}}{T_{cc}}} \ , \text{kN.m} \ , \qquad (2.46)$$

trong đó, M_{eq} - momen tương đương (bình phương trung bình) cho tất cả các lần cán một tấm thép; $M_{m,i}$, $t_{m,i}$ - tương ứng momen trên trục động cơ và thời gian tải của lần cán thứ i; $M_{o,i}$, $t_{ng,i}$ - tương ứng momen không tải và thời gian nghỉ (chạy không tải) của lần cán thứ i ; T_{cc}- tổng thời gian tải và thời gian chạy không tải của tất cả các lần cán một tấm thép (thời gian một chu kỳ cán).

2.6. Tính toán chế độ ép cho máy cán tấm dày

Chế độ ép trong quá trình cán tấm dày quyết định mức độ chất tải của các thiết bị cơ điện, năng suất của máy, chất lượng và độ chính xác của sản phẩm. Do vậy, chế độ ép phải được tính toán cho mỗi chủng loại sản phẩm, có tính tới tính năng kỹ thuật của thiết bị, các

yêu cầu về chất lượng bề mặt và độ chính xác của sản phẩm, mác thép, nhiệt độ bắt đầu và kết thúc cán, khối lượng và chủng loại phôi.

Lượng ép cho mỗi lần cán phải được xác định căn cứ vào các điều kiện sau đây :

1. Điều kiện ăn thép

Trong quá trình cán tấm dày, phụ thuộc vào kiểu máy (đảo chiều, không đảo chiều), vận tốc biên của trục cán, chủng loại và kích thước phôi mà lượng ép trong một vài lần cán đầu có thể ít nhiều bị hạn chế.

Ở các máy đảo chiều và liên tục, trong những lần cán đầu tiên, vận tốc cán nhỏ, hai trục làm việc đều được dẫn động, do đó lượng ép không mấy khi bị hạn chế bởi điều kiện ăn thép. Góc ăn tới hạn trong những lần cán đầu ở các máy đảo chiều và liên tục cho phép sử dụng lượng ép đến (40÷80) mm. Tuy nhiên, do bị hạn chế bởi nhiều yếu tố khác, nên khả năng này thường không được tận dụng hết.

Lượng ép tới hạn, Δh_{max}, xác định theo điều kiện ăn của trục cán :

$$\Delta h_{max} = D(1-\cos\alpha_{max}), \qquad (2.47)$$

trong đó, D - đường kính trục cán; α_{max} - góc ăn tới hạn.

2. Độ bền của trục cán

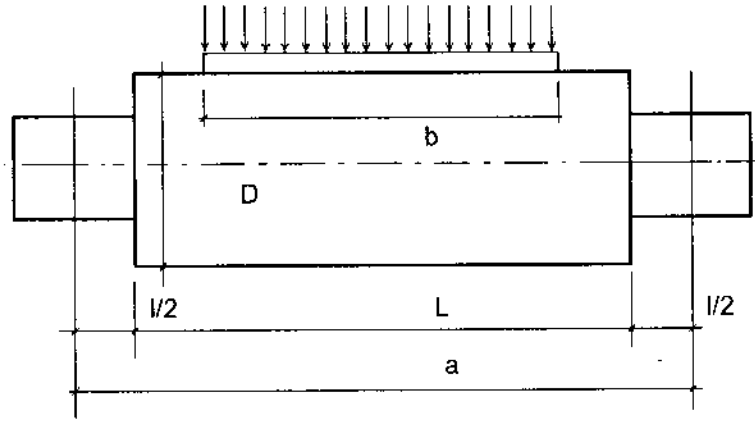
Độ bền của trục cán là yếu tố quan trọng nhất quyết định lượng ép. Tính toán lượng ép trên cơ sở độ bền của trục có nghĩa là đảm bảo sao cho lực cán, P, không lớn hơn giá trị cho phép, P_{cp} :

$$P \le P_{cp}. \qquad (2.48)$$

Lực cán cho phép xác định căn cứ vào độ bền của trục. Trên hình (2.18) trình bày sơ đồ chịu tải của trục giá cán duo. Trong trường hợp này, P_{cp} được xác định theo độ bền uốn của trục :

$$P_{cp} = \frac{0,4D^3[\sigma_u]}{L + l - 0,5b}, \text{ MN}, \qquad (2.49)$$

trong đó, $[\sigma_u]$- ứng suất uốn cho phép của vật liệu trục cán, MN/m^2.



Hình 2.18. *Sơ đồ tải của trục cán giá đuo:*

b- chiều rộng của tấm thép; L- chiều dài thân trục; D- đường kính trục cán; a- khoảng cách giữa hai điểm đặt của phản lực (giữa hai vít nén).

Đối với các giá kvarto (sơ đồ tải trình bày trên hình 2.19), lực cán cho phép xác định theo các điều kiện sau :

a) Độ bền uốn của thân trục tựa :

$$P_{cp.tt} = \frac{0,4D_t^3[\sigma_u]}{0.5L + l}, \text{ MN}. \qquad (2.50)$$

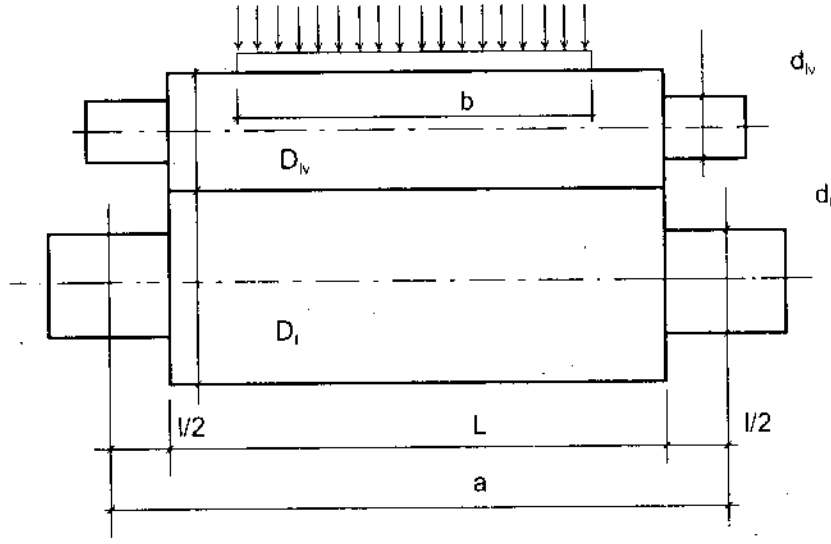
b) Độ bền uốn của cổ trục tựa :

$$P_{cp.ct} = \frac{0,4d_t^3[\sigma_u]}{l}, \text{ MN}. \qquad (2.51)$$

c) Độ bền xoắn của cổ trục làm việc :

$$P_{cp.lv} = \frac{0,4d_{lv}^3[\tau_x]}{\sqrt{R.\Delta h}}, \text{ MN}, \qquad (2.52)$$

trong đó, $[\tau_x]$- ứng suất xoắn cho phép của vật liệu trục làm việc, MN/m^2, ($[\tau_x] \approx 0,5\,[\sigma_u]$).



hình 2.19. *Sơ đồ tải của trục cán giá kvarto:*

D_t, D_{lv}- đường kính trục tựa và trục làm việc; d_t, d_{lv} - đường kính cổ trục tựa và cổ trục làm việc.

Ứng suất uốn cho phép có thể nhận các giá trị sau, MN/m^2(kG/mm^2) :

Trục gang thường :	70÷80 (7÷8)
Trục gang hợp kim :	80÷90 (8÷9)
Trục thép đúc :	100÷120 (10÷12)
Trục rèn từ thép cacbon :	120÷140 (12÷14)
Trục rèn từ thép hợp kim :	140÷160 (14÷16)

Lượng ép tới hạn xác định theo lực cán cho phép như sau :

$$P_{cp} = p_{tb}.b.l_t = p_{tb}.b.\sqrt{R.\Delta h_{max}} \quad . \qquad (2.53)$$

Từ đó :

$$\Delta h_{max} = \frac{1}{R}\left(\frac{P_{cp}}{b.p_{tb}}\right)^2 . \qquad (2.54)$$

3. Công suất của động cơ truyền động

Khi áp lực toàn phần của kim loại lên trục phân bố đồng đều theo cán lần cán, công suất cán sẽ giảm dần từ lần cán đầu tiên đến lần cán cuối cùng. Ta có thể thấy rõ điều đó như sau :

Nếu công suất cán (N) được biểu thị qua lực ma sát (T) và vận tốc trục (v) thì trong lần cán đầu tiên ta có $N_1 = 2T_1v_1$, trong lần cán thứ hai - $N_2 = 2T_2v_2$. Khi quá trình cán đã ổn định $T_1 = P_1tg(\alpha_1/2)$, $T_2 = P_2tg(\alpha_2/2)$ với α_i - là góc ăn kim loại trong các lần cán. Nếu $P_1 = P_2$, ta có :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \sqrt{\frac{\Delta h_1}{\Delta h_2}} .$$

Để lực cán phân bố đồng đều theo các lần cán, lượng ép phải giảm dần từ lần cán đầu tiên đến lần cán cuối cùng. Như vậy, theo biểu thức nhận được ở trên, công suất cán cũng sẽ giảm dần theo các lần cán.

Chế độ ép phải thoả mãn được điều kiện :

$$N_m \le N_{cp} , \qquad (2.55)$$

trong đó, N_m- công suất động cơ tính được; N_{cp}- công suất cho phép của động cơ (xác định theo lý lịch máy).

4. Nhiệt độ của kim loại

Nhiệt độ cán ảnh hưởng đến lượng ép qua giới hạn chảy của thép, hay nói một cách khác, qua áp lực của kim loại lên trục.

Quá trình cán ở máy cán tấm dày thường được tiến hành với chế độ nhiệt sau đây :

- Bắt đầu cán thô (1150÷1250)°C ;
- Kết thúc cán thô (1000÷1100)°C ;
- Bắt đầu cán tinh ≥ 980 °C ;
- Kết thúc cán tinh (850÷870)°C.

Nhiệt độ của thép trong mỗi lần cán tiếp theo phụ thuộc vào chiều dày của thép, số lần cán trước đó, thời gian cán, ...

Trong quá trình cán, nhiệt độ của thép qua mỗi lần cán, đặc biệt là các lần cán cuối cùng, giảm đi rõ rệt, còn trở kháng biến dạng và áp lực của kim loại lên trục tăng đáng kể. Do đó, việc xác định nhiệt độ của thép sau mỗi lần cán là rất cần thiết.

Độ giảm nhiệt của thép sau lần cán thứ i (ΔT_i) có thể tính gần đúng theo công thức :

$$\Delta T_i = 0{,}0021\left(\frac{T_i}{100}\right)^4 \cdot \frac{t_i}{h_i}\ ,\ ^oC\ , \qquad (2.56)$$

trong đó, T_i - nhiệt độ của thép trong lần cán thứ i, K; t_i- tổng thời gian cán lần thứ i và thời gian nghỉ tiếp theo, s; h_i - chiều dày của thép sau lần cán thứ i, mm.

Hoặc :

$$\Delta T_i = \frac{T_i - 400}{16} \cdot \frac{t_i}{h_i}\ ,\ ^oC\ . \qquad (2.57)$$

Nếu biết độ giảm nhiệt của thép sau cả quá trình cán, ta có thể xác định một cách gần đúng nhiệt độ của thép trong lần cán bất kỳ (T_i) theo công thức sau :

$$T_i = T_o - \frac{K}{h_{i-1}}\ ,\ ^oC\ , \qquad (2.58)$$

trong đó, h_{i-1} - chiều dày của thép trước lần cán thứ i, mm; T_o và K là các hằng số nhiệt, xác định theo công thức :

$$K = \frac{T_1 - T_c}{h_o - h_{c-1}} \cdot h_o \cdot h_{c-1}\ ,$$

$$T_o = T_1 + \frac{K}{h_o}\ ,$$

với T_1 , T_c - tương ứng nhiệt độ trong lần cán đầu tiên và trong lần cán cuối cùng, ^oC; h_o, h_{c-1} - tương ứng chiều dày của thép trước lần cán đầu tiên và trước lần cán cuối cùng, mm.

Chế độ ép tối ưu phải đảm bảo được các yêu cầu sau đây :

1. Năng suất của máy đối với chủng loại kích thước cho trước phải cao nhất có thể;
2. Chất lượng sản phẩm phải phù hợp với tiêu chuẩn và các yêu cầu kỹ thuật;
3. Phải tận dụng triệt để được khả năng tải của các thiết bị cơ-điện;
4. Hệ số tiêu hao kim loại và giá thành sản phẩm phải thấp nhất có thể;

5. Phải phát huy được khả năng cơ khí hoá và tự động hoá quá trình cán.

Tính toán chế độ ép cho máy cán tấm dày được tiến hành theo trình tự sau :

1. Chọn sơ đồ cán (CD hoặc CN) hợp lý nhất. Trong mỗi trường hợp cụ thể, khi chọn sơ đồ cán phải căn cứ vào các yêu cầu về năng suất máy, hệ số tiêu hao kim loại, chất lượng bề mặt, độ chính xác và cơ-lý tính của sản phẩm, ...

Sơ đồ cán ngang (CN) có ưu điểm là giảm được tính dị hướng của kim loại, đồng thời nâng cao cơ tính và tính công nghệ của thép tấm dày. Do loại bỏ được một lần xoay thép, nên năng suất của máy cao hơn so với sơ đồ cán dọc (CD). Tuy nhiên, không phải khi nào ta cũng chọn được kích thước phôi phù hợp với sơ đồ cán ngang. Trong những trường hợp như vậy, áp dụng sơ đồ cán dọc là hợp lý hơn cả.

2. Chọn phôi. Căn cứ vào sơ đồ cán đã chọn, ta tính khối lượng và khích thước của phôi slab. Khối lượng của phôi xác định như sau :

$$m_p = n_t \cdot m_t \cdot k_p \text{ , T,} \qquad (2.59)$$

với n_t là số tấm cán từ một phôi; m_t - khối lượng một tấm thép, T; k_p- hệ số tiêu hao kim loại (kể từ khi nung thép cho đến khi đóng gói sản phẩm), phụ thuộc vào kiểu máy và điều kiện cán $k_p = (1{,}08 \div 1{,}25)$.

Từ (2.59) ta có thể xác định chiều dày của phôi. Nếu chiều rộng của phôi bằng chiều rộng của tấm chưa cắt mép ($b_p = b_t$), chiều dày của phôi (h_p) có thể tính như sau :

$$h_p = \frac{l_{tp}}{l_p} h_{tp} n_t k_p \text{ , mm ,} \qquad (2.60)$$

với l_{tp} , h_{tp} - tương ứng chiều dài và chiều dày của tấm thành phẩm, mm; l_p - chiều dài của phôi, mm.

Nếu quá trình cán phôi tiến hành theo sơ đồ CN cho đến khi đạt chiều rộng cần thiết của tấm chưa cắt mép (cán phá bề rộng), chiều dày của phôi có thể tính như sau:

$$h_p = \frac{b_t}{b_p} \frac{l_{tp}}{l_p} h_{tp} n_t k_p \text{ , mm ,} \qquad (2.61)$$

trong đó, b_t , b_p - tương ứng chiều rộng của tấm chưa cắt mép và chiều rộng của phôi, mm.

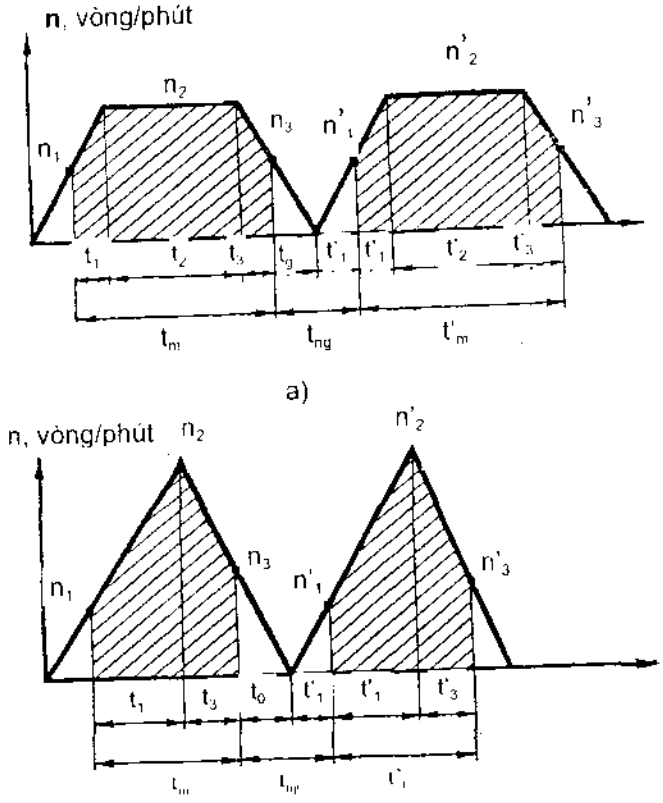
3. Phân bố lượng ép cho các giá cán và cho các lần cán. Tổng lượng ép ở các giá cán thô của máy cán tấm dày thường chiếm khoảng (70÷80)% lượng ép tổng cộng, còn ở giá cán tinh chỉ chiếm (20÷30)%. Phân bố lượng ép cho các lần cán phải căn cứ vào lượng ép tới hạn (2.47) (ở các giá duo và kvarto góc ăn α_{max} đối với trục gang không quá (17÷18)°, đối với trục thép - (20÷22)°). Lượng ép phân bố cho các lần cán theo hướng giảm dần. Ở những lần cán thô cuối, lượng ép thường bị hạn chế bởi độ bền của trục cán và công suất của động cơ truyền động. Ở những lần cán tinh cuối, lượng ép bị hạn chế bởi yêu cầu về chất lượng bề mặt của thép thành phẩm.

4. Chọn chế độ vận tốc cán và xác định nhiệt độ của thép sau mỗi lần cán. Chế độ vận tốc cán phải đảm bảo sao cho chu kỳ cán nhỏ nhất có thể.

Ở các giá cán thô và cán tinh của các máy cán tấm dày đảo chiều, trong mỗi lần cán vận tốc quay của trục luôn biến đổi (hình 2.20).

Trong những lần cán tinh, khi thép đã có chiều dài lớn, phần lớn chiều dài của thép được cán với tốc độ ổn không đổi (quá trình cán ổn định). Khi chiều dài của thép còn nhỏ, đặc trưng cho những lần cán thô, toàn bộ tấm thép được cán với tốc độ luôn biến đổi.

Nếu gọi n_1 là vận tốc quay của trục khi ăn thép, n_2 là tốc độ ổn định của trục cán và n_3 là tốc độ của trục cán khi thép thoát khỏi trục, thời gian cán (thời gian



hình 2.20. *Biểu đồ vận tốc quay của trục trong quá trình cán tấm dày ở các máy đảo chiều:*

a) *trong các lần cán cuối (khi chiều dài của thép lớn);*
b) *trong các lần cán đầu (khi chiều dài của thép còn nhỏ).*

tải), t_m, trong trường hợp chiều dài thép chưa đủ lớn, được tính như sau :

$$t_m = t_1 + t_3 = \frac{n_2 - n_1}{a_t} + \frac{n_2 - n_3}{a_g}, s \qquad (2.62)$$

trong đó, a_t , a_g - tương ứng gia tốc của trục cán trong giai đoạn tăng tốc (gia tốc dương) và giảm tốc (gia tốc âm), vòng/mm^2.

Khi tấm thép đã đạt chiều dài để có khoảng cán với tốc độ ổn định, thời gian tải được xác định theo biểu đồ hình 2.19-a :

$$t_m = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{n_2 - n_1}{a_t} + \frac{n_2 - n_3}{a_g} + \frac{60N}{n_2} - \frac{0.5\left[(n_2 + n_1)t_1 - (n_2 + n_3)t_3\right]}{n_2}, s \qquad (2.63)$$

trong đó, N - tổng số vòng quay của trục cần thiết để cán hết chiều dài của tấm (trong một lần cán), vòng, xác định theo công thức :

$$N = \frac{L_{th}}{\pi D_{lv}}, \text{ vòng}, \qquad (2.64)$$

với L_{th} - chiều dài của thép sau lần cán ; D_{lv} - đường kính trục làm việc.

Chiều dài của thép sau mỗi lần cán có thể tính theo công thức :

$$L_{th} = \frac{m_p}{\gamma_{th}.h.b}, m , \qquad (2.65)$$

trong đó, m_p - khối lượng phôi, kg ; γ_{th} - tỷ trọng của thép, kg/m^3; h, b - tương ứng chiều dày và chiều rộng của thép trong lần cán cho trước, m.

Trong thời gian nghỉ giữa hai lần cán, người ta tiến hành đảo chiều động cơ, chỉnh lại khe cán và vận chuyển thép trên đường băng lăn. Nếu giữa hai lần cán không phải xoay thép, thời gian nghỉ sẽ được xác định bởi thời gian điều chỉnh khe cán để đảm bảo lượng ép trong lần cán tiếp theo (t_{ng} = 1÷3 s).

Thời gian đảo chiều động cơ (t_r) nhận bằng thời gian nghỉ :

$$t_r = t_{ng} = \frac{n_3}{a_g} + \frac{n_1'}{a_t} , s , \qquad (2.66)$$

với n_1' - vận tốc quay của trục khi ăn thép trong lần cán tiếp theo, vòng/phút.

Từ (2.66) ta có thể xác định vận tốc của trục khi thép thoát khỏi giá cán :

$$n_3 = a_g\left(t_{ng} - \frac{n_1'}{a_t}\right), \text{ vòng/phút .} \qquad (2.67)$$

Trong trường hợp $n_3 = n_1$, từ (2.66) ta có :

$$n_3 = n_1' = \frac{a_g.a_t}{a_t + a_g}.t_{ng}\ , \text{ vòng/phút .} \qquad (2.68)$$

Số vòng quay cực đại n_2, nếu không bị hạn chế bởi công suất của động cơ truyền động, có thể tính theo công thức sau :

$$n_2 = \sqrt{120.\frac{a_t.a_g}{a_g + a_t}\left(\frac{L_{th}}{\pi D_{lv}} + \frac{n_1^2}{120a_t} + \frac{n_3^2}{120a_g}\right)}\ , \text{ vòng/phút .} \qquad (2.69)$$

Khi cần phải xoay thép, ta nên nhận $n_3 = n_2$. Với vận tốc thoát lớn như vậy, thời gian thép chạy từ giá cán đến máy xoay sẽ giảm đi. Bằng cách đó, ta có thể giảm thời gian nghỉ giữa hai lần cán. Trong trường hợp này (2.69) sẽ có dạng đơn giản sau:

$$n_2 = \sqrt{120.a_t.\frac{L_{th}}{\pi D_{lv}} + n_1^2}\ , \text{ vòng/phút .} \qquad (2.70)$$

Thời gian nghỉ có xoay thép thường bằng (3÷6)s.

Trong các trường hợp khi góc ăn không bị hạn chế bởi tốc độ quay của trục (ví dụ, khi cán tấm dày từ phôi thỏi ở các máy một giá, trong lần cán đầu tiên, thỏi (có độ côn) được đưa vào trục cán bằng đầu nhỏ), quá trình ăn thép có thể tiến hành ở vận tốc cực đại $n_1 = n_2$. Khi đó (2.69) sẽ có dạng :

$$n_2 = \sqrt{120.a_g.\frac{L_{th}}{\pi D_{lv}} + n_3^2}\ , \text{ vòng/phút .} \qquad (2.71)$$

Sau khi cán xong một phôi, trục cán trên lại được điều chỉnh trở về vị trí cần thiết để cán phôi tiếp theo. Thời gian nghỉ giữa các phôi khoảng (3÷8)s.

5. Tính lực cán cho phép theo các công thức (2.49) - (2.52).

6. Tính áp lực riêng trung bình (p_{tb}), áp lực toàn phần của kim loại lên trục cán (P) và so sánh kết quả tính được với lực cán cho phép. Nếu $P > P_{cp}$ thì phải giảm P bằng cách giảm lượng ép.

Bảng 2.6. *Chế độ ép khi cán tấm (10 x 2000) mm từ phôi slab (150 x 1500 x 2000) mm trên máy cán tấm dày hai giá 2800*

Giá cán	Vị trí của slab	No lần cán	Chiều dày, mm		lượng ép, mm	Chiều rộng, mm		lượng ép theo chiều rộng, mm	chiều dài, m	vận tốc cán, m/s	Thời gian, s		
			trước lần cán	sau lần cán		trước lần cán	sau lần cán				thời gian máy	thời gian nghỉ	tổng
Trục đứng			150	-	-	1500	-	-	2.0	-	-	-	-
			150	-	-	1500	1450	50	2.06	1.0	2.1	-	-
	Đảo 90°											6.0	
Thô duo		1	150	125	25	2050	-	-	1.74	1.0	1.7	2.0	-
		2	125	105	20	2050	-	-	2.09	1.0	2.1	2.0	-
	Đảo 90°											6.0	-
Trục đứng			105	-	-	2090	2070	20	2.08	1.2	1.7	2.0	-
			105	-	-	2070	2050	20	2.01	1.2	1.7	2.0	-
Thô duo		3	105	85	20	-	2050	-	2.06	1.5	1.7	2.5	-
		4	85	65	20	-	2050	-	3.38	2.0	1.7	2.5	-
		5	65	45	20	-	2050	-	4.46	2.0	2.4	2.5	42.6
Tinh Kvarto		6	45	30	15	-	2050	-	17.30	2.5	2.8	2.5	-
		7	30	20	10	-	2050	-	10.95	3.0	3.6	2.5	-
		8	20	14	6	-	2050	-	15.70	3.0	5.2	2.5	-
		9	14	11	3	-	2050	-	29.90	3.0	6.6	5.0	-
		10	11	10	1	-	2050	-	31.90	3.0	7.3	-	38.0

7. Tính toán momen cán và công suất của các động cơ truyền động. Nếu công suất tính được của động cơ lớn hơn công suất cho phép ($N_m > N_{cp}$), ta phải phân bố lại (giảm) lượng ép hoặc sửa đổi chế độ vận tốc cán.

8. Xác định thời gian chịu tải của giá cán thô và giá cán tinh (đối với các máy hai giá). Thời gian chịu tải của hai giá phải xấp xỉ nhau. Trong trường hợp độ chênh lệch quá lớn, phải hiệu chỉnh lại chế độ ép. Chế độ ép sau khi hiệu chỉnh phải thoả mãn các điều kiện ăn thép, độ bền của trục cán, công suất động cơ truyền động, ...

Trong bảng 2.6 trình bày chế độ ép cho trường hợp cán tấm (10 x 2000) mm từ phôi slab (150 x 1500 x 2000) mm trên máy cán tấm dày hai giá 2800.

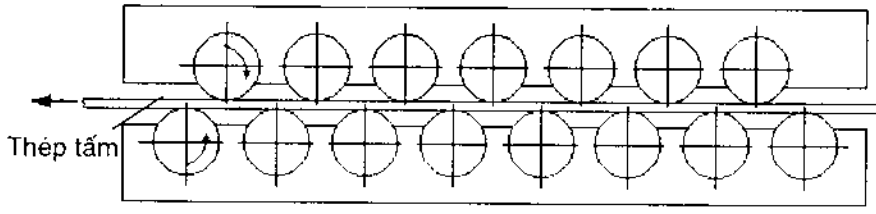
2.7. Nhiệt luyện và tinh chỉnh thép tấm dày

Quá trình tinh chỉnh thép tấm dày, tiến hành sau khi cán, bao gồm các nguyên công sau : nắn phẳng, làm nguội, cắt, nhiệt luyện, tẩy khuyết tật bề mặt và các nguyên công khác. Như vậy, để tinh chỉnh thép tấm dày, cần nhiều loại thiết bị khác nhau. Đặc điểm, tính năng kỹ thuật của các thiết bị cũng như thành phần và phân bố thiết bị ở bộ phận tinh chỉnh phụ thuộc vào kiểu máy và chủng loại sản phẩm cán.

Ở các máy cán tấm dày, cơ cấu và sự phân bố thiết bị tinh chỉnh cho phép tổ chức dây chuyền làm việc một cách liên tục. Đối với các chủng loại chiều dày khác nhau, do thời gian làm nguội và thiết bị tinh chỉnh không giống nhau, nên dây chuyền làm việc được tổ chức riêng biệt cho mỗi loại chiều dày.

Để tăng độ phẳng, thép được nắn sau khi cán. Nguyên công nắn thường tiến hành ở trạng thái nóng, nhằm làm giảm lực nắn và ứng suất dư trong thép. Do đó, máy nắn nóng được đặt tiếp trên đường băng lăn sau giá cán tinh. Nguyên công nắn nguội chỉ áp dụng đối với thép không qua nắn nóng và sau khi nhiệt luyện.

Để nắn phẳng thép tấm dày, người ta sử dụng máy nắn gồm hai giàn con lăn bố trí song song (hình 2.21).



Hình 2.21. *Sơ đồ máy nắn phẳng thép tấm dày, với hai giàn con lăn bố trí song song.*

Quá trình làm nguội thép tiến hành trong khi vận chuyển theo đường băng lăn, sàn tải và trên giá làm nguội. Trên đường băng lăn, thép được làm nguội bằng bụi nước đến (600÷800)°C, sau đó chuyển đến máy nắn nóng. Sau khi nắn, thép tiếp tục được làm nguội trên sàn tải và trên các giá làm nguội.

Nguyên công kiểm tra chất lượng bề mặt thép được tiến hành khi thép đã nguội tại bàn kiểm tra, được trang bị máy lật tấm. Tiếp theo thép được chuyển qua bộ phận lấy dấu kích thước và đến máy cắt.

Để cắt đầu, đuôi, mép biên và cắt chia tấm, người ta dùng các kiểu máy cắt sau :

- Máy cắt đĩa, dùng cho thép có chiều dày ≤ 30 mm;
- Máy cắt chém, dùng cho thép có chiều dày từ 30 mm đến 50 mm;
- Mỏ cắt hơi, dùng cho thép có chiều dày lớn hơn 50 mm.

Trong trường hợp cần tẩy gỉ bề mặt thép tấm, người ta áp dụng phương pháp tẩy gỉ bằng dung dịch axit hoặc phương pháp phun bi (làm sạch cơ học).

Nhiệt luyện thép tấm dày được áp dụng rộng rãi nhằm tăng tính dẻo và hoàn thiện tổ chức (thường hoá, ram cao, ủ) hoặc nâng cao các đặc tính bền (tôi + ram).

Thường hoá là dạng nhiệt luyện phổ biến đối với thép tấm dày từ các mác thép cacbon và thép hợp kim thấp. Thường hoá là quá trình nung thép đến nhiệt độ cao hơn điểm tới hạn trên khoảng (20÷30)°C, sau đó làm nguội ngoài không khí hay trong lò đến nhiệt độ thường. Sau khi thường hoá, thép có tổ chức hạt nhỏ (trustit hoặc peclit) và được khử biến cứng, do đó có tính dẻo và cơ tính tốt hơn.

Đối với thép tấm từ các mác thép cacbon và thép hợp kim thấp, có chiều dày lớn hơn 15 mm, thay cho thường hoá, người ta áp dụng dạng nhiệt luyện tôi kèm theo ram. Trong giai đoạn tôi, thép được nung đến trạng thái austenit và được giữ ở nhiệt độ này trong một khoảng thời gian nhất định, sau đó được làm nguội nhanh trong nước. Sau khi tôi, với tổ chức mactenxit, thép có đặc tính bền cao, đồng thời trong thép cũng xuất hiện ứng suất dư đáng kể. Do đó, tiếp theo tôi, thép được ram để khử ứng suất dư và đảm bảo tổ chức cũng như cơ tính theo yêu cầu. Ram là quá trình nung thép đến nhiệt độ thấp hơn khoảng nhiệt độ chuyển hoá, giữ nhiệt trong một khoảng thời gian nhất định và làm nguội. Trong khi ram, tổ chức mactenxit biến đổi thành tổ chức dung dịch rắn phân hoá xocbit.

Thép tấm dày từ các mác thép cacbon kết cấu chất lượng, có hàm lượng cacbon lớn hơn 0,5%, được ram ở nhiệt độ (680÷700)°C. Sau khi ram ở nhiệt độ này, tính dẻo và độ dai của thép được nâng cao, có thể dập và gia công cơ một cách dễ dàng.

Đối với thép tấm dày từ các mác thép hợp kim, để tăng độ giãn dài tương đối, giảm độ cứng và giới hạn bền, người ta áp dụng phương pháp ủ (trong các lò chụp).

Thép tấm dày (12÷15) mm từ các mác thép cacbon trung bình và thép cacbon cao có thể được nhiệt luyện hoá bền. Thép được nung đến (900÷920)°C và làm nguội trong nước ở máy tôi ép, nhằm ngăn ngừa sự cong vênh. Sau khi nhiệt luyện hoá bền, độ bền của thép tăng (20÷25)% trong khi độ dẻo của thép vẫn giữ được ở mức trung bình.

Để nhiệt luyện thép tấm dày (trừ ủ), người ta dùng các lò có sàn con lăn. thép có thể nạp vào lò ở trạng thái nóng hoặc nguội.

Ngoài các dạng nhiệt luyện nêu trên, người ta còn áp dụng rộng rãi phương pháp hoá bền nhiệt thép tấm dày từ nhiệt độ cán. Hoá bền nhiệt từ nhiệt độ cán là một dạng của phương pháp gia công nhiệt-cơ, dựa trên cơ sở kết hợp giữa quá trình nhiệt luyện và quá trình biến dạng dẻo.

Hoá bền nhiệt từ nhiệt độ cán tiến hành ở các máy có thiết bị làm nguội đặt ngay sau giá cán tinh. Sau khi cán, thép được tôi ở nhiệt độ (800÷1000)°C, tiếp theo là ram ở nhiệt độ (200÷740)°C tuỳ theo mác thép.

Mức độ biến dạng trong lần cán cuối cùng, độ dày của thép, nhiệt độ cán lần cuối, nhiệt độ tôi, tốc độ làm nguội, nhiệt độ ram, ... là các yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến cơ tính của thép được hoá bền nhiệt từ nhiệt độ cán. Thực tế cho thấy, mức độ biến dạng trong lần cán cuối cùng từ 10% đến 20% cho phép kết hợp với các yếu tố khác để đạt được cơ tính tối ưu của thép tấm dày.

So với các dạng nhiệt luyện khác, phương pháp xử lý nhiệt-cơ có các ưu điểm cơ bản sau :

- Cơ tính của thép cao hơn;
- Chất lượng bề mặt sản phẩm cao hơn do không bị ảnh hưởng bởi các quá trình nung và làm nguội như trong các dạng nhiệt luyện khác;
- Không cần chi phí cho xây dựng và vận hành lò nung ;

- Giảm tiêu hao kim loại do tạo gỉ, do giảm được thời gian làm nguội sau khi cán và loại bỏ được khâu nung thép trước khi tôi.

Trong quá trình sản xuất, do không đảm bảo được qui trình công nghệ theo yêu cầu, nên thép tấm dày có thể có một số khuyết tật. Các khuyết tật của thép tấm dày có thể chia làm nhóm : nhóm có xuất sứ từ quá trình nấu thép và nhóm có xuất sứ từ quá trình cán. Các khuyết tật như sẹo, phân lớp, nứt, tạp chất phi kim loại, ... thuộc nhóm đầu. Các khuyết tật thuộc nhóm thứ hai được phân ra như sau :

a) Các khuyết tật liên quan đến quá trình nung thép : nung quá nhiệt, thép bị cháy, vảy gỉ, ... ;

b) Các khuyết tật liện quan đến quá trình cán : cong dạng lưỡi liềm, vênh, uốn sóng, xước bề mặt, các vết hằn, vết lõm, kích thước sản phẩm không đạt yêu cầu, cơ tính của thép không đảm bảo, ... ;

c) Các khuyết tật liên quan đến quá trình tinh chỉnh : cắt sai kích thước, vết cắt bị nghiêng lệch và không phẳng, rách mép do cắt, ...

2.8. Các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật trong sản xuất thép tấm dày

1. Năng suất của các máy cán tấm dày

Năng suất giờ thực tế có thể đạt được của các máy cán tấm dày (N) xác định theo công thức sau :

$$N = \frac{3600 m_p}{T_{cc}} . k_n \text{ , T/h ,} \qquad (2.72)$$

trong đó, m_p - khối lượng phôi, T; T_{cc}- chu kỳ cán (tổng thời gian tải và thời gian chạy không tải của tất cả các lần cán một tấm thép), s; k_n - hệ số sử dụng giá cán, (k_n= 0,85 ÷0,9).

Năng suất năm của máy xác định theo năng suất bình quân có thể đạt được trong một giờ và thời gian làm việc thực tế của máy. Năng suất giờ bình quân, N_{bq}, của các máy cán tấm dày tính theo công thức :

$$N_{bq} = \frac{1}{\frac{a_1}{N_1} + \frac{a_2}{N_2} + ... + \frac{a_{n-1}}{N_{n-1}} + \frac{a_n}{N_n}} \text{ , T/h ,} \qquad (2.73)$$

trong đó, $a_1, a_2, \ldots, a_{n-1}, a_n$ - tương ứng tỷ lệ khối lượng của từng loại kích thước thép tấm trong toàn bộ chủng loại sản phẩm của máy, tính bằng phần của đơn vị; $N_1, N_2, \ldots, N_{n-1}, N_n$ - tương ứng năng suất giờ thực tế có thể đạt được đối với mỗi chủng loại kích thước sản phẩm, T/h;

Các máy cán tấm dầy thường làm việc theo chế độ liên tục. Nếu thời gian đại tu và sửa chữa định kỳ theo kế hoạch là 20 ngày, thời gian làm việc định mức của máy sẽ là 8280 giờ trong một năm. Sau khi trừ thời gian dừng máy do đổi ca, thay trục cán, chỉnh máy, ... , chiếm khoảng 10% thời gian làm việc định mức, số giờ làm việc thực tế của máy trong một năm khoảng 7400 giờ. Trong nhiều trường hợp, thời gian máy dừng, thời gian đại tu và sửa chữa định kỳ thường lớn hơn các số liệu kể trên, do vậy số giờ làm việc thực tế của máy thay đổi trong khoảng (6400 ÷ 7300) giờ một năm.

2. Lượng tiêu hao thép

Thép tấm dầy cán từ phôi slab chiếm khoảng 80%. Trong trường hợp cán từ phôi slab, hệ số tiêu hao kim loại được xác định căn cứ vào :

- Tiêu hao thép do tạo gỉ trong quá trình nung, cán, nhiệt luyện;
- Tiêu hao thép do cắt đầu đuôi, cắt mép biên;
- Phế phẩm.

Lượng tiêu hao kim loại phụ thuộc vào kiểu máy, sơ đồ cán, chế độ ép, kích thước phôi, kích thước thép thành phẩm, mác thép.

Đối với thép cán từ phôi slab, lượng cắt mép biên chiếm khoảng (5÷10)% chiều rộng (khoảng (40÷75) mm mỗi bên), lượng cắt đầu đuôi chiếm khoảng (5÷10)% chiều dài. Lượng thép tiêu hao do tạo gỉ trong quá trình nung và cán không quá (1,5÷2,5)%.

Ở các máy một giá không có trục đứng để ép biên và cán chiều rộng, hệ số tiêu hao kim loại lớn nhất. Hệ số tiêu hao kim loại nhỏ nhất ở các máy vạn năng, do thép không phải cắt mép biên (thép vạn năng).

Ở các máy hai giá, hệ số tiêu hao kim loại, trong trường hợp cán từ phôi slab, nằm trong khoảng (1,18÷1,27). Trường hợp cán thép tấm dầy từ phôi thỏi ở các máy một giá, hệ số tiêu hao kim loại lên tới (1,35÷1,87).

3. Tiêu hao điện năng

Lượng tiêu hao điện năng cho quá trình cán, nhiệt luyện và tinh chỉnh thép tấm dày (phụ thuộc vào chủng loại sản phẩm, mác thép, kích thước phôi và kiểu máy cán) nằm trong khoảng (40÷80)kW.h/ T.

4. Tiêu hao nhiệt năng

Trong trường hợp nung phôi slab nguội, lượng nhiệt năng tiêu hao cho 1 T thép cán khoảng 600 000 kcal.

5. Tiêu hao nước

Lượng tiêu hao nước ở các máy cán tấm dày (không kể lượng nước sử dụng lại) tới (2 100÷2 600)m^3/h.

6. Tiêu hao trục cán

Ở các máy cán tấm dày, lượng tiêu hao trục cán nằm trong khoảng (0.8÷2.5) kg cho 1 T sản phẩm.

CHƯƠNG 3

CÔNG NGHỆ CÁN NÓNG THÉP BĂNG

Hiện nay, 50% - 70% thép tấm thành phẩm được cán ở các máy cán thép băng. Các máy này thường có năng suất cao và hệ số tiêu hao kim loại thấp.

Thép băng cán nóng được cán ở các máy :

- Cán thép băng rộng bản liên tục;
- Cán thép băng rộng bản bán liên tục;
- Cán thép băng đảo chiều - vạn năng và các máy có thiết bị cuộn thép đặt trọng lò nung;
- Cán thép băng kiểu hành tinh.

Máy cán thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục là các kiểu máy chủ yếu được sử dụng để sản xuất thép băng dạng cuộn dày từ 0,8 mm đến 16 mm và dưới dạng tấm dày đến 32 mm từ phôi phiến (cán hoặc đúc liên tục) khối lượng đến 40-45T. Thép thành phẩm cán ở các máy này có độ chính xác và chất lượng bề mặt cao. Năng suất năm của các máy cán thép băng rộng bản liên tục từ 4 đến 6 triệu tấn, của các máy cán thép băng rộng bản bán liên tục từ 2 đến 3 triệu tấn. Do năng suất và khả năng cơ khí hoá, tự động hoá cao nên giá thành sản phẩm thép cán ở các máy liên tục và bán liên tục thấp hơn nhiều so với các loại máy cán thép băng khác.

Do có những ưu điểm về mặt kinh tế kỹ thuật nói trên, nên công nghệ cán nóng thép băng ở các máy cán thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục được áp dụng rộng rãi. Các máy cán thép băng kiểu vạn năng, kiểu hành tinh và kiểu có thiết bị cuộn thép đặt trong lò, do có năng suất thấp (tương ứng 0,1 ÷ 0,4, 0,05 ÷ 0,15, 0,2 ÷ 0,6 triệu tấn năm), chất lượng

bề mặt và độ chính xác của thép thành phẩm kém hơn so với các loại máy cán liên tục và bán liên tục, nên được sử dụng rất hạn chế. Hiện nay kiểu máy cán vạn năng không được xây dựng nữa, còn các máy có thiết bị cuộn thép đặt trong lò và các máy kiểu hành tinh được xây dựng chủ yếu để cán các loại thép băng hẹp bản từ các mác thép hợp kim khó biến dạng và ở những nhà máy có khối lượng sản suất nhỏ.

Chương này chỉ trình bày thiết bị và qui trình công nghệ cán ở các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục.

3.1. Đặc điểm và cách bố trí thiết bị ở các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục

3.1.1. Các máy liên tục

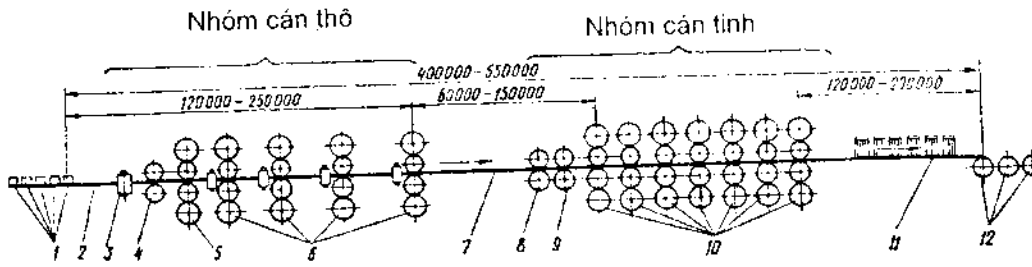
Các máy cán thép băng rộng bản liên tục dùng để cán nóng thép băng từ các mác thép cacbon và thép hợp kim dày 0,8 mm ÷16 mm, rộng đến 2350 mm. Chiều rộng lớn nhất của thép cán thường nhỏ hơn chiều dài thân trục cán 100 mm ÷ 150 mm.

Phôi để sản xuất thép băng, phổ biến, là các loại phôi phiến đúc hoặc cán có khối lượng đến 45T, kích thước H×B×L=(250÷300)mm × (2000÷2320)mm × (10000÷14000)mm.

Vận tốc cán lớn nhất ở các giá cán cuối cùng của các máy cán thép băng rộng bản liên tục hiện đại đạt tới 35 m/s. Khối lượng thiết bị của các máy liên tục tới 40 nghìn tấn. Tổng công suất của tất cả các động cơ truyền động chính tới 120 nghìn kW.

Các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục có cấu tạo gồm hai nhóm giá cán: nhóm giá cán thô và nhóm giá cán tinh bố trí nối tiếp nhau (hình 3.1). Khoảng cách giữa các giá cán thô được chọn sao cho trong cùng một lúc băng thép chỉ được cán trong một giá. Nếu trong nhóm cán thô có các trục đứng bố trí xen kẽ thì băng thép có thể được cán đồng thời trong trục đứng và trục ngang đứng cạnh nhau. Trong nhóm cán tinh, băng thép được cán cùng một lúc trong tất cả các giá cán. Khoảng cách giữa các giá cán tinh thường từ 5,5 m đến 6 m.

Các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục thường có 4÷6 giá cán thô, 6÷7 giá cán tinh và 2÷3 giá đánh gỉ (1÷2 giá thô và 1 giá tinh). Trên hình 3.2 trình bày một số sơ đồ kết cấu phổ biến của các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục hiện đang được sử dụng ở một số nước (Nga, Anh, Mỹ, Nhật Bản, Đức).



Hình 3.1. *Sơ đồ máy cán nóng thép băng rộng bán liên tục*

1. lò nung phôi; 2. đường băng lăn nhận thép; 3. giá đánh gỉ thô trục đứng; 4. giá đánh gỉ thô trục ngang; 5. giá cán thô kvarto; 6. các giá cán thô kvarto vạn năng; 7. đường băng lăn trung gian; 8. máy cắt lia dùng cắt đầu và đuôi băng thép; 9. giá đánh gỉ tinh duo; 10. các giá cán tinh kvarto; 11. đường băng lăn dẫn thép sau khi cán với giàn phun nước làm nguội nhanh; 12-thiết bị cuộn thép.

Để nung phôi trước khi cán, người ta sử dụng các lò nung liên tục. Ở các máy cán liên tục năng suất cao thường có từ 3 đến 5 lò nung.

Ngoài các thiết bị chính, trong các xưởng cán nóng thép băng rộng bản còn có các thiết bị tinh chỉnh : lò nhiệt luyện (thường hoá), máy tẩy gỉ axit, máy rửa-sấy, máy cắt, máy tinh chỉnh bề mặt, máy đóng gói sản phẩm, ...

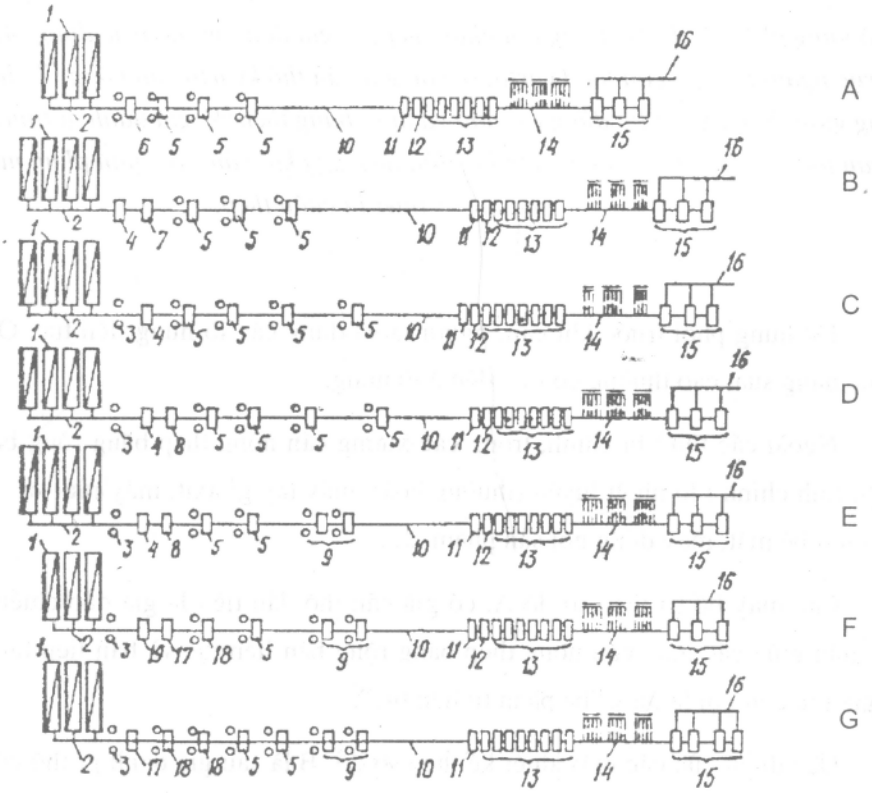
Các máy bố trí theo sơ đồ A, có giá cán thô đầu tiên là giá đảo chiều, chiếm vị trí trung gian giữa các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục, cho nên đôi khi người ta còn gọi là máy "ba phần tư liên tục".

Đặc điểm của các máy thiết kế theo sơ đồ B là sau giá đánh gỉ thô có giá cán giãn rộng để cán tạo bề ngang tấm thép. Tuy nhiên, việc bố trí công đoạn cán phá bề ngang trong dây chuyền cán liên tục gây bất tiện cho qui trình công nghệ và hạn chế đáng kể năng suất máy.

Các máy thiết kế theo sơ đồ C có hai giá đánh gỉ thô liền nhau, kết hợp với thiết bị đánh gỉ thuỷ lực, đảm bảo được chất lượng đánh gỉ cao. Mặt khác, nhờ công suất của động cơ truyền động giá đánh gỉ thô trục ngang lớn, nên khả năng ép thép của nhóm cán thô tăng đáng kể.

Ở các máy phân bố theo sơ đồ D, giá cán thô đầu tiên (có thể là duo hoặc kvarto) có đường kính trục lớn hơn đường kính trục làm việc của các giá cán thô vạn năng đứng tiếp theo, nên khả năng ép thép của nhóm cán thô tăng lên. Hiện nay, với mục đích này, trong một số trường hợp người ta tăng đường kính trục làm việc của 1÷3 giá cán thô vạn năng tiếp theo đầu tiên.

Theo sơ đồ E, hai giá cán thô cuối cùng kết hợp với nhau thành một nhóm liên tục riêng biệt. Cách bố trí này cho phép giảm đáng kể chiều dài nhóm cán thô, tiết kiệm đầu tư, giảm mất nhiệt của thép cán và cho phép cán phôi có chiều dài lớn (đến 14m).

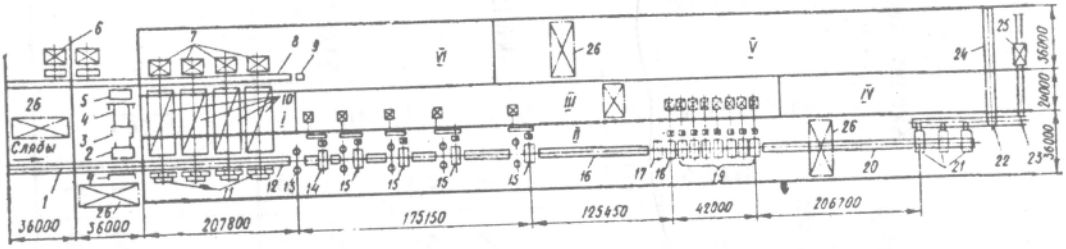


Hình 3.2. *Sơ đồ bố trí các giá cán ở các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục: 1. lò nung; 2. đường băng lăn nhận thép; 3. giá đánh gỉ thô trục đứng; 4. giá đánh gỉ thô trục ngang; 5. các giá cán thô kvarto vạn năng; 6. giá cán thô đảo chiều duo hoặc kvarto; 7. giá cán giãn rộng; 8. giá cán thô kvarto; 9. nhóm cán liên tục gồm hai giá vạn năng; 10. đường băng lăn trung gian; 11. máy cắt lia dùng cắt đầu, đuôi băng kim loại; 12. giá đánh gỉ tinh duo; 13. nhóm giá cán tinh; 14. đường băng lăn dẫn thép đến máy cuộn được trang bị giàn phun làm nguội nhanh; 15.thiết bị cuộn thép; 16. đường băng tải xích đưa thép cuộn khỏi máy cuộn; 17. giá cán thô duo; 18. giá cán thô vạn năng duo; 19. giá cán duo cán lặp (cán hai lần).*

Các máy thiết kế theo sơ đồ F khác với sơ đồ E ở chỗ các giá cán thô đầu tiên là giá duo. Các máy bố trí theo sơ đồ G cũng có đặc điểm tương tự, nhưng có nhóm cán thô gồm 8 giá cán, cho phép cán thép băng dày 0,8÷1,0 mm từ phôi dày đến 300 mm.

Bốn sơ đồ cuối là các là các sơ đồ phân bố tối ưu hơn cả. Các sơ đồ này có khả năng ổn định quá trình cán các loại thép băng mỏng từ phôi có chiều dày lớn với năng suất cao.

Trên hình 3.3 trình bày sơ đồ bố trí thiết bị của máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục "2000". Phôi cho máy là phôi phiến đúc liên tục. Bộ phận nung phôi gồm 4 lò nung liên tục, năng suất mỗi lò tới 250 T/h. Nhóm cán thô gồm hai giá đánh gỉ - một giá trục đứng và một giá trục ngang, 4 giá vạn năng có trục đứng đường kính 900 mm, truyền động riêng rẽ qua hộp giảm tốc. Giá đánh gỉ thô trục ngang có công suất truyền động 5000 kW, có thể giữ vai trò như một giá cán thô chính. Nhóm cán tinh gồm 7 giá kvarto và một giá đánh gỉ tinh (hình 3.4), truyền động riêng rẽ trực tiếp.



Hình 3.3. *Sơ đồ phân bố thiết bị của máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục "2000": I- bộ phận lò nung; II- gian máy cán; III- gian động cơ truyền động; IV, V- các gian tinh chỉnh; VI- bãi chứa thép thành phẩm;*

1. đường băng lăn sau máy đúc phôi liên tục; 2. bàn chất phôi; 3. xe vận chuyển; 4. máy đẩy; 5. bàn nâng; 6. bàn chất phôi; 7. máy đẩy; 8. mường băng chất phôi; 9. bàn chặn; 10. lò nung; 11. máy nhận phôi; 12. đường băng nhận phôi; 13. máy đánh gỉ thô trục đứng; 14. Máy đánh gỉ thô trục ngang; 15. các giá cán thô kvarto; 16. đường băng lăn trung gian; 17. máy cắt lia; 18. giá đánh gỉ tinh; 19. các giá cán tinh kvarto; 20. đường băng lăn dẫn thép đến máy cuộn; 21. máy cuộn thép; 22. bàn nâng-đảo thép; 23. băng chuyển thép nóng dưới dạng cuộn; 24. băng chuyển thép đến xưởng cán nguội; 25. xe vận chuyển; 26. cầu trục.

Bảng 3.1. *Đặc tính kỹ thuật của một số máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục*

Nước	Chiều dài thân trục cán, mm	Tổng số giá cán và giá đánh gỉ	Đặc tính kỹ thuật của giá cán và giá đánh gỉ				Kích thước sản phẩm, mm		Kích thước phôi slab, mm		Tốc độ cán lớn nhất, m/s	Tổng công suất truyền động, 10^3 kW	Năng suất năm, 10^3 T
			nhóm cán thô		nhóm cán tinh								
			kiểu giá cán	số lượng	kiểu giá cán	số lượng	chiều dày, mm	chiều rộng, mm	Chiều dày, mm	Chiều rộng, mm			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Ucraine	1680	12	900x1680 (GN) 940/1320x2400 850/1240x1680 (V) 610/1240x1680 (V)	1 1 1 2	610x1680 (GN) 610/1240x1680	1 6	2 - 6	đến 1500	đến 150	đến 1500	9	49..1	3500
Nga	2500	12	850x2000 (GN) 1100/1400x3200 (R) 900/1400x2500 (V)	1 1 3	700x2500 (GN) 700/1400x2500	1 6	2 - 10	1000 - 2300	100 - 175	1000 – 1700	12.0	51.3	3850
Nga	1700	15	1000x700 (GD) 1150x1700 (GN) 1000/1400x1700 950/1400x1700 (V)	1 1 1 4	600x1700 (GN) 700/1400x1700	1 7	1.2-2.0	700 – 1550	165 - 240	730 – 1550	18.0	77.5	4500

Bảng 3.1 (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Nga	2000	14	1200x300 (GĐ) 1200x2000 (GN) 1200/1600x2000 (V)	1 1 4	800x2000 (GN) 800/1600x2000	1 7	12-12 (16)*	900 - 1850	200 - 250	900 – 1850	20.0	119.0	6000
Anh	1725	14	1140x730 (GĐ) 1120x1725 1120/1525x1725 (V) 915/1525x1725 (V)	1 1 3 2	725x1725 (GN) 725/1525x1725	1	12-9,5	610 – 1575	114 - 254	đến 1525	16.6	71.4	3000
Mỹ	2030	12 (13)	1145x430 (GĐ) 1270x2110 1270x2110 (V) 2030 (V) 1120/1525x2030(V)	1 1 1 2 (3)*	725/1525x2030	7	12 12.7	610 1930	đến 305	đến 1930	19.2	78.0	2270 (3630)*
Mỹ	2135	14	Duo 1145 (GĐ) 1270x2135 1270x2135 (V) 1120/1570x2135(V)	1 2 1 3	725/1575x2135	7	12 – 12.7	460 – 1980	đến 305	đến1980	21.9	102.8	3630 (4000)*

Bảng 3.1 (tiếp theo)

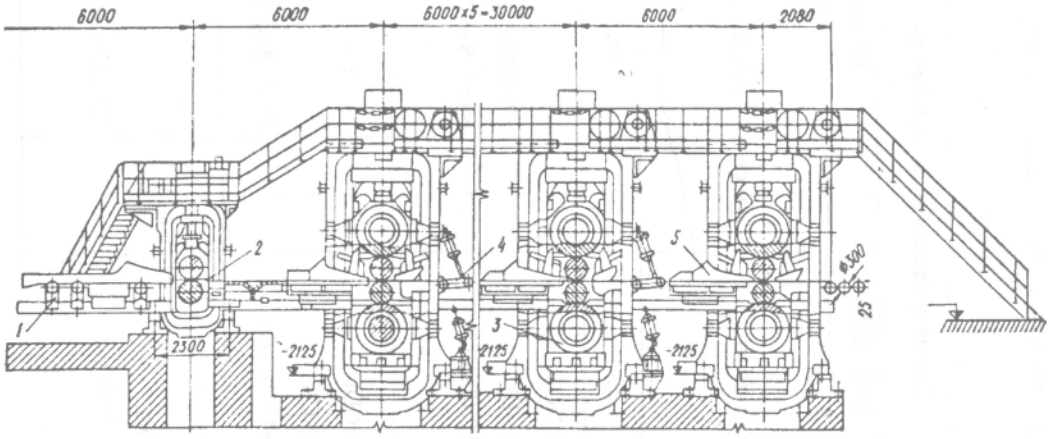
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Đức	2235	10	1220x2300 (VĐ) 925/1525x2250 (V)	1 2 (3)*	Không rõ (GN) 750/1525x2235 700/1525x2235	1 3 (4)* 3	1,5 – 12,7	700 – 2080	150 - 250	700 – 2050	15.2	76,6	1700 (3000)*
Nhật	1780	15	1140x430 (GĐ) 1270x1780 1270x1780 (V) 1070/1575x1780(V)	1 1 2 4	735/1575x1780	7	1.0 – 12.7	610 – 1675	100 - 300	610 – 1670	22.2	94,4	1400 (3630)*
Nhật	2285	13 (14)*	Duo 1200 (GĐ) 1270x2285 1270x2285 (V) 1170/1725x2285(V)	1 1 1(2) 3	815/1625x2285 760/1625x2285	3 4	1.0 – 16.0	860 - 2180	đến 210 (355)*	đến 2185	27.8	104,4	2680 (3600)*

** Theo thiết kế : GĐ- giá đánh gỉ trục đứng; GN- giá đánh gỉ trục ngang; V- giá cán vạn năng; VĐ- giá cán vạn năng đảo chiều; R- giá cán giãn rộng.*

Sau khi cán thô, chiều dày băng thép khoảng 25mm÷45 mm. Vận tốc cán ở giá cán tinh cuối 20m/s. Ở vận tốc này, máy cuộn không thể dễ dàng bắt được đầu băng thép, do vậy vận tốc ban đầu của máy cán, đường băng lăn và máy cuộn phải giữ ở mức 10m/s÷12m/s. Sau khi máy cuộn kẹp chặt được đầu băng thép, vận tốc của máy cán, đường băng lăn, máy cuộn tăng đồng bộ dần đến tốc độ cán cực đại. Máy cán "2000" có mức độ tự động hoá cao. Tất cả các khâu từ nung phôi, kiểm tra và điều chỉnh kích thước băng kim loại trong quá trình cán, đến điều khiển quá trình bôi trơn, làm nguội, tinh chỉnh, đóng gói, ... đều được tự động hoá.

3.1.2.Các máy bán liên tục

Hơn 1/ 2 các máy cán nóng thép băng rộng bản là các máy bán liên tục. Nếu chỉ căn cứ vào các thông số như vận tốc cán, chiều dày phôi, độ dày của băng kim loại trước và sau khi cán tinh, thì các máy cán nóng thép băng rộng bản bán liên tục không khác so với các máy liên tục.



Hình 3.4. *Nhóm giá cán tinh của máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục "2000":*

1. đường băng lăn; 2. giá đánh gỉ; 3. giá cán; 4. cơ cấu giữ vòng và tạo độ căng cho băng thép; 5.tấm dẫn hướng.

Trong bảng 3.2 trình bày đặc tính kỹ thuật của một số máy cán nóng thép băng rộng bản bán liên tục.

Bảng 3.2. *Đặc tính kỹ thuật của một số máy cán nóng thép băng rộng bản bán liên tục*

Nước	Kiểu giá cán (chiều dài thân trục cán, mm)	Tổng số giá cán và giá đánh gỉ	Đặc tính kỹ thuật của giá cán và giá đánh gỉ				Kích thước sản phẩm, mm		Kích thước phôi slab, mm		Tốc độ cán lớn nhất, m/s	Tổng công suất truyền động, 10^3 KW	Năng suất năm, 10^3T
			nhóm cán thô		nhóm cán tinh								
			Kiểu giá cán	Số lượng	Kiểu giá cán	Số lượng	Chiều dày, mm	Chiều rộng, mm	Chiều dày, mm	Chiều rộng, mm			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Nga	Liên hợp 2800/1700	10	1000x700 (GĐ) 1150x2800 (Đ) 800/1400x2800 (VĐ)	1 1 1	600x1700 (GN) 650x1250x1700	1 6	(6 - 50)* 1.8 – 8.0	(1500-2500)* 600 – 1500	115-250	600-1550	10.2	37.1	1800
Anh	1725	9	Duo 1070 (GĐ) 1120x1725(GN) 990/1420x1725 (VĐ)	1 1 1	710/1420x1725	6	1.2 - 9.5	600 – 1575	đến 255	–	12.6	42.23	2000
Bỉ	2030	8	Kvarto (VĐ) 915/1525x2030 (V)	1 1	725/1525x2030	6	1.5 - 10	.	–	–	17.8	57.08	2000

Bảng 3.2 (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Mỹ	2030	10	1145x660 (GĐ) 1220x2030 (GN) 1120/1525x2030 (VĐ) 725/1445x2030 (V)	1 1 1 1	725/1525x2030	6	12-12.7	510 – 1880	150 - 250	460 1930	19.0	61.4	2200
Đức	Liên hợp 2800/2030	8	1100x800 (GĐ) 1200/1600x2800 (VĐ)	1 1	725/1525x2030	6	1.5-12.7	600 - 1900	–	–	11.4 (16.3)**	52.0	850
Nhật	2030	8	1120x2030 (V) 915/1375x2030 (VĐ)	1 1	700/1525x2030	6	1.22 - 12.7	600 - 1880	đến 255	–	12.4	37.28	2400
Bỉ	Liên hợp 3300/1830	7	900/1600x3300 (VĐ)	1	700/1425x1830	6	1.55 12.7	–	–		12.2	38.42	–

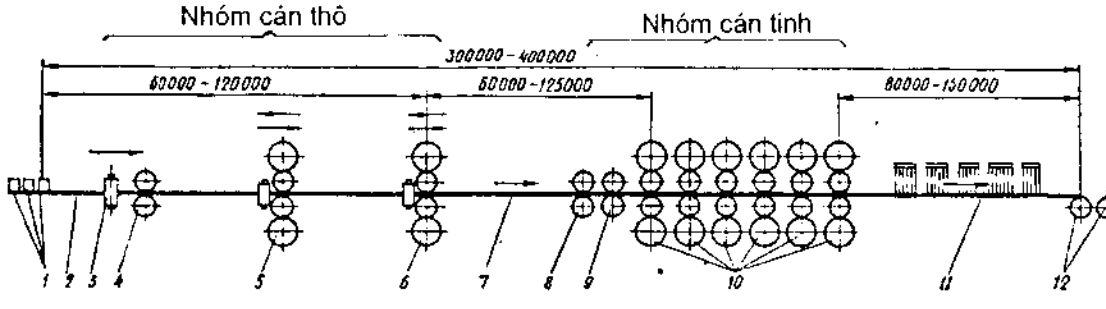
** tám dây, cán trong nhóm cán thô; ** theo thiết kế ; GV – giá đánh gỉ trục đứng; GN- giá đánh gỉ trục ngang; V - giá cán vạn năng ; Đ - giá cán đảo chiều VĐ - giá cán vạn năng đảo chiều.*

Các máy bán liên tục dùng cán nóng thép băng có độ dày phổ biến từ 0,8 mm đến 16 mm, rộng đến 2540 mm hay thép tấm có chiều dày không dưới 8 mm, rộng đến 3200 mm, từ phôi phiến đúc liên tục hoặc cán dày 70 mm÷300 mm, khối lượng đến 30T. Ở các máy cán nóng thép băng rộng bản bán liên tục (hình 3.5), nhóm cán thô gồm một hay vài giá đảo chiều hoặc một chiều vạn năng kvarto (rất hiếm khi duo). Ở giá đảo cán thô đảo chiều, thép được ép đến chiều dày cần thiết sau vài lần cán. Trong một số trường hợp, nhóm cán thô gồm hai giá đảo chiều, do đó nó có thể giữ vai trò như một máy cán tấm dày hai giá bình thường. Ở nhiều máy bán liên tục, người ta đặt những giá cán thô đảo chiều có độ dài thân trục lớn hơn so với trục của giá cán tinh, nhằm mục đích cán thép tấm dày có chiều rộng lớn hơn chiều dài thân trục của giá cán tinh (các máy liên hợp). Để đảm bảo chất lượng đánh rỉ, ngoài hệ thống đánh gỉ thuỷ lực, người ta đặt thêm các giá đánh thô gỉ duo trục đứng và trục ngang.

Nhóm cán tinh của các máy cán nóng thép băng rộng bản bán liên tục gồm 4 đến 7 giá kvarto và có thể có một giá đánh gỉ tinh duo. Mọi thiết bị khác cho nhóm cán tinh, máy cuộn thép, ... của các máy bán liên tục hoàn toàn giống như các máy liên tục.

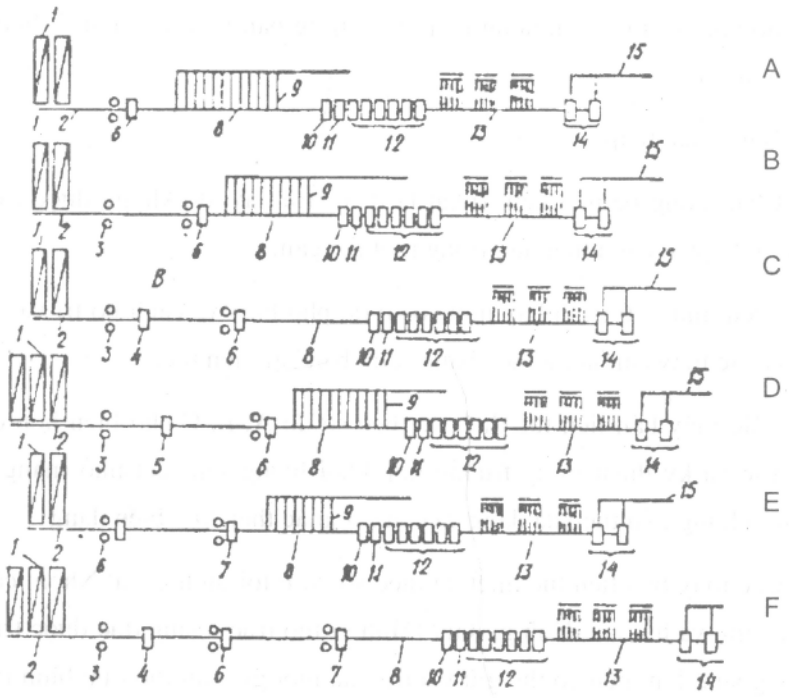
Ở các máy bán liên tục liên hợp, thép tấm dày sau khi cán trong nhóm cán thô được chuyển sang dây chuyền tinh chỉnh thép tấm dày, bố trí ở gian song song với gian máy cán. Nhóm cán tinh trong trường hợp này ngừng làm việc.

Việc xây dựng các máy bán liên tục liên hợp chỉ hợp lý trong điều kiện khối lượng sản suất thép tấm dày và thép băng đều không lớn, hoặc trong điều kiện sản suất thép băng mỏng với chủng loại rộng và thép tấm dày từ các mác thép hợp kim.



Hình 3.5. *Sơ đồ máy cán nóng thép băng rộng bản bán liên tục: 1. lò nung; 2. đường băng lăn nhận thép; 3. giá đánh gỉ thô trục đứng; 4. giá đánh gỉ thô trục ngang; 5. giá cán thô vạn năng kvarto (có thể duo) đảo chiều; 6. giá cán thô vạn năng kvarto không đảo chiều; 7. đường băng lăn trung gian; 8. máy cắt lia dùng cắt đầu và đuôi băng thép; 9. giá đánh gỉ tinh trục ngang; 10. các giá cán tinh kvarto; 11. đường băng lăn dẫn thép đến máy cuộn; 12. máy cuộn thép.*

Ở các máy cán nóng thép băng rộng bản bán liên tục, số lần cán không phục thuộc vào số lượng giá cán. Cho nên ở các máy kiểu này, về mặt kỹ thuật và kinh tế sẽ có lợi khi sản xuất thép tấm dày từ phôi có chiều dày lớn, sản xuất thép tấm dày theo từng loạt nhỏ và đặc biệt khi sản xuất các loại thép tấm và thép băng từ các mác thép khó biến dạng.



Hình 3.6. *Sơ đồ bố trí và kết hợp các giá cán của các máy cán nóng thép băng rộng bản bán liên tục:*

1-lò nung phôi; 2. đường băng lăn nhận thép; 3.giá đánh gỉ thô trục đứng; 4. giá đánh rỉ thô trục ngang; 5. giá cán thô đảo chiều; 6. giá cán thô vạn năng kvarto đảo chiều; 7. giá cán thô vạn năng kvarto không đảo chiều; 8. đường băng lăn trung gian; 9. giàn băng di chuyển thép; 10. máy cắt lia; 11. giá đánh gỉ tinh; 12. các giá cán tinh kvarto; 13. đường băng lăn dẫn thép đến máy cuộn có trang bị hệ thông phun nước làm nguội nhanh; 14. các máy cuộn thép; 15. đường băng tải thép ở dạng cuộn.

Ưu điểm của các máy cán nóng thép băng rộng bản bán liên tục như sau :

- Khối lượng thiết bị cơ điện nhỏ, diện tích sản suất và diện tích phụ không lớn, do đó đỡ tốn kém đầu tư cho thiết bị và công trình;

- Chủng loại sản phẩm rộng hơn. Qui trình công nghệ có thể thay đổi và điều chỉnh dễ dàng;
- Có thể cán các loại thép khó biến dạng, mà công nghệ đòi hỏi phải điều khiển lượng ép tổng cộng, lượng ép riêng, nhiệt độ và vận tốc cán.

So với các máy cán nóng thép băng rộng bán liên tục, nhược điểm của các máy bán liên tục như sau :

- Năng suất thấp;
- Chất lượng bề mặt kém (nhất là thép tấm dày, do không được cán trong nhóm liên tục) do phải cán nhiều lần trong một giá cán.

Trên hình 3.6 trình bày một số sơ đồ phổ biến về cách bố trí và kết hợp các thiết bị chính của các máy cán nóng thép băng rộng bán bán liên tục.

Các máy bán liên tục thiết kế theo sơ đồ A, B, C phổ biến hơn cả và rất hợp lý về mặt kinh tế và kỹ thuật trong trường hợp khối lượng sản suất nhỏ (năng suất 1,2÷1,5 triệu tấn/ năm), chủng loại thép đa dạng và cán các mác thép khó biến dạng.

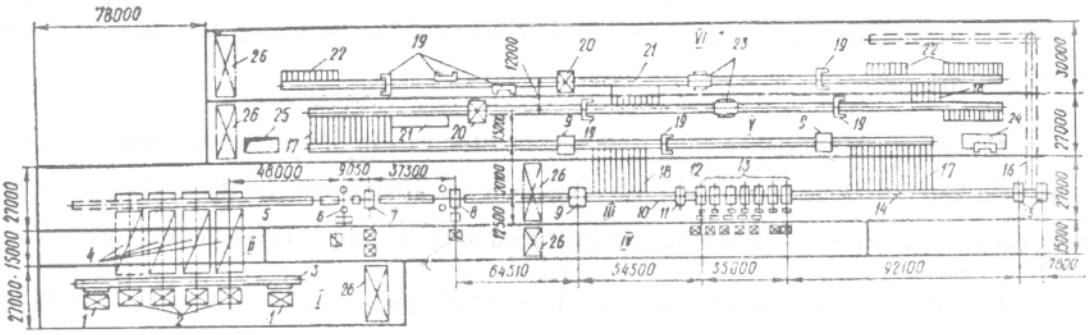
Các máy bán liên tục thiết kế theo sơ đồ F tối ưu hơn cả. Nhóm cán thô gồm hai giá cán vạn năng và hai giá đánh gỉ. Giá Đánh gỉ thô trục ngang duo được truyền động từ động cơ có công suất lớn, nên có thể giữ vai trò của một giá cán thô duo bình thường. Nếu căn cứ vào số lượng giá cán và năng suất thì các máy này không khác nhiều so với các máy liên tục.

Trên hình 3.7 trình bày sơ đồ bố trí thiết bị của máy cán thép bán liên tục liên hợp 2800/1700. Máy liên hợp 2800/1700 có thể cán tấm dày 6mm÷50mm, rộng đến 2500mm, dài đến 18m trong nhóm cán thô và thép băng rộng bản ở dạng cuộn dày 1,8mm÷8,0mm, rộng 900mm÷1500mm, từ phôi phiến dày đến 250mm, rộng đến 1550 mm, khối lượng đến 7,5T. Phôi được nung trong các lò hoàn nhiệt công suất 110T/h (nạp lò ở trạng thái nguội).

Theo thành phần thiết bị chính, nhóm cán thô của máy liên hợp 2800/1700 giống máy cán tấm dày hai giá 2800 trình bày ở chương 2.

Thép tấm dày sau khi cán trong nhóm cán thô được chuyển bằng giàn băng tải sang dây chuyền tinh chỉnh thép tấm dày, được trang bị các máy nắn và các máy cắt.

Nhóm cán tinh gồm một giá đánh gỉ và 6 giá kvarto. Sau nhóm cán tinh là 2 máy cuộn, cho phép cuộn thép có chiều dày đến 8 mm. Năng suất của máy đạt 1,8 triệu tấn / năm.



Hình 3.7. *Sơ đồ bố trí thiết bị của máy cán thép băng rộng bản bán liên tục liên hợp 2800/1700:*

I- bãi chứa phôi; II- bộ phận nung phôi; III- gian máy cán; IV- gian động cơ truyền động cho máy cán; V, VI- các gian tinh chỉnh.

1.bàn chất phôi; 2. máy đẩy phôi; 3. đường băng lăn chất phôi; 4. lò nung; 5. đường băng lăn nhận thép; 6. giá đánh rỉ thô trục đứng; 7. giá cán thô đảo chiều duo; 8. giá cán thô vạn năng kvarto đảo chiều ; 9. máy nắn; 10. đường băng lăn trung gian; 11. máy cắt lia dùng cắt đầu, đuôi băng thép; 12. giá đánh gỉ tinh; 13. các giá cán tinh kvarto; 14. đường băng dẫn thép đến máy cuộn; 15. máy cuộn thép; 16. băng chuyển thép cuộn; 17. sàn làm nguội; 18. giàn băng tải xích; 19. máy cắt chém dùng cắt dọc và cắt ngang; 20. xe lấy dấu kích thước trước khi cắt; 21. máy lật tấm; 22. buồng thu thép tấm; 23. máy cắt đĩa dùng để cắt mép biên; 24. máy cắt chém; 25. hố chứa vảy gỉ; 26. cầu trục.

Thân trục cán của các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục có chiều dài cực đại tương ứng 2500 mm và 3500 mm. Phần lớn các máy đang làm việc hiện nay có chiều dài thân trục 2000 mm ÷2250 mm. Các máy này có khả năng đáp ứng đầy đủ hơn các yêu cầu của ngành công nghiệp chế tạo ôtô về thép tấm rộng làm thùng xe.

Đường kính trục làm việc của các máy cán thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục, phụ thuộc vào chiều dài thân trục, nằm trong khoảng (535÷1270)mm, đối với các giá cán thô và (420÷815)mm đối với các giá cán tinh. Đường kính trục tựa của các giá cán thô và cán tinh, trong đại đa số các trường hợp, như nhau và nằm trong khoảng (864÷1625)mm.

Trục làm việc của các giá cán thô cuối và của các giá cán tinh được chế tạo từ gang hợp kim. Các trục cán hai lớp (trục lồng vành) có độ cứng bề mặt (75÷85)HSh được sử dụng rộng rãi hơn cả. Để đảm bảo tốt điều kiện ăn thép và có thể truyền mômen quay lớn hơn, trục làm việc của các giá cán thô đầu tiên được chế tạo từ thép với độ cứng bề mặt (40÷60)HSh.

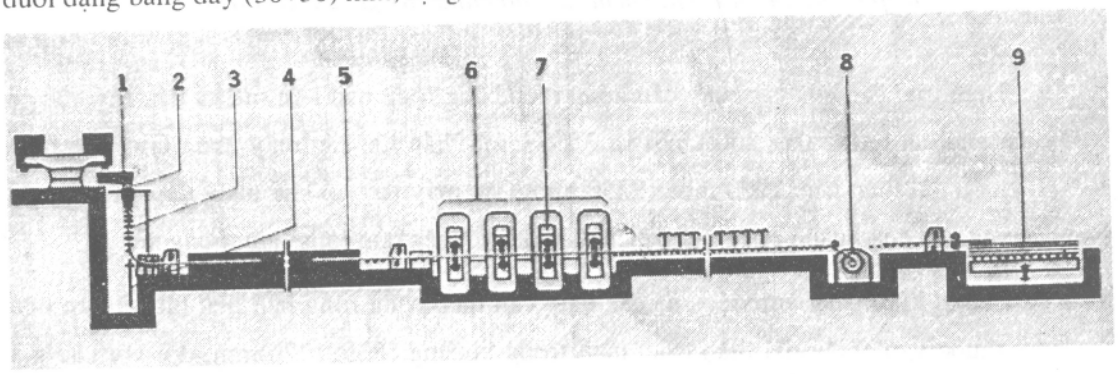
Trục tựa của các giá cán thô và cán tinh được chế tạo bằng thép (đúc hoặc rèn) với độ cứng bề mặt (40÷50)HSh.

Các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục được trang bị các hệ thống điều khiển tự động hoàn toàn hoặc từng phần. Để áp dụng các hệ thống điều khiển tự động, các máy cán liên tục và bán liên tục phải thoả mãn các yêu cầu cơ bản sau đây :

- Đảm bảo độ cứng của giá cán và các thành phần của nó (trục cán, ổ lót trục, khung giá, ...),
- Đảm bảo độ bền và độ linh động của các cơ cấu giữ vòng, tạo lực kéo căng cho băng kim loại khi cán trong nhóm liên tục,
- Đảm bảo độ chính xác và linh động của hệ thống điều chỉnh vít nén và hệ thống điều chỉnh biên dạng (profile) của trục cán trong quá trình cán.

3.1.3. Các máy đúc cán liên tục

Trong một vài năm gần đây, cùng với sự phát triển của công nghệ đúc thép liên tục, một thế hệ máy cán nóng thép băng rộng bản mới đã ra đời : các máy đúc cán liên tục. Kiểu máy này chỉ có một nhóm gồm 4-6 giá cán, bố trí sau hệ thống đúc liên tục, có thể đúc phôi dưới dạng băng dày (30÷50) mm, rộng đến 1560 mm với tốc độ đến 5.5m/phút.



***Hình 3.8**. Sơ đồ bố trí thiết bị của máy đúc cán liên tục do hãng Schloemann-Siemag (CHLB Đức) chế tạo:*

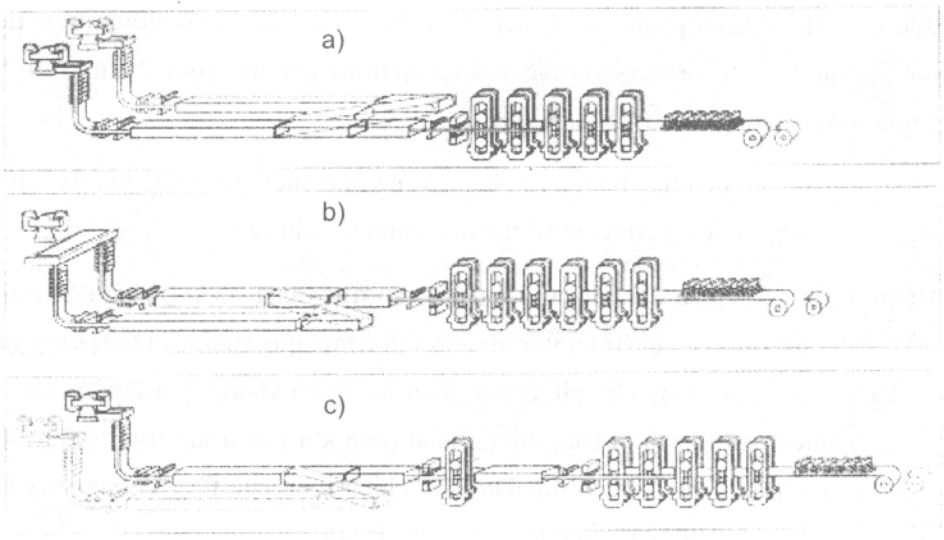
1, 2. các bộ phận của khuôn đúc liên tục; 3. hệ thống con lăn kéo phôi và dẫn hướng; 4. thanh chắn đáy khuôn khi bắt đầu quá trình đúc. 5. lò nung liên tục; 6. nhóm giá cán liên tục; 7. giá cán kvarto; 8. máy cuộn; 9. bàn chứa thép tấm dày sau khi cắt.

Trên hình 3.8 trình bày sơ đồ phân bố thiết bị điển hình của kiểu máy đúc cán liên tục do hãng Schloemann-Siemag (SMS), CHLB Đức chế tạo. Máy có nhóm liên tục gồm 4 giá cán, một lò nung liên tục kiểu ống (tunel), bố trí giữa nhóm giá cán và hệ thống đúc, có nhiệm vụ nung bổ sung và đồng đều hoá nhiệt độ của phôi trước khi cán. Thép băng sau khi cán được làm nguội nhanh đến nhiệt độ cần thiết bằng hệ thống giàn phun nước và, tuỳ theo chiều dày, có thể được cuốn thành cuộn hoặc cắt thành tấm.

Các máy đúc cán liên tục có các ưu điểm sau :

- Khối lượng thiết bị không lớn nên vốn đầu tư giảm đáng kể so với các máy cán nóng thép băng rộng bản thông thường,
- Tiêu hao kim loại không đáng kể, chi phí công nghệ thấp, dẫn đến giảm đáng kể giá thành sản phẩm,
- Rất kinh tế đối với các nhà máy nhỏ, với năng suất ≈1 triệu tấn năm.

Do công suất của nhóm giá cán lớn hơn công suất của máy đúc phôi nên để tăng năng suất của máy, người ta có thể bố trí hai giàn đúc liên tục đi với một nhóm giá cán như trình bày trên hình 3.9. Với sơ đồ phân bố thiết bị như vậy, năng suất của máy cán có thể nâng đến ≈2 triệu tấn năm.



Hình 3.9. *Sơ đồ phân bố thiết bị của các máy đúc cán liên tục do hãng SMS (CHLB Đức) xây dựng (tại Mỹ, Trung Quốc, Mông Cổ, Malaysia).*

Các máy cán với sơ đồ bố trí thiết bị trình bày trên hình 3.9 có thể sản xuất thép thành phẩm có độ dày 1.2 mm từ phôi tấm đúc dày (50÷70)mm. Để tăng khả năng ép của máy cán ngoài nhóm liên tục, người ta còn có thể bố trí một giá cán thô một chiều (hình 3.9c) có nhiệm vụ ép phôi từ chiều dày 70 mm xuống 40 mm sau một lần cán.

3.2. Kỹ thuật cán ở các máy cán nóng thép băng rộng bản

Phụ thuộc vào mác thép và kích thước phôi, nhiệt độ nung phôi trước khi cán nằm trong khoảng (1170÷1250) C. Sau khi đạt nhiệt độ cần thiết, tấm phôi được đưa ra khỏi lò và theo đường băng lăn nhận thép chạy đến giá cán.

Phụ thuộc vào tỷ lệ giữa chiều rộng của phôi và chiều rộng của thép thành phẩm, quá trình cán được tiến hành theo chiều dọc phôi hoặc theo sơ đồ có bước cán phá bề rộng. Trong trường hợp sau, chiều dài thân trục cán phải lớn hơn chiều dài phôi.

Ở các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục, quá trình cán trong tất cả các giá được tiến hành theo chiều dọc phôi. Giá đánh gỉ trục đứng đầu tiên (thô) có nhiệm vụ đánh sạch gỉ lò và cán chiều rộng cho phôi. Lượng ép theo chiều ngang trong giá đánh gỉ trục đứng có thể đạt tới (50÷60)mm. Tiếp theo, thép được cán trong giá đánh gỉ trục ngang với lượng ép tương đối (5÷25)%. Gỉ lò sau khi đánh bong được xói sạch bằng nước phun dưới áp suất 17MN/mm² (170 atm).

Sơ đồ có bước cán phá bề rộng áp dụng trong trường hợp chiều rộng phôi phiến nhỏ hơn chiều rộng thép thành phẩm. ở các máy liên tục, bước cán phá bề rộng được tiến hành bằng một lần cán trong giá cán giãn rộng. Lượng ép trong giá giãn rộng đạt tới (40÷50)% và có thể tính theo các công thức (2.5, 2.6).

Ở các máy bán liên tục, bước cán phá bề rộng thực hiện trong các giá đảo chiều. Khi đó, để đạt được chiều rộng cần thiết ta có thể tiến hành vài lần cán.

Phụ thuộc vào chiều dài phôi và kiểu giá cán trục đứng, thép có thể đồng thời được ép trong trục đứng và trục ngang. Đối với các giá vạn năng, quá trình cán tiến hành như trên. Kết cấu của giá cán trục đứng cho phép thực hiện lượng ép không quá 20mm, có nghĩa là lượng ép theo chiều ngang xấp xỉ bằng lượng giãn rộng khi cán trong trục ngang tiếp theo. Với phương pháp ép như vậy, ta có thể đảm bảo chiều rộng của thép không thay đổi theo chiều dài và mép biên không bị rạn nứt trong quá trình cán.

Lượng ép cực đại của một lần cán trong trục ngang giá cán thô có thể đạt tới (40÷45)%. Khi cán trong nhóm cán thô, hình dạng tiết diện ngang của phôi phiến có ảnh

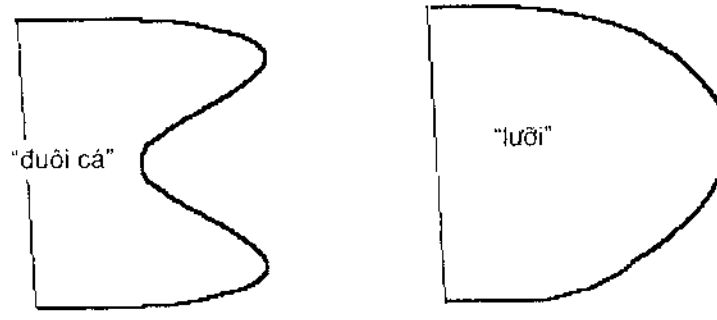
hưởng đáng kể đến đặc điểm chảy của kim loại. Đối với các phôi có bề mặt lồi, do biến dạng theo chiều cao phân bố không đồng đều theo bề ngang phôi nên chiều rộng của thép khi cán bị co lại, có nghĩa là chiều rộng của thép sau khi cán trở nên nhỏ hơn so với kích thước định trước. Do vậy, phôi phôi cho các máy cán nóng thép băng rộng bản phải có độ không đồng đều ngang của chiều dày (độ lồi) nhỏ nhất.

Ở các máy liên tục, do chiều dài của nhóm cán thô lớn (tới 250m) nên thời gian thép ở trong nhóm cán thô kéo dài tới (130÷160)s. Trong khoảng thời gian đó nhiệt độ của của thép giảm đi đáng kể. Phụ thuộc vào chiều dài của nhóm cán thô và kích thước ban đầu của phôi, độ chênh lệch giữa nhiệt độ bắt đầu và nhiệt độ kết thúc cán thô nằm trong khoảng (60÷120)°C. Nhiệt độ của thép trước khi vào nhóm cán tinh thường là (1000÷1100)°C.

Phụ thuộc vào độ dày của thép thành phẩm và số lượng giá cán trong nhóm cán tinh, chiều dày của thép sau khi cán trong nhóm cán thô nằm trong khoảng (18÷45)mm.

Chiều dày và chiều rộng của thép khi ra khỏi giá cuối cùng của nhóm cán thô được kiểm tra bằng thiết bị đo tự động theo nguyên lý không tiếp xúc. Sai số đo chiều rộng là ±2mm, sai số đo chiều dày không quá 1%.

Trong đại đa số các trường hợp, sau khi cán thô, hai đầu của băng thép có dạng "lưỡi" hoặc "đuôi cá" (hình 3.10). Nhiệt độ của các phần này thường thấp hơn nhiệt độ của toàn bộ băng thép, nên khi cán trong nhóm cán tinh, chúng có thể gây nên trên bề mặt trục cán các vết hằn lõm mà sau đó sẽ in lên mặt băng thép. Ngoài ra, trong khi vận chuyển và khi tang máy cuộn bắt giữ đầu băng thép, các "đuôi cá" và "lưỡi" dễ bị mắc kẹt vào khe giữa các chi tiết máy, gây tắc hóc. Để loại trừ các sự cố trên, trước khi vào nhóm cán tinh, đầu và đuôi của băng kim loại được cắt bỏ ở máy cắt lia đặt trước giá đánh gỉ tinh.



Hình 3.10. *Các dạng phổ biến của hai đầu băng thép sau khi cán trong nhóm cán thô: dạng "lưỡi" và dạng "đuôi cá".*

Giá đánh gỉ tinh có nhiệm vụ đánh sạch gỉ tạo ra trong quá trình cán (gỉ cán). Lượng ép lớn nhất trong giá đánh gỉ tinh khoảng 5%.

Lượng ép tổng cộng trong nhóm cán tinh (liên tục), phụ thuộc vào chiều dày thành phẩm, nằm trong khoảng (10÷30)% tổng lượng ép. Lượng ép trong mỗi giá cán được xác định bởi công suất động cơ truyền động, độ bền của trục cán, đồng thời phải đảm bảo thu được thép thành phẩm có chất lượng bề mặt, độ chính xác và cấu trúc theo yêu cầu.

Khi vận tốc cán $v_c \leq (10 \div 12)$m/s, thép được đưa vào nhóm cán tinh với tốc độ không đổi như đã qui định trong chế độ ép. Quá trình cán phần đầu của băng thép và cuốn những vòng đầu tiên lên tang cuộn được tiến hành ở vận tốc này (vận tốc nạp) nhằm tránh sự cố tắc hóc như đã trình bày ở trên và tạo lực kéo căng ổn định cho băng kim loại. Sau đó vận tốc quay của các động cơ truyền động cho các giá cán tinh, cho đường băng lăn và máy cuộn tăng đồng bộ dần đến giá trị cực đại đã định. Như vậy, quá trình cán trong nhóm cán tinh thực hiện theo hai chế độ khác nhau : chế độ chuyển tiếp và chế độ ổn định.

Chế độ chuyển tiếp là chế độ mà khi sự thay đổi của một hay vài thông số (độ dày thép cán, tốc độ quay của trục, lượng ép, lực kéo căng băng kim loại, ...) kéo theo sự thay đổi của điều kiện cán trong một hay vài giá cán. Đặc điểm và thời gian kéo dài của chế độ chuyển tiếp phụ thuộc vào đặc tính của động cơ truyền động và độ cứng của chúng, nghĩa là mức độ thay đổi vận tốc quay của động cơ khi tải trọng lên chúng thay đổi. Chế độ cán phần đầu và phần cuối băng kim loại thuộc chế độ chuyển tiếp (chế độ không ổn định).

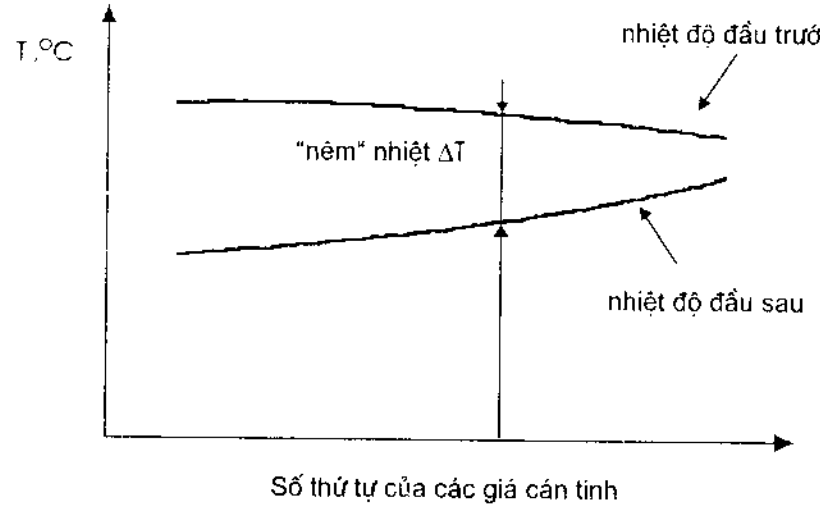
Các chế độ cán ổn định tồn tại dưới hai dạng : cán tự do và cán có lực kéo căng (hoặc lực đẩy) trong vài hoặc trong tất cả các giá cán tinh. Cán với lực đẩy chỉ có thể thực hiện trong 2, 3 giá cán tinh đầu tiên, khi độ dày của băng thép còn tương đối lớn.

Cán tự do là quá trình cán khi trong băng kim loại, phần nằm giữa hai giá cán kề nhau, không xuất hiện các ứng suất dọc (kéo hoặc nén). Điều kiện cán tự do sẽ xảy ra khi quá trình cán tiến hành với sự tồn tại vòng tự do, có nghĩa là lên băng thép không có các lực tác dụng từ phía cơ cấu giữ vòng, hoặc cán không có vòng với điều kiện tỷ lệ giữa vận tốc cán của hai giá cán kề nhau không cho phép xuất hiện các lực dọc tác dụng lên băng thép (không tính tới ảnh hưởng của khối lượng băng kim loại). Trong quá trình cán tự do, điều kiện năng lượng của giá cán này không ảnh hưởng đến năng lượng của giá cán khác. Quá trình cán trong mỗi giá cán giống như trong các giá cán đứng độc lập.

Trường hợp cán có vòng, tạo bởi lực tác dụng từ phía các cơ cấu giữ vòng, trong băng thép xuất hiện ứng suất kéo dọc, ứng suất này là cơ sở tạo lên mối liên quan tương hỗ giữa các giá cán trong nhóm liên tục. Sự tồn tại của lực kéo căng (hoặc lực đẩy) dẫn đến sự phân bố lại công suất và vận tốc cán giữa các giá cán. Quá trình cán như trên gọi là cán không tự do (cán có lực kéo căng hay lực đẩy).

Sự chênh lệch nhiệt độ giữa những vùng khác nhau của băng thép có ảnh hưởng đáng kể đến đặc điểm tải của các động cơ truyền động cho các giá cán tinh và độ chính xác của kích thước băng thép trong quá trình cán. Điều kiện nung và cán không giống nhau là nguyên nhân dẫn đến sự phân bố nhiệt độ không đồng đều theo chiều theo chiều dài tấm thép.

Do thời gian nguội của đầu trước và đầu sau tấm thép khác nhau, nên giữa hai đầu có sự chênh lệch đáng kể về nhiệt độ. ở các máy cán nóng thép băng rộng bán liên tục và bán liên tục, độ chênh lệch về nhiệt độ giữa hai đầu băng thép trước khi vào nhóm cán tinh tới (40÷60)°C. Khi ra khỏi nhóm cán tinh, độ chênh lệch nhiệt độ giảm xuống còn (20÷30)°C. Độ chênh lệch nhiệt độ giữa hai đầu băng thép gọi là "nêm" nhiệt.



Hình 3.11. *Sơ đồ biến đổi nhiệt độ của hai đầu băng kim loại trong điều kiện cán có gia tốc.*

Để khắc phục hoặc giảm bớt "nêm" nhiệt, quá trình cán trong nhóm cán tinh có thể tiến hành với gia tốc bằng (0,05÷0,23)m/s^2. Hiện tượng giảm nêm nhiệt trong quá trình cán

có gia tốc có thể giải thích như sau : sự thay đổi vận tốc cán theo chiều tăng dần dẫn đến sự chênh lệch về tốc độ biến dạng giữa hai đầu băng thép. Do tốc độ biến dạng ở phần sau băng thép lớn hơn phần trước, nên công tiêu hao cho quá trình biến dạng dẻo, được chuyển hoá thành nhiệt năng theo định luật bảo toàn năng lượng, ở phần sau băng thép cũng lớn hơn ở phần đầu, dẫn đến sự gianh chênh lệch nhiệt độ giữa hai đầu băng kim loại. Sơ đồ tổng quát về sự thay đổi nhiệt độ ở đầu và cuối băng thép trong quá trình cán có gia tốc trình bày trên hình 3.11.

Phụ thuộc vào độ dày và mác thép, nhiệt độ kết thúc cán nằm trong khoảng (800÷1000)°C.

Thực tế cho thấy, độ không đồng đều dọc của chiều dày băng thép cán ở các máy cán nóng thép băng rộng bản có thể tới (0,15÷0,25)mm. Độ dày ở phần đầu và phần cuối băng thép thường lớn hơn ở phần giữa, do hai đầu được cán ở chế độ tự do (không có lực kéo căng trước khi cán phần đầu và không có lực kéo căng sau khi cán phần đuôi). Có thể nêu những nguyên nhân chủ yếu sau đây gây nên độ không đồng đều dọc của chiều dày băng thép cán :

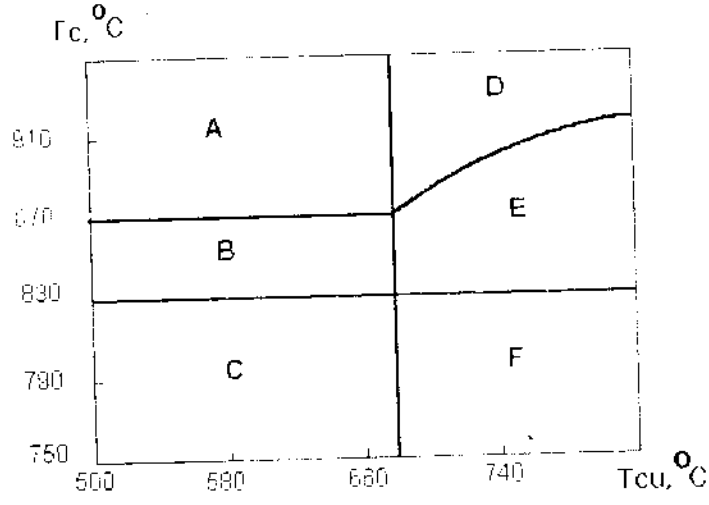
- Phân bố nhiệt độ không đồng đều theo chiều dài băng kim loại;
- Lực kéo căng không ổn định trong quá trình cán;
- Hai đầu của băng kim loại cán theo chế độ tự do;
- Cán với tốc độ thay đổi khi tăng dần từ vận tốc nạp (10÷12 m/s) đến tốc độ ổn định cực đại;
- Thành phần hoá học không đồng đều theo chiều dài băng thép;
- Trục tựa và trục làm việc bị lệch tâm.

Ngoài do không đồng đều dọc của chiều dày, thép cán ở các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục còn có độ không đồng đều của chiều dày theo bề ngang. Độ không đồng đều ngang của chiều dày phụ thuộc vào các yếu tố cơ bản sau :

- Độ uốn cong của trục tựa và trục làm việc;
- Độ giãn nở nhiệt không đồng đều theo chiều dài của trục cán.

Trong trường hợp cán thép cacbon thấp, lượng ép ở các giá cán tinh cuối cùng, nhiệt độ cán cuối, nhiệt độ cuốn là những yếu tố có ảnh hưởng đáng kể đến sự biến đổi tổ chức

của thép. Những yếu tố đó xác định độ bền, kích thước hạt và sự phân bố của kích thước hạt theo chiều ngang băng kim loại. Thép với tổ chức hạt mịn, tròn đều hoặc tổ chức xementit phân tán có tính dập được cao. Để thu được thép có tổ chức như trên, lượng ép tương đối trong các giá cán tinh cuối cùng phải không nhỏ hơn 10%, nhiệt độ cán cuối phải cao hơn Ar_3 và nhiệt độ cuốn phải thấp hơn 680°C. Trên hình 3.12 trình bày ảnh hưởng của nhiệt độ cán cuối và nhiệt độ cuốn thép đến tổ chức của thép cacbon thấp thành phẩm.



***Hình 3.12**. ảnh hưởng của nhiệt độ cán cuối (T_c) và nhiệt độ cuốn thép (T_{cu}) đến tổ chức của thép cacbon thấp :*

A. điều kiện tối ưu, hạt đều, tròn mịn và tổ chức xementit phân tán; B. hạt không đều (trên bề mặt hạt to); C. hạt dài, hậu quả của quá trình biến dạng nguội; D. hạt đều, to cùng với các tập hợp lớn xementit; E. hạt không đều, trên bề mặt hạt rất to; F. hạt to quá mức.

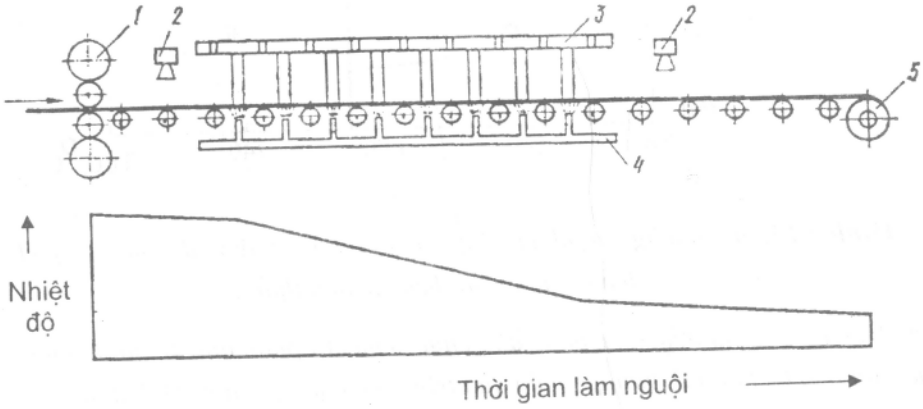
Nhiệt độ cán cuối, nhiệt độ cuốn và vận tốc cán ở giá cuối cùng có ảnh hưởng đáng kể đến độ dày và thành phần lớp gỉ tạo ra trên bề mặt băng thép (gỉ cán). Để gỉ dễ hoà tan trong quá trình tẩy axit, quá trình cán nóng phải kết thúc ở nhiệt độ thấp nhất cho phép với vận tốc cán cực đại ở giá cuối cùng.

Trước khi cuốn thành cuộn, thép băng được làm nguội nhanh bằng hệ thống giàn phun mưa bố trí song song với đường băng lăn dẫn thép đến máy cuộn (hình 3.13). Có hai kiểu hệ thống làm nguội chủ yếu : kiểu có vòi phun nước thành chùm tia và kiểu có vòi phun nước thành dòng. Nhờ hệ thống làm nguội, nhiệt độ của thép giảm nhanh từ (800÷950)°C xuống (500÷650)°C.

Ở các hệ thống làm nguội kiểu đầu tiên (hình 3.14-a), các vòi phun bố trí ở trên và dưới đường băng lăn. Nước phun từ các vòi phun phía trên với áp suất (3÷18)atm ở khoảng cách (750÷1500)mm kể từ mặt băng thép. Các vòi phun phía dưới, được bố trí giữa các con lăn, có nhiệm vụ làm nguội băng thép và đường băng. Chiều dài của hệ thống làm nguội khoảng (80÷100)m. Lượng tiêu hao nước để làm nguội thép ở các máy liên tục "2000" khoảng (3000÷5000)m^3/h.

Hệ thống làm nguội kiểu phun nước thành chùm tia có hệ số tản nhiệt thấp. Ngoài ra, trong quá trình làm việc, các lỗ phun và đường ống hay bị tắc do nước bẩn, làm giảm hiệu quả của hệ thống.

Các hệ thống làm nguội nhanh kiểu phun nước thành dòng chảy tự do (hình 3.14-b) có cường độ làm nguội lớn hơn và không bị tắc trong quá trình làm việc. Tuy nhiên, kiểu này có nhược điểm là tính ì lớn, gây khó khăn cho quá trình tự động điều chỉnh nhiệt độ cuốn.

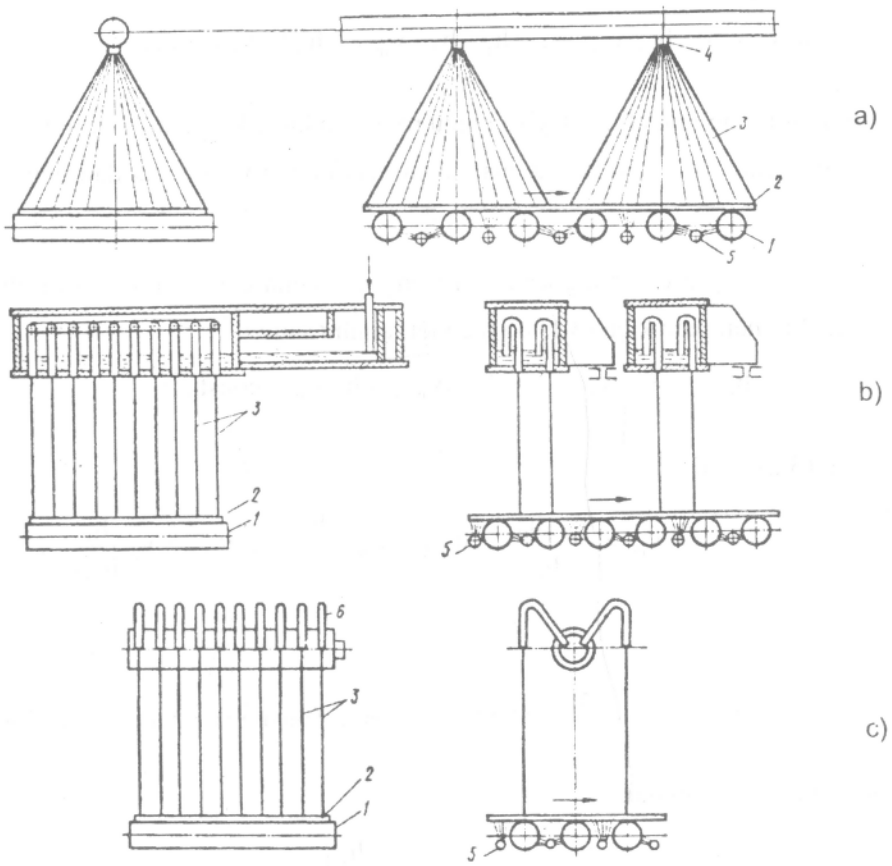


***Hình 3.13**. Sơ đồ thiết bị làm nguội nhanh ở các máy cán nóng thép băng rộng bản:*

1. giá cuối cùng của nhóm cán tinh; 2. dụng cụ đo nhiệt độ băng thép trước và sau khi làm nguội, 3. hệ thống làm nguội phía trên băng thép (nước phun thành dòng); 4. hệ thống làm nguội phía dưới băng kim loại (nước phun thành chùm tia); 5. máy cuộn thép.

Để khắc phục tồn tại của hai kiểu hệ thống làm nguội nêu trên, người ta áp dụng phương pháp làm nguội bằng các dòng chảy dưới áp suất thấp (hình 3.14-c). Các ống dẫn nước, bố trí phía trên, có thể dịch chuyển về hai phía của đường băng khi cần sửa chữa thiết bị, không gây trở ngại như hệ thống thùng chứa nước kồng kềnh của hệ thống làm nguội bằng dòng chảy tự do.

Sau khi làm nguội, thép được cuốn thành cuộn ở các máy cuốn. Trong trường hợp chiều dài băng thép lớn hơn khoảng cách giữa giá cán tinh cuối cùng và máy cuốn (quá trình cán và cuộn xảy ra đồng thời), cần phải đảm bảo sự đồng bộ giữa vận tốc cán và vận tốc cuộn nhờ hệ thống tự động điều chỉnh tốc độ tang cuốn.



Hình 3.14. *Sơ đồ các hệ thống làm nguội nhanh thép băng ở các máy cán nóng thép băng rộng bản:*

a) phương pháp phun nước thành chùm tia; b) phương pháp dòng chảy tự do; c) phương pháp dòng chảy dưới áp suất thấp.

3.3. Đặc điểm của quá trình cán trong nhóm liên tục của các máy cán nóng thép băng rộng bản

Điều kiện thể tích giây (thể tích kim loại thoát khỏi trục cán trong 1 giây) không đổi theo các giá cán là yếu tố cần thiết để đảm bảo quá trình cán ổn định ở nhóm giá liên tục. Điều kiện không đổi của thể tích giây được viết như sau :

$$h_n b_n v_n = h_{n+1} b_{n+1} v_{n+1} = \dots = h_{m+1} b_{m+1} v_{m+1} = h_m b_m v_m = const , \qquad (3.1)$$

trong đó h, b - tương ứng chiều dày và chiều rộng của băng kim loại; v- vận tốc thoát của kim loại khỏi trục cán; m, n - số thứ tự của giá cán cuối cùng và giá cán đầu tiên của nhóm liên tục

Vì chiều rộng của băng kim loại trong quá trình cán ở nhóm cán tinh liên tục hầu như không đổi, nên điều kiện (3.1) có thể viết lại như sau :

$$h_n v_n = h_{n+1} v_{n+1} = \dots = h_{m+1} v_{m+1} = h_m v_m = const . \qquad (3.2)$$

Từ (3.2) ta có :

$$v_m = \frac{v_m \cdot h_{m+1}}{h_m} \cdot v_{m+1} = v_m \cdot \frac{h_{m-2}}{h_n} \cdot \dots \cdot v_n = v_n \cdot \frac{h_n}{h_{n+1}} ,$$

hay :

$$v_m = v_{m-1} \cdot \lambda_m \; ; \; v_{m+1} = v_{m-2} \cdot \lambda_{m+1} \; ; \dots ; \; v_{n+1} = v_n \cdot \lambda_{n+1} ,$$

trong đó λ là hệ số giãn dài.

$$\lambda_i = \frac{h_{i+1}}{h_i} .$$

Như vậy, để nhóm giá liên tục làm việc bình thường, vận tốc cán ở mỗi giá phải bằng tích của hệ số giãn dài trong giá cán đó với vận tốc thoát của kim loại khỏi trục của giá cán đứng trước nó.

Do có hiện tượng vượt trước, nên vận tốc thoát của kim loại bao giờ cũng lớn hơn vận tốc biên của trục cán. Điều kiện không đổi của thể tích giây biểu thị qua vận tốc biên của trục và độ vượt trước của kim loại có thể viết như sau :

$$h_n v_{T,n}(1+S_n) = h_{n+1} v_{T,n+1}(1+S_{n+1}) = ... = h_{m-1} v_{T,m-1}(1+S_{m-1})$$
$$= h_m v_{T,m}(1+S_m) = const \qquad (3.3)$$

Biết vận tốc biên của trục cán ở giá cuối cùng và độ vượt trước của thép trong mỗi giá cán, từ (3.3) ta có thể lần lượt xác định được vận tốc biên cần thiết của trục cán ở mỗi giá cán. Điều kiện (3.1)-(3.3) gọi là hằng số cán của máy liên tục.

Trong thực tế, rất khó đảm bảo quá trình cán tự do theo điều kiện không đổi của thể tích giây. Do đó, quá trình cán trong nhóm liên tục ở các máy cán nóng thép băng rộng bản được tiến hành với lực kéo căng. ở các giá cán đầu tiên của nhóm cán tinh, khi chiều dày băng kim loại còn lớn, quá trình cán cũng có thể tiến hành với lực đẩy. Sự thay đổi của lực đẩy hay lực kéo căng băng kim loại giữa các giá cán dẫn đến sự biến đổi hằng số của máy. Hằng số cán của máy liên tục, trong quá trình cán mỗi loại kích thước sản phẩm, có thể thay đổi theo thời gian phụ thuộc vào sự thay đổi của hệ số ma sát (do trục bị mòn, chất lượng dầu gì không đảm bảo, ...), nhiệt độ cán, lượng ép, biến đổi của vận tốc cán, của lực kéo căng, ... Hằng số cán sẽ không tồn tại khi băng kim loại ở khoảng giữa các giá cán bị biến dạng do kéo căng (chiều rộng bị co lại) hay khi vòng thép thay đổi.

Cán có lực kéo căng khác với cán tự do. Lực kéo căng có tác dụng làm giảm áp lực của kim loại lên trục cán, do đó có ảnh hưởng đáng kể đến độ dày của băng thép, đến độ vượt trước và trễ, đồng thời dẫn đến sự phân bố lại tải trọng của các động cơ truyền động. Lực kéo căng được tạo bởi sự chênh lệch giữa vận tốc biên của trục cán ở hai giá cán kề nhau. Trị số của lực kéo căng riêng trung bình trong nhóm liên tục của máy cán nóng thép băng rộng bản nằm trong khoảng $(1\div50)MN/m^2$ hoặc bằng $(0,05\div0,5)\sigma_T$ (σ_T - giới hạn chảy của thép trong điều kiện nhiệt độ và vận tốc cán tương ứng).

Lực kéo căng trong quá trình cán liên tục được sử dụng như một yếu tố kỹ thuật để đảm bảo sự ổn định của quá trình cán và độ vững của băng kim loại trong trục cán. Lực kéo căng ảnh hưởng đến các điều kiện động học của quá trình cán liên tục thông qua độ vượt trước của thép. Lực kéo căng trước (phía kim loại thoát khỏi trục) làm tăng còn lực kéo căng sau làm giảm độ vượt trước của thép. Trong quá trình cán tự do, độ vượt trước của thép (S) có thể tính theo công thức :

$$S = \frac{R_L \gamma^2}{h_1}, \qquad (3.4)$$

trong đó R_L là bán kính trục làm việc, mm; γ - góc trung hoà (hay góc tới hạn), rad; h_1 là độ dày của thép sau khi cán ở giá cán cho trước, mm. Góc trung hoà, trong điều kiện cán không có lực kéo căng, có thể xác định theo công thức :

$$\gamma = \frac{\alpha}{2}\left(1 - \frac{\alpha}{2f_y}\right), \text{rad}, \qquad (3.5)$$

trong đó α là góc ăn kim loại, rad; f_y là hệ số ma sát giữa kim loại và trục cán khi quá trình cán đã ổn định (xác định theo công thức (2.44).

Để xác định độ vượt trước của thép trong điều kiện cán có lực kéo căng, giá trị của góc tới hạn (trung hoà) γ trong công thức (3.4) có thể tính theo các công thức sau :

- Công thức Fainberg

$$\gamma = \frac{\alpha}{2}\left(1 - \frac{\alpha}{2f_y}\right) + \frac{Q_1 - Q_o}{4f_y p_{1B} b R_L}, \text{rad} \qquad (3.6)$$

- Công thức Vydrin :

$$\gamma = \frac{\alpha}{2}\left(1 - \frac{\alpha}{2f_y}\right) + \frac{h_1(q_1 - q_o)}{4f_y p_{tb.c} b R_1}, \text{rad} \qquad (3.7)$$

trong đó, p_{tb}, $p_{tb.c}$ - tương ứng áp lực riêng trung bình của kim loại lên trục cán trong điều kiện cán tự do và có cán lực kéo căng, MN/m^2 (kG/mm^2); b- chiều rộng của băng thép, m(mm); Q_1, Q_o- lực kéo căng toàn phần phía trước và phía sau, MN (kG); q_1, q_o - lực kéo căng riêng trung bình phía trước và phía sau, MN/m^2 (kG/mm^2); R_L- bán kính trục làm việc, m (mm); f_y- hệ số ma sát, xác định theo công thức (2.44).

Trong trường hợp cán với hệ số giãn dài nhỏ, giá trị của góc trung hoà tính theo các công thức (3.6, 3.7) khác nhau không đáng kể. Kết quả thực tế cho thấy, khi xác định độ vượt trước của thép có tính tới lực kéo căng, công thức (3.7) cho các giá trị của góc trung hoà chính xác hơn. Độ vượt trước của kim loại cán ở cán máy cán nóng thép băng rộng bản nằm trong khoảng từ (1,5÷2,0) đến (8,0÷10)%. Những giá trị thấp tương ứng ở các giá cán cuối, các giá trị lớn tương ứng 3, 4 giá cán đầu của nhóm cán tinh. Tuy nhiên, các số liệu trên không giới hạn cho tất cả các trường hợp. Với những chế độ ép và chế độ kéo căng khác, độ vượt của thép có thể có những giá trị không nằm trong khoảng nói trên.

3.4. Các thông số năng lượng của quá trình cán ở các máy cán nóng thép băng rộng bản

Lực ép toàn phần của kim loại lên trục cán xác định theo công thức (2.36).

Để tính áp lực riêng trung bình của kim loại lên trục, khi cán trong trục ngang của các giá cán thô và cán tinh, ta có thể sử dụng các công thức của Txelicov và Korolev.

a) Công thức Txelicov (cho trường hợp cán tự do), áp dụng cho trường hợp $l_d/h_{tb} > 1$:

$$p_{tb} = 1{,}15\sigma_T \cdot \frac{2h_1}{\Delta h(\delta - 1)}\left(\frac{h_H}{h_1}\right)\left[\left(\frac{h_H}{h_1}\right)^{\delta} - 1\right], \text{MN/m}^2 \text{ (kG/mm}^2\text{)} \qquad (3.8)$$

b) Công thức Korolev (cho trường hợp cán có lực kéo căng, nhưng không tính tới hoá bền của kim loại do biến dạng) :

$$p_{tb} = \frac{2}{\varepsilon\delta}\left[1{,}15\sigma_T - \left(\frac{q_o}{2}\frac{\delta}{\delta - 1} + \frac{q_1}{2}\frac{\delta}{\delta + 1}\right)\right]\left[\left(\frac{1}{1-\varepsilon}\right)^{\frac{\delta-1}{2}} - 1\right], \text{MN/m}^2 \text{ (kG/mm}^2\text{)} \qquad (3.9)$$

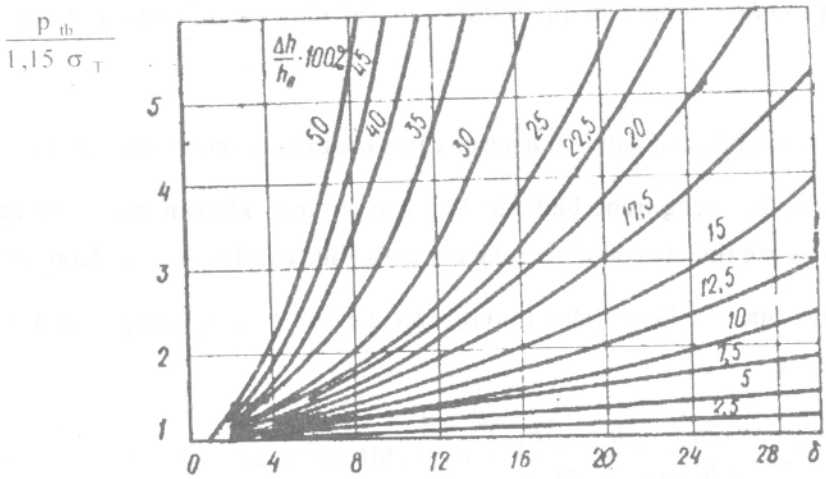
trong đó, σ_T - giới hạn chảy của thép cán ở nhiệt độ, tốc độ và mức độ biến dạng tương ứng, MN/m^2 (kG/mm^2); h_1- độ dày của thép sau khi cán ở giá cán cho trước, m (mm); h_H- chiều dày của thép tại tiết diện trung hoà, m (mm); Δh- lượng ép tuyệt đối, m (mm); ε- lượng ép tương đối; q_o, q_1- tương ứng lượng kéo căng riêng sau và trước, MN/m^2 (KG/mm^2); δ- hệ số xác định theo (2.40).

Tỷ số h_H/h_1 có thể xác định theo công thức :

$$\frac{h_H}{h_1} = \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (\delta^2 - 1)\left(\frac{h_o}{h_1}\right)^{\delta}}}{\delta + 1}\right]^{1/\delta} \qquad (3.10)$$

với h_o- là độ dày của băng kim loại trước khi cán.

Để đơn giản quá trình tính toán, áp lực riêng trung bình của kim loại lên trục cán, trong trường hợp cán tự do, có thể xác định theo đồ thị hình 3.15, phụ thuộc vào hệ số δ và lượng ép tương đối ε.



Hình 3.15. Đồ thị biểu diễn quan hệ $p_{tb}/1,15\sigma_T = f(\varepsilon, \delta)$.

Áp lực riêng trung bình khi cán trong trục đứng của các giá vạn năng có thể xác định theo công thức (2.46). Giới hạn chảy (σ_T) tính theo công thức (2.41) hoặc theo đồ thị Dinic (hình 2.16).

Khi xác định áp lực toàn phần của kim loại lên trục cán ở những giá cán thô và những giá đầu của nhóm cán tinh, ta có thể xác định chiều dài cung tiếp xúc theo công thức $l_t = \sqrt{\Delta h.R_L}$. ở những giá cán tinh cuối cùng, lượng ép tuyệt đối không lớn nhưng do độ dày của băng thép nhỏ, nhiệt độ cán thấp, nên áp lực riêng trung bình có thể lên tới (400÷500) MN/m^2 [(50÷60) kG/mm^2] và hơn. Khi đó biến dạng lún đàn hồi của trục cán trở nên đáng kể và chiều dài cung tiếp xúc có thể tăng lên 25% hoặc hơn. Do vậy, khi tính toán áp lực toàn phần của kim loại lên trục cán ở các giá cán tinh cuối cùng, chiều dài cung tiếp xúc phải được xác định trên cơ sở biến dạng lún đàn hồi của trục cán (xem chương 4).

Khi cán ở các giá cán thô trục ngang và các giá cán tinh trong điều kiện không có lực kéo căng (hay lực đẩy), momen cán có thể tính theo công thức (2.48). Hệ số cánh tay đòn của momen có thể tính theo công thức lý thuyết (2.49) hoặc theo công thức thực nghiệm của Xafian :

$$\psi = 0,498 - 0,0283\frac{l_T}{h_{tb}}. \qquad (3.11)$$

Momen cán trong trục đứng xác định theo (2.50).

Công suất và momen động cơ ở các giá cán đảo chiều của các máy cán nóng thép băng rộng bản xác định theo phương pháp trình bày ở chương 2. Phương pháp này còn có thể áp dụng để tính momen và công suất động cơ của các giá cán thô liên tục cũng như của các giá cán tinh làm việc trong điều kiện không có sự tăng tốc và lực kéo căng. Có điều, trong trường hợp này, do số vòng quay của động cơ trong quá trình cán không đổi, nên momen động trong công thức (2.52) bằng không.

Để tính momen và công suất động cơ của các giá cán thuộc nhóm liên tục trong điều kiện cán có lực kéo căng, các giá trị M'_c và M'_{ms} trong (2.52) phải được xác định có tính tới lực kéo căng của băng kim loại.

Momen cán (M_{cc}) trong điều kiện có lực kéo căng có thể xác định theo Txelicov:

$$M_{cc} = (p_{tb} \ln \mu + q_o + q_1) F_1 R_L (1 + S), \text{ MN.m (kG.mm)} \qquad (3.12)$$

trong đó, p_{tb}- áp lực riêng trung bình của kim loại lên trục cán xác định không tính tới ảnh hưởng của lực kéo căng, MN/m^2 (kG/mm^2); μ,S- tương ứng hệ số giãn dài và độ vượt trước của thép trong giá cán cho trước; q_o, q_1- lực kéo căng riêng sau và trước, MN/m^2 (kG/mm^2); F_1- diện tích tiết diện ngang của băng thép sau khi cán trong giá cán cho trước, m^2 (mm^2); R_L- bán kính trục làm việc, m (mm).

Công suất động cơ truyền động cho giá cán, N_m, tính theo công thức :

$$N_m = \frac{\pi}{30} M_m n_m, \text{ kW} \qquad (3.13)$$

trong đó M_m- momen trên trục của động cơ truyền động , kW.m; n_m- số vòng quay của động cơ , vòng/phút.

Tất cả các công thức dùng để tính momen và công suất cán trình bày trong mục 2.5 và trong mục này, chỉ cho phép xác định những giá trị cần tìm trong điều kiện cán ổn định. Những kết quả nghiên cứu cho thấy, momen cán khi trục ăn thép lớn hơn momen khi qúa trình cán đã ổn định do giá cán bị biến dạng đàn hồi. Hiện tượng này phổ biến đối với các giá cán tinh của các máy cán nóng thép băng rộng bản. ở các giá cán này, lượng ép tuyệt đối nhỏ mà áp lực của kim loại lên trục cán lại lớn. Trong bảng 3.1 trình bày các giá trị thực nghiệm của hệ số quá tải khi trục cán ăn kim loại k_a ($k_a = M_{c,max}/M_{c,o}$, với $M_{c,max}$, $M_{c,o}$ - tương ứng momen cán cực đại khi trục cán ăn thép và momen cán khi quá trình cán đã ổn định) và các số liệu về đặc điểm phân bố momen giữa các trục truyền spinden. Sử dụng các số liệu trong bảng 3.3, ta có thể xác định momen cán khi trục cán ăn kim loại :

$$M_{c,max} = k_a M_{c,o}, \text{ MN.m (kG.mm)} \quad (3.14)$$

Bảng 3.3. *Giá trị của hệ số k_a và đặc điểm phân bố momen giữa các trục spinden trong quá trình cán thép băng ở nhóm liên tục, máy 1680*

Thông số	N° giá cán của nhóm cán tinh (liên tục)					
	1	2	3	4	5	6
Hệ số quá tải khi trục cán ăn kim loại	2,15* 1,2-1,6	2,5* 1,2-1,8	3,4* 1,6-2,6	3,25* 1,6-2,4	2,8* 1,7-2,2	2,15* 1,7-2,0
Phần momen được truyền bằng một trục spinden	70	60	65	63	62	60

(*) tử số là giá trị cực đại, mẫu số là giá trị trung bình của hệ số k_a.

Kiểm tra độ quá tải của các động cơ một chiều, truyền động cho các giá cán của nhóm liên tục, có tính tới momen cán cực đại khi trục cán ăn thep, tiến hành theo công thức sau :

$$M_{nom} \geq \frac{k_a M_{co,max}}{k_n}, \quad (3.15)$$

trong đó, $M_{co,max}$- momen cán cực đại khi quá trình cán đã ổn định; k_n- hệ số quá tải của các động cơ điện một chiều (xác định theo lý lịch động cơ); M_{nom}- momen định mức của động cơ.

3.5. Chế độ ép trong nhóm cán thô và cán tinh của các máy cán nóng thép băng rộng bản

Tính toán chế độ ép trong các nhóm cán thô và cán tinh là xác định lượng ép, vận tốc cán, lực cán, công suất cán trong mỗi giá cán, năng suất máy, có tính tới ảnh hưởng của chế độ ép đến chất lượng bề mặt, độ chính xác về kích thước và tổ chức kim tương của thép thành phẩm .

3.5.1. Chế độ ép trong giá cán thô

Đối với các giá cán thô, chế độ ép hợp lý phải thoả mãn các yêu cầu sau :

- Lượng ép tổng cộng trong nhóm cán thô phải lớn nhất nhằm duy trì nhiệt độ cán cao;
- Áp lực toàn phần của kim loại lên trục cán ở mỗi giá phải được chọn sao cho tải trọng lên các chi tiết của giá cán và động cơ truyền động nằm trong giới hạn cho phép;
- Để giảm thời gian chỉnh máy trong nhóm cán tinh, số lượng chiều dày của thép sau nhóm cán thô, trong toàn bộ chủng loại sản phẩm của máy, phải thấp nhất cho phép.

Nhiệt độ của thép khi cán trong nhóm cán thô có thể tính theo công thức :

$$T_1 = \frac{1000}{\sqrt[3]{\frac{1000}{(T_0/100)} + 0{,}055\,\frac{t}{h_0}}}, K \qquad (3.16)$$

trong đó, T_0, T_1 - tương ứng nhiệt độ đầu và nhiệt độ cuối giai đoạn nguội của thép, K; t- thời gian nguội của thép, bằng tổng thời gian cán và thời gian nghỉ, s; h_0- chiều dày của thép trước khi cán trong giá cho trước. Thời gian t cho một cặp giá cán bất kỳ, phụ thuộc vào chiều dài của thép sau giá cán trước l_0, vận tốc cán trong giá cán trước v_0, khoảng cách giữa hai giá cán l và vận tốc di chuyển của thép trên đường băng lăn trung gian v_p :

$$t = \frac{l_0\mu_\Sigma}{v_0} + \frac{l - l_0\mu_\Sigma}{v_p}, s \qquad (3.17)$$

trong đó, l_p - chiều dài phôi ban đầu, m; μ_Σ - hệ số giãn dài tổng cộng, kể cả trong giá cán trước.

Lượng ép cực đại trong mỗi giá cán thô xác định bởi giá trị của góc ăn cực đại cho phép, độ bền của trục cán hoặc công suất của động cơ truyền động. Các kết quả nghiên cứu và thực tế cho thấy, khi cán trong các trục gang mới biến trắng bề mặt, góc ăn cực đại cho phép bằng 15° ÷ 16°, trong các trục gang cũ (bề mặt bị mòn) - 16° ÷17°, trong các trục thép mới - 16°÷18°, trong các trục thép cũ - 19° ÷ 20°.

Lượng ép cực đại theo góc ăn lớn nhất có thể tính theo công thức (2.70). Lượng ép cực đại theo độ bền của trục xác định căn cứ vào áp lực cực đại cho phép của kim loại lên trục cán, tính theo (2.72, 2.73, 2.74, 2.75).

Quá trình tính toán chế độ ép cho các giá cán thô của các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục gồm các bước sau :

- Xác định lượng ép trong các giá cán trục ngang căn cứ vào góc ăn cực đại cho phép.

Lượng ép tổng cộng trong nhóm cán thô bằng 70 % ÷ 85% tổng lượng ép. Tổng lượng ép trong các trục đứng xấp xỉ bằng độ chênh lệch giữa chiều rộng của phôi và chiều rộng của thép thành phẩm (20mm ÷30 mm) cộng với lượng giãn rộng trong quá trình cán ở các giá cán thô trục ngang.

Lượng giãn rộng khi cán trong trục ngang có thể tính theo công thức :

$$\Delta b = 1{,}15\frac{\Delta h}{2h_o}\left(\sqrt{R_L\Delta h} - \frac{\Delta h}{2f_y}\right), mm \qquad (3.18)$$

trong đó Δh - lượng ép tuyệt đối, mm; h_o- độ dày của thép trước khi cán, mm; R_L- bán kính trục làm việc, mm; f_y- hệ số ma sát khi quá trình cán đã ổn định, tính theo (2.44).

- Tính áp lực cực đại cho phép của kim loại lên trục cán.
- Tính áp lực riêng trung bình và áp lực toàn phần của kim loại lên trục cán. áp lực toàn phần tính được phải nhỏ hơn giá trị cực đại cho phép. Trường hợp ngược lại, phải giảm lực cán bằng cách bớt lượng ép.
- Xác định momen cán và tải của các động cơ truyền động. Nếu tải tính được của động cơ lớn hơn độ quá tải cho phép hoặc điều kiện nung nóng của động cơ khi kiểm tra không đảm bảo, quá trình tính toán phải lặp lại trên cơ sở giảm bớt hoặc phân bố lại lượng ép giữa các giá cán.
- Chỉnh lại lượng ép đã tính nhằm tạo số lượng chiều dày sau khi cán trong nhóm cán thô thấp nhất. Lượng ép sau khi chỉnh phải đảm bảo thoả mãn các yêu cầu về góc ăn, độ bền của trục cán và công suất của động cơ truyền động.

Trong bảng 3.4 trình bày các chế độ ép trong nhóm cán thô của máy liên tục 1680.

Yêu cầu đối với chế độ ép trong nhóm cán thô của các máy cán nóng thép băng rộng bản bán liên tục tương tự như đã trình bày đối với nhóm cán thô của máy liên tục. Thứ tự và phương pháp tính toán chế độ ép trong các giá cán đảo chiều trình bày ở chương 2.

Bảng 3.4. Các chế độ ép trong nhóm cán thô của máy cán liên tục 1680

N° giá cán trong nhóm cán thô	Chiều dày kim loại sau lần cán, mm	Lượng ép tuyệt đối, mm	Góc ăn kim loại	Áp lực toàn phần của kim loại lên trục cán, T	Áp lực riêng trung bình của kim loại lên trục cán, kG/mm²	Momen trên trục cán làm việc, T.m
Thép băng (2,5 x 1360)mm từ slab (115 x 1370 x)mm (thép 08 kП)						
Gía đánh gỉ thô	94,5	20,5	12°7'	680	5,23	65,90
1	70,1	24,4	13°12'	1090	8,50	144,4
2	50,0	20,1	12°30'	850	6,75	73,90
3	34,5	15,5	13°6'	690	7,40	44,30
4	23,0	11,5	11°24'	705	8,85	34,4
Thép băng (5 x 1400)mm từ slab (127 x 1420 x 4700)mm (Ct. 3сп)						
Giá đánh gỉ thô	105,4	21,6	12°42'	570	4,17	56,4
1	76,40	29,0	14°18'	1250	8,50	144
2	56,00	20,4	12°51'	816	6,23	76
3	38,50	17,5	13°56'	650	6,44	45,1
4	26,00	12,5	11°51'	705	8,22	38,3
Thép băng (3x 1000)mm từ slab (150 x 1010 x 4000)mm (Ct. 3сп)						
Giá đánh gỉ thô	113	37	16°40'	700	5,4	85,7
1	82	31	14°50'	1150	9,63	134
2	51,2	30,8	15°40'	1040	9,05	108
3	34	17,2	14°40'	837	11,6	55
4	23	11	11°00'	676	11,8	35,2
Thép băng (3,75x 1270)mm từ slab (115 x 1290 x 2150)mm (thép 12X5MA)						
Giá đánh gỉ thô	95	20	12°04'	720	6,0	68,9
1	69	26	13°33'	1200	8,46	129
2	51	18	11°50'	790	7,05	66,7
3	35,2	15,5	13°14'	635	7,35	41,6
4	23,5	11,7	11°26'	865	11,4	41,8

3.5.2. Chế độ ép trong giá cán tinh

Chế độ ép tối ưu trong nhóm cán tinh (liên tục) của các máy cán nóng thép băng rộng bản phải thoả mãn các yêu cầu sau :

- Đối với một loại kích thước thép thành phẩm cho trước, năng suất của nhóm cán tinh phải lớn nhất;
- Thép thành phẩm phải đáp ứng được các yêu cầu về kích thước, độ chính xác, chất lượng bề mặt, cơ tính và tổ chức tế vi;
- Áp lực của kim loại lên trục cán không được vượt quá giá trị cho phép xác định trên cơ sở độ bền của các chi tiết giá cán. Công suất cán phải tương xứng với khả năng chịu tải và thoả mãn điều kiện nung nóng của động cơ truyền động;
- Lượng ép và vận tốc cán phải phân bố theo các giá cán sao cho việc điều chỉnh nhóm cán tinh đơn giản và tốn ít thời gian nhất.

Vận tốc cán ở các giá được chọn sao cho năng suất của máy đạt được mức tối đa cho phép và nhiệt độ cán cuối tối ưu.

Độ giảm nhiệt (ΔT) của thép trong quá trình cán ở giá cán cho trước có thể tính theo công thức :

$$\Delta T = -\Delta T_{bd} + \Delta T_{ng} + \Delta T_{bx}, \qquad (3.19)$$

trong đó ΔT_{bd}- lượng nhiệt gia tăng do biến dạng dẻo; ΔT_{bx}- độ giảm nhiệt do bức xạ; ΔT_{ng}- độ giảm nhiệt do làm nguội bằng nước và do truyền nhiệt cho các chi tiết máy cán tiếp xúc với băng kim loại (trục cán, đường băng lăn, ...).

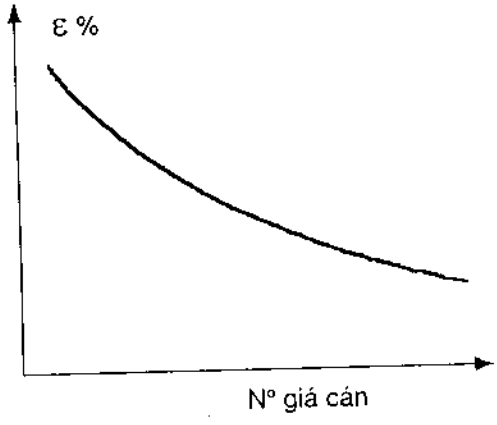
Nếu biết nhiệt độ của thép khi đi vào nhóm cán tinh và khi ra khỏi giá cán cuối cùng, ta có thể xác định một cách gần đúng nhiệt độ của thép trong mỗi giá cán theo công thức sau :

$$T = T_p - \frac{(T_p - T_m)h_m}{h_p - h_m}\left(\frac{h_p}{h} - 1\right), {}^oC \qquad (3.20)$$

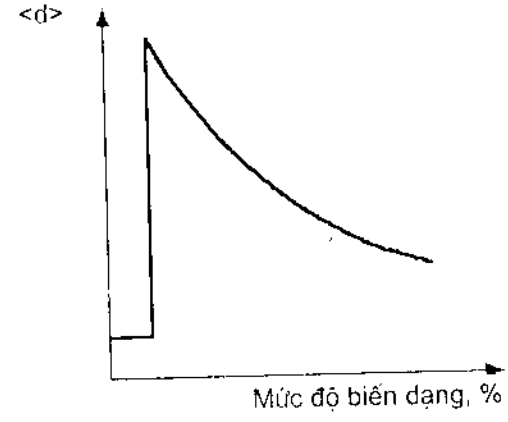
trong đó, T_m, h_m- tương ứng nhiệt độ và chiều dày của thép khi ra khỏi nhóm cán tinh; T- nhiệt độ của thép tương ứng chiều dày h, ^oC; T_p, h_p- tương ứng nhiệt độ và chiều dày của thép khi đi vào nhóm cán tinh.

Để thu được thép thành phẩm có độ không đồng đều dọc và ngang của chiều dày nhỏ nhất, ta chọn lực cán trong các giá cán tinh đầu tiên xấp xỉ bằng nhau, còn ở hai giá cán cuối cùng lực cán giảm dần. Với mục đích đó, lượng ép tương đối ở giá gần cuối thường giảm xuống còn 25% và ở giá cuối cùng - 15%. Với lượng ép như vậy lực cán ở giá cán cuối cùng bằng khoảng 45% và ở giá gần cuối bằng khoảng 70% lực cán trong các giá đầu.

Phân bố lượng ép cho các giá cán là yếu tố quan trọng quyết định độ chính xác của thép thành phẩm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, độ không đồng đều của chiều dày băng kim loại sẽ nhỏ nhất khi lượng ép phân bố theo sơ đồ trình bày trên hình 3.16.



Hình 3.16. *Sơ đồ phân bố lượng ép cho các giá cán tinh của máy cán nóng thép băng rộng bản.*



Hình 3.17. *Ảnh hưởng của mức độ biến dạng ở giá cán cuối cùng đến kích thước hạt trung bình <d>.*

Đối với các loại thép băng dùng cho dập sâu, kích thước hạt đóng vai trò hết sức quan trọng. Kích thước hạt phụ thuộc vào mức độ biến dạng ở giá cán cuối cùng. Ảnh hưởng của mức độ biến dạng cuối đến kích thước hạt trình bày trên hình 3.17. Thường, lượng ép bằng 3% ÷8% là lượng ép tới hạn. Khi mức độ biến dạng nằm trong khoảng tới hạn, kích thước hạt tăng vọt đến mức cực đại, làm cho tính dập được của thép bị giảm đi. Hiện tượng này phải được đặc biệt chú ý khi chọn lượng ép cho giá cán tinh cuối cùng.

Tải của các động cơ truyền động cho nhóm cán tinh có thể có các dạng phân bố sau (hình 3.18) :

Sơ đồ 1 : Động cơ của các giá cán đầu chịu tải toàn phần (công suất tượng đương, N_{td}, bằng công suất định mức, N_{dm}). Ở hai giá cán cuối, tải giảm đi. Sơ đồ này áp dụng cho các trường hợp khi lượng ép tổng cộng trong nhóm cán tinh lớn hoặc khi thép cán có trở kháng biến dạng lớn.

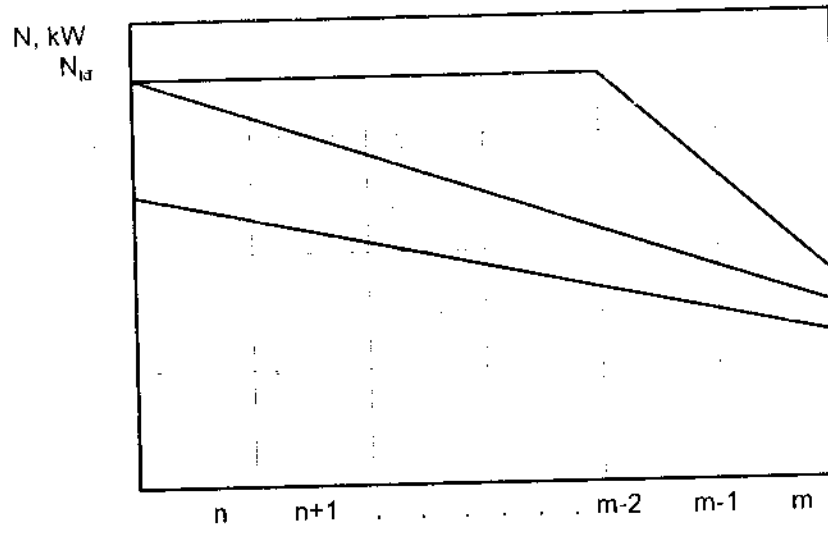
Điều kiện nung nóng của các động cơ điện một chiều quay với vận tốc cố định được kiểm tra theo công suất tương đương, xác định như sau :

$$N_{td} = \sqrt{\frac{N_{tt}^2 t_m + N_0^2 t_n}{t_m + t_n}} \text{ , kW} \qquad (3.21)$$

trong đó, N_{tt}- công suất động cơ trong một lần cán, kW; N_0- công suất động cơ khi chạy không tải, kW; t_m- thời gian tải (thời gian của một lần cán), s; t_n- thời gian nghỉ giữa các lần cán, s.

Sơ đồ 2 : Tải cực đại của động cơ phân bố ở 1 hoặc 2 giá cán đầu tiên, sau đó giảm dần cho đến giá cán cuối cùng.

Sơ đồ 3 : Tải động cơ phân bố giảm dần từ giá cán đầu tiên đến giá cán cuối cùng. Tải ở giá cán tinh đầu tiên cũng thấp hơn giá trị cực đại cho phép ($N_{td} < N_{dm}$).



Hình 3.18. *Sơ đồ phân bố tải cho các động cơ truyền động của nhóm giá cán tinh, n, m - số thứ tự của giá cán đầu và giá cán cuối.*

Quá trình tính toán chế độ ép cho nhóm cán tinh bao gồm các bước sau :

- Chọn lượng ép cho các giá cán. Đối với các máy có nhóm cán tinh gồm sáu giá cán, lượng ép riêng trong mỗi giá phân bố như trình bày trong bảng 3.5 . Lượng ép tổng cộng trong các giá cán tinh bằng (15÷30)% tổng lượng ép phôi.

- Chọn vận tốc cán ở giá cuối cùng, sau đó xác định vận tốc cán cho mỗi giá cán theo điều kiện không đổi của thể tích giây. Tính vận tốc biên của trục cán theo điều kiện $v_1 = v_i(1+S)$, sau khi xác định độ vượt trước của thép.

Bảng 3.5. *Phân bố lượng ép riêng cho các giá cán của nhóm cán tinh*

Giá cán	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Lượng ép, %	40÷55	30÷45	25÷35	20÷30	15÷25	10÷20

Bảng 3.6. *Các chế độ ép trong nhóm cán tinh của máy cán liên tục 1680*

N° giá cán tinh	Chiều dày băng sau giá cán, mm	Lượng ép tuyệt đối, mm	Tốc độ cán, m/s	Áp lực riêng trung bình của kim loại lên trục, kG/mm²	Áp lực toàn phần của kim loại lên trục, T	Momen trên trục làm việc, T.m	Công suất cán, kW
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Thép băng (2,5 x 1510) mm từ kích thước sau cán thô (23 x 1510) mm (thép 08 kП)							
	11,74	11,26	1,52	21,4	1910	75,7	3960
	7,6	4,14	2,35	26,0	1440	44,5	4130
	4,96	2,64	3,60	33,4	1517	25,3	4070
	3,74	1,22	4,77	36,7	1183	18,1	4410
	2,84	0,90	6,35	36,5	1047	12,6	3780
	2,5	0,34	7,15	34,4	624	6,92	1940

Bảng 3,6 (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Thép băng (3 x 1400) mm từ kích thước sau cán thô (25 x 1400) mm (Ст, 3 kП)							
1	13,4	11,6	1,24	17,1	1435	83,3	3870
2	8,25	5,15	2,02	24,2	1380	42,7	3840
3	5,7	2,55	2,92	37,6	1577	31,8	3930
4	4,27	1,43	3,90	41,5	1360	21,5	3990
5	3,24	1,03	5,14	36,5	1020	12,1	2990
6	3,0	0,24	5,55	39,5	604	4,1	845
Thép băng (4 x 1030) mm từ kích thước sau cán thô (21 x 1030) mm (thép Х18Н10Т)							
1	13,92	7,08	1,37	40,1	1985	84,0	3910
2	8,60	4,32	1,99	46,0	1829	58,7	4330
3	7,05	2,55	2,74	55,5	1775	34,6	4010
4	5,59	1,46	3,42	59,0	1496	28,3	4400
5	4,66	0,93	4,10	62,4	1353	16,0	2800
6	4,0	0,66	4,78	56,6	1012	12,1	2130
Thép băng (2,5 x 1030) mm từ kích thước sau cán thô (24 x 1030) mm (thép 25ХГСА)							
1	12,28	11,72	1,55	30,6	1924	91,3	3450
2	7,12	5,16	1,99	35,4	1503	50,5	3500
3	4,74	2,38	2,99	49,0	1530	30,9	3260
4	3,46	1,28	4,10	52,8	1258	21,6	3400
5	2,78	0,68	5,10	53,8	993	14,7	2480
6	2,50	0,28	5,67	36,6	434	2,8	605

- Tính áp lực riêng trung bình và áp lực toàn phần của kim loại lên trục cán ở mỗi giá. ở các giá cán cuối, khi tính áp lực cán, phải tính tới lún đàn hồi của trục trong vùng tiếp xúc với băng kim loại.

- Xác định momen và công suất cán cần thiết ở mỗi giá cán. So sánh sự phân bố công suất theo các giá cán với sơ đồ hình 3.18. Chỉnh lại lượng ép nếu sự phân bố công suất khác nhiều so với sơ đồ tối ưu.

- Kiểm tra độ bền của trục cán (độ bền xoắn của cổ trục làm việc dẫn động, độ bền uốn của trục tựa) và điều kiện nung nóng của động cơ truyền động.

Trong bảng 3.6 trình bày các chế độ ép trong nhóm cán tinh của máy cán liên tục 1680.

3.6. Cán thép băng ở các máy có thiết bị cuộn thép trong lò nung và các máy kiểu hành tinh

Máy cán có thiết bị cuộn thép đặt trong lò nung và các máy cán kiểu hành tinh dùng để cán thép băng với chủng loại rộng, trong điều kiện khối lượng sản xuất nhỏ. Các máy này có thể cán thép băng thành phẩm có độ dày từ 1,2 mm đến 8 mm, rộng đến 1525 mm, từ các mác thép hợp kim và thép cacbon.

Các máy có thiết bị cuộn thép trong lò (máy Steckel) gồm một hoặc hai giá đảo chiều bố trí nối tiếp nhau. Phôi cho máy thường là phôi phiến hoặc thỏi có khối lượng đến 12 T. Vận tốc cán cực đại ở các máy này đạt (6÷10)m/s. Năng suất không quá 0,4 triệu tấn năm.

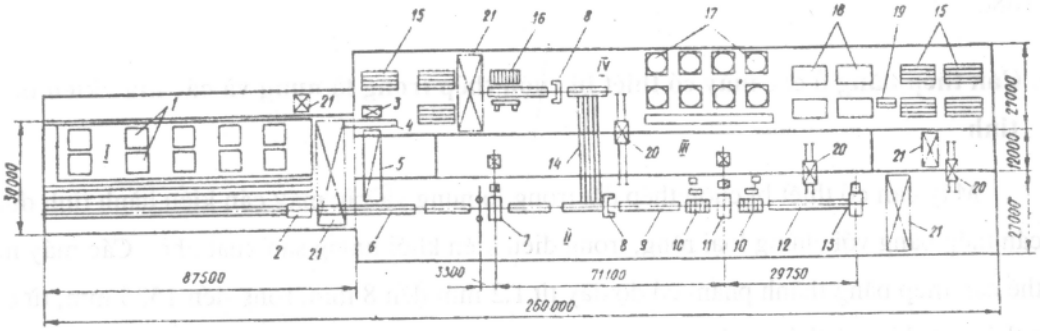
Các máy Steckel một giá gồm một giá kvarto đảo chiều, hai lò buồng chứa máy cuộn đặt ở hai phía, cách giá cán (5÷7)m. Để tăng khả năng ép của máy và nâng cao chất lượng bề mặt thép thành phẩm, các máy Steckel mới đều được thiết kế với hai giá cán, giá đầu tiên (cán thô) là giá vạn năng duo hoặc kvarto, giá thứ hai (cán tinh) kvarto được trang bị hai máy cuộn đặt trong lò. Các máy hai giá có thể cán cả phôi phiến lẫn phôi thỏi.

Để nung phôi trước khi cán và tinh chỉnh thép thành phẩm, người ta sử dụng các thiết bị giống như ở các máy cán nóng thép băng rộng bán liên tục và bán liên tục.

Trên hình 3.19 là sơ đồ bố trí thiết bị của máy Steckel hai giá "1200". Máy cán thép thành phẩm dày 1.5 mm đến 5 mm, rộng đến 1030 mm, từ các mác thép không gỉ, thép cacbon, thép biến thế.

Máy Steckel "1200" gồm một giá cán thô vạn năng đảo chiều duo và một giá cán tinh kvarto. Trục ngang của giá cán thô có đường kính 850mm, chiều dài thân trục 1200mm, được truyền động từ động cơ công suất 2950kW. Trục đứng có đường kính 600 mm, chiều dài thân trục 900mm. Mỗi trục được truyền động từ động cơ riêng. Giá cán tinh (hình 3.20) có kích thước trục (620/1250×1200) mm, được trang bị hai máy cuộn thép đặt trong lò. Các trục cán được truyền động từ động cơ điện một chiều, công suất 3000kW. Vận tốc cán cực đại 7 m/s. Các máy cuộn có tang cuốn được chế tạo từ thép bền nhiệt và được làm nguội

bằng nước. Lò đốt bằng khí, nhiệt độ nung khoảng 1000 °C. Vòm và tường lò có thể tháo dỡ dễ dàng. Giá cán tinh còn được trang bị các con lăn kéo ở hai phía nhằm tạo lực kéo căng băng kim loại và dẫn đầu băng kim loại vào giá cán hay vào lò.



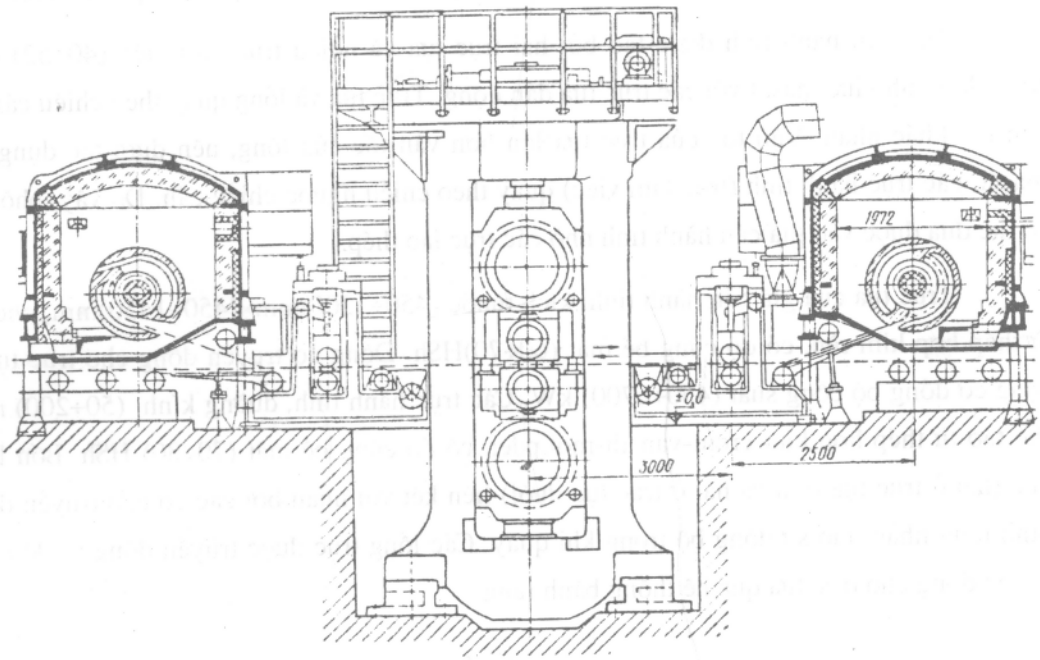
Hình 3.19. *Sơ đồ bố trí thiết bị của máy Steckel hai giá "1200":*

I- gian lò nung; II- gian máy cán ; III- gian động máy điện; IV- gian chứa và chuẩn bị phôi.

1. lò nung (lò giếng); 2. xe chở thỏi; 3. máy đẩy; 4. đường băng lăn chất phôi; 5. lò nung liên tục; 6. đường băng lăn nhận thép; 7. giá cán thô vạn năng đảo chiều duo; 8. máy cắt; 9. đường băng lăn trung gian; 10. máy cuộn thép đặt trong lò; 11. giá cán tinh đảo chiều kvarto; 12. đường băng lăn dẫn thép đến máy cuốn; 13. máy cuốn thép; 14. sàn vận chuyển phôi phiến; 15. giá chứa phôi phiến; 16. máy xếp phôi phiến thành chồng; 17. các chụp làm nguội dần; 18. giá kê phôi khi làm sạch bề mặt; 19. máy đảo phôi; 20. xe vận chuyển; 21. cầu trục.

Trong trường hợp cán từ phôi thỏi, qui trình công nghệ tiến hành theo thứ tự sau: thỏi, sau khi nung trong lò giếng 1 đến nhiệt độ cần thiết, được cán ở giá cán thô vạn năng đảo chiều duo 7 thành phôi phiến. Sau khi cắt đầu đuôi ở máy cắt 8, phôi phiến được chuyển đến bằng sàn tải 14 đến các giá kê 18 để kiểm tra khuyết tật và làm sạch bề mặt. Tiếp theo, các phôi phiến đã tẩy sạch bề mặt được nung trong lò liên tục 5 sau đó chuyển theo đường băng lăn 6 quay trở lại giá cán thô 7. Ở đây, phôi phiến được cán đến chiều dày cần thiết chuẩn bị cho giá cán tinh. Sau khi cắt đầu đuôi ở máy cắt 8, thép chạy theo đường băng lăn 9 đến giá cán tinh 11, có các máy cuộn đặt trong lò 10. Đầu trước của băng thép, sau khi cán lần đầu tiên trong giá cán tinh, được đưa đến máy cuốn đặt sau giá cán. Làn cán tinh đầu tiên được tiến hành với lực kéo căng phía trước. Khi đầu sau của băng thép ra khỏi giá cán, máy cuốn và trục cán dừng lại. Các con lăn kéo lúc này làm nhiệm vụ giữ đầu sau của băng thép. Sau khi chỉnh lại khe cán để đảm bảo lượng ép trong lần cán thứ hai, quá trình cán tiến hành

theo chiều ngược lại với vận tốc nạp. Khi đầu băng thép được kẹp chặt trên tang cuốn, vận tốc cán tăng dần đến giá trị ổn định. Lúc này quá trình cán tiến hành với lực kéo căng ở cả hai phía. Những lần cán tiếp theo lặp lại tương tự. Trong lần cán cuối cùng, các con lăn kéo được nhấc lên và băng thép sau khi cán chạy theo đường băng lăn 12 đến máy cuốn 13. Ở đây thép được cuốn thành cuộn trước khi đưa sang bộ phận tinh chỉnh.



Hình 3.20. *Giá cán tinh đảo chiều kvarto "1200" có thết bị cuốn thép đặt trong lò.*

Chế độ ép cho giá cán tinh tính hoàn toàn giống như cho nhóm cán tinh của các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục.

Trước kia, các loại máy cán có thiết bị cuộn thép trong lò được sử dụng rộng rãi để cán các loại thép không gỉ và thép khó biến dạng. Hiện nay công nghệ cán các mác thép nói trên có thể tiến hành ở các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục, do vậy việc xây dựng các máy cán đảo chiều có thiết bị cuộn trong lò hạn chế nhiều.

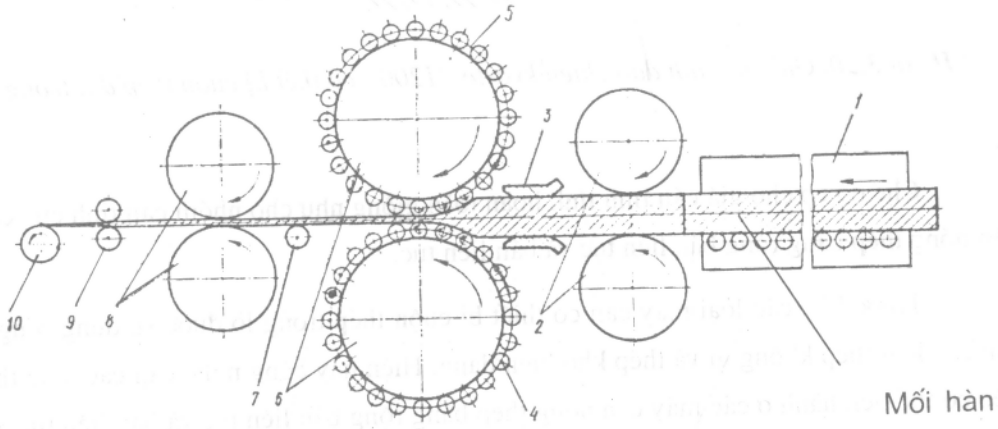
Các máy cán kiểu hành tinh (máy Sendzimir) gồm hai giá cán : một giá hành tinh (hình 3.21) và một giá cán là. Các trục lao thép được lắp ráp trong cùng một giá với các trục hành tinh. Ở một số máy, người ta đặt hai đôi trục lao thép liền nhau. Trong một vài trường

hợp, trước giá cán hành tinh còn có giá lao thép trục đứng, có nhiệm vụ đánh gỉ và tạo mặt biên tròn cho phôi. Trước khi cán, phôi phiến được nung trong các lò liên tục. Để tránh cho phôi bị uốn cong, giữa các trục cán hành tinh và các trục lao thép người ta đặt các tấm dẫn khoẻ. Băng thép sau khi cán ở giá cán là, được cuốn thành cuộn ở máy cuốn.

Trục lao thép của các máy Sendzimir, kích thước (450÷900)mm×(450÷1450)mm, được truyền động từ động cơ điện một chiều, công suất (20÷600)kW qua hộp giảm tốc.

Giá cán hành tinh được tạo bởi hai trục tựa và nhiều trục làm việc (40÷52) quay trong lồng nhờ lực masát với các trục tựa dẫn động. Trục tựa và lồng quay theo chiều cán với vận tốc khác nhau. Vận tốc của trục tựa lớn hơn vận tốc của lồng, nên dưới tác dụng của masát, các trục hành tinh (trục làm việc) quay theo chiều ngược chiều cán. Do vậy, phôi chỉ có thể đưa được vào giá cán hành tinh nhờ các trục lao thép.

Trục tựa của giá cán hành tinh, kích thước (450÷1300)mm×(450÷1450)mm, chế tạo từ thép hợp kim rèn, có độ cứng bề mặt (60÷70)HSh. Động cơ truyền động cho trục tựa là động cơ đồng bộ công suất (450÷6700) kW. Các trục hành tinh, đường kính (50÷200) mm, chế tạo từ thép hợp kim crom-vanadi-molipden có độ cứng bề mặt (70÷80) HSh. Bốn lồng trục (hai ở trục tựa trên và hai ở trục tựa dưới) liên kết với nhau bởi các cơ cấu truyền động bánh răng nhằm tạo sự đồng bộ trong khi quay. Các lồng trục được truyền động từ động cơ truyền động cho trục tựa qua hệ thống bánh răng.



Hình 3.21. *Sơ đồ máy cán nóng thép băng kiểu hành tinh:*

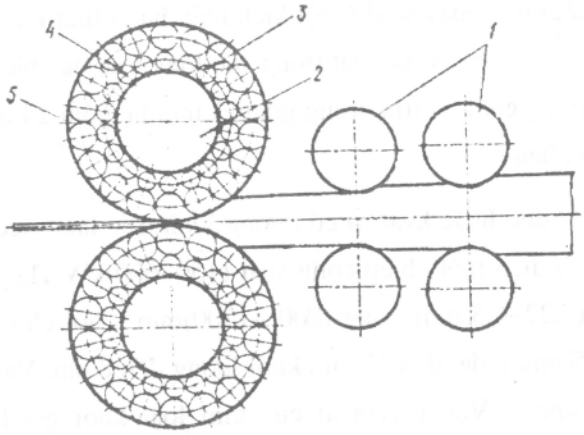
1. lò nung liên tục có sàn con lăn; 2. trục lao thép; 3. tấm dẫn hướng; 4. các trục làm việc hành tinh; 5. lồng trục; 6. trục tựa; 7. cơ cấu điều chỉnh lực kéo căng; 8. giá cán là; 9. máy cắt lia, cắt đầu đuôi băng kim loại; 10. máy cuộn thép.

Trên hình (3.22) trình bày sơ đồ một kiểu máy hành tinh khác, máy Kpupp-Platxer. Kiểu máy này có hai hệ trục hành tinh đặt trong các lồng trục đặc biệt quay xung quanh hai trục tựa bất động - một hệ gồm 24 trục trung gian và một hệ gồm 24 trục làm việc. Các lồng trục quay đồng bộ với nhau.

Các giá cán là (duo hoặc kvarto) có đường kính trục làm việc (300÷800)mm, được truyền động từ động cơ điện một chiều công suất (150÷600)kW.Thép băng cán ở các máy hành tinh có độ dày (1,22÷6,3)mm, rộng (200 ÷1300)mm. Phôi cho các máy hành tinh là phôi phiến dày (40÷150)mm, dài đến 12,2m, khối lượng đến 8 tấn. Vận tốc lao thép vào giá cán hành tinh tới 4m/phút. Vận tốc thoát của kim loại khỏi giá hành tinh không quá (1,5÷2)m/s. Năng suất của máy, phụ thuộc vào chiều rộng và độ dày của thép thành phẩm, nằm trong khoảng (50÷150) nghìn tấn năm.

Quá trình cán trong máy hành tinh khác nhiều so với cán trong các máy cán thép băng thông thường. Ở các máy hành tinh, kim loại được biến dạng chủ yếu ở giá hành tinh. Mỗi đôi trục làm việc thực hiện một lượng ép rất nhỏ (0,3÷0,5)mm. Vì số lượng trục làm việc lớn (20÷26 đôi) nên lượng ép tổng cộng trong giá cán hành tinh đạt tới (90÷98)%. Do quá trình ép thép ở giá hành tinh có tính chu kỳ, nên trên bề mặt băng thép, khi ra khỏi giá cán có những vết gờ ngang nhỏ dạng sóng. Những đường gờ này, tiếp theo, được là phẳng trong giá cán là.

Ở các giá cán hành tinh, thép đi qua vùng biến dạng trong khoảng thời gian ngắn (1,5÷6)s, do đó độ mất nhiệt được giảm đáng kể. Chính vì vậy, nhiệt độ nung phôi trước khi cán ở các máy hành tinh thấp hơn nhiệt độ nung phôi ở các máy cán thép băng khác từ 100 °C đến 150°C. Ngoài ra, trong vùng biến dạng ở giá cán hành tinh một lượng nhiệt đáng kể được chuyển hoá từ năng lượng tiêu hao cho quá trình biến dạng dẻo, nên nhiệt độ của thép khi ra khỏi giá cán có thể cao hơn nhiệt độ khi vào từ 100°C đến 200°C. Ở các giá cán hành tinh, thép đi qua vùng biến dạng trong khoảng thời gian ngắn (1,5÷6)s, do đó độ mất nhiệt được giảm đáng kể. Chính vì vậy, nhiệt độ nung phôi trước khi cán ở các máy hành tinh thấp hơn nhiệt độ nung phôi ở các máy cán thép băng khác từ 100 °C đến 150°C. Ngoài ra, trong vùng biến dạng ở giá cán hành tinh một lượng nhiệt đáng kể được chuyển hoá từ năng lượng tiêu hao cho quá trình biến dạng dẻo, nên nhiệt độ của thép khi ra khỏi giá cán có thể cao hơn nhiệt độ khi vào từ 100°C đến 200°C.



Hình 3.22. *Sơ đồ máy cán hành tinh kiểu Krupp-Platxer:*

1. các trục lao thép; 2. trục tựa (bất động); 3. các trục hành tinh trung gian; 4. các trục hành tinh làm việc; 5. lồng trục.

Căn cứ vào đặc điểm thiết bị và công nghệ cán ở máy các hành tinh, ta có thể nêu những ưu điểm của chúng như sau :

- Do nhiệt độ cán thấp nên lượng kim loại tiêu hao cho quá trình tạo gỉ lò và gỉ cán giảm đáng kể;
- Các máy hành tinh có thể cán các loại thép và hợp kim đặc biệt, có khoảng nhiệt độ cán hẹp và các loại thép và hợp kim không cho phép có sự tạo gỉ trên bề mặt trong quá trình cán;
- Có điều kiện thuận lợi cho việc thực hiện công nghệ cán trong môi trường bảo vệ nhằm khắc phục hoàn toàn sự tạo gỉ trong quá trình cán;
- Khối lượng thiết bị không lớn, vốn đầu tư thấp hơn so với các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục;
- Rất hợp lý cho việc sản xuất thép băng có chủng loại rộng, trong điều kiện khối lượng sản suất nhỏ.

Bên cạnh những ưu điểm, máy cán kiểu hành tinh cũng có những nhược điểm cơ bản sau :

- Kết cấu giá cán phức tạp, đòi hỏi sự chú ý cao khi hiệu chỉnh khe cán và điều khiển quá trình cán;
- Không đảm bảo thời gian làm việc lâu dài của giá cán.

Máy cán hành tinh chỉ được xây dựng ở những nhà máy cán thép cỡ nhỏ. Trong những năm gần đây, ở một số nước, người ta thay thế nhóm cán thô của máy cán thép băng rộng bản liên tục bằng một giá cán hành tinh, nhằm rút ngắn chiều dài của máy và giảm bớt đầu tư và chi phí cho thiết bị.

3.7. Tinh chỉnh thép băng cán nóng

Phần lớn sản phẩm của các máy cán nóng thép băng rộng bản dùng làm phôi cho cán nguội. Loại thép này không cần phải tinh sửa. Sau khi cán, thép dưới dạng cuộn được chuyển theo đường băng tải sang bãi chứa trong gian tẩy gỉ axit của xưởng cán nguội.

Một phần thép thành phẩm khác được chuyển tới nơi tiêu thụ ở dạng cuộn chưa cắt mép. Trong trường hợp này, thép từ máy cuộn chạy theo băng chuyền đến máy đóng gói.

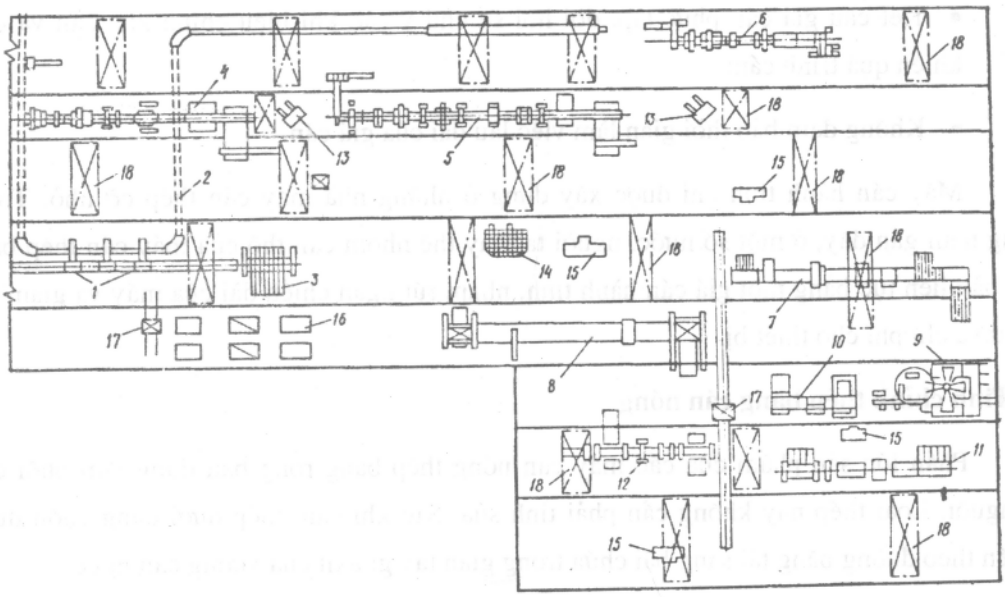
Phần sản phẩm còn lại được tinh chỉnh trong xưởng. Để tinh chỉnh thép băng cán nóng, người ta đặt trong xưởng các các máy cắt dọc, cắt ngang, các lò thường hoá, lò ủ, hệ thống tẩy rửa axit, nắn thẳng, máy cán là, tráng dầu và các thiết bị tinh chỉnh phụ khác.

Trên hình 3.23 trình bày sơ đồ bố trí thiết bị tinh chỉnh thép băng của máy cán thép băng rộng bản liên tục "2500".

Cán tinh chỉnh thép băng tiến hành ở trạng thái nguội, không bôi trơn, với lượng ép không quá 5%, nhằm nâng cao chất lượng bề mặt, độ phẳng và độ chính xác của thép thành phẩm.

Nhiệt luyện được áp dụng cho các loại thép tấm có cơ tính được qui định chặt chẽ theo yêu cầu kỹ thuật của người tiêu thụ. Thường hoá được áp dụng cho thép tấm sau khi cán có giới hạn bền hoặc giới hạn chảy thấp, nhằm làm tăng các đặc tính này. Nếu khả năng chịu uốn ở trạng thái nguội và độ kéo dài tương đối không đạt yêu cầu, có nghĩa là giới hạn bền và độ cứng của thép quá cao, ta phải tiến hành ử mềm. Để thương hoá hoặc ủ mềm, người ta thường sử dụng các lò nhiệt luyện liên tục đốt bằng khí có sàn con lăn.

Khi cần phải tôi các loại thép tấm từ các mác thép hợp kim, người ta sử dụng các lò nhiệt luyện chuyên dùng gồm các buồng nung và buồng làm nguội.



Hình 3.23. *Sơ đồ bố trí thiết bị tinh chỉnh thép băng cán nóng ở máy liên tục "2500":*

1. máy cuộn thép; 2. đường băng tải cuộn thép băng cán nóng; 3. máy xếp tấm; 4. hệ thống máy cắt ngang dùng cho thép băng (10×2350)mm; 5. hệ thống máy cắt ngang dùng cho thép băng (6×2350)mm; 6. hệ thống máy cắt dọc dùng cho thép băng (8×2350)mm; 7. hệ thống máy cắt ngang dùng cắt thép băng dày (1.5÷6)mm; 8. lò thường hoá và ủ thép tấm; 9. hệ thống tẩy gỉ axit chu kỳ; 10. hệ thống máy rửa-sấy; 11. hệ thống máy cắt dọc thép tấm; 12. máy cán là (tinh chỉnh); 13. máy cắt chém; 14. máy cắt chém có miền hoạt động rộng; 15. cân; 16. lò chụp; 17. xe vận chuyển; 18. cầu trục.

Tất cả các loại thép thành phẩm đều phải qua khâu kiểm tra kỹ thuật. Tuỳ theo đặc điểm khuyết tật và chất lượng bề mặt, thép thành phẩm được phân chia thành nhiều loại khác nhau. Khuyết tật của thép có thể phân thành hai nhóm :

- Khuyết tật do qui trình công nghệ cán : cong, vênh, cong lưỡi liềm, nhăn, lún, độ chính xác kích thước không đảm bảo yêu cầu, ...
- Khuyết tật do bản thân kim loại (do công nghệ nấu luyện) : phân lớp, nứt rạn, sẹo, tạp chất phi kim loại, ...

3.8. Các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật trong sản xuất thép băng cán nóng

3.8.1. Năng suất của các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục

Năng suất giờ của các máy cán nóng thép băng rộng bản xác định theo công thức (2.98). Khi tính năng suất, hệ số sử dụng của các máy liên tục và bán liên tục (k_u) có thể nhận bằng 0,9.

Khi xác định thời gian máy và thời gian nghỉ cần chú ý đến tính năng kỹ thuật của máy cán và các thiết bị phụ, đặc điểm của qui trình công nghệ cũng như phương pháp tổ chức công việc trên máy.

Thời gian máy ở mỗi giá cán thô bao giờ cũng nhỏ hơn thời gian máy ở giá cán tinh cuối cùng (vì chiều dài của thép khi cán trong nhóm cán thô nhỏ mà tốc độ cán lại tương đối lớn), cho nên năng suất của bất kỳ máy cán nóng thép băng rộng bản nào cũng được xác định bởi năng suất của giá cán tinh cuối cùng. Trừ một số trường hợp khi phôi được cán trong giá giãn rộng của nhóm cán thô. Thời gian để hoàn thành nguyên công này có thể lớn hơn thời gian cán ở giá cán tinh cuối cùng.

Nhịp cán trong nhóm cán tinh phụ thuộc vào sơ đồ cán. Có thể có ba sơ đồ cán sau :

- Cán đồng thời hai phôi.
- Phôi thứ hai đưa vào giá đánh gỉ tinh vào lúc quá trình cán phôi thứ nhất kết thúc (băng thép thứ nhất ra khỏi giá cán tinh cuối cùng).
- Phôi thứ hai đưa vào giá đánh gỉ tinh sau một thời gian kể từ khi quá trình cán phôi thứ nhất kết thúc.

Sơ đồ thứ nhất ưu việt hơn cả. Nhịp cán của nhóm cán tinh, theo sơ đồ này, nhỏ nhất và máy năng đạt năng suất cao nhất. Nhịp cán T_1 trong trường hợp này có thể tính theo công thức :

$$T_1 = t_m + t_n = \frac{L_m}{v_n} + t_n \text{ , s} \qquad (3.22)$$

trong đó, L_m- chiều dài băng thép sau giá cán tinh cuối cùng, m; v_m- tốc độ cán ở giá cán tinh cuối cùng, m/s; t_m- thời gian tải, s; t_n- thời gian nghỉ giữa hai đôi băng thép tiếp nhau, xác định căn cứ vào phương pháp tổ chức công việc trên máy, s. Nếu biểu thị L_m qua khối lượng phôi m_p, chiều rộng b_m, độ dày h_m và khối lượng riêng γ_m, công thức (3.22) sẽ có dạng sau :

$$T_1 = \frac{m_p}{v_m b_m h_m \gamma_m} + t_n \text{ , s} \qquad (3.23)$$

Theo sơ đồ thứ hai, nhịp cán bằng tổng thời gian máy (thời gian cán) trong giá cuối cùng và khoảng thời gian cần thiết để đầu trước của băng thép đi từ gía đánh gỉ tinh đến giá cán tinh cuối cùng. Thời gian nghỉ trong trường hợp này xác định theo công thức :

$$t_n = \frac{l_g}{v_g} + l\left(\frac{1}{v_n} + \frac{1}{v_{n+1}} + ... + \frac{1}{v_{m-2}} + \frac{1}{v_{m-1}}\right) \text{ , s} \qquad (3.24)$$

trong đó, l_g-khoảng cách từ giá đánh gỉ tinh đến giá cán tinh đầu tiên, m; v_g-vận tốc cán ở giá đánh gỉ tinh, m/s; v_n, v_{n+1}, . . . ,v_{m-2}, v_{m-1}- vận tốc cán trong các giá cán tinh, m/s. n, m - số thứ tự của giá cán tinh đầu tiên và giá cán tinh cuối cùng; l - khoảng cách giữa các giá cán tinh.

Nếu biểu thị vận tốc cán qua chiều dày của thép cán và sử dụng điều kiện không đổi của thể tích giây, ta có :

$$t_n = \frac{l_g h_g}{v_m h_m} + \frac{l}{v_m h_m}\left(h_n + h_{n+1} + ... + h_{m-2} + h_{m-1}\right) \text{ , s} \qquad (3.25)$$

trong đó, h_n, h_{n+1}, . . . , h_{m+2}, h_{m-1} - tương ứng chiều dày của thép cán sau giá đánh gỉ tinh và sau các giá đánh gỉ tinh tiếp theo (trừ giá cuối cùng), m.

Nhịp cán theo sơ đồ thứ hai tính theo công thức :

$$T_2 = \frac{m_p}{v_m h_m b_m \gamma_m} + \frac{l_g}{v_g} + l\left(\frac{1}{v_n} + \frac{1}{v_{n+1}} + ... + \frac{1}{v_{m-2}} + \frac{1}{v_{m-1}}\right) \text{ , s} \qquad (3.26)$$

hay

$$T_2 = \frac{m_p}{v_m h_m b_m \gamma_m} + \frac{l_g h_g}{v_m h_m} + \frac{l}{v_m h_m}\left(h_n + h_{n+1} + ... + h_{m-2} + h_{m-1}\right) \text{ , s} \qquad (3.27)$$

Nhịp cán theo sơ đồ làm việc thứ ba tính theo (3.23). Lưu ý, thời gian nghỉ giữa hai băng thép xác định căn cứ vào điều kiện công nghệ.

Năng suất năm của máy xác định căn cứ vào năng suất giờ, thời gian làm việc thực tế của máy và chủng loại thép thành phẩm. Năng suất giờ thực tế bình quân, N_{th}, của các máy cán nóng thép băng rộng bản có thể xác định theo công thức (2.99).

3.8.2. Lượng tiêu hao thép

Ở các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục, hệ số tiêu hao thép xác định dựa trên cơ sở sự hao hụt kim loại cho các quá trình tạo gỉ khi nung phôi, khi cán, cho cắt đầu đuôi, cắt mép biên và cho phế phẩm. Hệ số tiêu hao thép ở các máy liên tục và bán liên tục có thể nhận bằng (1,03 ÷1,075).

3.8.3. Tiêu hao điện năng, nhiệt, nước và trục cán

Ở các máy cán nóng thép băng rộng bản, điện năng chi phí cho các quá trình cán và tinh chỉnh thép. Trung bình sản suất một tấn thép thành phẩm tốn khoảng (60÷70)kW.

Để nung một tấn phôi nguội đến nhiệt độ cán tốn một lượng nhiệt khoảng 500000 kcal.

Ở các máy có thân trục dài (1700÷2000) mm, lượng tiêu hao nước trong một giờ ở các giá cán khoảng (7000÷8000)m^3. Ở các giàn phun nước làm nguội nhanh, phụ thuộc vào phương pháp phun, lượng tiêu hao nước khoảng (5000÷14000)m^3/h.

Theo các số liệu thực tế, để sản suất một tấn thép ở các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục, tốn khoảng (0,8÷1,5) kg trục cán.

CHƯƠNG 4

CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT THÉP BĂNG VÀ THÉP LÁ CÁN NGUỘI

4.1. Đặc điểm công nghệ và thiết bị trong các xưởng cán nguội

Phương pháp cán nguội được áp dụng để sản xuất thép băng và thép lá mỏng, có cơ tính, chất lượng bề mặt và độ chính xác cao. Bằng phương pháp cán nguội, người ta có thể sản xuất thép băng và thép lá có độ dày từ vài micron đến 4,0 mm.

Qui trình công nghệ sản xuất thép cán nguội so với qui trình công nghệ cán nóng phức tạp hơn nhiều. Nó bao gồm một số lượng lớn các nguyên công chuẩn bị, tinh chỉnh, đòi hỏi phải sử dụng nhiều thiết bị phức tạp khác nhau. Vốn đầu tư cho sản xuất thép cán nguội vào khoảng (20÷25)% lớn hơn và chi phí vận hành 10 % cao hơn so với vốn đầu tư và chi phí vận hành cho sản xuất thép tấm và thép băng cán nóng. Mặc dù vậy công nghệ cán nguội thép băng và thép lá vẫn được phát triển mạnh mẽ. Ở các nước công nghiệp phát triển khoảng (50÷60)% khối lượng thép băng cán nóng được dùng cho sản xuất thép băng, thép dải, thép lá cán nguội. Thép lá mỏng phục vụ chủ yếu cho các ngành công nghiệp chế tạo ôtô, điện cơ, đồ hộp, xây dựng và công nghiệp sản xuất đồ dùng gia đình (máy lạnh, máy giặt, máy hút bụi, ...).

Phụ thuộc vào điều kiện kỹ thuật và các tiêu chuẩn qui định, thép cán nguội được sản xuất phổ biến dưới dạng :

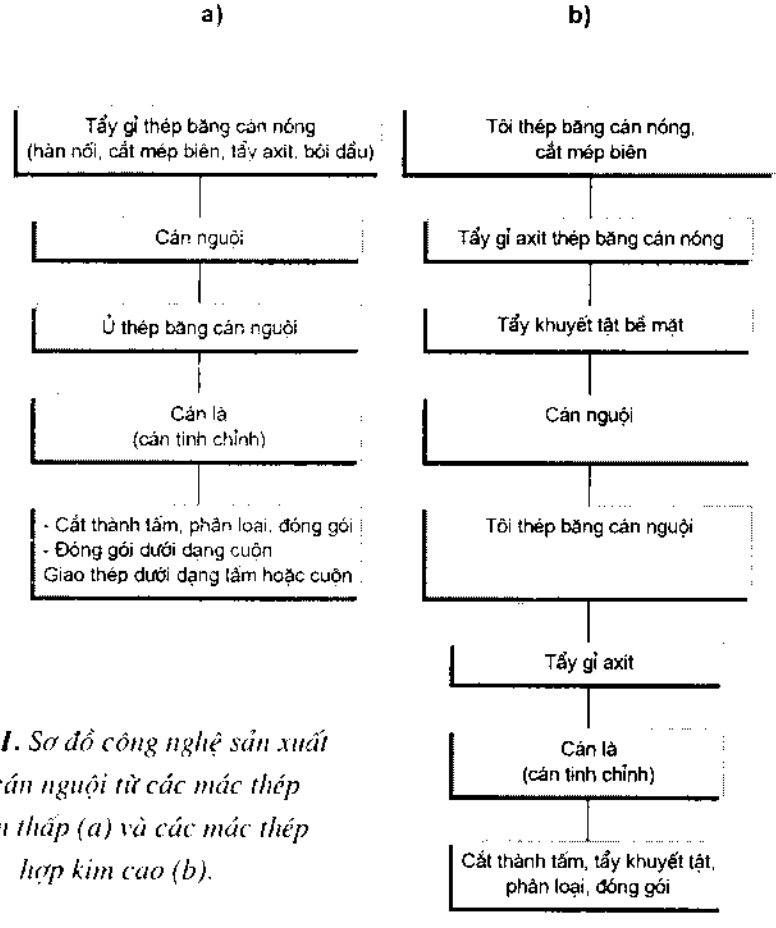
- Thép lá : dày (0,2÷4)mm, rộng (510÷2300)mm, dài (1200÷5000)mm,
- Thép băng (cuộn) : dày (0,2÷4)mm, rộng (200÷2300)mm,
- Thép dải (cuộn) : dày (0,05÷3,6)mm, rộng đến 600 mm.

Ở các máy cán nguội hiện đại người ta có thể cán thép băng có độ dày nhỏ nhất đến 0,15mm, rộng đến 2000 mm, tôn có độ dày nhỏ nhất đến 0,07 mm, rộng đến 1300 mm và thép dải có độ dày nhỏ nhất đến 0,0015 mm, rộng đến 1000 mm và hơn.

Sản xuất thép cán nguội dưới dạng cuộn là phương pháp ưu việt hơn cả. Phương pháp này có ưu điểm : chất lượng bề mặt của thép thành phẩm tốt, hệ số hao hụt kim loại và giá thành sản phẩm thấp, năng suất cao , thuận lợi cho việc cơ khí hoá và tự động hoá quá trình công nghệ.

Ở các nước công nghiệp phát triển, 95% thép cán nguội được sản xuất dưới dạng cuộn. Phôi cho cán nguội là thép băng cán nóng dày (1,5÷6)mm dưới dạng cuộn, khối lượng đến (50÷60) T. Phương pháp cán cuộn được tiến hành ở các máy cán liên tục hoặc đảo chiều.

Trên hình 4.1 trình bày sơ đồ công nghệ sản xuất thép băng cán nguội từ thép cacbon thấp và các mác thép hợp kim cao.



Hình 4.1. *Sơ đồ công nghệ sản xuất thép cán nguội từ các mác thép cacbon thấp (a) và các mác thép hợp kim cao (b).*

Phương pháp sản xuất thép cán nguội đơn chiếc (tấm một) có nhược điểm : năng suất thấp, hệ số hao hụt kim loại lớn, chất lượng bề mặt và độ chính xác không cao, khả năng cơ khí hoá và tự động hoá bị hạn chế. Phương pháp này chỉ áp dụng trong trường hợp khi phương pháp cán cuộn không thể áp dụng (ví dụ, cán thép lá rộng từ phôi hẹp bằng phương pháp cán ngang hoặc trong các trường hợp sản xuất thép mỏng từ các mác thép đặc biệt và hợp kim). Sản xuất thép cán nguội bằng phương pháp cán đơn chiếc tiến hành ở các máy một giá.

Phụ thuộc vào đặc điểm của thép thành phẩm, có thể phân chia các xưởng cán nguội thành từng nhóm sau :

a) Sản xuất thép băng và thép lá kết cấu từ các mác thép cacbon và thép hợp kim thấp dùng cho chế tạo nói chung và chế tạo ôtô nói riêng.

b) Sản xuất tôn.

c) Sản xuất thép lá và thép băng từ các mác thép kỹ thuật điện.

d) Sản xuất thép lá và thép băng từ các mác thép đặc biệt (thép không gỉ, thép bền nhiệt, ...).

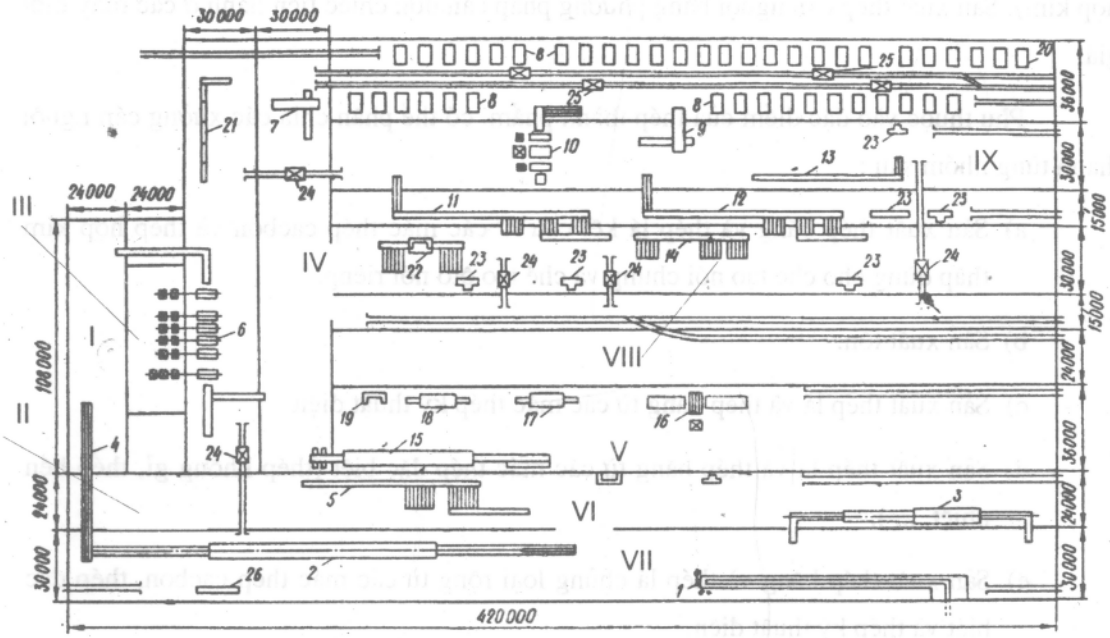
e) Sản xuất thép băng và thép lá chủng loại rộng từ các mác thép cacbon, thép đặc biệt và thép kỹ thuật điện.

Các xưởng cán nguội thuộc nhóm a) sản xuất thép băng và thép lá có công dụng rộng rãi, dày (0,15÷4)mm, rộng đến 2350 mm. Trong các xưởng này người ta sản xuất cả thép có phủ lớp bảo vệ (kẽm, thiếc, crom, nhôm, polime,...). Các xưởng loại này được trang bị các máy cán thép băng rộng bản liên tục gồm 4-5 giá cán với chiều dài thân trục (1700÷2500) mm.

Trên hình 4.2 trình bày sơ đồ bố trí thiết bị của xưởng cán nguội với máy liên tục 4 giá kvarto (150/1300×1700) mm. Xưởng sản xuất các loại thép băng và thép lá dày (0,4÷2)mm, rộng (700÷1550)mm từ các mác thép cacbon, thép hợp kim thấp và thép kỹ thuật điện. Ngoài ra, trong xưởng còn có các thiết bị sản xuất thép tráng kẽm.

Phôi cho máy "1700" là thép băng cán nóng dày (1,8÷5)mm, khối lượng cuộn đến 7,5 T. Thép phôi cuộn được chuyển từ xưởng cán nóng theo đường băng ngầm 1 đến xưởng cán nguội. Phụ thuộc vào công dụng, thép phôi cuộn được chuyển đến hệ thống tẩy gỉ axit liên tục 2 hay đến lò thường hoá 3. Ở hệ thống tẩy gỉ axit liên tục người ta tiến hành các

nguyên công hàn nối cuộn nhỏ thành cuộn lớn (30T), tẩy gỉ trong dung dịch axit, rửa, sấy khô, cắt mép biên, tráng dầu và cuốn thành cuộn. Sau khi tẩy gỉ, phần lớn thép được chuyển đến bãi chứa, theo đường băng 4, và từ đây, bằng cầu cẩu, đến máy cán nguội 6. Phần thép còn lại được đưa sang hệ thống máy cắt liên hợp 5 để cắt thành tấm (cắt ngang) hay thành thép dải (cắt dọc) dạng cuộn.



Hình 4.2. *Sơ đồ bố trí thiết bị của xưởng cán nguội với máy liên tục 4 giá "1700":*
I, II- bãi chứa thép cuộn đã tẩy gỉ; III- gian máy điện; IV- bãi chứa thép cuộn sau khi cán nguội; V- bãi chứa thép đã tráng kẽm; VI, VII- bãi chứa thép cuộn cán nóng (chuyển từ xưởng cán nóng đến); VIII, IX- bãi chứa sản phẩm.

Lượng ép tổng cộng trong máy cán nguội "1700" khoảng (60÷80)%. Với lượng ép như vậy, thép bị biến cứng đáng kể và các hạt tinh thể của thép bị kéo dài theo hướng cán, gây nên tính dị hướng của cơ tính. Nhằm khử biến cứng và phục hồi cơ tính (giảm giới hạn bền, tăng tính dẻo, khử tính dị hướng), thép băng cán nguội được chuyển theo băng chuyền 7 sang bộ phận nhiệt luyện để ủ kết tinh lại trong các lò chụp 8. Đối với thép cacbon, ủ kết tinh lại được tiến hành trong môi trường bảo vệ ở nhiệt độ (650÷730) °C.

Sau khi ủ, thép cuộn từ các mác thép cacbon thấp được chuyển đến giá cán tinh chỉnh 10 có kích thước trục (500/1300×1700)mm. Ở đây, thép được biến dạng với lượng ép

(0,8÷2)% không bôi trơn, nhằm tạo độ phẳng cho thép và ngăn ngừa sự tạo thành các đường trượt trong quá trình dập nguội tiếp theo.

Sau khi cán là, thép cuộn cacbon thấp được đưa đến hệ thống máy cắt ngang 11, 12 hoặc đến hệ thống máy cắt dọc 13. Phân loại thép lá (sau khi cắt ngang) được tiến hành ở thiết bị phân loại 14.

Thép băng cán nguội từ các mác thép cacbon dùng để tráng kẽm, được chuyển thẳng từ máy cán đến hệ thống tráng kẽm liên tục 15. Thép sau khi tráng kẽm được cắt sửa ở máy cắt 19, đóng gói ở các máy 17, 18 để xuất xưởng. Một phần thép lá tráng kẽm được chuyển đến máy uốn 16 để chế tạo thành tôn múi dùng trong xây dựng.

Thép băng từ các mác thép kỹ thuật điện, sau khi cán nguội (đến chiều dày (0,5÷1)mm), được ủ sáng ở nhiệt độ cao (900÷1150) °C trong các lò chụp 20. Để ngăn ngừa sự dính kết giữa các vòng của cuộn thép khi ủ ở nhiệt độ cao, người ta phủ lên bề mặt của thép một lớp bền nhiệt (dung dịch huyền phù hydroxit magie). Trước khi phủ, thép được tẩy sạch dầu mỡ. Để đảm bảo sự bám dính giữa lớp bền nhiệt và bề mặt thép, băng thép sau khi chạy qua dung dịch được sấy khô trong máy sấy cao tần. Tất cả các nguyên công trên được tiến hành trong hệ thống thiết bị 21.

Ngoài các sản phẩm qua cán nguội nêu trên, xưởng cán nguội "1700" còn cung cấp cả sản phẩm thép lá dày (1,2÷6)mm, rộng (700÷1550)mm dài đến 8000 mm, chỉ qua nhiệt luyện thường hoá và tẩy gỉ axit.

Khối lượng thiết bị của xưởng cán nguội "1700" khoảng 15500 T. Tổng công suất của tất cả các động cơ điện trong xưởng đến 58000 kW. Năng suất của xưởng đạt 1,25 triệu tấn năm.

Các xưởng sản xuất tôn cung cấp chủ yếu sản phẩm dày (0.07÷0.55)mm, rộng đến 1300 mm. Ngoài ra, xưởng có thể sản xuất cả thép lá và thép băng mỏng (dày hơn 0,18mm) từ các mác thép kết cấu các bon thấp. Các loại thép lá và thép băng này có thể được phủ nhôm, kẽm, chất dẻo hoặc để trần. Như vậy, trong xưởng sản xuất tôn, ngoài thiết bị cán còn có các hệ thống thiết bị phục vụ cho việc tráng phủ bề mặt.

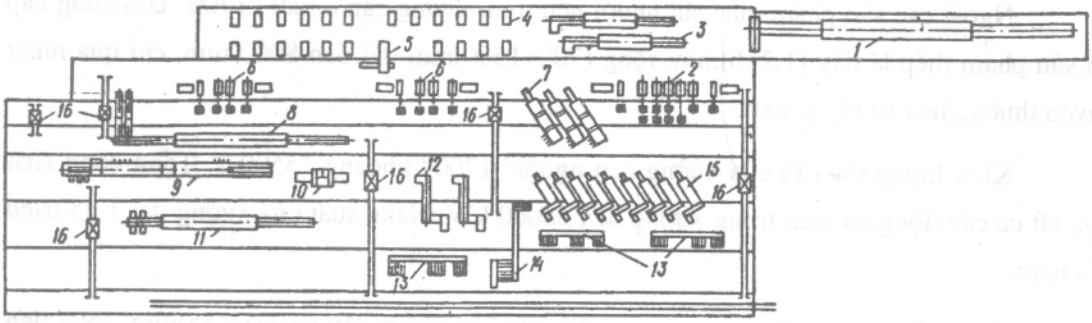
Phụ thuộc vào chủng loại và khối lượng sản xuất, qui trình công nghệ và thành phần thiết bị chính cũng như thiết bị tinh chỉnh trong các xưởng cán tôn có thể khác nhau. Nếu khối lượng sản xuất nhỏ, người ta sử dụng các máy cán đảo chiều. Các xưởng có khối lượng sản xuất lớn được trang bị các máy cán liên tục tốc độ cao gồm 5-6 giá và các hệ thống tráng

thiếc điện phân có năng suất cao. Năng suất của các máy cán tôn liên tục đạt (500÷800) nghìn tấn năm.

Để sản xuất các loại tôn mỏng, người ta áp dụng phương pháp cán hai lần. Theo phương pháp này, sau khi cán ở máy cán 5 giá đến độ dày (0,3÷0,6)mm, các cuộn tôn (đến 27 T) được đưa sang cán tiếp ở các máy cán liên tục gồm 2-3 giá kvarto. Để sản xuất các loại tôn cực mỏng- giấy thép - dày (0,025÷0,05)mm, rộng (300÷900)mm và hơn, người ta dùng các giá cán nhiều trục. Tôn loại này có thể phủ thiếc hoặc để trần.

Qui trình công nghệ sản xuất tôn gồm các công đoạn tiến hành theo thứ tự sau : tẩy gỉ axit, cán nguội, tẩy điện phân, ủ sáng, cán là, tráng lớp bảo vệ, phân loại và đóng gói.

Trên hình 4.3 trình bày sơ đồ bố trí thiết bị của xưởng cán tôn liên tục năm giá "1200". Xưởng sản xuất các loại tôn trắng tráng thiếc nóng dạng lá dày (0,25÷0,55)mm, rộng (340÷700)mm, dài (500÷750)mm; tôn trắng mạ thiếc điện phân dạng lá dày (0,18÷0,55)mm, rộng (500÷1000)mm hoặc dưới dạng cuộn dày (0,18÷0,55)mm, rộng đến 1000mm; thép lá kết cấu dày (0,18÷0,6)mm, rộng (500÷1000)mm, dài đến 1500 mm. Phôi là thép cuộn cán nóng dày (1,8÷4)mm, rộng (500÷1050)mm, khối lượng đến 5 T.



Hình 4.3. Sơ đồ bố trí thiết bị của xưởng cán tôn liên tục năm giá "1200".

Công đoạn tẩy gỉ axit thép băng cán nóng được tiến hành trong hệ thống tẩy gỉ axit liên tục 1. Sau khi tẩy gỉ, thép được rửa, sấy khô và tráng dầu để tránh oxy hoá. Tiếp theo, thép được chuyển tới bãi chứa dưới dạng cuộn khối lượng tới 15T. từ đây thép được đưa theo băng chuyền tới máy cán liên tục năm giá 2 có kích thước trục 500(600)/1300×1200 mm.

Sau khi cán đến kích thước đã định, thép được chuyển theo băng tải 5 đến bộ phận nhiệt luyện hoặc bộ phận tẩy sạch bề mặt. Thép kết cấu cuộn được ủ sáng trong các lò chụp 4. Thép trước khi ủ được tẩy sạch bề mặt trong hệ thống làm sạch điện phân 3. Nguyên công tẩy sạch bề mặt trước khi ủ trong hệ thống ủ liên tục 8, được tiến hành trực tiếp trước khi ủ. Do đó, phần đầu của hệ thống ủ liên tục 8 được trang bị bộ phận tẩy sạch điện phân.

Sau khi ủ, thép băng kết cấu và tôn được là ở máy cán tinh chỉnh hai giá 6, với lượng ép tổng cộng không quá 5%.

Tôn và thép băng kết cấu, đã qua cán là, dùng cho tráng thiếc và kẽm, được gia công tiếp trong hệ thống tráng kẽm nóng 11 hoặc trong hệ thống tráng thiếc điện phân 9. Thiết bị 10 có nhiệm vụ chuẩn bị thép trước khi tráng thiếc điện phân (cắt mép biên, cắt bỏ phần có khuyết tật). Thép cuộn dùng cho tráng thiếc nóng hoặc để sản xuất thép lá kết cấu không phủ lớp bảo vệ, được đưa đến máy cắt ngang 7 và 14 hoặc máy cắt dọc 12. Phân loại và đóng gói thép lá được tiến hành ở máy phân loại 13. Phủ thiếc được tiến hành trong hệ thống tráng thiếc nóng 15. Ngoài các thiết bị trên, xưởng còn được trang bị các xe vận chuyển 16.

Ở các xưởng sản xuất tôn hiện đại, tôn trắng, đen còn có thể được tráng phủ lớp bảo vệ là các loại chất dẻo, sơn và các vật liệu bảo vệ khác.

Qui trình công nghệ sản xuất tôn ở các máy cán đảo chiều, về cơ bản, không khác so với qui trình công nghệ ở các máy liên tục trình bày ở trên. Tuy nhiên, trong trường hợp cán đảo chiều, do khối lượng sản xuất nhỏ nên đặc điểm của công nghệ và thiết bị có thể khác đi ít nhiều.

Các xưởng sản xuất thép cán nguội từ các mác thép kỹ thuật điện cung cấp thép lá và thép băng cho công nghiệp chế tạo máy biến áp, máy điện. Đặc điểm nổi bật của qui trình công nghệ sản xuất các loại thép kỹ thuật điện là phải tạo được thép có các tính chất từ nhất định. Ngoài ra, các loại thép máy biến áp có độ dẻo thấp nên công nghệ sản xuất các loại thép này phức tạp hơn nhiều so với các qui trình công nghệ đã xét trước.

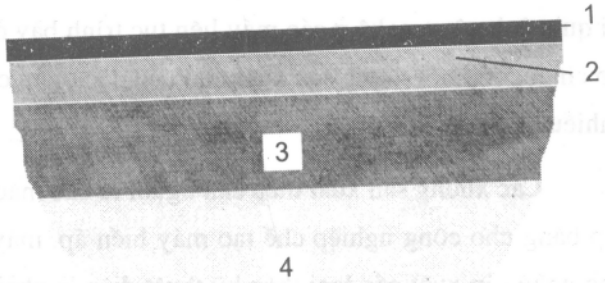
Qui trình công nghệ sản xuất thép kỹ thuật điện bao gồm những nguyên công sau : ủ ban đầu (áp dụng cho các loại thép biến áp) nhằm khử cacbon và đảm bảo độ đồng nhất của cơ tính, tẩy gỉ axit, cán nguội lần thứ nhất, khử dầu mỡ và tẩy sạch bề mặt, ủ kết tinh lại, cán nguội lần thứ hai, khử dầu mỡ và tẩy sạch bề mặt, ủ sáng khử cacbon, phủ lớp chịu nhiệt, ủ nhiệt độ cao tạo tổ chức cần thiết, phủ lớp cách điện, cắt, phân loại và đóng gói.

Trong các xưởng sản xuất thép kỹ thuật điện, người ta đặt các máy liên tục năm giá và các máy cán đảo chiều. Thường, lần cán đầu tiên được tiến hành ở các máy liên tục, lần thứ hai cán ở máy đảo chiều kvarto hay nhiều trục. Năng suất của các xưởng sản xuất thép kỹ thuật điện, với các thiết bị nêu trên, đạt 150 nghìn tấn năm.

Các xưởng sản xuất thép lá và thép băng từ các mác thép đặc biệt cung cấp thép có chủng loại rộng từ các mác thép hợp kim như các loại thép không gỉ, thép bền nhiệt, thép khó biến dạng, ... Qui trình công nghệ sản xuất thép băng và thép lá cán nguội từ các mác thép nói trên đòi hỏi phải sử dụng một khối lượng lớn các thiết bị chính và thiết bị phụ. Để cán nguội thép hợp kim, người ta sử dụng các máy cán liên tục và đảo chiều. Phương pháp cán đơn chiếc, trong nhiều trường hợp, vẫn được áp dụng. Việc sử dụng các máy cán nhiều trục để sản xuất thép lá và thép băng mỏng từ các mác thép hợp kim là đặc điểm nổi bật của các xưởng thuộc nhóm này. Năng suất của các máy cán thép băng và thép lá hợp kim không cao, thường không vượt quá 150 nghìn tấn năm.

4.2. Tẩy gỉ thép băng cán nóng

Trên bề mặt của thép băng cán nóng phủ một lớp gỉ có độ dày (0,009÷0,015)mm và những chất bám bẩn khác. Thành phần cấu tạo của lớp gỉ trình bày trên hình 4.4.



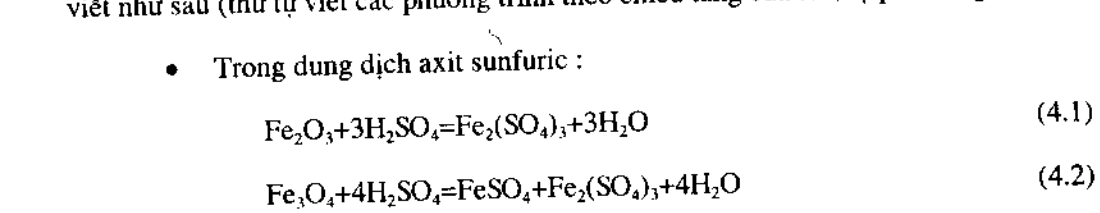
Hình 4.4. Cấu tạo của lớp gỉ trên bề mặt thép băng cán nóng:

1. Fe_2O_3 chiếm 80%; 2. Fe_3O_4 chiếm (18÷20)%; 3. FeO chiếm (0÷2)%; 4.Fe (nền thép)

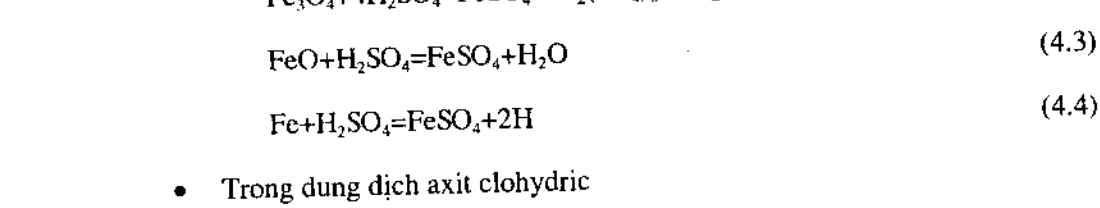
Để đảm bảo thu được thép thành phẩm có chất lượng bề mặt tốt, trước khi cán nguội, thép băng cán nóng phải được tẩy sạch gỉ và các chất bám bẩn trên bề mặt. Tẩy gỉ thép băng cán nóng có thể tiến hành theo ba phương pháp : phương pháp cơ, phương pháp hoá và phương pháp điện hoá. Trong đó, hai phương pháp sau được ứng dụng rộng rãi hơn cả. Phương pháp tẩy gỉ cơ (phun bi lên bề mặt thép), năng suất thấp và không đảm bảo được độ sạch cần thiết của bề mặt thép, chỉ được sử dụng kết hợp với phương pháp hoá nhằm tăng cường quá trình tẩy gỉ.

Ở các xưởng cán nguội năng suất cao, gỉ đầu tiên được phá vỡ bằng phương pháp cơ, sau đó được tẩy sạch khỏi bề mặt thép bằng phương pháp hoá trong dung dịch axit sunfuric hoặc axit clohydric. Phản ứng hoà tan của Fe và các oxit của nó trong dung dịch axit có thể viết như sau (thứ tự viết các phương trình theo chiều tăng của tốc độ phản ứng) :

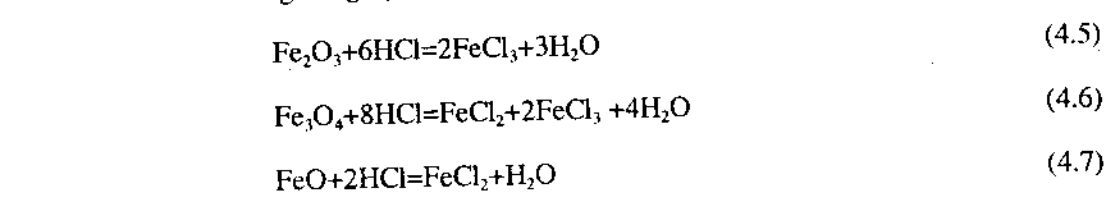
- Trong dung dịch axit sunfuric :



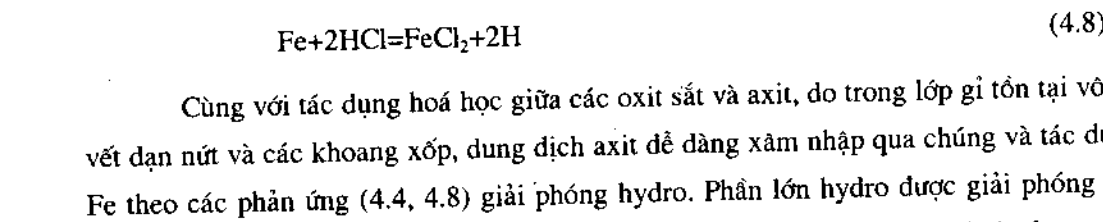
$$Fe_2O_3+3H_2SO_4=Fe_2(SO_4)_3+3H_2O \quad (4.1)$$



$$Fe_3O_4+4H_2SO_4=FeSO_4+Fe_2(SO_4)_3+4H_2O \quad (4.2)$$

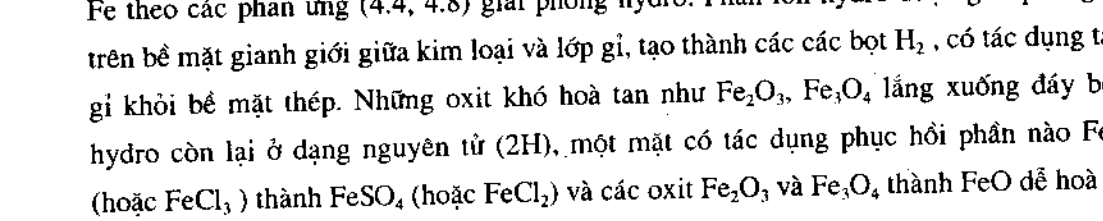


$$FeO+H_2SO_4=FeSO_4+H_2O \quad (4.3)$$

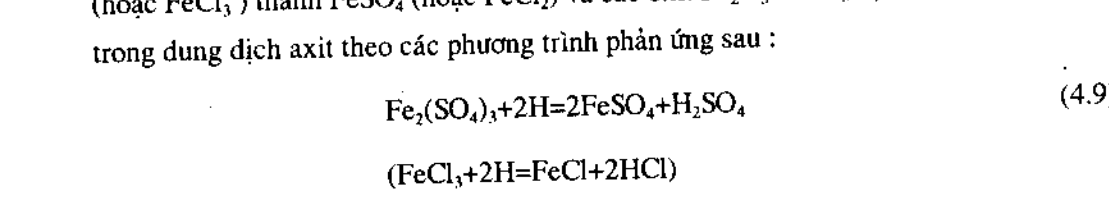


$$Fe+H_2SO_4=FeSO_4+2H \quad (4.4)$$

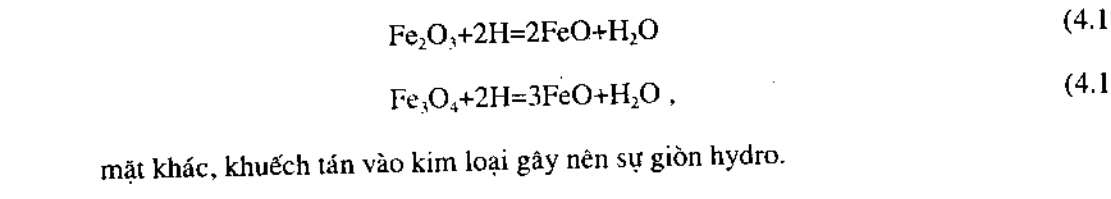
- Trong dung dịch axit clohydric



$$Fe_2O_3+6HCl=2FeCl_3+3H_2O \quad (4.5)$$



$$Fe_3O_4+8HCl=FeCl_2+2FeCl_3+4H_2O \quad (4.6)$$



$$FeO+2HCl=FeCl_2+H_2O \quad (4.7)$$

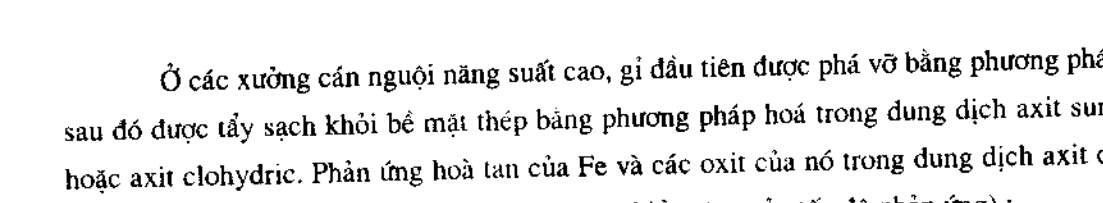
$$Fe+2HCl=FeCl_2+2H \quad (4.8)$$

Cùng với tác dụng hoá học giữa các oxit sắt và axit, do trong lớp gỉ tồn tại vô số các vết dạn nứt và các khoang xốp, dung dịch axit dễ dàng xâm nhập qua chúng và tác dụng với Fe theo các phản ứng (4.4, 4.8) giải phóng hydro. Phần lớn hydro được giải phóng tích lại trên bề mặt gianh giới giữa kim loại và lớp gỉ, tạo thành các các bọt H_2 , có tác dụng tách vảy gỉ khỏi bề mặt thép. Những oxit khó hoà tan như Fe_2O_3, Fe_3O_4 lắng xuống đáy bể. Phần hydro còn lại ở dạng nguyên tử (2H), một mặt có tác dụng phục hồi phần nào $Fe_2(SO_4)_3$ (hoặc $FeCl_3$) thành $FeSO_4$ (hoặc $FeCl_2$) và các oxit Fe_2O_3 và Fe_3O_4 thành FeO dễ hoà tan hơn trong dung dịch axit theo các phương trình phản ứng sau :

$$Fe_2(SO_4)_3+2H=2FeSO_4+H_2SO_4 \quad (4.9)$$

$$(FeCl_3+2H=FeCl+2HCl)$$

$$Fe_2O_3+2H=2FeO+H_2O \quad (4.10)$$



$$Fe_3O_4+2H=3FeO+H_2O\ , \quad (4.11)$$

mặt khác, khuếch tán vào kim loại gây nên sự giòn hydro.

Để dung dịch axit dễ thâm nhập vào lớp FeO, lớp gỉ ngoài cùng thường được phá vỡ bằng phương pháp cơ học. Trước khi chạy qua bể dung dịch axit, băng thép được đưa qua máy đánh gỉ con lăn và giá cán là. Trong máy đánh gỉ, băng thép được uốn đi uốn lại nhiều lần xung quanh các con lăn đường kính nhỏ, tiếp theo qua giá cán là với lượng ép (2÷5)%.

Để tẩy gỉ thép cacbon và một số mác thép hợp kim thấp, người ta dùng dung dịch axit sunfuric nồng độ (20÷25)%, đun nóng đến (90÷95)°C nhằm cường hoá phản ứng. Tốc độ phản ứng còn phụ thuộc vào nồng độ $FeSO_4$ trong dung dịch. Thực tế cho thấy thời gian tẩy gỉ có thể giảm đến mức thấp nhất với điều kiện nhiệt độ và nồng độ $FeSO_4$ thích hợp. Trong quá trình làm việc, nồng độ H_2SO_4 giảm đi còn $FeSO_4$ tăng lên. Do đó cần chú ý để nồng độ H_2SO_4 không xuống quá (10÷12)% và $FeSO_4$ không vượt quá (15÷18)%.

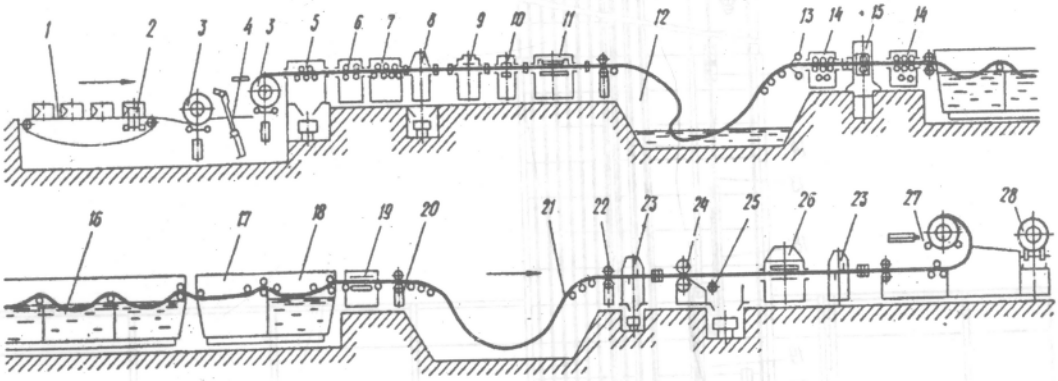
Để hạn chế ăn mòn thép và ngăn ngừa sự khuếch tán của hydro vào kim loại, người ta pha vào dung dịch axit các chất hãm. Bề mặt thép, sau khi tẩy sạch gỉ, được phủ kín bởi các phân tử chất hãm có tác dụng ngăn ngừa sự khuếch tán của hydro vào kim loại và sự ăn mòn thép tiếp tục. Ngoài ra, trong dung dịch còn có thêm chất tạo bọt, có tác dụng tạo lớp bọt phủ kín mặt bể, nhằm hạn chế sự bay hơi của axit.

So với phương pháp tẩy gỉ trong dung dịch H_2SO_4, phương pháp tẩy gỉ trong dung dịch HCl có ưu điểm : chất lượng bề mặt sau khi tẩy gỉ tốt hơn, tốc độ tẩy gỉ cao hơn, giảm khả năng xuất hiện hiện tượng giòn hydro, chi phí cho tẩy gỉ giảm từ 20% đến 30%. Nồng độ tối ưu của dung dịch HCl bằng (18÷25)%, nhiệt độ dung dịch không quá (60÷70)°C.

Tẩy gỉ thép băng và thép lá từ các mác thép kỹ thuật điện, thép không gỉ, thép hợp kim cao tiến hành trong hỗn hợp dung dịch axit H_2SO_4 (hay HCl) và HNO_3, có pha thêm các muối (nitrat, muối ăn). Theo phương pháp này, trước khi sang bể chứa hỗn hợp dung dịch axit và muối, thép được xử lý trong kiềm nóng chảy ở (400÷500)°C. Đối với các mác thép nói trên, người ta còn áp dụng phương pháp tẩy gỉ trong dung dịch nóng chảy của hỗn hợp NaOH và NaH (hydrua natri). NaH có tác dụng phục hồi oxit sắt thành Fe hoặc thành o-xit thấp hơn cùng với sự tạo thành NaOH.

Quá trình tẩy gỉ tiến hành ở các hệ thống thiết bị làm việc liên tục, bán liên tục hoặc chu kỳ. Ở hệ thống máy tẩy gỉ liên tục, công đoạn tẩy gỉ được kết hợp với các nguyên công hàn nối băng thép, cắt mép biên và tráng dầu. Hệ thống máy tẩy gỉ axit liên tục được thiết kế theo kiểu nằm ngang hoặc kiểu tháp. Phần đầu của các hệ thống này thực hiện các nguyên công phá vỡ gỉ (cơ học) và hàn nối các cuộn thép. Phần giữa (phần công nghệ) gồm các thiết bị tiếp tục phá vỡ gỉ bằng phương pháp cơ, tẩy gỉ trong dung dịch axit, rửa và sấy khô băng

thép. Phần cuối của hệ thống thực hiện các nguyên công cắt mép biên, tráng dầu, cuốn. Phần đầu và phần cuối của hệ thống làm việc theo chu kỳ. Thời gian nghỉ của phần đầu cần đủ để đưa cuộn thép mới vào máy, cắt và hàn nối đầu trước của nó với đầu sau của cuộn thép trước. Thời gian nghỉ của phần sau bằng thời gian cần thiết để cắt băng thép đã tẩy sạch bề mặt thành từng cuộn có khối lượng hoặc chiều dài nhất định. Phần giữa của hệ thống làm việc liên tục với vận tốc phụ thuộc vào hoạt độ của dung dịch axit. Để đảm bảo tính liên tục của quá trình tẩy gỉ, hệ thống được thiết kế với các bộ phận tạo vòng phân bố giữa phần đầu và phần công nghệ cũng như giữa phần công nghệ và phần cuối. Lượng thép chứa trong các bộ phận tạo vòng phải đủ để duy trì hoạt động liên tục của phần công nghệ trong lúc phần đầu và phần cuối ngừng chạy.



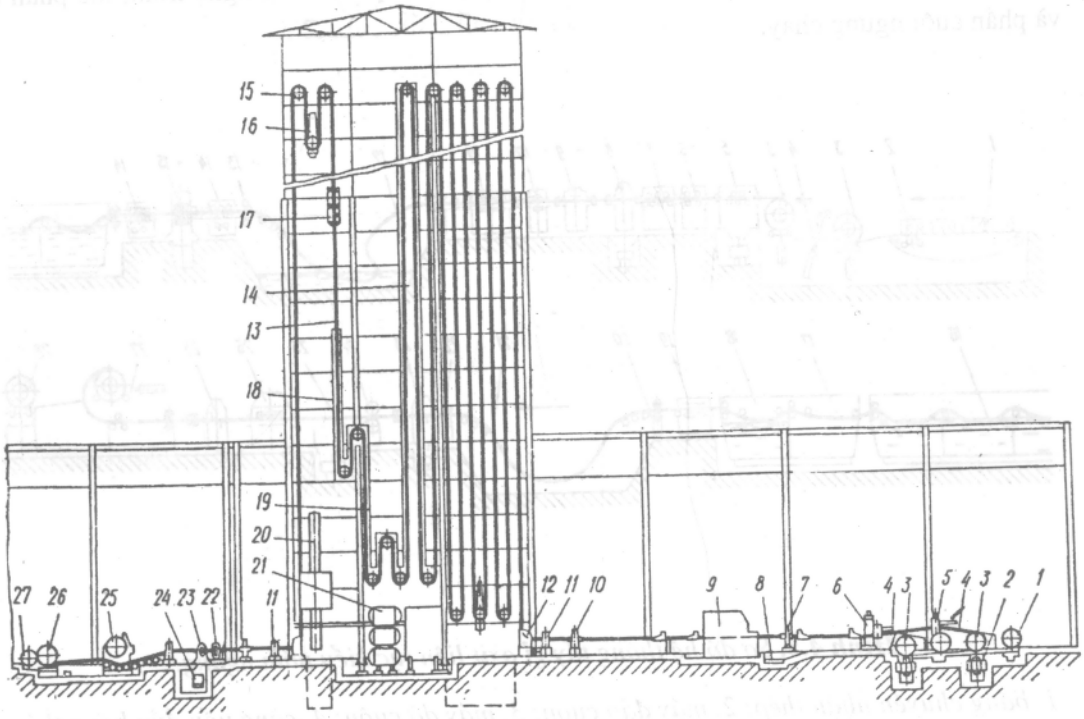
Hình 4.5. *Sơ đồ hệ thống tẩy gỉ axit liên tục kiểu nằm ngang:*

1. băng chuyền nhận thép; 2. máy đảo cuộn; 3. máy dỡ cuộn; 4. càng uốn đầu băng thép trước khi đưa vào máy đánh gỉ; 5. máy đánh gỉ; 6. các con lăn kéo thép; 7. máy nắn; 8. máy cắt; 9. máy hàn nối; 10. máy đánh phẳng mối hàn; 11. máy khâu nối cuộn (trong trường hợp không hàn); 12. hố tạo vòng chứa nước nóng để rửa bụi bẩn trên bề mặt băng thép và ngăn ngừa sự va đập của băng thép với đáy hố; 13. thiết bị phun nước để rửa và đánh gỉ; 14. cơ cấu kéo căng băng thép; 15. giá cán là (duo hoặc kvarto) có nhiệm vụ đánh gỉ lần cuối; 16. bể chứa dung dịch H_2SO_4 (4-5 ngăn, dài khoảng 130 m);17. bể rửa nước lạnh; 18. bể rửa nước nóng; 19. thiết bị sấy bằng khí nóng; 20. các con lăn kéo thép; 21. hố tạo vòng; 22. các con lăn kéo thép; 23. máy cắt băng bthép thành cuộn có khối lượng nhất định; 24. máy cắt đĩa, cắt mép biên; 25. máy cắt vụn mép biên (đã cắt rời) để đưa ra ngoài; 26. máy tráng dầu; 27. máy cuộn thép; 28. băng tải thép cuộn đã tẩy sạch bề mặt.

Trên hình 4.5 trình bày sơ đồ hệ thống tẩy gỉ axit liên tục kiểu nằm ngang, dùng tẩy gỉ thép băng cán nóng từ các mác thép cacbon và thép hợp kim thấp bằng dung dịch H_2SO_4. Tốc độ tẩy gỉ của hệ thống này tới 350 m/phút. Năng suất đạt (1.2÷1.5) triệu tấn năm.

Nhược điểm của các hệ thống tẩy gỉ liên tục kiểu nằm ngang là chiều dài qua lớn (đến 300m), hệ thống thông gió phức tạp và khi dây chuyền phải dừng lại vì sự cố kỹ thuật thì thép sẽ bị ăn mòn quá.

Các nhược điểm nêu trên của kiểu nằm ngang được khắc phục ở các hệ thống tẩy gỉ liên lục kiểu tháp, trình bày trên hình 4.6 (tẩy gỉ trong dung dịch HCl).



Hình 4.6. *Sơ đồ hệ thống tẩy gỉ axit liên tục kiểu tháp dùng dung dịch HCl:*

1. băng chuyền dẫn thép đến; 2. cơ cấu chuyển thép từ băng chuyền đến máy dỡ cuộn; 3. máy dỡ cuộn; 4. càng uốn đầu băng thép; 5. con lăn kéo; 6. máy nắn-kéo; 7. máy cắt; 8. cơ cấu thu đầu cắt; 9. máy hàn nối; 10. máy khâu nối; 11. con lăn kéo; 12. cơ cấu dẫn hướng; 13. băng thép; 14. buồng tẩy gỉ axit; 15. con lăn kéo; 16. cơ cấu tạo vòng; 17. thiết bị sấy khô; 18. bộ phận trung hoà; 19. bộ phận rửa thép; 20.tThiết bị hoá hơi nước rửa; 21. bơm; 22. máy cắt đĩa; 23. máy cắt nhỏ mép biên (đã cắt rời); 24. cơ cấu thu đầu cắt; 25. máy cuộn thép; 26. máy buộc cuộn; 27. đường băng tải thép.

Phần đầu và phần cuối của hệ thống tẩy gỉ liên tục kiểu tháp, về cơ bản, không khác ở các hệ thống kiểu nằm ngang. Phần giữa (phần công nghệ) có dạng tháp cao tới 70m. Khi chuyển động trong tháp, băng thép tạo thành các vòng chạy trong ba ngăn. Chiều dài của các vòng trong ngăn đầu và ngăn cuối có thể thay đổi, có vai trò như các hố tạo vòng trong các hệ thống kiểu nằm ngang. Các trục dưới của cơ cấu tạo vòng, không truyền động, được bố trí bố trí trong các giá có thể dịch chuyển theo phương thẳng đứng. Các trục trên cố định được truyền động, có nhiệm vụ tải băng thép. Số lượng vòng và mức độ nâng, hạ của các trục dưới phụ thuộc vào thời gian máy dừng ở phần đầu và phần cuối của hệ thống.

Hệ thống vòng ở ngăn giữa được bố trí trong buồng kín 14. Trong buồng này băng thép được tẩy gỉ bằng phương pháp phun dung dịch HCl qua các vòi phun, bố trí thành nhiều hàng theo chiều rộng của băng thép, ở cả hai mặt. Trong bộ phận 19, băng thép được rửa bằng các dòng nước phun. Để tẩy sạch axit, quá trình rửa tiến hành theo nhiều tầng. Ở tầng đầu thép được rửa bằng nước lạnh, ở tầng cuối - nước nóng (70°C).

Tiếp theo, thép chạy qua bộ phận trung hoà và thiết bị sấy 17. Ở đây, thép được xử lý trong dung dịch 2% NaOH có nhiệt độ khoảng 80°C và được sấy khô bằng các dòng khí nóng (90°C).

Vận tốc tẩy gỉ của hệ thống kiểu tháp đạt 4m/s. Năng suất khoảng hơn 1 triệu tấn năm.

4.3. Đặc điểm và tính năng kỹ thuật của các máy cán nguội

Phụ thuộc vào phương pháp sản xuất, người ta phân biệt các máy cán đơn chiếc (cán từng tấm một) và các máy cán băng (liên tục, đảo chiều).

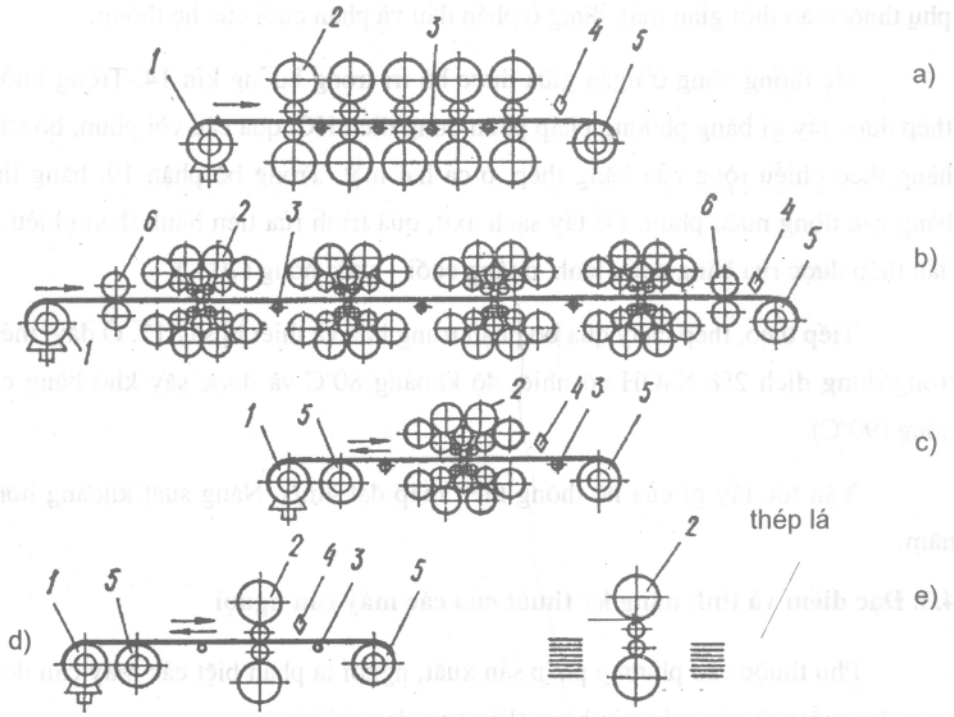
Theo công dụng, các máy cán nguội chia ra làm ba loại : máy cán, máy cán là (cán tinh chỉnh) và máy cán-là. Các máy cán nguội liên tục (hình 4.7.a,b) là kiểu máy hiện đại hơn cả. Các máy cán băng đảo chiều (hình 4.7.c,d) vẫn được sử dụng rộng rãi. Quá trình cán ở các máy này tiến hành với lực kéo căng. Các máy cán đơn chiếc (hình 4.7.e) hiện nay được sử dụng rất hạn chế.

Thành phần thiết bị của các máy cán nguội thép băng gồm có : máy dỡ cuốn 1, các giá cán 2, máy cuốn thép 5, cơ cấu tạo, điều chỉnh và đo lực kéo căng 3, dụng cụ đo chiều dày băng kim loại 4.

Trong thành phần thiết bị của các máy cán liên tục nhiều trục hệ Sendzimir (hình 4.7.b) ngoài các giá cán chính còn có hai giá duo 6 bố trí ở đầu và cuối máy cán. Các giá

duo này có tác dụng là phẳng băng kim loại trước và sau khi cán, đồng thời đảm bảo sự phân bố đồng đều của lực kéo căng theo chiều rộng của băng thép.

Các máy cán băng liên tục có năng suất và mức độ tự động hoá cao. Các máy kiểu này sản xuất thép băng có chủng loại hẹp. Do đó, chúng được trang bị cho các xưởng chuyên môn với khối lượng sản xuất lớn. Phụ thuộc vào chủng loại thép cán, các máy liên tục có thể có từ 3 đến 6 giá.



Hình 4.7. Sơ đồ các kiểu máy cán nguội thép băng và thép lá:
a) máy cán liên tục (giá kvarto); b) máy cán liên tục (giá nhiều trục); c) máy cán đảo chiều (giá nhiều truc); d) máy cán đảo chiều (giá kvarto); e) máy cán đơn chiếc (không đảo chiều).

Các máy cán nguội liên tục 3 giá dùng cán nguội thép băng từ các mác thép cacbon thấp dày (0,6÷3)mm, rộng (650÷1850)mm. Phôi cho máy là thép băng cán nóng dày (2÷5)mm, khối lượng cuộn (5÷25)T. Vận tốc cán đến 15m/s. Năng suất đạt 0,6 triệu tấn năm.

Các máy cán nguội liên tục 4 giá sản xuất thép băng từ các mác thép cacbon và thép hợp kim dày (0,3÷3,5)mm, rộng đến 2350mm. Phôi cho máy là thép băng cán nóng dày (1,5÷6,5)mm, khối lượng cuộn đến 35T. Chiều dài thân trục cán đến 2500mm. Vận tốc cán đạt tới 28m/s. Năng suất (1,2÷1,5) triệu tấn năm.

Các máy cán nguội liên tục 5 giá sản xuất thép băng từ các mác thép hợp kim và thép cacbon dày (0,15÷3)mm, rộng đến 2080mm. Phôi cho máy là thép băng cán nóng dày (1,2÷6,5)mm, khối lượng cuộn đến 60T. Lượng ép tổng cộng ở các máy này tới (85÷90)%. Chiều dài thân trục cán tới 2210mm.

Phụ thuộc vào công dụng, các máy cán nguội liên tục 5 giá chia làm hai nhóm : nhóm cán tôn và nhóm cán thép băng chủng loại rộng.

Các máy cán tôn 5 giá, chiều dài thân trục (1200÷1450)mm, sản xuất tôn dày (0,15÷0,35)mm với vận tốc cán đạt tới 37m/s. Khối lượng cuộn (15÷25)T. Năng suất đạt (500÷800) nghìn tấn năm.

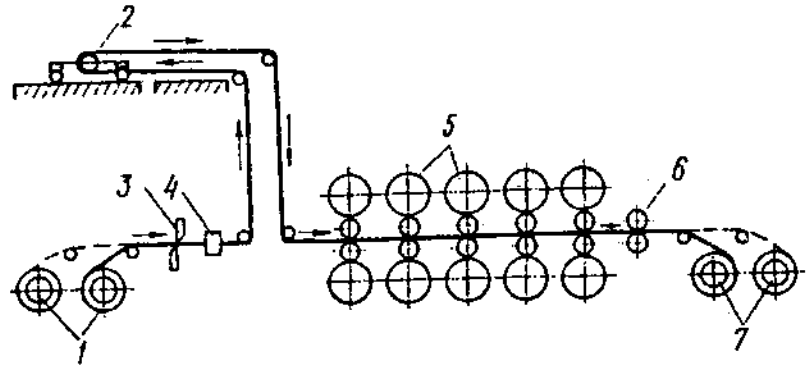
Các máy liên tục 5 giá sản xuất thép băng chủng loại rộng có chiều dài thân trục (1700÷2210)mm. Vận tốc cán đạt tới 30 m/s. Năng suất đạt 1,8 triệu tấn năm.

Các máy cán nguội liên tục 6 giá dùng sản xuất tôn mỏng có độ dày (0,08÷0,15)mm và thép băng mỏng dày đến 1 mm, rộng đến 1300mm. Phôi cho máy là thép băng cán nóng dày (1,5÷3,5)mm. Lượng ép tổng cộng tới 95%. Tôn cán ở các máy này có thể dùng làm phôi để sản xuất các loại giấy thép dày (0,03÷0,07)mm. Vận tốc cán ở các máy 6 giá đạt 40m/s. Khối lượng cuộn thép tới 45T. Năng suất (500÷700) nghìn tấn năm.

Việc áp dụng phương pháp cán thép băng có chiều dài vô cùng cho phép nâng cao đáng kể năng suất của máy và đảm bảo sự ổn định của kích thước sản phẩm. Đặc điểm nổi bật của phương pháp này là tính liên tục của quá trình cán trong suốt khoảng thời gian giữa hai lần thay trục hay trong suốt thời gian cán một loại kích thước sản phẩm với khối lượng cho trước.

Trên hình 4.8 trình bày sơ đồ máy cán liên tục năm giá "1420", cán tôn và thép băng mỏng có chiều dài vô cùng, với tốc độ tới 30,5m/s. Năng suất của máy đạt 1,2 triệu tấn năm.

Để thu được băng thép có chiều dài vô cùng, các cuộn thép trước khi cán được hàn nối với nhau. Phần đầu của máy được trang bị hai máy dỡ cuộn 1, máy cắt 3, máy hàn nối 4 và bộ tích luỹ (dự trữ) thép 2. Lượng thép tích luỹ phải đủ cho các giá cán làm việc trong khi phần cuối của cuộn thép trước dừng lại để hàn nối với đầu của cuộn thép tiếp theo. Sau nhóm giá cán 5 có máy cắt bay 6 và hai máy cuộn 7.



Hình 4.8. Sơ đồ máy cán liên tục năm giá "1420", cán thép băng với chiều dài vô cùng.

Trong bảng 4. 1 trình bày đặc tính kỹ thuật của một số máy cán nguội liên tục ba, bốn, năm và sáu giá.

Các máy cán thép băng đảo chiều một giá (hình 4.7.c,d) dùng sản xuất thép băng chủng loại rộng từ các mác thép cacbon và thép hợp kim. Các máy kiểu này có thể chuyển chủng loại sản phẩm dễ dàng theo yêu cầu khối lượng sản xuất. Năng suất của các máy đảo chiều không lớn, chỉ khoảng (50÷150) nghìn tấn năm.

Phụ thuộc vào kiểu giá cán, người ta phân biệt các máy đảo chiều kvarto và các máy đảo chiều nhiều trục.

Các máy đảo chiều kvarto dùng sản xuất thép băng cán nguội dày (0,2÷0,4)mm, rộng đến 2080 mm. Kích thước của hệ trục cán trong khoảng (400÷600)/(1300÷1600)× (1200÷2300)mm. Các máy kiểu này cho phép sản xuất thép băng với tỷ lệ h:b =1:6000 và hơn. Tốc độ cán ở các máy đảo chiều đạt 20m/s.

Phôi cho máy cán nguội một giá đảo chiều là thép băng cán nóng và thép băng cán nguội (đã qua ủ mềm) dày (1,5÷6,5) mm, khối lượng cuộn tới 45 T. Lượng ép tổng cộng, trong trường hợp cán không qua ủ trung gian, đạt 85%.

Trên hình 4.9 trình bày sơ đồ máy cán đảo chiều (250/1320×1400) mm, kiểu MKW, do hãng Schloemann-Siemag (CHLB Đức) chế tạo. Thành phần thiết bị của máy gồm : bàn nhận thép 1, máy dỡ cuộn 2, con lăn kéo 3, máy cuộn thép trước giá cán 4, giá cán 5, thiết bị cuộn thép xoay 6, máy cắt đầu đuôi băng kim loại 7, máy cuốn lại 8. Máy được dẫn động

Bảng 4.1. Đặc tính kỹ thuật của một số máy cán nguội liên tục

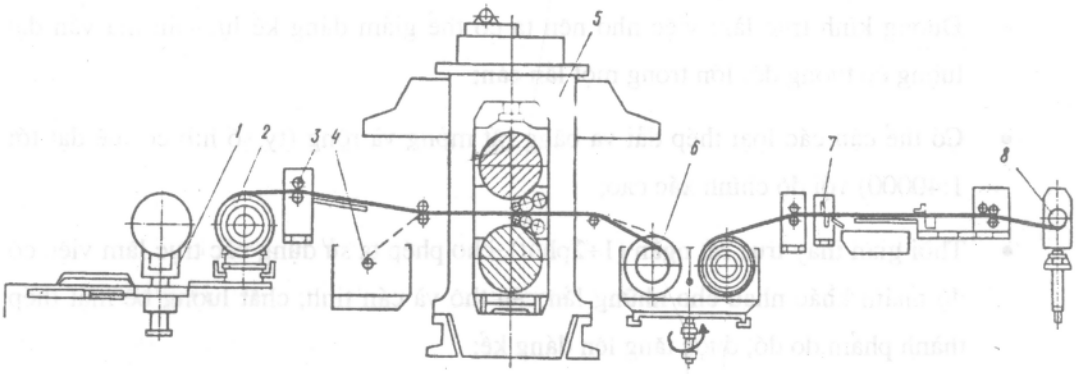
Nước	Kiểu giá cán	Chiều dài thân trục cán, mm	Đường kính trục cán, mm		Kích thước sản phẩm, mm		Kích thước phôi, mm		Khối lượng cuộn thép, T	Tốc độ cán lớn nhất, m/s	Tổng công suất truyền động chính, kW	Năng suất năm, 1000 tấn
			làm việc	tựa	dày	rộng	dày	rộng				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Các máy liên tục 3 giá												
Anh	Kvarto	2030	585	1325	0,6-1,95	÷1850	÷3,5	÷1850	25	10,2	12700	600
Mỹ	"	1370	535	1450	0,6-3,1	450-1250	1,9-4,6	450-1250	-	13,7	11500	-
Nga	"	1450	450	1120	0,5-1,5	÷1250	÷3,0	÷1250	10	6,2	4600	300
Các máy liên tục 4 giá												
Nga	"	2500	500	1400	0,6-2,5	1050-2350	1,5-5,0	1050-2350	25	21	2800	1550
Ucraine	"	1700	500	1300	0,4-2,0	700-1550	1,8-5,0	700-1550	30	25	16800	1000
Ấn Độ	"	2000	600	1600	0,4-2,0	700-1850	1,8-5,0	700-1850	35	20	33600	1200
Đức	"	2030	585	1525	0,4-2,75	750-1850	-	750-1850	30	20	28000	960

Bảng 4.1 (tiếp theo)

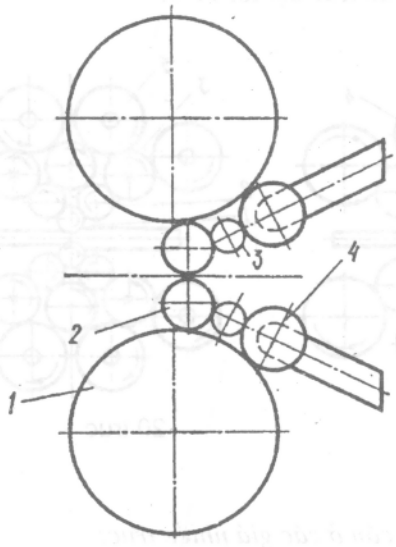
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Nga	"	1700	500	1400	0,4-2,5	600-1550	-	600-1550	30	25	42200	-
Nhật	20 trục	-	68,1-85,85	-	0,3-4,0	1270	1,6-6,5	1270	24	10	-	18,3*
Các máy liên tục 5 giá												
Nga	Kvarto	1200	500	1300	0,18-1,0	500-1050	2,2-3,5	500-1050	15	35	22400	800
Nga	"	1700	600	1500	0,4-2,0	700-1550	1,8-6,0	700-1550	45	25	44200	1300
Hà Lan	"	2210	610	1525	0,25-3,2	580-2050	÷6,35	580-2050	45	25,5	30600	1500
Mỹ	"	2030	585-660	1525	0,23-2,6	455-1880	÷4,19	455-1880	45	30,2	28320	1090
Nhật	"	2185	660	1525	0,25-3,2	510-2080	2,0-6,5	510-2080	60	30,5	46700	1200
Mỹ	"	1320	585	1422	0,18	÷1200	-	÷1220	-	37	20710	-
Nhật	"	1725	585	1525	0,3-3,2	700-1600	1,8-6,0	700-1600	40	25	26200	1800
Các máy liên tục 6 giá												
Nhật	"	1420	585	1420	0,1-1,0	508-1300	-	508-1300	34	36,3	24300	720
Đức	"	1450	610	1445	0,15-1,0	600-1300	-	600-1300	46	40,1	32500	720
Mỹ	"	1320	485-600	1420	0,09-0,9	560-1170	1,8-3,0	560-1170	28	30,1	24200	550

* Năng suất tuần

qua trục tựa, nên việc chọn đường kính trục làm việc hoàn toàn không liên quan đến tính năng của động cơ truyền động. Mặt khác, ta có thể dễ dàng thay các trục làm việc với đường kính khác nhau nhằm mở rộng chủng loại sản phẩm. Các trục làm việc 2 được ép vào các trục tựa 1 nhờ các trục trung gian 3 và các con lăn tựa 4 (hình 4.10). Do đường kính trục làm việc nhỏ nên momen cán ở các máy kiểu này nhỏ hơn so với momen cán ở các máy kvarto bình thường. Lượng ép tương đối trong một lần cán có thể đạt tới 40%.



Hình 4.9. *Sơ đồ máy cán đảo chiều (250/1320 × 1400) kiểu MKW.*



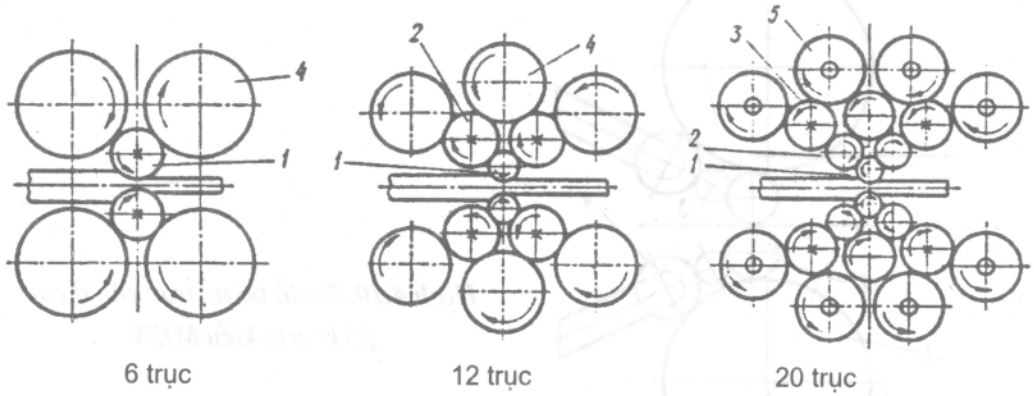
Hình 4.10. *Sơ đồ bố trí trục cán ở các giá kvarto kiểu MKW.*

Các máy đảo chiều nhiều trục chủ yếu dùng để sản xuất thép dải và thép băng mỏng với độ chính xác cao từ các mác thép hợp kim (các mác thép khó biến dạng, thép không gỉ), dày (0,0015÷0,5)mm, rộng đến 2200 mm.

Các giá cán nhiều trục có thể có 6, 12 và 20 trục (hình 4.11). Trong đó, các máy 20 trục được sử dụng phổ biến hơn cả. So với các máy kvarto các máy 20 trục có các ưu điểm nổi bật sau :

- Đường kính trục làm việc nhỏ nên ta có thể giảm đáng kể lực cán mà vẫn đạt lượng ép tương đối lớn trong một lần cán;
- Có thể cán các loại thép dải và băng rất mỏng và rộng (tỷ số h:b có thể đạt tới 1:40000) với độ chính xác cao;
- Thời gian thay trục rất ngắn (1÷2phút), cho phép ta sử dụng các trục làm việc có độ nhám khác nhau cho những lần cán thô và cán tinh, chất lượng bề mặt thép thành phẩm,do đó, được tăng lên đáng kể;
- Độ cứng của khung giá cán và hệ trục rất cao;
- Quá trình cán có thể tiến hành với lực kéo căng riêng lớn, tới $(0,3\div0,5)\sigma_T$, cho phép nâng cao độ chính xác của thép thành phẩm.

Lượng ép tổng cộng ở các máy 20 trục đạt tới 97%.

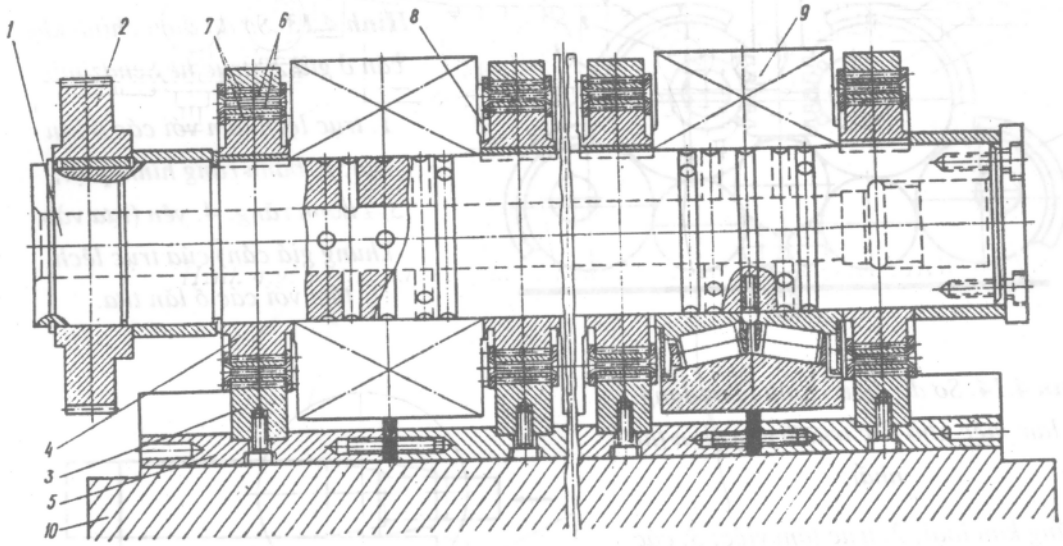


Hình 4.11. *Sơ đồ bố trí trục cán ở các giá nhiều trục:*

1. trục làm việc; 2. các trục tựa trung gian thứ nhất; 3. các trục tựa trung gian thứ hai; 4. các trục tựa; 5. các trục với các ổ lăn tựa; ×-các trục được dẫn động.

Giá cán hai mươi trục được chế tạo theo nhiều kiểu khác nhau. Kiểu giá 20 trục hệ Sendzimir hiện nay được sử dụng rộng rãi hơn cả. Đặc điểm của các giá kiểu này là hàng trục tựa ngoài được thay bằng hệ thống con lăn tựa có trục chung, đặt trong các ống lót lệch tâm (hình 4.12). Khi các ống này xoay, các con lăn tựa được nâng lên hoặc hạ xuống làm thay đổi khe cán (hình 4.13).

Các giá cán hệ Sendzimir có khả năng điều chỉnh biên dạng (profile) mặt cắt ngang của băng kim loại bằng cách uốn cong một hay vài trục tâm của các ổ lăn tựa theo phương cần thiết, nhờ các lực tác động từ phía gối trục . Hệ thống uốn của mỗi trục tâm được dẫn động riêng rẽ, cho phép tạo biên dạng cần thiết cho mỗi trục tâm với các ổ lăn tựa một cách độc lập và, qua các trục trung gian, tác động đến biên dạng trục làm việc.



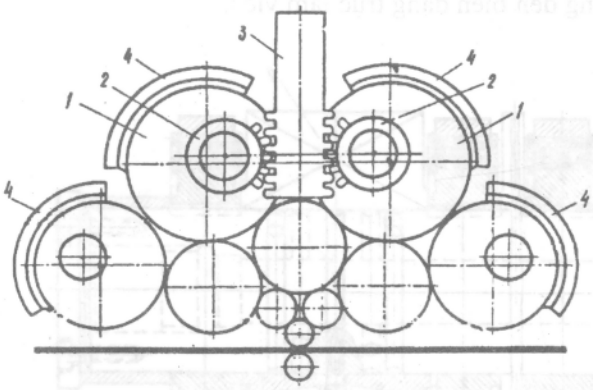
Hình 4.12. *Trục tâm với các ổ lăn tựa:*

1. trục tâm; 2. bánh răng hình quạt; 3. gối tựa ngoài; 4. gối tựa lệch tâm của trục tâm; 5. yên tựa của các gối tựa ngoài; 6. các vòng lệch tâm điều chỉnh độ cong của trục tâm; 7. các con lăn tựa; 8. vòng bảo hiểm; 9. các ổ lăn tựa.

Để khắc phục hiện tượng ép không đồng đều ở vùng mép biên băng kim loại (thép sau khi cán sẽ bị uốn sóng hai bên mép băng), các trục trung gian đầu thứ nhất được gia công với một đầu côn (hình 4.14). Khi mép biên của băng kim loại có hiện tượng uốn sóng, người ta điều khiển cho đầu côn của trục trung gian thứ nhất dịch chuyển về phía mép biên

đó. Nhờ áp lực của kim loại lên trục cán, phần trục làm việc tỳ lên phần côn của trục trung gian bị uốn cong, lượng ép vùng mép biên, do đó, được giảm đi.

Thân trục của các máy cán với giá 20 trục có chiều dài (60÷2280)mm, đường kính trục làm việc (3÷150)mm. Các máy này dùng sản xuất thép dải có độ dày nhỏ nhất đến (0,004 – 0,005)mm, rộng đến 1000 mm, và thép băng dày hơn 0,1mm, rộng đến 1500mm và hơn. Phôi cho máy là thép băng cán nóng hoặc thép cán nguội (đã ủ mềm) dày (1÷6)mm, khối lượng cuộn đến 20T. Vận tốc cán cực đại ở các máy cán 20 trục đạt 14 m/s. Phụ thuộc vào chủng loại của thép thành phẩm, năng suất của máy không vượt quá (50÷100)nghìn tấn năm.

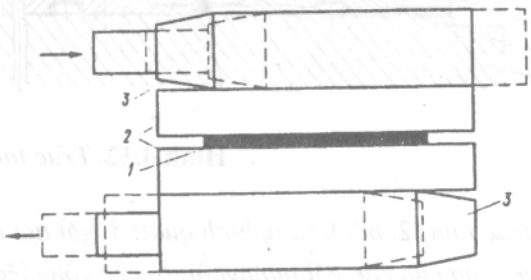


Hình 4.13. *Sơ đồ điều chỉnh khe cán ở giá 20 trục hệ Sendzimir:*

1. trục lệch tâm với các ổ lăn tựa; 2. bánh răng hình quạt; 3. Thanh răng; 4. yên (tựa vào khung giá cán) của trục lệch tâm với các ổ lăn tựa.

Hình 4.14. *Sơ đồ điều chỉnh biên dạng trục làm việc nhờ các trục trung gian thứ nhất:*

1. băng kim loại; 2. trục làm việc; 3. các trục trung gian thứ nhất với một đầu được gia công côn (đường gạch nối chỉ vị trí của trục trung gian khi điều chỉnh biên dạng trục làm việc).



Một trong những nhược điểm chủ yếu của các máy cán băng đảo chiều là sự tồn tại ở hai đầu băng kim loại phần không được cán có chiều dài (5÷10)m mỗi phía. Sau khi cán, các phần này phải cắt bỏ. Hệ số tiêu hao thép ở các máy đảo chiều, do đó, cao hơn so với các máy cán liên tục.

Trong bảng 4.2 trình bày đặc tính kỹ thuật của một số máy cán nguội đảo chiều.

Các máy một giá cán đơn chiếc dùng cán nguội thép lá dày (0,6÷5)mm, rộng đến 2550 mm từ các mác thép cacbon, thép hợp kim và các loại hợp kim khác. Phôi cho máy là thép tấm cán nóng (cắt từ cuộn) hoặc cán nguội (đã ủ mềm) dày (1,5÷10)mm. Quá trình cán ở các máy cán đơn chiếc có thể tiến hành theo sơ đồ dọc hoặc ngang tuỳ thuộc vào yêu cầu chủng loại thép thành phẩm.

Thành phần thiết bị của máy cán đơn chiếc gồm một giá đảo chiều kvarto (có thể đảo chiều hoặc một chiều), các cơ cấu dỡ tấm, xếp tấm, máy nắn thẳng, phương tiện vận chuyển. Vận tốc cán cực đại của các máy cán đơn chiếc không quá 2 m/s. Năng suất của máy, phụ thuộc vào chủng loại sản phẩm, khoảng (3÷30) nghìn tấn năm.

Nhược điểm của các máy cán đơn chiếc là độ chính xác và chất lượng bề mặt của thép thành phẩm thấp, hệ số hao hụt kim loại lớn, năng suất thấp và giá thành sản phẩm cao.

Các máy cán tinh chỉnh (cán là) dùng cán nguội thép băng và thép lá sau khi ủ với lượng ép (0,8÷2)%, không cần dầu bôi trơn công nghệ. Thành phần thiết bị chính của các máy cán tinh chỉnh gồm 1-2 giá kvarto. Thường, giá cán và thiết bị phụ của máy cán tinh chỉnh giống giá cán và thiết bị phụ của máy cán nguội đặt trong cùng một xưởng.

Các máy một giá có thể cán là thép băng cán nguội sau khi ủ từ các mác thép cacbon và thép hợp kim. Vận tốc cán là ở các máy này đạt 30 m/s. Năng suất đạt (1÷1,2) triệu tấn năm.

Các máy cán là hai giá cán tinh chỉnh thép băng từ các mác thép cacbon và thép hợp kim. Lượng ép được phân bố giữa hai giá cán theo sơ đồ giảm dần, do đó chất lượng bề mặt của thép thành phẩm tốt hơn so với các máy một giá. Ngoài ra, quá trình cán ở máy hai giá có thể tiến hành với lực kéo căng tới $(0,3\div0,4)\sigma_T$, như vậy, độ phẳng của thép cũng sẽ cao hơn so với trường hợp cán là ở máy một giá.

Các máy cán là có thể được trang bị dụng cụ đo độ giãn dài và hệ thống tự động điều chỉnh lượng ép.

Trong bảng 4.3 trình bày đặc tính kỹ thuật của một số máy cán là thép băng.

Các máy cán-là thực chất là các máy cán liên tục gồm 2-3 giá dùng để sản xuất tôn mỏng và cực mỏng, dày (0,015÷0,15) mm, rộng đến 1270mm. Các máy 3 giá chỉ dùng để sản xuất tôn mỏng và cực mỏng, còn các máy hai giá, ngoài nhiệm vụ sản xuất các loại tôn nói trên, còn dùng để là các loại tôn bình thường. Phôi cho máy cán-là là tôn cán nguội, khối lượng cuộn tới 27T. Lượng ép tổng cộng đạt 50%. Tôn mỏng và cực mỏng không ủ sau khi cán.

Bảng 4.2. Đặc tính kỹ thuật của một số máy cán nguội đảo chiều

Nước	Kiểu giá cán	Chiều dài thân trục cán, mm	Đường kính trục cán, mm		Kích thước sản phẩm, mm		Kích thước phôi, mm		Khối lượng cuộn thép, T	Tốc độ cán lớn nhất, m/s	Tổng công suất truyền động chính, kW	Năng suất năm, 1000 tấn
			làm việc	tựa	dày	rộng	dày	rộng				
Các máy kvarto đảo chiều												
Nga	Kvarto	1200	500	1400	0,2-2,5	500-1050	2,0-4,0	500-1050	15	15	3200	80
Nga	"	1700	500	1400	0,4-2,0	700-1500	-	700-1500	45	15	-	0,085*
Mỹ	"	1065	355	1115	0,2-4,8	÷ 950	÷ 6,35	÷ 940	11,5	-	-	-
Đức	"	1400	250	1320	≥ 0,1	÷ 1250	2,5-4,5	÷ 1250	25	15	8100	-
Các máy nhiều trục đảo chiều												
Nga	20 trục	700	25-30	-	0,02	400-600	1,0	400-600	4,0	7,5	700	-
Nga	"	1200	55	300	0,1	500-1000	3,5	500-1000	15,0	10	2600	80
Nhật	"	1400	86	-	0,15	625-1250	2,0-4,0	625-1250	20,0	13,7	-	-
Nga	"	1720	152,4	406,4	□ 0,25	÷ 1550	÷ 6,35	÷ 1550	15,0	6,66	6060	-

* *Năng suất giờ*

Bảng 4.3. Đặc tính kỹ thuật của một số máy cán là thép băng

Nước	Kiểu giá cán	Chiều dài thân trục cán, mm	Đường kính trục cán, mm		Kích thước sản phẩm, mm		Khối lượng cuộn thép, T	Tốc độ cán lớn nhất, m/s	Tổng công suất truyền động chính, kW	Năng suất năm, 1000 tấn
			làm việc	tựa	dày	rộng				
Các máy cán là một giá										
Nga	Kvarto	1700	600	1500	0,3-3,2	700-1550	45	25	2000	1000
Ấn Độ	"	2000	600	1600	0,4-2,0	700-1850	35	25	1600	1200
Mỹ	"	2030	660	1525	0,38-3,28	560-1900	36,3	20,9	-	-
Các máy cán là hai giá										
Anh	"	1065	Giá 1: 407-482 Giá 2: 482-585	-	0,15-0,81	510-990	18,1	30,3	4420	8*
Pháp	"	2030	55	1420	0,1-0,4	÷ 1880	-	29,9	9950	-
Mỹ	"	1370	152,4	1420	0,1-1,24	÷ 1220	18,2	20,3	3720	220

* *Năng suất tuần.*

Bảng 4.4. *Đặc tính kỹ thuật của một số máy cán - là*

Nước	Kiểu giá cán	Chiều dài thân trục cán, mm	Đường kính trục cán, mm		Kích thước sản phẩm, mm		Kích thước phôi, mm		Khối lượng cuộn thép, T	Tốc độ cán lớn nhất, m/s	Tổng công suất truyền động chính, kW	Năng suất năm, 1000 tấn
			làm việc	tựa	dày	rộng	dày	rộng				
Các máy hai giá												
Mỹ	Kvarto	1320	495	1420	0,11-0,2	-	-	-	27,2	27,2	5960	610
Mỹ	"	1370	610	1420	0,076- 0,28	508-1270	÷ 0,56	508-1270	20,7	28,4	11160	300
Mỹ	"	1220	485- 610	1420	≥ 0,11	÷ 1145	÷ 0,34	÷ 1145	22,7	22,8	5590	-
Các máy ba giá												
Mỹ	"	1370	585	1420	0,076- 0,23	610 – 1270	-	610- 1270	20,4	28,5	13900	-
Anh	"	1220	585	1345	0,05 – 0,3	-	-	-	18,2	28,4	12060	-
Mỹ	"	1370	585	1420	0,1- 0,6	-	-	-	21,8	25,4	13400	-

Các máy cán-là được thiết kế với các giá kvarto có độ cứng nâng cao bằng cách tăng tỷ lệ D/L của trục tựa (D- đường kính, L- chiều dài thân trục) và tăng diện tích tiết diện ngang của các trụ khung giá. Kích thước trục cán của các máy cán-là nằm trong khoảng (490÷610)/ (1240÷1420)×(1220÷1370) mm. Vận tốc cán cực đại đạt 28m/s. Năng suất (200÷600) nghìn tấn năm. Vì năng suất thấp nên các máy cán-là chỉ được sử dụng trong các xưởng cán nguội tôn mỏng và cực mỏng với khối lượng sản xuất nhỏ.

Trong bảng 4.4 trình bày đặc tính kỹ thuật của một số máy cán - là thép băng.

Cần lưu ý rằng, cán tôn mỏng và cực mỏng ở các máy cán – là không phải là phương pháp duy nhất sản xuất loại sản phẩm này. Tôn mỏng và cực mỏng cũng được cán ở các máy nhiều trục. Tuy nhiên năng suất ở các máy này không cao, do vậy các máy cán – là thường được sử dụng trong trường hợp sản xuất tôn mỏng và cực mỏng với khối lượng lớn.

Trục làm việc của các máy cán nguội, thường được chế tạo từ thép 9X2, 9X2B, và 9X2MΦ (theo ký hiệu của Nga), có độ cứng thân trục bằng (95÷102)HSh, của cổ trục - (30÷35)HSh. Độ bóng của bề mặt trục làm việc dùng cán thép cacbon tương đương ∇7-∇8, dùng cán thép hợp kim - ∇10-∇11. Các trục tựa là các trục được lồng vành, rèn liền hoặc đúc. Trong trường hợp trục lồng vành, lõi trục thường được chế tạo từ thép 55X hoặc 45XHM, vành thường được chế tạo từ thép 9X, 9X2, và 9XΦ. Các trục liền khối thường được chế tạo từ thép 75XM, 65XHM, 80XH3B, 9X, 9X2, 9XΦ. Độ bền của các trục lồng vành lớn hơn của các trục đúc từ 2 đến 3 lần. Độ cứng của thân trục tựa bằng (55÷85)HSh. Độ cứng tối ưu của thân trục tựa thường thấp hơn độ cứng của trục làm việc từ 20 đến 30 HSh.

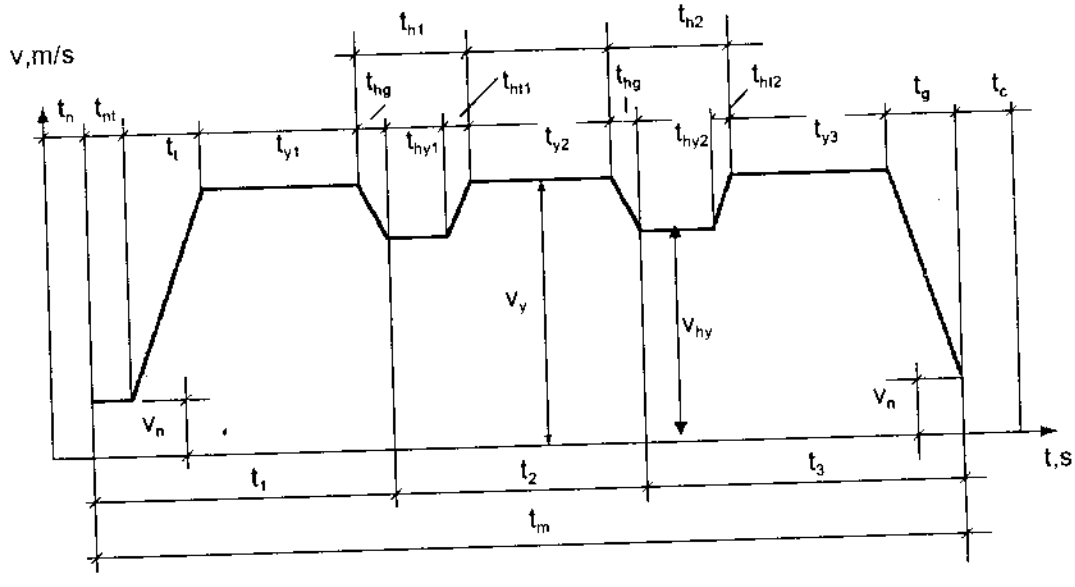
Để nâng cao độ chính xác và chất lượng bề mặt thép thành phẩm, các máy cán nguội hiện đại được trang bị các hệ thống tự động điều chỉnh chiều dày, lực kéo căng, biên dạng và hình dáng của băng thép, điều khiển quá trình làm nguội và bôi trơn trục cán bằng dung dịch nhũ tương, ... Các xưởng cán nguội hiện đại xây dựng mới hiện nay được tự động hoá hoàn toàn.

4.4. Đặc điểm công nghệ cán nguội thép băng và thép lá

Trong quá trình cán liên tục, điều kiện thể tích giây không đổi (3.3) là yếu tố tối cần thiết để đảm bảo cho các máy cán làm việc bình thường. Căn cứ vào điều kiện này, người ta phân bố lượng ép và tính toán vận tốc cán cho các giá cán.

Quá trình cán ở các máy liên tục và đảo chiều tiến hành với lực kéo căng sau (phía vào) và trước (phía ra). Khi cán có lực kéo căng, áp lực của kim loại lên trục giảm đi đáng

kể. Trong trường hợp khi lực kéo căng trước lớn hơn hoặc bằng lực kéo căng sau, momen quay cũng giảm. Lực kéo căng có thể đảm bảo, trong một khoảng nhất định, quá trình tự san bằng hệ số giãn dài theo chiều rộng băng kim loại và quá trình tự điều chỉnh thể tích giây theo các giá của máy liên tục. Như vậy, lực kéo căng không chỉ là điều kiện cần thiết để đảm bảo quá trình cán ổn định mà còn là yếu tố quan trọng cho phép thu được sản phẩm có độ phẳng và độ chính xác cao. Chính vì vậy mà ở nhiều máy cán nguội liên tục và đảo chiều, hệ thống vi điều chỉnh độ dày băng kim loại làm việc theo chu trình điều khiển kết hợp giữa khe cán và lực kéo căng.



Hình 4.15. *Biểu đồ vận tốc quay của trục cán trong quá trình cán liên tục một cuộn thép lớn gồm nhiều cuộn nhỏ hàn nối với nhau.*

Một trong những đặc điểm nổi bật của quá trình cán nguội ở các máy liên tục và đảo chiều là vận tốc cán trong khoảng thời gian cán một cuộn thép không cố định. Trên hình 4.15 trình bày dạng biểu đồ phổ biến của sự biến đổi tốc độ cán trong trường hợp cán một cuộn thép lớn gồm nhiều cuộn nhỏ hàn nối với nhau ở máy liên tục.

Nhìn biểu đồ thay đổi vận tốc quay của trục, ta thấy các giai đoạn sau :

- t_m - thời gian cán đầu trước của băng thép với vận tốc nạp, v_n ;
- t_t- thời gian cán tăng tốc;
- t_y- thời gian cán với tốc độ ổn định, v_y;

- t_{hg}- thời gian cán phần gần mối hàn nối cuộn;
- t_{hy}- thời gian cán vùng mối hàn với tốc độ không đổi;
- t_{hi}- thời gian cán phần gần mối hàn với tốc độ tăng dần;
- t_g- thời gian cán với tốc độ giảm dần;
- t_n và t_c - tương ứng thời gian nghỉ và thời gian tháo cuộn thép khỏi máy cuốn.

v_y và v_{hy}- tương ứng tốc độ ổn định cực đại khi cán phần giữa mỗi cuộn thép nhỏ và các vùng mối hàn nối cuộn.

Khi cán với vận tốc thay đổi, độ dày của "nêm" dầu bôi trơn trong các ổ lót trục ma sát lỏng, hệ số ma sát và áp lực của kim loại lên trục cũng biến đổi, dẫn đến sự biến đổi của chiều dày băng thép. Để tăng độ ổn định của chiều dày băng kim loại trong khi cán, ngoài việc ổn định lượng ép, cần giảm tối đa thời gian tăng tốc và giảm tốc của các động cơ truyền động. Bằng phương pháp cán thép băng với chiều dài vô cùng, ta có thể đảm bảo quá trình cán với tốc độ tương đối ổn định, cho phép nâng cao độ chính xác của thép thành phẩm.

4.5. Dầu bôi trơn công nghệ và chất lỏng làm nguội

Trong cán nguội người ta sử dụng các loại dầu bôi trơn công nghệ nhằm làm giảm hệ số ma sát và nâng cao chất lượng bề mặt của thép thành phẩm. Do tác dụng giảm áp lực của kim loại lên trục và độ tiêu hao năng lượng cho quá trình cán, việc sử dụng dầu bôi trơn công nghệ cho phép tăng cường chế độ ép, tăng độ bền của trục và độ chính xác của thép thành phẩm.

Bên cạnh dầu bôi trơn, các chất lỏng làm nguội cũng được sử dụng nhằm mục đích làm thoát nhiệt sinh ra trong quá trình biến dạng dẻo, đồng thời ổn định chế độ nhiệt cho trục cán.

Để bôi trơn, người ta dùng dùng các loại dầu hay dung dịch nhũ tương có khả năng tạo màng dầu có độ bền cao trong vùng biến dạng. Còn để làm nguội trục, ta có thể dùng các loại chất lỏng có khả năng làm thoát nhiệt tốt.

Ở các máy cán nguội, thường các chất lỏng làm nguội đồng thời là chất bôi trơn công nghệ.

Dầu bôi trơn công nghệ phải đảm bảo các yêu cầu: hiệu suất bôi trơn cao, đảm bảo độ sạch cần thiết cho bề mặt thép, chịu được áp lực và nhiệt độ cao trong vùng biến dạng, dễ

tẩy sạch, dễ bay hơi trong quá trình ủ thép, rẻ, dễ kiếm và không độc hại. Ngoài ra, dầu bôi trơn phải có tác dụng giữ cho bề mặt thép không bị oxy hoá sau khi cán và phải đảm bảo cho các vòng của cuộn thép không bị dính chặt vào nhau.

Hiệu suất của dầu bôi trơn công nghệ được đánh giá bởi độ giảm của hệ số ma sát khi quá trình cán đã ổn định (f_y). Dưới đây là một số giá trị của hệ số ma sát f_y cho các loại dầu bôi trơn khác nhau :

- Dầu hoả 0,09÷0,12
- Dầu công nghiệp (bôi trơn máy) 0,08÷0,09
- Dung dịch nhũ tương 10% chất tạo nhũ tương tiêu chuẩn (emusol) 0,07÷0,09
- Dung dịch nhũ tương 10% dầu hạt bông 0,06÷0,08
- Dầu bóng (dầu braistoc) 0,06÷0,07
- Dầu thầu dầu 0,05÷0,06
- Dầu hạt bông trùng hợp 0,04÷0,05

Hiệu suất sử dụng của dầu bôi trơn công nghệ phụ thuộc vào tính chất lý hoá của dầu, vận tốc cán, độ dày của thép cán và mức độ biến cứng của kim loại cán. Tính chất lý-hoá xác định độ nhớt của dầu, hàm lượng của các chất có hoạt tính bề mặt trong nó và độ bền của màng dầu trong vùng biến dạng. Thường, độ nhớt của dầu và hàm lượng các chất có hoạt tính bề mặt càng cao thì hệ số ma sát f_y càng nhỏ. Vận tốc cán càng tăng thì hệ số ma sát càng giảm.

Khi cán thép có độ dày tương đối lớn và chưa biến cứng ta có thể dùng các loại dầu bôi trơn có hiệu suất sử dụng thấp. Trường hợp cán băng mỏng đã biến cứng, ta phải dùng các loại dầu bôi trơn có hiệu suất sử dụng cao hơn.

Dầu bôi trơn công nghệ dùng trong cán nguội có thể chia thành các nhóm sau :

- Dầu thực vật, dùng ở dạng nguyên chất hay ở dạng hỗn hợp cơ với nước (dầu được đánh phân tán trong nước);
- Dầu khoáng, sử dụng ở dạng nguyên chất hoặc pha thêm dầu thực vật hay mỡ động vật;

- Các loại ete phức tạp của các axit béo tổng hợp;
- Dung dịch nhũ tương của các loại dầu khoáng hoặc dầu thực vật và mỡ động vật.

Trong số các loại dầu kể trên, dầu thực vật (dầu cọ, dầu thầu dầu, dầu hạt cải, dầu hạt bông, dầu hướng dương, ...) và các dung dịch nhũ tương của chúng, các ete phức tạp của các axit béo tổng hợp và một số loại dầu khoáng có độ nhớt cao là các chất bôi trơn có hiệu suất sử dụng cao hơn cả.

Để tăng khả năng bôi trơn của các loại dầu thực vật, người ta tiến hành trùng hợp hoá (dầu hạt bông trùng hợp) hay hydro hoá (dầu hướng dương hydro hoá) chúng. Tuy nhiên, nhược điểm chủ yếu của các loại dầu thực vật là đắt và hiếm. Do đó, việc sử dụng chúng trong thực tế bị hạn chế.

Ở các máy cán nguội, người ta sử dụng rộng rãi các dung dịch nhũ tương pha chế từ các loại dầu khoáng, dầu tổng hợp hoặc dầu thực vật. Các dung dịch nhũ tương này có nhiệm vụ vừa bôi trơn vừa làm nguội trục cán.

Dung dịch nhũ tương được dẫn đến trục cán, vùng biến dạng và đến bề mặt của băng kim loại bằng các ống dẫn góp. Dung dịch nhũ tương phun từ ống góp dưới dạng chùm tia liên tục hình quạt dọc theo chiều dài thân trục cán và chiều rộng băng kim loại. Ngoài ra, hệ thống ống dẫn còn cho phép điều chỉnh lượng dung dịch phun theo chiều dài thân trục cán. Các máy cán nguội liên tục và đảo chiều được trang bị hệ thống dẫn, phun dung dịch nhũ tương tuần hoàn (có lọc và tái sinh) công suất lớn. Lượng tiêu hao chất tạo nhũ tương (emusol) cho 1 tấn thép khoảng 1,1 kg.

Trong công nghệ cán tôn, để bôi trơn người ta dùng các loại dầu thực vật ở dạng nguyên chất hoặc ở dạng hỗn hợp cơ với nước. Hàm lượng của dầu trong hỗn hợp khoảng (10 ÷25)%. Chất lỏng làm nguội trong trường hợp này là nước. Nước được phun lên trục cán từ phía ngược với hướng dẫn dầu nhằm tránh cho dầu khỏi bị nước rửa sạch. Dung dịch dầu phân tán hoặc dầu ở dạng nguyên chất được phun lên hai mặt của băng thép bằng các vòi phun. Ở máy cán tôn liên tục 5 giá "1200", lượng dầu tiêu hao cho 1 tấn tôn trong điều kiện không tái sinh khoảng (2÷3) kg. Trường hợp dầu được tái sinh dùng lại, lượng tiêu hao giảm xuống còn (1÷1,5 kg). Với áp suất phun 1,3 atm, lượng tiêu hao nước khoảng 15000 lit/phút.

Khi cán nguội các mác thép hợp kim và thép không gỉ ở các máy đảo chiều, người ta dùng các loại dầu khoáng ở dạng nguyên chất. Dầu khoáng được phun lên hai mặt của băng

kim loại bằng các vòi phun. Trục cán được làm nguội bằng nước. Các loại dầu có độ nhớt cao (braistoc, viscozine, ...), trước khi dẫn đến máy, được sấy nóng bằng hơi.

Trong đại đa số các trường hợp, ở các máy cán nhiều trục, các chất lỏng bôi trơn-làm nguội, ngoài chức năng thông thường là làm giảm hệ số ma sát trong vùng biến dạn và làm nguội trục cán, còn có nhiệm vụ bôi trơn cho các ổ lót của các trục (con lăn) tựa. Do đó việc sử dụng dung dịch nhũ tương bình thường (dùng ở các máy kvarto) cho các máy cán nhiều trục không đảm bảo được tuổi thọ của của các ổ lót trục tựa. Nếu sử dụng các loại dầu bôi trơn có độ nhớt cao lại không đảm bảo được điều kiện làm nguội trục cán, đặc biệt khi cán với vận tốc lớn. Cho nên, ở các máy cán nhiều trục nói chung và các máy 20 trục nói riêng, có điều kiện thoát nhiệt kém, người ta chủ yếu dùng các loại dầu khoáng có độ nhớt trung bình như các loại dầu công nghiệp 20, 30, dầu biến thế, ... Đối với các hệ thống dẫn dầu bôi trơn công nghệ ở các máy nhiều trục, yêu cầu làm sạch dầu khỏi các tạp chất cơ phải được chú trọng đặc biệt.

4.6. Biến đổi cơ tính của thép trong quá trình cán nguội

Để chọn các thống số kỹ thuật của qui trình công nghệ, tính toán áp lực của kim loại lên trục cán và dự đoán các tính chất của thép cán nguội thành phẩm, ta phải biết cơ tính của thép ở bất kỳ giai đoạn nào của quá trình gia công.

Cơ tính và các tính chất công nghệ của thép cán nguội xác định bởi những đặc tính cơ bản như giới hạn bền, σ_b, giới hạn chảy qui ước, σ_T, độ kéo dài tương đối, δ, độ cứng Brinel, HB, số lần uốn cong, n, và độ ép lún (theo Ericsen) h. Đối với thép cán nguội từ các mác thép cacbon thấp dùng cho dập sâu (tôn, thép vỏ ôtô) tỷ lệ σ_T/σ_b cũng là đặc tính quan trọng.

Các kết quả nghiên cứu cho thấy, cơ tính của thép trong quá trình cán nguội phụ thuộc vào thành phần hoá học, tổ chức, chế độ nhiệt luyện, trạng thái ứng suất khi biến dạng, nhiệt độ, vận tốc, số lần và mức độ biến dạng, dầu bôi trơn công nghệ và các yếu tố khác.

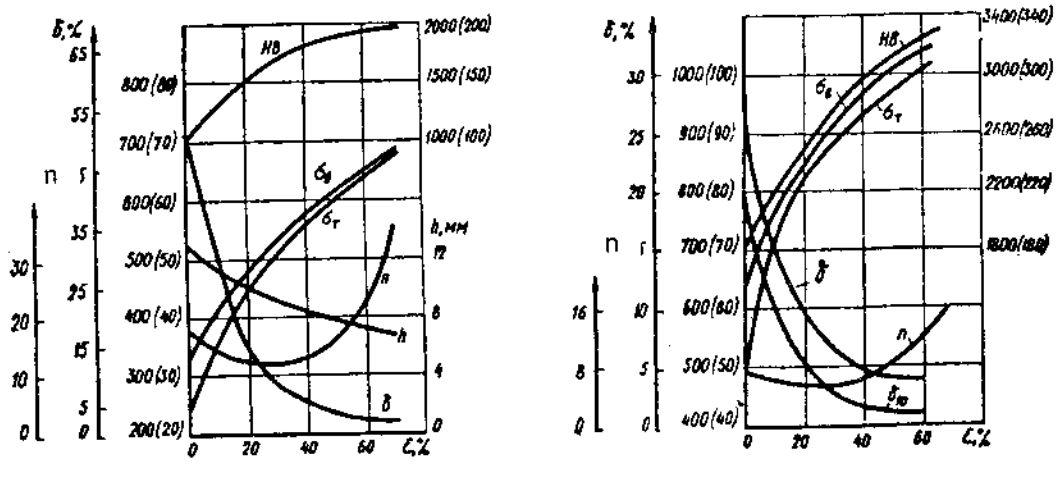
Trong quá trình cán nguội, lượng biến dạng tổng cộng là yếu tố quan trọng xác định cơ tính của thép. Do vậy, trong thực tế, cơ tính của thép xác định chủ yếu căn cứ vào mức độ biến dạng. Trên hình 4.16 trình bày mối quan hệ giữa cơ tính của thép sôi 0,08%C, thép hợp kim chất lượng cao 0,3%C-1%Cr-1%Mn-1%Si và mức độ biến dạng. Các đồ thị cho thấy, giới han bền, giới hạn chảy và độ cứng tỷ lệ thuận, còn độ kéo dài tương đối tỷ lệ nghịch với mức độ biến dạng.

Đặc điểm thay đổi của giới hạn bền và độ cứng tương tự nhau. Giới hạn chảy tăng nhanh hơn giới hạn bền, do đó khi mức độ biến dạng tăng, độ chênh lệch giữa σ_T và σ_b giảm đi. Khi lượng ép đạt (70÷90)% các giá trị của σ_T hầu như trùng với σ_b. Điều đó có nghĩa là tính dẻo của kim loại hầu như bị mất.

Trong quá trình cán nguội, độ kéo dài tương đối, δ, giảm đi rất nhanh. Đó là nguyên nhân chính hạn chế việc áp dụng tổng lượng ép lớn. Do vậy, lượng ép tổng cộng lớn chỉ có thể thực hiện khi cán các loại thép có độ giãn dài tương đối và độ chêch lệch giữa σ_T và σ_b lớn.

Để tăng khả năng biến dạng của thép trong quá trình cán nguội, người ta áp dụng các công đoạn nhiệt luyện trước khi cán và nhiệt luyện trung gian (ủ) nhằm làm tăng tính dẻo của kim loại.

Khi cán nguội, tổ chức của thép bị thay đổi, các hạt tinh thể bị phân nhỏ (hình thành các á hạt phân cách bởi các "tường" lệch)và kéo dài theo phương cán. Khi lượng ép đạt giá trị tương đối lớn, tổ chức của thép trở thành dạng sợi (vân). Sự hình thành tổ chức định hướng trong thép thành phẩm dẫn đến sự dị hướng của cơ-lý tính. Đối với các loại thép cán nguội dùng trong kỹ thuật điện, tính dị hướng giữ vai trò rất quan trọng. Việc đảm bảo tính dị hướng cho các loại thép này là yêu cầu công nghệ cần thiết. Còn đối với các loại thép dùng cho dập sâu, tính dị hướng thường dẫn đến phế phẩm.



Hình 4.16. *Phụ thuộc của cơ tính vào mức độ biến dạng nguội đối với thép sôi 0,08%C (a) và thép hợp kim chất lượng cao 0,3%C-1%Cr-1%Mn-1%Si (b).*

Trong quá trình cán nguội, do số lượng khuyết tật của cấu trúc mạng tinh thể (lệch) tăng lên, tỷ trọng của thép giảm đi từ 0,8 đến 0,9%. Cán nguội có ảnh hưởng lớn đến các tính chất điện, từ của các loại thép dùng trong kỹ thuật điện. Sau khi cán nguội, độ kháng từ tăng lên còn độ dẫn từ giảm đi.

Bảng 4.5. *Quan hệ thực nghiệm giữa giới hạn chảy (kG/mm²) và mức độ biến dạng đối với một số mác thép thường gặp (theo ký hiệu của Nga)*

Nhóm thép	Công thức
Thép cacbon kết cấu dạng CT.0, CT.1, CT.2, 08кп, 10 сп, 20 сп, 09Г2	$\sigma_T = \sigma_{TO} + 3{,}4\varepsilon^{0.6}$
Thép cacbon kết cấu và dụng cụ dạng 40, 45, Y10, Y12	$\sigma_T = \sigma_{TO} + 5{,}4\varepsilon^{0.6}$
Thép hợp kim dạng 25ХГСА, 30ХГСА,Э3А, ЭИ962, ЭИ496	$\sigma_T = \sigma_{TO} + 5{,}9\varepsilon^{0.54}$
Thép hợp kim dạng Х18Н9, Х18Н9Т, Х18Н25С2, 0Х20Н4АГ10 (НН3), Х22Н5АГ9 (ЭП20)	$\sigma_T = \sigma_{TO} + 3{,}3\varepsilon^{0.84}$
Thép hợp kim dạng Х17АГ14 (ЭИ213), ЭИ846, 0Х17Н59А (ЭП55), Э91, Р9	$\sigma_T = \sigma_{TO} + 4{,}8\varepsilon^{0.77}$
Thép hợp kim dạng Х13Н4Г9 (ЭИ100), ЭИ172, ЭИ811, 50ХФА, 12Х5МА	$\sigma_T = \sigma_{TO} + 2{,}5\varepsilon^{0.72}$

σ_{TO}- giới hạn chảy ban đầu

Căn cứ vào mối liên hệ giữa cơ tính của thép cán nguội và độ biến dạng tổng cộng, ta có thể xác định trạng thái của kim loại sau mỗi lần biến dạng, chọn sơ đồ công nghệ tối ưu và tính toán áp lực của kim loại lên trục cán. Quan hệ giữa cơ tính của kim loại và mức độ biến dạng nguội có thể xác lập theo các phương pháp dựa trên cơ sở lý thuyết về mô hình hoá thuộc tính cơ học của vật liệu hoặc bằng thực nghiệm thuần tuý như trình bày trên hình 4,16. Bằng phương pháp lý thuyết, ta có thể thiết lập được các mô hình tổng quát mô tả biến đổi thuộc tính của một lớp vật liệu, phụ thuộc vào các biến công nghệ xác định trạng thái của vật liệu. Các mô hình này có thể áp dụng cho một vật liệu cụ thể trong tính toán thiết kế công nghệ cán cũng như trong mô phỏng số tối ưu quá trình cán. Quan hệ thực nghiệm đơn giản giữa cơ tính và mức độ biến dạng nguội có dạng tổng quát sau :

- Cho giới hạn chảy, giới hạn bền và độ cứng (HB) :

$$y = y_o + ax^n ,$$

- Cho độ kéo dài tương đối :

$$\lg(y) = \lg(y_o) - bx + cx^2,$$

trong đó y- giá trị hiện tại của đặc tính cần tìm, y_o- giá trị ban đầu (khi mức độ biến dạng $\varepsilon = 0$) của đặc tính cần tìm, x - mức độ biến dạng hiện thời, a, b, c - các hằng số phụ thuộc vật liệu. Bảng 4.5 trình bày một số công thức thực nghiệm cho phép xác định giới hạn chảy của một số mác thép thường gặp.

4.7. Ảnh hưởng của sự lún đàn hồi trong vùng tiếp xúc giữa thép cán và trục đến các thông số cơ bản của quá trình cán nguội - Độ dày tới hạn của thép cán

Đặc điểm của quá trình cán nguội là lượng ép nhỏ nhưng ứng suất tiếp xúc lớn. Do vậy, sự lún đàn hồi của trục cán, của băng thép, đặc biệt là sự phục hồi chiều dày của thép khi thoát khỏi vùng biến dạng, làm cho chiều dài cung tiếp xúc tăng lên đáng kể. Sự gia tăng chiều dài cung tiếp xúc có ảnh hưởng lớn đến các thông số năng lượng của quá trình cán nguội. Để tính toán các thông số đó, ta không thể dùng các công thức dùng cho trường hợp trục cán cứng tuyệt đối.

Trên hình 4.17 ta thấy, nếu tính đến lún đàn hồi của trục cán và băng thép, để tiến hành một lượng ép ΔH, các tâm O_1 của các trục cán phải nhích lại gần nhau một khoảng bằng $2(\Delta_{1T} + \Delta_{1b})$. Độ lún đàn hồi của trục cán, Δ_{1T}, dẫn đến lượng gia tăng x_{1T} của chiều dài miền tiếp xúc. Độ phục hồi chiều dày của thép cán khi thoát khỏi vùng biến dạng, Δ_{1b}, làm cho cung tiếp xúc dài thêm một khoảng x_{1b}.

Chiều dài miền tiếp xúc, có tính đến lún đàn hồi của trục cán và băng kim loại, có thể xác định theo công thức :

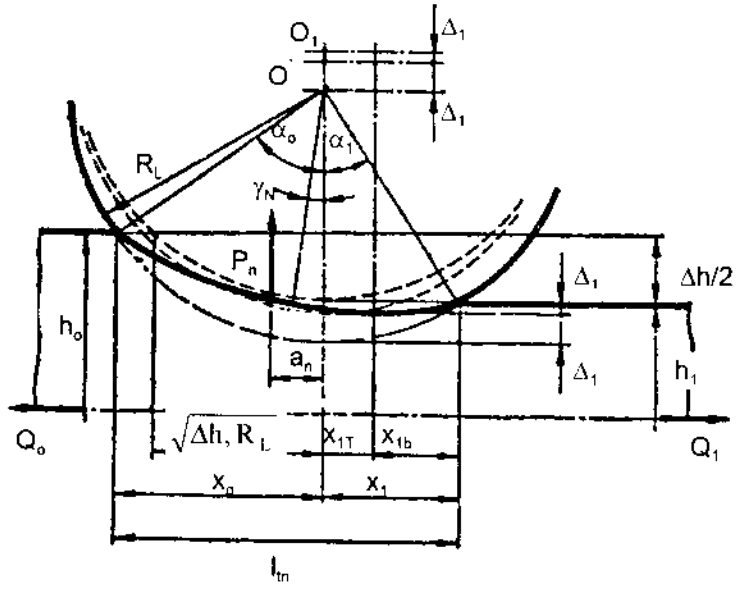
$$l_{tn} = x_1 + \sqrt{R_L \Delta h + x_1^2}\ , \qquad (4.12)$$

trong đó Δh- lượng ép tuyệt đối.

Trường hợp cán trong trục thép (mô-đun đàn hồi và hệ số poisson của vật liệu trục cán tương ứng $E_T = 21{,}6\times10^4$ MN/m^2, $\mu_T = 0{,}3$), chỉ tính tới biến dạng lún đàn hồi của trục cán, các giá trị x_{1T}, l_{tn} có thể xác định theo các công thức thực nghiệm sau :

$$x_{1T} \approx \frac{p_{tbn}.R_L}{67600}{}_1, \text{m} \quad \left(x_{1T} \approx \frac{p_{tbn}.R_L}{6900}{}_1, \text{mm} \right). \qquad (4.13)$$

$$l_{tn} = \sqrt{R_L \Delta h + \frac{P_n R_L}{33800 b_o}},\ m \quad \left(l_{tn} = \sqrt{R_L \Delta h + \frac{P_n R_L}{3450 b_o}},\ mm \right). \quad (4.14)$$



Hình 4.17. *Sơ đồ vùng biến dạng có tính đến lún đàn hồi của trục cán và băng kim loại: α_o, α_1- tương ứng góc tiếp xúc của trục cán và băng kim loại trước và sau đường nối tâm hai trục cán; γ_N- góc trung hoà, xác định vị trí đường trung hoà; l_{tn}- chiều dài miền tiếp xúc có tính đến lún đàn hồi của trục cán và băng kim loại; x_o, x_1- các thành phần của l_{tn} trước và sau đường trung hoà; R_L- đường kính trục làm việc (chưa có lún đàn hồi); P_n- áp lực toàn phần của kim loại lên trục cán có tính tới lún đàn hồi của trục cán và băng kim loại; a_n- cán tay đòn của P_n; Q_o, Q_1- tương ứng lực kéo căng sau và trước.*

Các công thức trên có tính đến sự phân bố không đối xứng của ứng suất tiếp xúc pháp tuyến (áp lực riêng của kim loại lên trục cán).

Nếu ứng suất tiếp xúc pháp tuyến phân bố theo qui luật elip, để xác định x_{1T}, l_{tn} trong điều kiện chỉ tính tới lún đàn hồi của trục cán, ta có thể dùng các công thức sau :

- Đối với các trục thép ($E_T = 21{,}6\times10^4$ MN/m^2, $\mu_T = 0{,}3$)

$$x_{1T} \approx \frac{p_{tbn} \cdot R_L}{93160}{}_1,\ m \quad \left(x_{1T} \approx \frac{p_{tbn} \cdot R_L}{9500}{}_1,\ mm \right). \quad (4.15)$$

$$l_{tn} = \sqrt{R_L \Delta h + \frac{P_n R_L}{46580 b_o}}, m \quad \left(l_{tn} = \sqrt{R_L \Delta h + \frac{P_n R_L}{4750 b_o}}, mm \right) \quad (4.16)$$

- Đối với các trục gang ($E_T = 18,6 \times 10^4$ MN/m^2, $\mu_T = 0,35$)

$$x_{1T} \approx \frac{p_{tbn} . R_L}{83160} l, m \quad \left(x_{1T} \approx \frac{p_{tbn} . R_L}{8500} l, mm \right). \quad (4.17)$$

$$l_{tn} = \sqrt{R_L \Delta h + \frac{P_n R_L}{41560 b_o}}, m \quad \left(l_{tn} = \sqrt{R_L \Delta h + \frac{P_n R_L}{4250 b_o}}, mm \right). \quad (4.18)$$

- Đối với các trục cacbit vonfram ($E_T = 65,1 \times 10^4$ MN/m^2, $\mu_T = 0,3$)

$$x_{1T} \approx \frac{p_{tbn} . R_L}{282000} l, m \quad \left(x_{1T} \approx \frac{p_{tbn} . R_L}{28700} l, mm \right). \quad (4.19)$$

$$l_{tn} = \sqrt{R_L \Delta h + \frac{P_n R_L}{141000 b_o}}, m \quad \left(l_{tn} = \sqrt{R_L \Delta h + \frac{P_n R_L}{14350 b_o}}, mm \right). \quad (4.20)$$

Trong các công thức trên, p_{tbn} là áp lực riêng trung bình của kim loại lên trục cán, P_n - áp lực toàn phần của kim loại lên trục có tính tới lún đàn hồi, b_o- chiều rộng của băng kim loại trước khi cán.

Để tính được x_{1T} và l_{tn} ta cần phải biết p_{tbn} và P_n được xác định có tính tới lún đàn hồi của trục và thép cán. Do vậy, việc sử dụng các công thức (4,12 ÷4,20) trong các tính toán thực tế cũng gặp những trở ngại nhất định. Quá trình tính toán x_{1T} và l_{tn} theo các công thức trình bày ở trên phải tiến hành theo phương pháp gần đúng kế tiếp.

Để xác định chiều dài vùng biến dạng có tính tới lún đàn hồi của trục cán, băng kim loại và sự phục hồi chiều dày của băng kim loại khi thoát khỏi trục, ta có thể sử dụng công thức sau :

$$l_{tn} = \sqrt{R_L \Delta h} \left[\frac{c_1 R_L \theta_T p_{tbn}}{2\sqrt{R_L \Delta h}} + \sqrt{1 + \left(\frac{c_1 R_L \theta_T p_{tbn}}{2\sqrt{R_L \Delta h}} \right)^2} \right], m(mm) \quad (4.21)$$

trong đó c_1- hệ số hình dạng của biểu đồ phân bố áp lực riêng (ứng suất tiếp xúc pháp tuyến), θ_T- hằng số đàn hồi của vật liệu trục cán, $\theta_T = \theta_b = \frac{1-\mu_T^2}{\pi E_T}$, (đối với trục thép $\theta_T = 1,32 \times 10^{-6}$

m^2/MN), p_{tbn}- áp lực riêng trung bình của kim loại lên trục cán có tính đến lún đàn hồi của trục cán, băng kim loại và sự phục hồi chiều dày của băng kim loại.

Hệ số c_1 có thể tính theo công thức :

$$c_1 = 16 + 2\sqrt{\frac{8\Delta h b_o}{\theta_T p_{tb}} + 64}. \qquad (4.22)$$

Để tính chiều dài vùng biến dạng có tính đến lún đàn hồi của trục cán và băng thép (không tính tới sự phục hồi chiều dày của băng kim loại), ta có thể sử dụng công thức sau :

$$l_{tn} = \sqrt{R_L \Delta h} + 1{,}08\sqrt{\frac{2R_L P_n}{E_T b_o}}, m(mm) \ . \qquad (4.23)$$

Chiều dài vùng biến dạng xác định theo (4.22, 4.23) theo phương pháp gần đúng kế tiếp.

Để xác định l_{tn} có thính tới lún đàn hồi của trục cán, băng thép, sự phục hồi chiều dày của băng thép và ảnh hưởng của chiều dày thép cán, ta có thể sử dụng công thức :

- Trường hợp cán nguội trong trục thép

$$x_1 = Cx_{1T}\left(0{,}5 + 0{,}5\sqrt{1 + 1{,}74\frac{h_1}{x_{1T}}}\right), mm \qquad (4.24)$$

- Trường hợp cán nóng thép băng, thép lá mỏng trong trục gang biến trắng

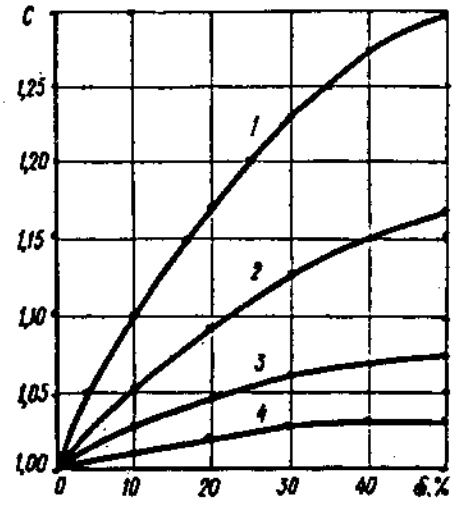
$$x_1 = Cx_{1T}\left(0{,}6 + 0{,}5\sqrt{1 + 2{,}7\frac{h_1}{x_{1T}}}\right), mm \qquad (4.25)$$

trong đó C- hệ số không đối xứng của biểu đồ phân bố ứng suất tiếp xúc pháp tuyến (áp lực riêng), h_1 - chiều dày của băng thép sau khi cán, x_{1T} thính theo các công thức (4.15, 4.17 và 4.19).

Hệ số C, trong trường hợp cán nguội thép cacbon thấp, có thể xác định theo đồ thị hình 4.18. Trong trường hợp cán nóng thép băng mỏng ta có thể nhận C = 1,2.

Các công thức và phương pháp nêu trên chỉ cho phép ta xác định một cách gần đúng chiều dài vùng biến dạng trong tính toán kiểm tra thiết bị khi thiết kế công nghệ (chế độ ép). Thực tế cho thấy, sai số tính toán có thể tới (10÷30)%. Để tối ưu công nghệ cán công nghệ

cán nói chung và công nghệ cán nguội nói riêng, ta không thể sử dụng các công thức và phương pháp nói trên mà phải giải bài toán kết hợp giữa biến dạng của trục và băng kim loại trong quá trình cán, trên cơ sở sử dụng các mô hình toán-lý mô tả quá trình biến dạng kết hợp với các điều kiện biên phù hợp và các phương pháp mô phỏng số hữu hiệu.



Hình 4.18. *Phụ thuộc của hệ số C vào mức độ biến dạng ε trong lần cán cho trước và mức độ biến dạng trước ε_o:*

1- $\varepsilon_o = 0$; 2- $\varepsilon_o = 20\%$; 3- $\varepsilon_o = 40\%$; 4- $\varepsilon_o = 60\%$.

Do trục cán và băng kim loại bị lún đàn hồi, nên ứng suất tiếp xúc pháp tuyến tăng lên, đồng thời điểm đặt của hợp lực cán và vị trí của tiết diện trung hoà cũng dịch chuyển gần về phía đường nối tâm của các trục làm việc.

Nếu nhận ứng suất tiếp xúc pháp tuyến (áp lực riêng) phân bố đồng đều theo chiều dài cung tiếp xúc, để tính hệ số cánh tay đòn của hợp lực cán, có tính tới lún đàn hồi của trục cán và băng thép trong trường hợp cán không có lực kéo căng, ψ_n, có thể dùng công thức :

$$\psi_n = \frac{a_n}{l_{tn}} = 0,5 - \frac{x_l}{l_{tn}} \ . \qquad (4.26)$$

Hệ số cánh tay đòn của hợp lực cán chỉ tính tới lún đàn hồi của trục, có thể tính gần đúng theo công thức thực nghiệm sau :

$$\psi_n = 0,294 - 0,525\frac{x_{lT}}{l_{tn}} \ , \qquad (4.27)$$

trong đó l_{tn} và x_{1T} được xác định chỉ tính tới lún đàn hồi của trục cán. Công thức (4.27) có thể áp dụng để tính ψ_n cho trường hợp cán nguội không có lực kéo căng và cho trường hợp cán nguội với sự phân bố áp lực riêng tương đối đồng đều, khi :

$$0{,}15 \le \frac{x_{1T}}{l_{tn}} \le 0{,}45$$

Để xác định một cách gần đúng độ vượt trước của thép chỉ tính tới lún đàn hồi của trục cán, có thể sử dụng công thức :

$$S_n = \frac{R_L}{h_1}\frac{1}{1+\frac{1}{\psi_n}\frac{x_{1T}}{l_{tn}}}(\gamma_N + \alpha_1)^2, \qquad (4.28)$$

trong đó ψ_n- xác định theo (4.27), α_1- góc tiếp xúc giữa kim loại và trục cán sau đường nối tâm trục, rad. Góc γ_N xác định từ điều kiện :

$$\gamma_N = \frac{\alpha_o}{2}\left(1-\frac{\alpha_o}{2f_y}\right) - \frac{\alpha_1}{2}\left(1-\frac{\alpha_1}{2f_y}\right) + \frac{Q_1 - Q_o}{4f_y p_{tbn} R_L b_o} \quad ,\text{rad} \qquad (4.29)$$

trong đó, α_o- góc tiếp xúc giữa kim loại và trục cán trước đường nối tâm trục, rad; f_y- hệ số ma sát giữa kim loại và trục cán khi quá trình cán đã ổn định; Q_o, Q_1- tương ứng lực kéo sau và trước, MN; p_{tbn}- áp lực riêng trung bình có tính tới lún đàn hồi của trục cán và lực kéo căng, MN/m^2; b_o- chiều rộng băng kim loại trước khi cán, m.

Khi cán nguội thép băng mỏng, biến dạng đàn hồi của trục cán có ảnh hưởng đáng kể tới lượng ép. Nếu độ dày của băng kim loại trở nên bằng hoặc nhỏ hơn độ lún đàn hồi hướng kính của trục cán, thì việc tiếp tục ép kim loại trong các trục này không thể thực hiện được. Độ dày của băng thép khi đó được gọi là độ dày tới hạn hay độ dày cực tiểu cho phép, h_{min}.

Để xác định h_{min}, không tính tới biến dạng đàn hồi của băng kim loại, có thể sử dụng các công thức sau :

- Trường hợp cán trong trục thép

$$h_{min} = 3{,}4\times10^{-4} f_y R_L (2k_{tb} - q_{tb}), \text{ mm} \qquad (4.30)$$

- Trường hợp cán trong trục cacbit vonfram

$$h_{min} = 10\times10^{-4} f_y R_L (2k_{tb} - q_{tb}), \text{ mm} \qquad (4.31)$$

trong đó, $2k_{th}=1,15\sigma_{Tth}$- giới hạn chảy cưỡng bức trung bình của thép cán [$\sigma_{Tth}=0,5(\sigma_{To}+\sigma_{T1})$, kG/mm^2, σ_{To}, σ_{T1}- giới hạn chảy của thép cán trước và sau lần cán]; q_{th}- lực kéo căng riêng trung bình [$q_{th}=0,5(q_o+q_1)$, kG/mm^2, q_o, q_1 - lực kéo căng riêng sau và trước].

Độ dày cực tiểu cho phép khi cán trong trục thép có tính tới lún đàn hồi của trục cán và băng kim loại, có thể tính theo công thức :

$$h_{min} = (3,95+6,22f_y)\times10^{-4}f_yR_1(2k_{th}-q_{th}),\ mm \qquad (4.31)$$

Từ các công thức trên ta thấy, để sản xuất thép băng mỏng, cần tiến hành quá trình cán trong các trục có đường kính nhỏ với lực kéo căng lớn nhất có thể, trong điều kiện ma sát và trở kháng biến dạng của thép thấp. Để giảm giới hạn chảy, thép trước khi cán được ủ mềm.

4.8. Các thông số năng lượng trong quá trình cán nguội

Trong cán nguội, áp lực toàn phần của kim loại lên trục cán xác định theo công thức:

$$P_n = p_{tbn}\, l_{tn}\, b_o, \qquad (4.32)$$

trong đó p_{tbn}, l_{tn}- tương ứng áp lực riêng trung bình và chiều dài vùng biến dạng có tính tới nén đàn hồi của trục cán và băng kim loại.

Như đã đề cập ở trên, việc xác định p_{tbn} phải tiến hành theo phương pháp gần đúng kế tiếp (hình 4.19), bởi lẽ p_{tbn} phụ thuộc vào l_{tn} mà l_{tn} lại chỉ có thể tính được khi đã biết p_{tbn}.

Áp lực riêng trung bình của kim loại lên trục cán trong quá trình cán nguội có thể xác định theo các công thức sau :

- Theo Txelicov

$$p_{tb} = \frac{\xi_1 2k_1}{m}\left[\left(\frac{\xi_o 2k_o}{\xi_1 2k_1}\right)^{\frac{h_o}{h_o+h_1}} - \frac{\xi_o 2k_o}{\xi_1 2k_1}\frac{h_o}{h_o+h_1} - \frac{h_o}{h_o+h_1}\right], MN/m^2 \qquad (4.33)$$

- Theo Tretiacov

$$p_{tb} = \frac{1}{\Delta h}\left[\begin{array}{l}\dfrac{\xi_1 2k_1 - Ah_1}{2+\delta}\left(\dfrac{h_n^{\delta+2}}{h_1^{\delta+1}} - h_1\right) + \dfrac{\xi_o 2k_o - Ah_o}{2-\delta}\times \\ \times\left(h_o - \dfrac{h_o^{\delta-1}}{h_n^{\delta-2}}\right) - \left(\dfrac{h_1^2+h_o^2}{2} - h_n^2\right).\Theta\end{array}\right], MN/m^2 \qquad (4.34)$$

trong đó, k_o, k_1- giới hạn chảy cưỡng bức của kim loại trước và sau lần cán ($2k_o=1,15\sigma_{To}$, $2k_1=1,15\sigma_{T1}$ với σ_{To}, σ_{T1}- giới hạn chảy qui ước của kim loại trước và sau khi cán); h_o, h_1- độ dày của kim loại trước và sau lần cán; Δh- lượng ép tuyệt đối; h_n- độ dày của băng thép cán tại tiết diện trung hoà; ξ_o, ξ_1, δ - các hệ số không thứ nguyên, xác định như sau :

$$\xi_o = 1 - \frac{q_o}{2k_o}, \quad \xi_1 = 1 - \frac{q_1}{2k_1} \tag{4.35}$$

$$\Theta = \frac{2k_1 - 2k_o}{\Delta h \delta}, MN/m^3 \tag{4.36}$$

$$m = \frac{2f_y\sqrt{R_L \Delta h}}{h_o + h_1} \tag{4.37}$$

$$\delta = \frac{2f_y\sqrt{R_L \Delta h}}{\Delta h} \tag{4.38}$$

Độ dày của băng thép tại tiết diện trung hoà có thể tính theo công thức :

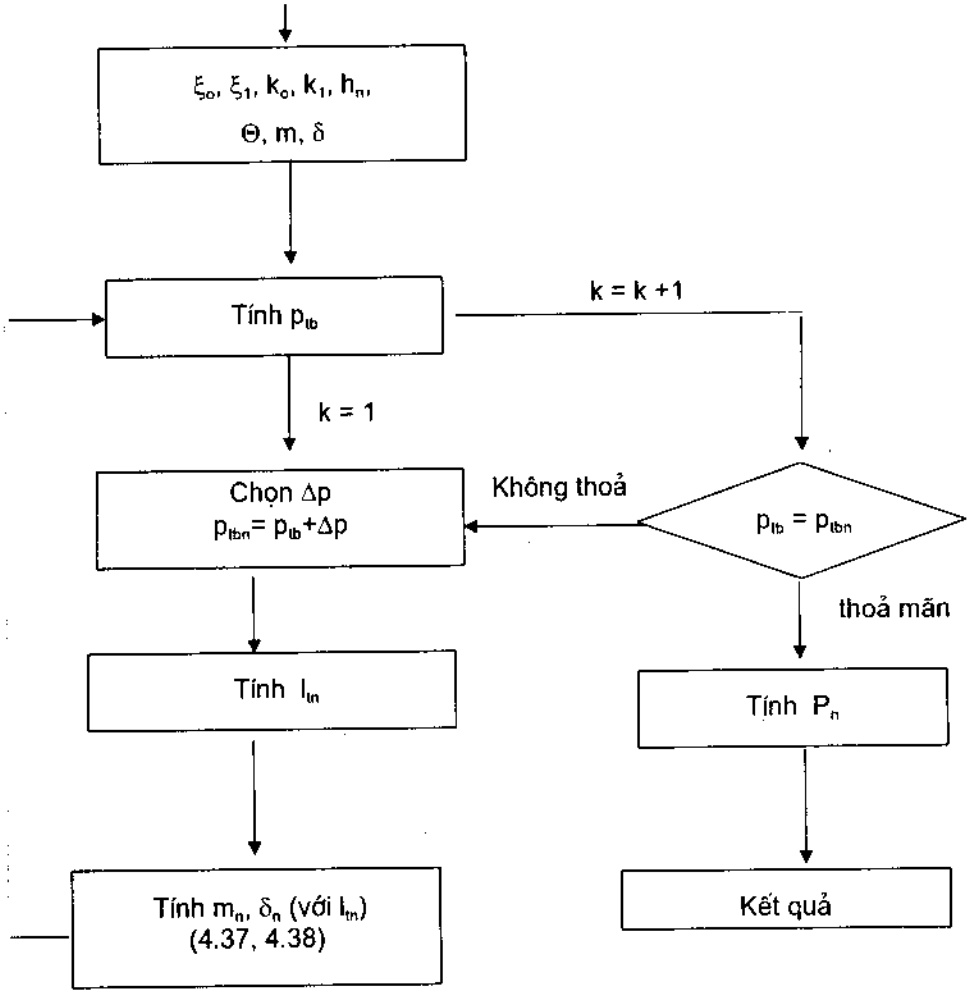
$$h_n = \sqrt{\frac{\xi_o}{\xi_1} h_o^{\delta-1} h_1^{\delta+1}} . \tag{4.39}$$

Quá trình tính toán p_{ibn} (theo phương pháp gần đúng kế tiếp) và P_n tiến hành theo trình tự sau :

- Xác định áp lực riêng trung bình không tính tới nén đàn hồi của trục cán và băng kim loại, p_{ib};
- Nhận ước chừng giá trị của áp lực riêng trung bình có tính tới nén đàn hồi của trục cán và băng kim loại, p_{ibn} ($p_{ibn}>p_{ib}$);
- Tính chiều dài vùng biến dạng có tính tới nén đàn hồi của trục cán và băng kim loại, l_{in};
- Với l_{in} tính được, xác định các hệ số m_n và δ_n , có tính tới nén đàn hồi của băng kim loại và trục cán, theo (4.37) và (4.38) (thay $\sqrt{R_L \Delta h}$ bằng l_{in});
- Tính lại áp lực riêng trung bình p_{ib} với m_n và δ_n. Giá trị của p_{ib} tính được chính là giá trị gần đúng lần thứ nhất của áp lực riêng trung bình có tính tới biến dạng lún đàn hồi của trục cán và băng kim loại, p_{ibn};

- So sánh p_{tbn} tính được và giá trị p_{tbn} nhận trước, nếu độ chệch lệch thoả mãn sai số cho phép (< 3% hoặc 5%), ta xác định lực cán (áp lực toàn phần) theo (4.32), nếu sai số vượt quá giới hạn cho phép, cần hiệu chỉnh p_{tbn} và lặp lại quá trình tính toán.

Trình tự tính toán nêu trên được thể hiện qua lưu đồ hình 4.19.



Hình 4.19. *Lưu đồ tính toán áp lực riêng trung bình và áp lực toàn phần của kim loại lên trục cán có tính tới nén đàn hồi của trục cán và băng kim loại.*

Trong tính toán thiết kế, ta cũng có thể dùng các phương pháp xác định p_{tbn} đơn giản hơn sau đây :

- Theo Robert

$$p_{tbn} = 2k'_{tb}\left(1 - \frac{5}{4}\frac{\Delta h}{4h_o} + \frac{f_y l_{tn}}{2h_o}\right)\frac{h_o}{h_1}, MN/m^2 \qquad (4.40)$$

trong đó, $2k'_{tb}$- giới hạn chảy hữu hiệu có tính tới lực kéo căng sau và trước, xác định theo công thức :

$$2k'_{tb} = 1.15\sigma^*_{T,2/3\varepsilon} - \frac{1}{2-\varepsilon}\left[q_o + q_1(1-\varepsilon)\right], MN/m^2 \qquad (4.41)$$

với $\sigma^*_{T,2/3\varepsilon}$ là giới hạn chảy của thép cán tương ứng 2/3 biến dạng tương đối trong lần cán cho trước.

Quá trình tính toán p_{tbn} theo (4.40) tiến hành theo phương pháp gần đúng kế tiếp [l_{tn} xác định theo (4.23)] và chỉ áp dụng cho trường hợp cán băng rất mỏng với lực kéo căng riêng sau và trước xấp xỉ bằng nhau ($q_o \approx q_1 \approx q$). Khi đó sẽ thoả mãn điều kiện $h_o\varepsilon q/2l_{tn}p_{tbn} << f_y$.

- Theo Stoun

$$p_{tbn} = (2k_{tb} - q_{tb})\frac{e^{m_n} - 1}{m_n}, MN/m^2 \qquad (4.42)$$

trong đó, $2k_{tb} = 1,15\sigma_{Ttb}$ với $\sigma_{Ttb} = 0,5(\sigma_{To} + \sigma_{T1})$; $q_{tb} = 0,5(q_o + q_1)$. Hệ số m_n tính theo (4.37) với l_{tn} thay cho $\sqrt{R_L\Delta h}$.

Công thức (4.42) dùng để tính p_{tbn} chỉ tính tới lún đàn hồi của trục cán. Để tránh dùng phương pháp gần đúng kế tiếp, ta có thể sử dụng toán đồ hình 4.20. Hằng số đàn hồi của vật liệu trục cán tính theo công thức :

$$\theta_T = \frac{1-\mu_T}{\pi E_T}, m^2/MN \qquad (4.43)$$

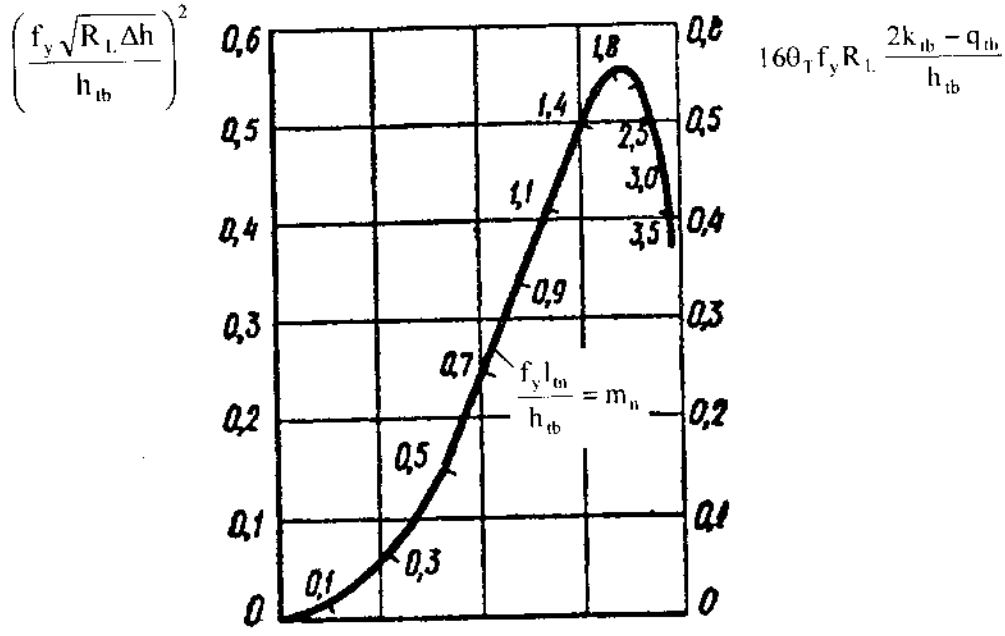
Để xác định m_n trước tiên phải tính các giá trị $\left(f_y\sqrt{R_L\Delta h}/h_{tb}\right)^2$ và $16\theta_T f_y R_L\left[(2k_{tb} - q_{tb})/h_{tb}\right]$, tương ứng 2 điểm trên hai thang đo của toán đồ. Giao điểm giữa đường thẳng nối hai điểm và toán đồ cho ta giá trị m_n cần tìm. Nếu đường thẳng cắt toán đồ tại hai điểm, ta chọn giá trị m_n nhỏ hơn. Biết m_n, h_{th} và f_y, ta dễ dàng xác định l_{tn}. Tiếp theo, để tính p_{tbn} ta có thể sử dụng công thức (4.42) hay sử dụng đồ thị hình 4.21.

Hệ số ma sát f_y trong quá trình cán nguội phụ thuộc vào trạng thái bề mặt trục cán, tính chất hoá-lý của dầu bôi trơn công nghệ, vận tốc cán, lượng ép, chiều dày, mức độ biến cứng của thép cán và nhiều yếu tố khác. Chưa có phương pháp nào đánh giá được ảnh hưởng đồng thời của tất cả các yếu tố kể trên đến f_y. Cho nên, trong tính toán, người ta chọn các giá trị của hệ số ma sát theo các số liệu thực tế hay xác định theo các công thức thực nghiệm.

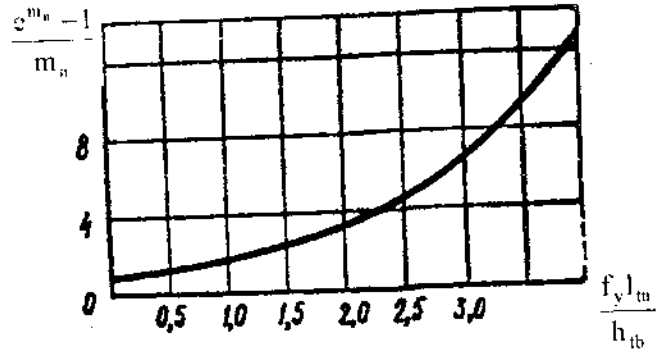
Trường hợp cán trong các trục thép mài bóng, để xác định f_y chỉ tính tới ảnh hưởng của dầu bôi trơn công nghệ và vận tốc cán, ta có thể sử dụng công thức thực nghiệm sau :

$$f_y = k_D\left[0{,}07 - \frac{0{,}1v_T^2}{2(v_T+1)+3v_T^2}\right], \qquad (4.44)$$

trong đó, k_D- hệ số tính tới ảnh hưởng của dầu bôi trơn công nghệ (bảng 4.6); v_T - vận tốc biên của trục cán, m/s.



Hình 4.20. Toán đồ xác định m_n và l_{tn} (chỉ tính tới lún đàn hồi của trục cán).



Hình 4.21. *Quan hệ giữa* $(e^{m_n}-1)/m_n$ *và* $f_y l_{tn}/h_{tb}$ *dùng cho tính toán* p_{tbn}.

Trong bảng 4.7 là các giá trị của hệ số ma sát khi cán nguội trong các trục mài bóng.

Bảng 4.6. *Hệ số* k_D *trong cán nguội cho các loại dầu bôi trơn công nghệ khác nhau*

Dầu bôi trơn công nghệ	k_D
Trục cán khô, sạch	1,55
Dầu công nghiệp	1,35
Dầu ống suốt hay dầu bôi trơn cọc sợi (CN dệt)	1,25
Nước	1,00
Dung dịch nhũ tương 10%	1,00
Dầu hoả	1,00
Dầu hạt bông	0,90
Dầu thầu dầu	0,90
Dầu cọ	0,90

Momen cán, trong trường hợp không có lực kéo căng, M_{cn}, tính theo công thức :

$$M_{cn} = 2P_n\psi_n l_{tn}, \text{ kN.m} \qquad (4.45)$$

trong đó, P_n, ψ_n, l_{tn} được xác định có tính tới nén đàn hồi của trục cán và băng kim loại.

Khi cán với lực kéo căng, momen cán có tính tới nén đàn hồi của trục, M_{cnc}, có thể tính theo công thức :

$$M_{cnc} = M_{cn} + Q_o R_L \frac{v_o}{v_T} - Q_1 R_L \frac{v_1}{v_T} \text{ , kN.m} \qquad (4.46)$$

hay

$$M_{cnc} = M_{cn} + R_L b_1 h_1 (q_o - q_1)(1 + S_n) \text{ , kN.m} \qquad (4.47)$$

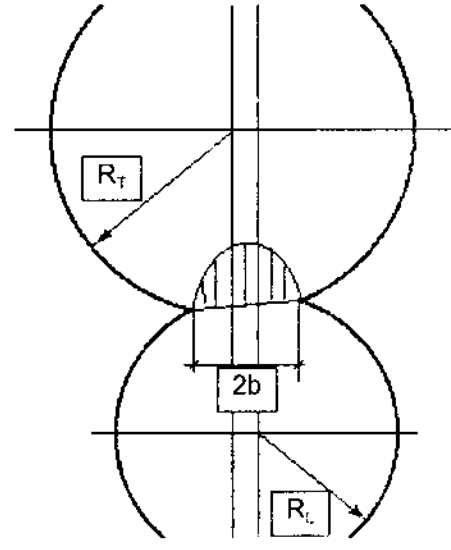
trong đó, M_{cn} tính theo (4.45); Q_o, Q_1- lực kéo căng toàn phần sau và trước, kN; v_o, v_1- tương ứng tốc độ của băng kim loại khi vào và khi thoát khỏi trục cán, m/s; S_n- vượt trước có tính tới nén đàn hồi của trục cán và băng kim loại.

Bảng 4.7. *Hệ số ma sát f_y cho trường hợp cán nguội trong các trục mài bóng*

Dầu bôi trơn công nghệ	Hệ số f_y trong điều kiện vận tốc cán (m/s)			
	đến 3	đến 10	đến 20	hơn 20
Dung dịch nhũ tương	0,14	0,12 - 0.1	-	-
Dầu khoáng	0,12 - 0.1	0,10 - 0,9	0,08	0,06
Dầu cọ	0,08	0,06	005	0.03

Momen trên trục của động cơ truyền động cho máy cán tính theo công thức (2.30). Tuy nhiên, các đại lượng trong công thức phải được xác định có tính tới nén đàn hồi của băng thép và trục cán.

Trong trường hợp cán nguội, đặc biệt khi cán thép băng mỏng, lượng ép và momen cán tương đối nhỏ (so với trường hợp cán nóng thép băng dày), nên ảnh hưởng của của ma sát lăn giữa các trục làm việc và trục tựa không thể bỏ qua.



Hình 4.22. *Sơ đồ phân bố ứng suất tiếp xúc giữa trục làm việc và trục tựa.*

Do đó, momen ma sát M'_{msl} (xem chương 2) phải được xác định có tính tới ảnh hưởng của ma sát lăn trong cụm trục cán.

Giá trị của momen ma sát lăn được xác định bởi lực nén giữa các trục và cánh tay đòn ma sát lăn K, hình thành do sự phân bố không đối xứng của biểu đồ ứng suất tiếp xúc giữa trục làm việc và trục tựa. K có thể tính theo công thức :

$$K = cb \text{ , m} \tag{4.48}$$

trong đó, c - hệ số tính tới sự phân bố không đối xứng của ứng suất tiếp xúc (c = 0,02 ÷ 0,04, trong trường hợp độ lệch chéo giữa các trục lớn, ta có thể nhận c = 0,1); b - một nửa chiều rộng của diện tích tiếp xúc giữa trục làm việc và trục tựa (hình 4.22).

Giá trị của b có thể tính theo công thức :

$$b = 1{,}07\sqrt{\frac{P_n}{L_T}\frac{E_L + E_T}{E_L E_T}\frac{R_L R_T}{R_L + R_T}} \text{ , m} \tag{4.49}$$

trong đó, L_T - chiều dài thân trục, m; E_T, E_L- tương ứng mođun đàn hồi của vật liệu trục tựa và trục làm việc, MN/m^2; R_T, R_L- tương ứng bán kính trục tựa và trục làm việc, m.

ở các giá kvarto có trục làm việc dẫn động (hình 4.23), momen M_{msl} tính theo công thức :

$$M_{msl} = 2\,(P_T\, a_l + T_L \rho_L) \text{ , kN.m} \tag{4.50}$$

trong đó, ρ_L- bán kính vòng ma sát của ngõng làm việc; T_L - phản lực của các cơ cấu định vị trục, được truyền qua các gối trục làm việc; P_T- phản lực của trục trựa; a_l- cánh tay đòn của P_T.

Trong trường hợp cán không có lực kéo căng (hình 4.23-a) :

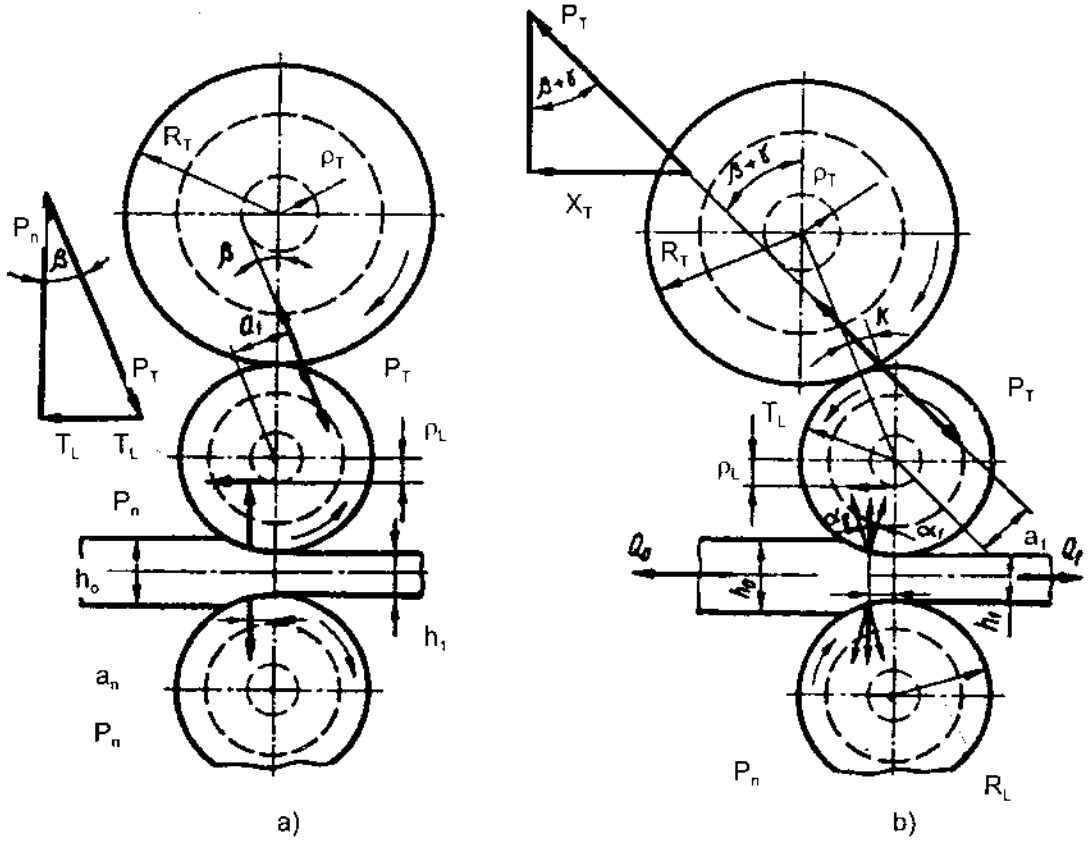
$$P_T = \frac{P_n}{\cos\beta},\ T_L = P_n \operatorname{tg}\beta \text{ ,}$$

với $\beta \approx \arcsin\,[(\rho_T + K) / R_T]$. Cánh tay đòn a_l của P_T xác định theo công thức :

$$a_l = (R_T + R_L)\sin\beta - \rho_T$$

hay

$$a_l = \frac{R_L}{R_T}\rho_T + K\left(1 - \frac{R_L}{R_T}\right).$$



Hình 4.23. *Sơ đồ lực tác dụng lên trục của giá cán kvarto có trục làm việc được dẫn động: a) các trục làm việc không bố trí lệch; b) các trục làm việc bố trí lệch.*

Ở các máy cán liên tục, các trục làm việc được bố trí hơi lệch song song với trục tựa về phía thoát của băng kim loại (hình 4.23-b). Việc bố trí các trục lệch như trên có tác dụng ổn định vị trí của trục làm việc và loại trừ khả năng lệch chéo của nó trong mặt phẳng ngang trong quá trình cán. Trong trường hợp này, thành phần nằm ngang của lực tác dụng lên các ổ lót trục tựa X_T xác định từ điều kiện :

$$X_T = P_T \sin(\beta \pm \gamma),$$

trong đó, γ là góc tạo bởi đường nối tâm của 2 trục tựa và đường nối tâm của trục tựa và trục làm việc. Dấu (+) trong biểu thức trên tương ứng trường hợp trục làm việc bố trí lệch về phía hướng cán (phía kim loại thoát khỏi trục), còn dấu (-) tương ứng trường hợp bố trí lệch theo hướng ngược lại (phía kim loại vào trục).

Trong trường hợp cán có lực kéo căng với trục làm việc bố trí lệch so với trục tựa (hình 4.23-b), P_T và T_L được xác định theo các công thức sau :

- $Q_o = Q_1$

$$P_T = P_n \frac{1}{\cos(\beta+\gamma)}, kN$$
$$T_L = P_T \sin(\beta+\gamma), kN$$

- $Q_1 > Q_o$

$$P_T = P_n \frac{\cos\alpha_1}{\cos(\beta+\gamma)}, kN$$
$$T_L = P_T \sin(\beta+\gamma) + P_n \sin\alpha_1, kN$$

- $Q_1 < Q_o$

$$P_T = P_n \frac{\cos\alpha_2}{\cos(\beta+\gamma)}, kN$$
$$T_L = P_T \sin(\beta+\gamma) - P_n \sin\alpha_2, kN$$

trong đó, α_1- góc nghiêng của P_n so với phương thẳng đứng trong trường hợp $Q_1 > Q_o$; α_2 - góc nghiêng của P_n so với phương thẳng đứng trong trường hợp $Q_1 < Q_o$.

Vào thời điểm đổi chiều cán ở các máy cán đảo chiều (cán thép băng), momen cán toàn phần chỉ được truyền bởi một trục spinden (trục dẫn động) và chỉ khi các khe hở và độ rơ trong các cơ cấu ghép nối trục spinden thứ hai được khắc phục hết, momen cán mới được phân bố giữa hai trục spinden. Ngoài ra, vào thời điểm đảo chiều, xảy ra sự va chạm giữa trục spinden dẫn động và trục cán đang đứng yên, momen cán truyền qua trục này, do vậy, tăng lên đáng kể. Momen cán cực đại $M_{c,max}$, truyền qua trục spinden dẫn động vào thời điểm đảo chiều có thể xác định từ điều kiện :

$$M_{c,max} = (3 \div 5)\, M_{cn}, kN.m \qquad (4.51)$$

trong đó, M_{cn}- momen cán trên trục spinden dẫn động khi quá trình cán đã ổn định.

Ở các máy cán đơn chiếc, độ tăng tải lớn nhất của động cơ truyền động xảy ra khi trục cán ăn kim loại. Momen cán vào thời điểm trục cán ăn thép lớn hơn momen khi quá trình cán đã ổn định từ 2 đến 10 lần.

Khi đã biết momen cán ổn định M_{cn}, momen cán cực đại khi trục cán ăn kim loại, $M_{ca,max}$, có thể xác định theo các công thức sau :

- Không tính tới nén đàn hồi của trục cán và băng kim loại

$$M_{ca,max} = M_{cn} \frac{1 + \frac{\delta_g}{\Delta h}}{4\psi\left(\sqrt{1 + \frac{\delta_g}{\Delta h}} - \psi\right)}, \text{kN.m} \qquad (4.52)$$

- Có tính tới nén đàn hồi của trục cán và băng kim loại

$$M_{ca,max} = M_{cn} \frac{\left(1 + \frac{\delta_g}{\Delta h}\right)\left(1 - 2\frac{x_1}{l_{tn}}\right)}{4\psi_n\left(\sqrt{\left(1 - 2\frac{x_1}{l_{tn}}\right)\left(1 + \frac{\delta_g}{\Delta h}\right)} - \psi_n\right)}, \text{kN.m} \qquad (4.53)$$

trong đó, x_1- độ gia tăng của chiều dài vùng biến dạng sau đường nối tâm của các trục làm việc (hình 4.17); δ_g - biến dạng đàn hồi của giá cán, ψ, ψ_n - tương ứng hệ số cánh tay đòn của hợp lực cán khi quá trình cán đã ổn định không và có tính đến nén đàn hồi của trục cán và băng kim loại.

Biết momen cán ổn định và momen cán khi trục cán ăn thép, ta có thể kiểm tra độ quá tải của động cơ truyền động theo độ quá tải cho phép và theo giá trị momen tương đương.

Sau khi xác định momen trên trục của động cơ, ta có thể tính công suất truyền động cần thiết.

Công suất chạy không tải thường bằng khoảng (3÷5)% công suất định mức của động cơ truyền động. Ở các máy cán nguội băng mỏng tốc độ cao, momen không tải có thể tới (10÷18)% momen định mức của động cơ.

Công suất cần thiết để tạo lực kéo căng cho băng thép giữa giá cán cuối cùng và máy cuốn, N_c, cũng như giữa máy dỡ cuộn và giá cán đầu tiên, N_d, xác định theo công thức :

$$N_c = \frac{Q_1 v_1}{102\eta_c}, \text{kW} \qquad (4.54)$$

$$N_d = \frac{Q_o v_o \eta_d}{102}, \text{kW} \quad (4.55)$$

trong đó, v_o và v_1 tương ứng tốc độ của băng thép khi đi vào giá cán đầu tiên và khi ra khỏi giá cán cuối cùng, m/s; η_d và η_c - tương ứng hệ số hữu ích của máy dỡ cuộn và của máy cuốn; Q_o, Q_1- tương ứng lực kéo căng tác dụng lên máy dỡ cuộn và lên máy cuốn thép, kg.

4.9. Tính toán chế độ ép cho các máy cán nguội

Tính toán chế độ ép cho các máy cán nguội là xác định kích thước của phôi, phân bố lượng ép cho các giá (lần) cán, xác định chế độ vận tốc cán, chọn chế độ kéo căng, tính toán áp lực của kim loại lên trục, kiểm tra độ uốn của trục cán và xác định khả năng chịu tải của động cơ truyền động.

Chiều dày của phôi xác định theo công thức :

$$h_p = \frac{h_c}{1-\varepsilon_\Sigma}, \text{mm} \quad (4.56)$$

trong đó, h_c là độ dày của thép khi kết thúc cán; ε_Σ - lượng ép tổng cộng.

Lượng ép tổng cộng được chọn căn cứ vào các yêu cầu về tổ chức, cơ tính và tính công nghệ của thép thành phẩm có tính tới thành phần hoá học của thép cán, công suất của các động cơ truyền động cho các giá cán, dầu bôi trơn công nghệ và các yếu tố khác. Ngoài ra còn phải chú ý đến khả năng và tính hợp lý của việc sản xuất phôi ở các máy cán nóng.

Đối với các mác thép cacbon kết cấu dùng cho dập vuốt nói chung và dập vuốt sâu nói riêng, với lượng ép tổng (45÷50)% ta có thể đạt được độ dẻo cần thiết cho quá trình dập tiếp theo. Tuy nhiên, do khả năng công nghệ của các máy cán nóng thép băng rộng bản cũng như tính hợp lý về mặt kinh tế của quá trình sản xuất thép băng mỏng ở các máy cán này, lượng ép tổng cộng khi cán nguội các mác thép cacbon ở các máy cán nguội liên tục và đảo chiều thường nhận bằng (55÷80)%. Trường hợp cán tôn, lượng ép tổng có thể đạt tới 90%.

Đối với các mác thép hợp kim, trong đại đa số các trường hợp, lượng ép tổng cộng không quá (50÷70)%.

Lượng ép riêng cho các giá cán (hay các lần cán) xác định bởi giá trị và đặc điểm biến đổi của giới hạn chảy của thép cán, độ bền của cổ trục làm việc, hiệu suất của dầu bôi trơn công nghệ, công suất của động cơ truyền động, điều kiện làm nguội trục cán, các yêu cầu về độ chính xác của kích thước và chất lượng của thép thành phẩm, ... Chế độ ép được

chọn phải đảm bảo sao cho áp lực của kim loại lên trục cán phân bố tương đối đồng đều giữa các giá (lần) cán và phải tận dụng được công suất của các động cơ truyền động.

Lượng ép có thể được phân bố ở các máy liên tục theo hai sơ đồ sau :

- *Sơ đồ thứ nhất* : lượng ép giảm dần từ giá cán đầu tiên đến giá cán cuối cùng. Sơ đồ này cho phép ta sử dụng lượng ép cực đại trong các lần cán khi chiều dày của băng kim loại còn tương đối lớn. Ở giá cán cuối cùng, lượng ép tương đối nhỏ, đảm bảo cho thép có độ phẳng bề mặt cao. Sơ đồ này có lợi về mặt năng lượng và thường được áp dụng trong trường hợp cán thép băng tương đối dày hay trong trường hợp cán băng mỏng từ phôi có độ phẳng cao và độ không đồng đều của chiều dày thấp. Nhược điểm chủ yếu của sơ đồ thứ nhất là khi cán ở vận tốc nạp, do quá trình cán không có lực kéo căng, áp lực của kim loại lên trục cán của giá đầu tiên tăng đáng kể so với khi quá trình cán đã ổn định.

- *Sơ đồ thứ hai* : lượng ép tương đối trong giá cán đầu tiên thấp hơn, còn trong các giá cán tiếp theo (kể cả giá cán cuối cùng) cao hơn so với lượng ép tương đối cũng trong các giá cán này theo sơ đồ thứ nhất. Theo sơ đồ này, quá trình cán ở giá cuối cùng có thể tiến hành với lượng ép tương đối bằng hoặc lớn hơn một chút so với lượng ép trong các giá cán đứng trước. Sở dĩ phải giảm lượng ép ở giá cán đầu tiên là vì một số phôi cán nóng thường có độ phẳng và độ không đồng đều của chiều dày không đạt yêu cầu. Với lượng ép tương đối trong lần cán đầu tiên thấp (10%÷25%), ta có thể là phẳng và giảm phần nào độ không đồng đều của chiều dày băng kim loại. Sơ đồ thứ hai thường được áp dụng cho trường hợp cán thép băng mỏng. Phần lớn các máy liên tục 4-5 giá làm việc theo sơ đồ này.

Khi phân bố lượng ép cho các máy cán thép băng đảo chiều, cần chú ý tận dụng khả năng chịu tải của các động cơ truyền động cho giá cán và cho các máy dỡ-cuộn thép, đồng thời, phải đảm bảo cho lực cán phân bố tương đối đồng đều giữa các lần cán. Do vậy, lượng ép ở lần cán đầu tiên lớn hơn cả, còn lượng ép trong những lần cán sau được phân bố căn cứ vào đặc điểm biến cứng của thép cán. Lượng ép cực đại trong lần cán đầu đạt tới (30÷40)%, trong những lần cán cuối - (2÷15)%.

Ở các máy liên tục và đảo chiều, quá trình cán nên tiến hành với lực kéo căng cực đại cho phép. Tuy nhiên, do sự tồn tại đáng kể của độ không đồng đều của chiều dày và độ không phẳng của băng thép, dẫn đến sự phân bố không đồng đều của lực kéo căng theo chiều

ngang, nên trong thực tế, lực kéo căng riêng trung bình được chọn không quá $(0,3 \div 0,5)\sigma_T$ (σ_T - giới hạn chảy của thép cán nằm trong khoảng giữa các giá). Thường, lực kéo căng riêng tăng dần từ giá (lần) cán đầu tiên đến giá (lần) cán cuối cùng.

Sau khi phân bố lượng ép cho các giá (lần) cán, ta tiến hành chọn chế độ vận tốc cán. Trước tiên, từ vận tốc cán được chọn ở giá cuối cùng, căn cứ vào điều kiện thể tích giây không đổi, ta xác định vận tốc biên và vận tốc góc của các trục cán. Tiếp theo, ta tính sơ bộ vận tốc của băng kim loại trong các khoảng cách giữa hai giá cán kề nhau theo công thức :

$$v_t = v_t (1 + S) \text{ , m/s} \qquad (4.57)$$

trong đó, v_t - vận tốc biên của trục cán; S - độ vượt trước của băng thép khi thoát khỏi vùng biến dạng, xác định theo (3.4).

Sau khi tính áp lực của kim loại lên trục cán, ta xác định độ vượt trước có tính tới nén đàn hồi của trục cán và băng thép, S_n. Căn cứ vào các giá trị tính được của S_n , ta tiến hành hiệu chỉnh chế độ vận tốc cho các giá cán.

Trên cơ sở chế độ ép và chế độ vận tốc đã biết, ta xác định hệ số ma sát theo các giá cán, tính áp lực toàn phần của kim loại lên trục, P_n, và momen trên trục của động cơ truyền động, M_m, theo phương pháp trình bày trong 4.7.

Đánh giá dự trữ bền của hệ trục cán nguội được tiến hành theo ứng suất uốn cực đại trong trục tựa, ứng suất uốn và ứng suất xoắn cực đại trong trục làm việc.

Bảng 4.8. *Lượng ép tổng cộng và lượng ép riêng áp dụng cho các máy cán nguội*

Số TT	Máy cán	Lượng ép tổng (%)	Lượng ép riêng cho các giá cán (%)					
			I	II	III	IV	V	VI
1	3 giá	40÷60	30÷50	15÷35	5÷15	-	-	-
2	4 giá	50÷80	10÷35	25÷45	25÷45	20÷25	-	-
3	5 giá	60÷90	10÷35	35÷45	35÷45	25÷40	25÷35	-
4	6 giá	80÷95	25÷35	25÷35	25÷35	25÷35	25÷35	25÷35

Trên cơ sở các vấn đề trình bày ở trên, ta có thể tóm tắt trình tự các bước tính toán chế độ ép cho các máy cán nguội như sau :

- Chọn lượng ép tổng cộng và xác định chiều dày của phôi. Trong bảng 4.8 trình bày các giá trị tham khảo của lượng ép tổng cộng và lượng ép riêng áp dụng cho các máy cán nguội phổ biến;
- Phân bố lượng ép riêng cho các giá (lần) cán (tham khảo bảng 4.8);
- Chọn chế độ kéo căng. Bảng 4.9 trình bày một số chế độ kéo căng phổ biến áp dụng cho các máy cán nguội liên tục 4-5 giá,Xác định chế độ vận tốc cán;
- Tính áp lực của kim loại lên trục cho mỗi giá (lần) cán, có tính tới nén đàn hồi của trục cán và băng kim loại. áp lực toàn phần cực đại tính được phải không vượt quá tải cho phép đối với giá cán, xác định từ điều kiện bền của trục;
- Tính momen và công suất cán cho mỗi giá (lần) cán;
- Kiểm tra độ bền xoắn của các cổ trục dẫn động;
- Kiểm tra độ quá tải cho phép và độ nung nóng của các động cơ truyền động theo các giá trị của momen và công suất bình phương trung bình.

***Bảng 4.9.** Chế độ kéo căng cho các máy cán nguội 4-5 giá*

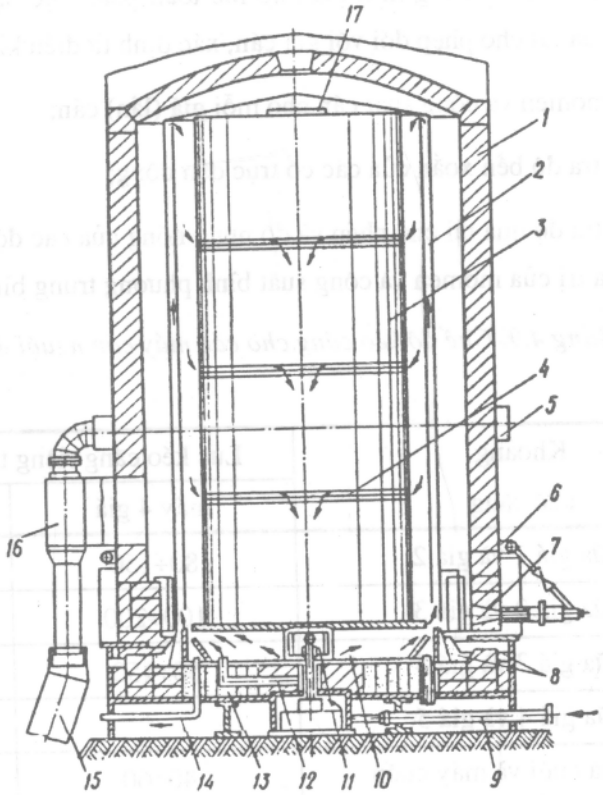
Số TT	Khoảng kéo căng	Lực kéo căng riêng trung bình , MN/m^2	
		máy 4 giá	máy 5 giá
1	Giữa giá 1 và giá 2	80÷150	100÷200
2	Giữa giá 2 và giá 3	100÷200	100÷250
3	Giữa giá 3 và giá 4	50÷150	100÷250
4	Giữa giá 4 và giá 5	-	100÷300
5	Giữa giá cuối và máy cuốn	40÷60	40÷80

Nếu một trong các yêu cầu kiểm tra nêu trên không thoả mãn hoặc lực cán phân bố quá chênh lệch nhau giữa các giá (lần) cán thì quá trình tính toán phải lặp lại, sau khi đã hiệu chỉnh lượng ép, chế độ kéo căng hay chế độ vận tốc.

4.10. Nhiệt luyện thép cán nguội

Thép băng và thép lá sau khi cán nguội được xử lý nhiệt (thường là ủ) nhằm khử biến cứng và tạo tổ chức cần thiết, đảm bảo cho thép có cơ tính và các tính chất công nghệ theo yêu cầu.

Đối với thép cán nguội từ các mác thép cacbon thấp, ủ kết tinh lại ở nhiệt độ (650÷750)°C là dạng nhiệt luyện được áp dụng phổ biến. Với chế độ nhiệt như trên, ta có thể nhận được sự kết hợp cần thiết giữa cơ tính và tính dẻo của thép. Để tránh cho thép bị oxy hoá, quá trình ủ thép cán nguội được tiến hành trong môi trường bảo vệ (ủ sáng). Sau khi ủ, thép không cần phải qua khâu tẩy gỉ axit. Để sản xuất thép có chất lượng bề mặt cao dùng cho công nghệ tráng phủ lớp bảo vệ, trước khi ủ thép được tẩy sạch bề mặt bằng phương pháp điện phân (tẩy điện phân).



Hình 4.24. *Lò chụp một chồng đốt bằng khí tự nhiên dùng ủ sáng thép cuộn cán nguội:*

1. chụp lò (vỏ lò); 2. ống múp; 3. chồng thép; 4. lớp đệm đối lưu giữa các cuộn thép; 5. ống dẫn không khí; 6. ống dẫn khí đốt; 7. mỏ đốt; 8. vòng chứa cát làm kín; 9. ống dẫn khí bảo vệ; 10. cơ cấu dẫn hướng khí bảo vệ; 11. máy quạt; 12. đường nhánh dẫn khí; 13. đáy lò; 14. ống thoát khí bảo vệ; 15. ống dẫn khói; 16. ống hút sản phẩm cháy; 17. nắp đậy chồng thép.

Ủ sáng thép cán nguội tiến hành trong các lò chụp hay trong các hệ thống ủ liên tục. Các lò chụp có thể ủ một chồng hay nhiều chồng thép cuộn hay thép lá. Trên hình 4.24 trình bày hệ thống lò chụp một chồng, ủ thép cán nguội ở dạng cuộn. Cấu tạo lò bao gồm đáy bất động 13, ống múp 2 (bằng thép chịu nhiệt), chụp lò 1 (bằng gạch chịu lửa nhẹ), các hệ thống đốt, lưu thông khí bảo vệ, dẫn thoát sản phẩm cháy. Môi trường bảo vệ thường là hỗn hợp khí nitơ và hydro [(95÷97)% N_2 và (3÷5)% H_2], được sấy nóng đến nhiệt độ dưới điểm sương 50°C trước khi đưa vào lò.

Chế độ ủ áp dụng cho các mác thép cacbon gồm ba giai đoạn :

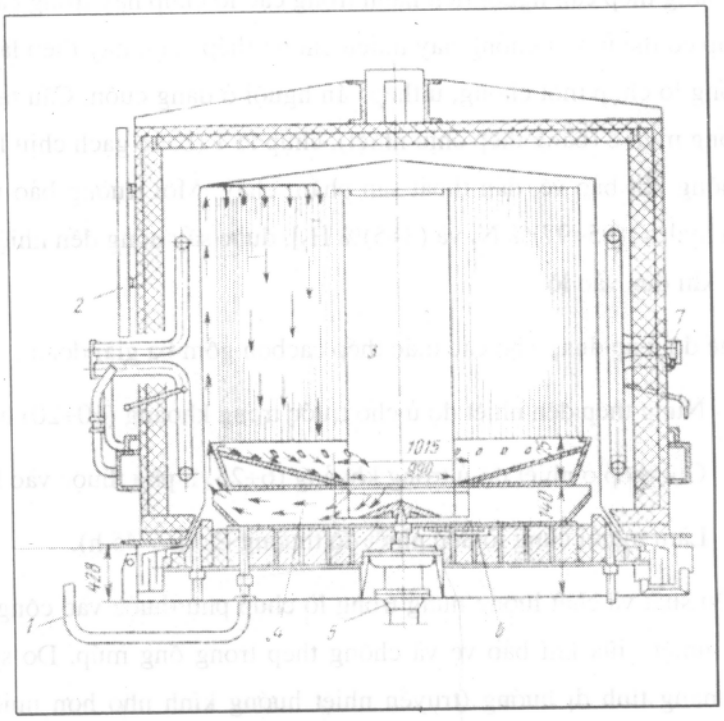
- Nung thép đến nhiệt độ ủ cho trước trong khoảng (10÷20) h;
- Giữ thép ở nhiệt độ ủ trong khoảng (6÷25) h phụ thuộc vào khối lượng cuộn;
- Làm nguội cùng lò đến nhiệt độ thường (25 h ÷ 45 h).

Hiệu suất và chất lượng nung trong lò chụp phụ thuộc vào công suất nhiệt của lò và sự trao đổi nhiệt giữa khí bảo vệ và chồng thép trong ống múp. Do sự truyền nhiệt trong cuộn thép mang tính dị hướng (truyền nhiệt hướng kính nhỏ hơn nhiều lần so với hướng trục), nên để đảm bảo nhiệt độ đồng đều ở mọi điểm của chồng thép, người ta dùng quạt để tạo chuyển động đối lưu cho khí bảo vệ (được nung đến nhiệt độ cao) trong không gian ống múp. Chuyển động cưỡng bức của khí bảo vệ còn có tác dụng tăng cường độ nung của lò.

Tốc độ nung thép trong quá trình ủ phụ thuộc nhiều vào độ khít giữa các vòng của cuộn thép. Do đó, để giảm thời gian nung, các cuộn thép trước khi đưa vào lò ủ được dỡ lỏng. Bằng công nghệ ủ thép cuộn được nới lỏng trong môi trường khí bảo vệ chuyên dùng, người ta cũng có thể đồng thời tiến hành quá trình hợp kim hoá thép bằng thấm hoặc làm giảm bớt hàm lượng nitơ và cacbon trong thép. Trên hình 4.25 trình bày hệ thống lò ủ với các cuộn thép được nới lỏng. Để nới lỏng, thép cuộn từ máy cán được đưa đến các máy cuộn lại. Ở đây, để tạo khoảng cách giữa các vòng thép, người ta đặt giữa các vòng thép chỉ căn bằng capron hay dây thép (được lấy ra trước khi đưa thép vào lò ủ).

Sau giai đoạn nung và giai đoạn giữ nhiệt là giai đoạn làm nguội. Trong giai đoạn này, người ta tháo chụp lò và để thép nguội tự nhiên trong ống múp tới nhiệt độ thường. Để giảm thời gian làm nguội, phía trên ống múp người ta đặt mũ làm nguội, được trang bị quạt hoặc các vòi phun bụi nước lên bề mặt ống múp.

Ở các xưởng cán nguội lớn, bộ phận nhiệt luyện có thể có tới 300 lò. Năng suất mỗi lò một chồng có thể đạt 1 T/h.



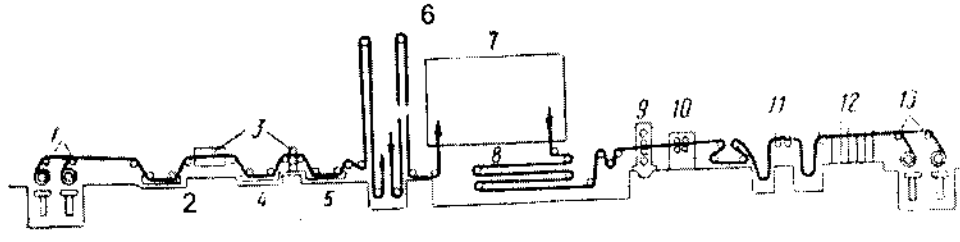
Hình 4.25. *Lò chụp ủ thép cuộn nới lỏng:*
1- ống dẫn; 2- ống khói; 3- buồng quạt; 4- buồng khuếch tán khí;
5- quạt; 6- ống dẫn; 7- biến áp.

Các lò chụp nhiều chồng chỉ được xây dựng ở các xưởng cán nguội công suất lớn. Về cơ bản, các lò này chỉ khác các lò một chồng ở chỗ trong một ống múp (một chụp lò) có thể đặt nhiều chồng thép (thường từ 3 đến 4 chồng). Khối lượng một mẻ ủ trong các lò nhiều chồng đạt tới 400 T.

Lò chụp có ưu điểm là cấu tạo đơn giản, sử dụng thuận tiện và cho phép ta thu được sản phẩm có chất lượng đạt yêu cầu. Nhược điểm chủ yếu của các lò chụp là thời gian ủ thép dài, năng suất lò thấp cho nên, để đảm bảo năng suất của xưởng, bộ phận nhiệt luyện cần một diện tích tương đối lớn. Ngoài ra, ủ trong lò chụp khó đảm bảo cho thép có tổ chức đồng nhất do nhiệt độ cuộn thép thường không đồng đều theo chiều cao.

Để ủ sáng thép băng cán nguội, trong những năm gần đây, các hệ thống ủ liên tục năng suất cao được ứng dụng rộng rãi. Ủ thép trong các hệ thống ủ liên tục cho phép ta thu

được sản phẩm có độ đồng nhất cao về tổ chức và cơ tính, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho việc cơ khí hoá và tự động hoá hoàn toàn quá trình công nghệ. Trong các hệ thống liên tục, công đoạn tẩy điện phân và ủ được bố trí trong cùng một dây chuyền. Hình 4.26 trình bày sơ đồ hệ thống ủ sáng liên tục thép băng cán nguội dùng cho dập sâu.



Hình 4.26. *Sơ đồ hệ thống ủ liên tục thép băng cán nguội dùng cho dập sâu:*

1- máy dỡ cuộn; 2- bể kiềm nóng chảy; 3- bộ phận cọ rửa; 4- bể tẩy dầu mỡ điện phân; 5- bể rửa; 6 và 8 – bộ phận tạo vòng tích luỹ; 7- lò ủ kiểu tháp; 9- giá cán là; 10- máy nắn phẳng kiểu con lăn; 11- máy cắt đĩa (cắt mép biên); 12- bộ phận tráng dầu tĩnh điện; 13- máy cuộn.

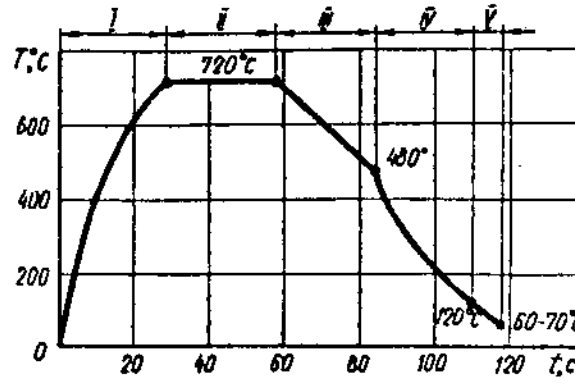
Lò nung trong các hệ thống ủ sáng liên tục được thiết kế theo kiểu nằm ngang hoặc theo kiểu đứng (kiểu tháp). Các lò kiểu tháp dùng để nhiệt luyện thép băng dày đến 1 mm với vận tốc tới 10 m/s. Năng suất của các lò này đạt (30÷35) T/h. Các lò kiểu nằm ngang dùng ủ thép băng dày đến 6 mm với năng suất không quá (7÷8) T/h. Để tăng năng suất của hệ thống mà không cần tăng chiều dài của dây chuyền, người ta thiết kế các lò kéo nằm ngang gồm 2 hay nhiều tầng.

Trên hình 4.27 trình bày chế độ ủ liên tục áp dụng cho thép băng cacbon thấp kích thước (0,21×1000)mm. Thời gian ủ chỉ kéo dài 2 phút.

Trong các hệ thống ủ liên tục, ta có thể điều chỉnh chế độ ủ bằng cách thay đổi tốc độ nung, thời gian giữ nhiệt và tốc độ làm nguội. Do vậy, độ ổn định về tổ chức và cơ tính của thép cao hơn so với ủ trong lò chụp. Tuy nhiên, do tốc độ làm nguội lớn nên thép ủ liên tục thường có tổ chức hạt nhỏ, giới hạn bền và độ cứng cao hơn so với thép ủ trong lò chụp, gây khó khăn cho việc sử dụng thép ủ liên tục cho dập vuốt sâu.

Hình 4.27. Chế độ chế độ ủ liên tục thép băng cacbon thấp kích thước (0,21 × 1000)m:

I- nung; II- giữ nhiệt; III- làm nguội có điều khiển; IV- làm nguội nhanh; V- làm nguội kết thúc.



Công nghệ ủ liên tục cũng được áp dụng để nhiệt luyện các mác thép kỹ thuật điện và thép không gỉ. Để giảm chiều dài các lò nung, người ta tiến hành nghiên cứu sử dụng các môi trường lỏng (N_a nóng chảy, hỗn hợp nóng chảy chì và bismut, ...) để nung và làm nguội thép thay cho môi trường khí bảo vệ.

4.11. Cán tinh chỉnh thép cán nguội

Cán tinh chỉnh là quá trình cán nguội, tiến hành sau khi ủ với lượng ép khoảng (0,8÷5)%, thường không có dầu bôi trơn công nghệ. Cán tinh chỉnh là công đoạn kết thúc của qui trình công nghệ cán nguội, được áp dụng nhằm nâng cao chất lượng bề mặt và độ phẳng của thép thành phẩm, tạo cấu trúc cần thiết cho lớp bề mặt của thép và đảm bảo sự kết hợp tốt giữa cơ tính và tính công nghệ của thép thành phẩm, đồng thời ngăn ngừa sự tạo thành các đường trượt trên bề mặt sản phẩm trong quá trình dập tiếp theo.

Cán tinh chỉnh có thể tiến hành bằng phương pháp cuộn hay phương pháp đơn chiếc (cán từng tấm một). Trong đại đa số các trường hợp, cán tinh chỉnh tiến hành qua một lần cán và chỉ áp dụng khi thép đã hoàn toàn nguội, trường hợp ngược lại, sẽ xảy ra hiện tượng hoá già với cường độ lớn làm cho cơ tính của thép thành phẩm kém đi. Thực tế cho thấy, đối với các loại thép dùng sản xuất vỏ ôtô, nhiệt độ của thép khi đưa vào cán là không được vượt quá 60°C.

Bề mặt trục làm việc của các máy cán tinh chỉnh có thể mờ hoặc bóng. Để tạo bề mặt mờ cho trục cán, người ta dùng phương pháp phun hạt gang hoặc thép tôi lên bề mặt trục sau khi mài. Các trục có bề mặt mờ dùng để cán tinh chỉnh thép vỏ ôtô, vì thép có bề mặt mờ thường dễ dập hơn so với thép có bề mặt bóng.

Lực kéo căng trong quá trình cán tinh chỉnh (thép cuộn) được chọn phụ thuộc vào mác thép và kích thước của băng kim loại. Để ổn định lượng ép theo chiều dọc băng, lực kéo căng phải luôn giữ cố định. Thường, đối với thép băng dày (0,3÷1,0)mm lực kéo căng riêng sau (giữa giá cán và máy dỡ cuộn) nằm trong khoảng (30÷40) MN/m^2, lực kéo căng riêng trước (giữa giá cán và máy cuốn) nằm trong khoảng (50÷60) MN/m^2 . Đối với các loại thép băng dày hơn, lực kéo căng riêng sau và trước tương ứng không quá 15 MN/m^2 và 25 MN/m^2.

Vì lượng ép trong cán tinh chỉnh thường rất nhỏ nên việc xác định chính xác trực tiếp lượng ép tuyệt đối, trong thực tế, không thể thực hiện được. Để đánh giá lượng ép trong quá trình cán tinh chỉnh, người ta sử dụng hệ số giãn dài. Bằng các thiết bị đo độ chênh lệch vận tốc của băng thép trước và sau giá cán, người ta có thể xác định tương đối chính xác hệ số giãn dài của băng kim loại, từ đó suy ra lượng ép. Hiện nay, tất cả các máy cán tinh chỉnh đều được trang bị hệ thống tự động điều chỉnh lượng ép thông qua điều chỉnh hệ số giãn dài.

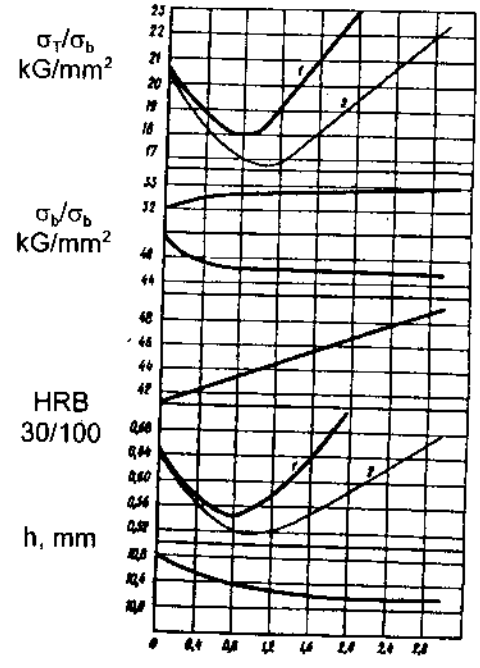
Trong quá trình cán tinh chỉnh, kim loại biến dạng không đồng đều theo chiều dày. Do lượng ép nhỏ nên chỉ một lớp mỏng trên hai bề mặt biến dạng và hoá bền, còn lớp giữa vẫn giữ nguyên trạng thái ban đầu (trạng thái ủ). Thử kéo các mẫu thép cacbon thấp sau khi cán là, trên đường cong ứng suất-biến dạng không xuất hiện khoảng chảy phẳng. Do vậy, trong quá trình dập tiếp theo, trên bề mặt của chi tiết không xuất hiện những đường trượt (khả năng xuất hiện đường trượt trong quá trình dập tỷ lệ thuận với độ rộng của khoảng chảy phẳng).

Quá trình cán tinh chỉnh có ảnh hưởng đáng kể đến cơ tính của thép. Trên hình 4.28 trình bày sự phụ thuộc của cơ tính vào lượng ép trong khi cán tinh chỉnh đối với thép vỏ ôtô. Kết quả cho thấy, giới hạn chảy (σ_T) của thép thay đổi rõ rệt hơn cả. Ở lượng ép khoảng (0,8÷1,2)%, giới hạn chảy có giá trị cực tiểu. Khi lượng ép tăng, độ cứng HRB cũng tăng nhưng không đáng kể, độ giãn dài tương đối (δ) và độ lún Ericsen (h) giảm dần, còn giới hạn bền (σ_b) hầu như không thay đổi. Đặc điểm biến đổi của tỷ số (σ_T/σ_b) tương tự giới hạn chảy. Sự giảm đi của giới hạn chảy khi cán là được giải thích trên cơ sở lý thuyết lệch. Sự khác nhau về mức độ biến đổi σ_T trong trường hợp cán tinh chỉnh có và không có dầu bôi trơn công nghệ được giải thích bởi ảnh hưởng của ma sát tiếp xúc đến mức độ thẩm thấu biến dạng, hay nói một cách khác đến độ dày của lớp bề mặt biến cứng.

Để nâng cao tính dập của thép thành phẩm, cần phải giảm độ dày của lớp kim loại biến dạng đến mức tối thiểu, chỉ đủ để ngăn ngừa khả năng xuất hiện đường trượt trên bề

mặt chi tiết dập. Thực tế cho thấy, thép sẽ có tính dập tốt nhất khi tỷ số giữa giới hạn chảy và giới hạn bền không quá 0,6. Vì vậy, đối với thép cacbon thấp, lượng ép tối ưu cho cán tinh chỉnh được chọn từ điều kiện σ_T/σ_b= min, và thường bằng 1%. Tuy nhiên, trong điều kiện sản xuất, rất khó ổn định một lượng ép nhỏ như vậy nên, căn cứ vào các yêu cầu về độ chính xác của thép thành phẩm, người ta qui định miền biến đổi của lượng ép tối ưu. Ví dụ, khi cán là thép băng từ các mác thép sôi, thép nửa lắng, miền biến đổi lượng ép tối ưu là (0,8÷1,2)%, đối với các loại thép không hoá già, thép lắng, miền biến đổi lượng ép tối ưu tương ứng (1,0÷1,4)% và ≤ 2%.

Các mác thép cacbon sôi và nửa lắng sau khi cán tính chỉnh thường bị hoá già do biến dạng. Ở nhiệt độ thường, đặc biệt ở nhiệt độ cao hơn, quá trình hoá già dẫn đến sự gia tăng đáng kể của độ cứng, σ_T, σ_b, và sự giảm rõ rệt của tính dẻo (trên đường cong thử kéo xuất hiện rõ khoảng chảy phẳng). Thời gian cần thiết để biến đổi cơ tính của thép do hoá già biến dạng phụ thuộc và nhiệt độ và mức độ biến dạng. Để tránh ảnh hưởng của hoá già đến quá trình dập sản phẩm, thép sau khi cán tinh chỉnh nên đưa đi dập ngay.



Hình 4.28. *Phụ thuộc của cơ tính thép băng cán nguội 0,08%C-1%Al vào mức độ biến dạng khi cán tinh chỉnh:*

1. không dùng dầu bôi trơn công nghệ;
2. có sử dụng dầu bôi trơn công nghệ.

Để ngăn ngừa hoá già, người ta cho thêm vào thép cacbon thấp các nguyên tố vanadi, nhôm hoặc bo. Thép loại này, sau khi cán tinh chỉnh, không bị hoá già trong vài năm và thường được dùng để chế tạo vỏ ôtô.

Đối với các loại thép hợp kim, cán tinh chỉnh làm cho cơ tính của thép kém đi, ngay cả khi lượng ép rất nhỏ (0,5÷0,6)%. Do vậy, cán tinh chỉnh được áp dụng cho các mác thép hợp kim chủ yếu nhằm tăng chất lượng bề mặt và độ phẳng của của thép thành phẩm.

Khi cán tinh chỉnh không sử dụng dầu bôi trơn công nghệ, muội khói, bụi kim loại và các bụi bẩn khác từ bề mặt băng thép dính bám lên bề mặt trục, đặc biệt là các trục có bề mặt mờ (nhám), làm bề mặt trục bị bẩn, dẫn đến hư hại. Đây chính là một trong những

nguyên nhân gây nên những vết bẩn, những vết hằn trên bề mặt thép sau khi cán tinh chỉnh. Để khắc phục phần nào sự tạo thành các khuyết tật trên, ở một số máy cán tinh chỉnh người ta sử dụng chất bôi trơn công nghệ. Trong trường hợp này, chất bôi trơn được đưa vào vùng biến dạng với một lượng dư nhất định, đủ để tạo thành gờ bôi trơn trước trục cán. Khi đó, muội và các bụi bẩn khác sẽ được rửa sạch khỏi bề mặt thép bằng gờ chất bôi trơn thừa. Chất bôi trơn công nghệ cho cán tinh chỉnh thường là dung dịch nhũ tương có pha thêm các chất rửa và chống gỉ.

Kinh nghiệm cho thấy, chất bôi trơn công nghệ trong quá trình cán tinh chỉnh thép cacbon thấp có tác dụng nâng cao chất lượng bề mặt, giảm giới hạn chảy và tỷ số σ_T/σ_b (hình 4.26), giảm các thông số năng lượng của quá trình cán và tăng tuổi thọ của trục cán. Do có bôi trơn công nghệ nên ứng suất tiếp trên bề mặt tiếp xúc giữa kim loại và trục cán giảm đi đáng kể, dẫn đến sự thuyên giảm độ thẩm thấu biến dạng dẻo theo chiều cao vùng biến dạng, độ dày của lớp biến cứng trên bề mặt băng thép, do đó, cũng giảm đi. Đây chính là nguyên nhân dẫn đến cơ tính của thép cán tinh chỉnh có bôi trơn tốt hơn so với trường hợp không sử dụng chất bôi trơn công nghệ.

4.12. Tinh chỉnh thép cán nguội

Phụ thuộc vào công dụng, sau khi cán nguội, thép cacbon được nhiệt luyện, cán tinh chỉnh, phủ lớp bảo vệ, cắt, làm sạch, phân loại và đóng gói. Một số dạng sản phẩm có thể qua các khâu xử lý như tẩy điện phân, nắn phẳng bổ sung, phân loại bổ sung, ... Nhiệt luyện, cán tinh chỉnh đã trình bày trong 4.9, 4.10. Sản xuất thép lá và thép băng có phủ lớp bảo vệ sẽ được trình bày trong chương 5. Trong mục này ta chỉ xét các công đoạn cắt, phân loại và đóng gói sản phẩm.

Thép cacbon cán nguội không phủ lớp bảo vệ, sau khi cán tinh chỉnh, có thể chuyển đến nơi tiêu thụ dưới dạng cuộn dải hẹp hay dưới dạng tấm (lá). Trong trường hợp này, thép cuộn được chuyển đến hệ thống máy cắt dọc hoặc cắt ngang chuyên dùng. Đôi khi người ta sử dụng các hệ thống máy cắt liên hợp có thể cắt thép băng thành tấm theo kích thước qui định hay xẻ dọc thành dải hẹp ở dạng cuộn.

Ở các xưởng cán nguội hiện đại, người ta thường đặt 2-3 hệ thống máy cắt ngang và 1-2 hệ thống máy cắt dọc. Các hệ thống máy cắt liên hợp chỉ sử dụng ở các xưởng cán nguội có khối lượng sản xuất nhỏ và chủng loại sản phẩm rộng.

Các hệ thống máy cắt hiện đại là một tổ hợp máy có khả năng đảm bảo mọi nguyên công như nhận và dỡ cuộn, tải băng thép, nắn phẳng, cắt (kể cả cắt mép biên), tráng dầu, phân loại, xếp tấm thành phẩm thành tệp hay cuốn thép dải thành cuộn. Các hệ thống máy cắt ngang được trang bị các máy cắt bay kiểu trục, có thể làm việc với vận tốc chuyển động của băng thép đến hơn 6 m/s. Tốc độ chuyển động của băng thép ở các hệ thống máy cắt dọc đạt tới 7 m/s.

Các hệ thống máy cắt ngang được trang bị máy phân loại tự động, quá trình phân loại tấm tiến hành đồng thời với cắt.

Thép có thể không đảm bảo các yêu cầu về cơ tính, tính dập hay các yêu cầu về thành phần hoá học. Các thông số trên cần được kiểm tra bằng cách thử nghiệm mẫu cho mỗi loạt thép.

Khuyết tật của thép cán nguội được chia thành hai nhóm :

- Nhóm có nguồn gốc từ quá trình cán, bao gồm các khuyết tật như sai lệch kích thước, hình dạng, tổ chức của lớp biến cứng bề mặt sau khi cán tinh chỉnh không đạt yêu cầu, bề mặt bị xước, gỉ bị cán ép vào bề mặt thép, ...
- Nhóm có nguồn gốc từ quá trình nấu luyện, bao gồm các khuyết tật như phân lớp, dấu vết rỗ co, không đảm bảo thành phần hoá học,... .

Sau khi phân loại, thép được đóng gói và chuyển đến nơi tiêu thụ. Đóng gói thép cuộn và thép tệp nhằm bảo vệ thép khỏi bị gỉ và tránh xây xước, va chạm trong khi vận chuyển. Cách thức đóng gói phụ thuộc vào công dụng của thép và phương thức vận chuyển.

4.13. Các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật trong sản xuất thép băng cán nguội

Năng suất của các máy cán nguội phụ thuộc vào tốc độ cán, khối lượng cuộn thép, chủng loại thép cán, đặc tính của động cơ truyền động, thời gian nghỉ của máy cán và các yếu tố khác.

Để xác định năng suất giờ trung bình về mặt kỹ thuật có thể đạt được (năng suất giờ trung bình kỹ thuật) của các máy cán nguội liên tục, ta có thể sử dụng công thức :

$$N = \frac{3600m}{c_1 \frac{m}{v_{co}} + c_2(1+k_h)v_{co} + (c_3 + k_h c_4)\frac{1}{v_{co}} + c_5 + k_h c_6 + c_7 m}, \quad (4.58)$$

trong đó, m- khối lượng cuộn thép sau khi hàn nối, T; k_h- số lượng mối hàn trong một cuộn thép, được xác định căn cứ vào khối lượng cuộn thép sau khi cán nóng m_n $\left(k_h = m/m_n - 1\right)$; v_{co} - tốc độ cán ổn định, m/s. Giá trị của các hệ số c_i xác định theo các công thức sau :

$$c_1 = \frac{1}{\rho_m b_c h_c}, \text{ m/T}$$

$$c_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{a_t} + \frac{1}{a_g}\right), \text{ s}^2/\text{m}$$

$$c_3 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{a_t} + \frac{1}{a_g}\right)v_n^2 - l_{nc} \approx -l_{nc}, \text{ m}$$

$$c_4 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{a_t} + \frac{1}{a_g}\right)v_{ho}^2 - l_{ho}, \text{ m}$$

$$c_5 = t_{no} - \left(\frac{1}{a_t} + \frac{1}{a_g}\right)v_n \approx t_{no}, \text{ s}$$

$$c_6 = \frac{l_{ho}}{v_{ho}} - \left(\frac{1}{a_t} + \frac{1}{a_g}\right)v_{ho}, \text{ s}$$

$$c_7 = \frac{3600 t_{tt} n_{gc}}{Q_m}, \text{ h/T}$$

trong đó, ρ_m- khối lượng riêng của thép cán, T/m^3; b_c, h_c - tương ứng chiều rộng và chiều dày cuối cùng của băng thép, m; a_t , a_g - tương ứng gia tốc của động cơ truyền động trong trong giai đoạn tăng và giảm tốc độ cán, m^2/s; v_n - vận tốc cán trong giai đoạn nạp thép (đầu trước của băng thép đi từ giá cán đầu tiên đến máy cuốn và được kẹp chặt trên tang cuộn) và trong giai đoạn cán phần cuối của băng kim loại (khi trên tang của máy dỡ cuộn còn lại khoảng 2-3 vòng, tốc độ cán giảm dần đến vận tốc nạp ổn định) m/s; l_{nc}- chiều dài phần đầu và phần cuối băng kim loại cán với vận tốc nạp, m; v_{ho}- tốc độ cán ổn định vùng mối hàn (phần thép có mối hàn nối giữa các cuộn đi qua tất cả các giá cán với tốc độ ổn định $v_{ho} < v_{co}$), m/s; l_{ho}- chiều dài phần băng thép cán với vận tốc v_{ho}, m; t_{no}- thời gian thực hiện các nguyên công chuẩn bị và nạp thép, kể cả thời gian cán phần đầu và phần cuối băng thép với vận tốc nạp, s

($t_{no} \approx 50$ s ÷ 60 s); t_{tl}- thời gian thay trục cán định mức cho mỗi giá, h; n_{gc}- số lượng giá cán của máy liên tục ; Q_m- khối lượng thép định mức cán theo kế hoạch giữa hai lần thay trục cán, T.

Chiều dài phần băng thép cán với vận tốc nạp xác định như sau :

$$l_{nc} = l_{n1} + l_{n2}, \text{ m}$$

trong đó, l_{n1} - chiều dài phần đầu của băng thép cán với vận tốc nạp, bằng khoảng cách từ giá cán cuối cùng đến máy cuốn và số lượng vòng thép tối thiểu trên tang máy cuốn (2-3 vòng), m, thường l_{n1}= (6÷7) m; l_{n2}- chiều dài phần cuối băng thép cán với vận tốc nạp, bằng tổng khoảng cách từ máy dỡ cuộn đến giá cán đầu tiên, từ giá cán đầu tiên đến giá cán cuối cùng, từ giá cán cuối cùng đến máy cuốn, qui đổi về chiều dài của băng kim loại tương ứng độ dày h_c , m. Ví dụ, đối với máy liên tục 5 giá, l_{n2} tính như sau :

$$l_{n2} = l_{d-1}\frac{h_o}{h_c} + l_{1-2}\frac{h_1}{h_c} + l_{2-3}\frac{h_2}{h_c} + l_{3-4}\frac{h_3}{h_c} + l_{4-5}\frac{h_4}{h_c} + l_{5-c}, \text{ m}$$

trong đó, l_{d-1}, l_{1-2}, l_{2-3}, l_{3-4}, l_{4-5}, l_{5-c}- tương ứng khoảng cách giữa máy dỡ cuộn và giá thứ nhất, giữa các giá tương ứng kề nhau, giữa giá thứ năm và máy cuốn, m; h_o - chiều dày của phôi; h_1, h_2, h_3, h_4 - tương ứng chiều dày của băng thép sau giá cán thứ nhất, thứ hai, thứ ba và thứ tư.

Chiều dài l_{ho} tính theo công thức :

$$l_{ho} = l_{n2} - l_{d-1}\frac{h_o}{h_c} + l_{5-c}, \text{ m}.$$

Năng suất giờ trung bình kỹ thuật của các máy cán nguội đảo chiều xác định theo công thức :

$$N = \frac{3600m}{\left[c_1 m\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{v_{co,i}h_i} + c_2(1+k_h)\sum_{i=1}^{n}v_{co,i} + (c_3 + k_h c_4)\frac{1}{v_{co,i}} + (c_3 + k_h c_4)\times \sum_{i=2}^{n}\frac{1}{v_{co,i}} + n(c_5 k_h + c_6) + c_7 + mc_8\right]}, \text{ m} \quad (4.59)$$

trong đó, n - số lần cán; $v_{co,i}$- tốc độ cán ổn định trong lần cán thứ i, m/s; h_i - chiều dày của băng thép sau lần cán thứ i, m. Các hệ số c_1 - c_8 xác định theo các công thức sau :

$$c_1 = \frac{1}{\rho_m b_c}, \ m^2/T$$

$$c_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{a_t} + \frac{1}{a_g}\right), \ s^2/m$$

$$c_3' = -l_{nk}, \ m$$

$$c_3 = -l_k, \ m$$

$$c_4 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{a_t} + \frac{1}{a_g}\right) v_{ho}^2, \ m$$

$$c_5 = -v_{ho}\left(\frac{1}{a_t} + \frac{1}{a_g}\right), \ s$$

$$c_6 = t_p, \ s$$

$$c_7 = t_{no}, \ s$$

$$c_8 = \frac{3600 t_{tt}}{Q_m}, \ h/T$$

trong đó, l_{nk}- chiều dài của hai đầu cuộn thép cán với vận tốc nạp và không được cán trong lần cán đầu tiên, m; l_k- chiều dài hai đầu cuộn thép không được cán trong các lần cán, trừ lần cán đầu tiên, thường l_k = (12÷18) m; t_p- thời gian đảo chiều trục cán, kể cả thời gian cán với vận tốc nạp ngay trước khi đảo, s; t_{no}- thời gian thực hiện các nguyên công chuẩn bị và nạp thép không trùng nhau, s (t_{no}≈ 60) s. Các ký hiệu còn lại đã chú thích trong các công thức công thức dùng cho máy liên tục.

Năng suất giờ thực tế (có tính đến phế phẩm và các hao hụt khác) xác định theo công thức :

$$\aleph_{tp} = k_s k_t \aleph, \ T/h \qquad (4.60)$$

trọng đó, k_s - hệ số sử dụng của máy cán, giá trị cực đại của k_s nằm trong khoảng (0,86÷0,94) ; k_t - hệ số thành phẩm (đối với các máy cán liên tục, có thể nhận k_t = 0,99 ÷1,0).

Biết năng suất giờ thực tế đối với mỗi chủng loại sản phẩm, N_{tp}, theo các công thức tính năng suất đã trình bày trong chương 2, ta có thể xác định năng suất giờ bình quân và năng suất năm cho toàn bộ chủng loại sản phẩm cán trên máy. Ở các máy cán nguội liên tục hiện đại, số giờ làm việc trong một năm khoảng (7200 ÷ 7500) giờ, ở các máy đảo chiều - (7500 ÷ 7800) giờ, mặc dù thời gian làm việc danh nghĩa (bằng thời gian lịch trừ đi thời gian đại tu và sửa chữa định kỳ) của các máy này là (8100 ÷ 8200) giờ. Thời gian nghỉ ở các máy liên tục chiếm khoảng (9 ÷ 13)%, ở các máy đảo chiều - (5 ÷ 9)% thời gian làm việc danh nghĩa.

- *Tiêu hao kim loại*

Lượng tiêu hao kim loại trong cán nguội bao gồm : tiêu hao trong qua trình tẩy gỉ axit do ăn mòn, đầu, đuôi và mép biên bị cắt bỏ, phế phẩm do đứt trong quá trình cán, phế phẩm trong quá trình kiểm nghiệm, phân loại do không đạt yêu cầu về kích thước, chất lượng bề mặt, cơ tính, ...

Lượng tiêu hao kim loại trong các xưởng cán nguội được đánh giá bởi hệ số tiêu hao k_h , xác định bởi tỷ số giữa khối lượng thép phôi và khối lượng thép thành phẩm thu được. Đối với các mác thép các bon k_h = 1,07 ÷ 1,13. Đối với các mác thép kỹ thuật điện hệ số tiêu hao kim loại có thể tới 1,37.

- *Tiêu hao điện năng*

Trong công nghệ sản xuất thép cán nguội, điện năng tiêu hao cho quá trình cán, cho quá trình tẩy gỉ, nhiệt luyện, tinh sửa, ... Lượng điện năng tiêu hao phụ thuộc vào mác thép cán, kích thước phôi và sản phẩm, kiểu máy và công dụng của thép thành phẩm.

Ở các máy cán nguội thép băng liên tục và đảo chiều, để sản xuất 1 T thép cacbon thành phẩm tốn khoảng (90 ÷ 120) kW.h. Đối với các mác thép kỹ thuật điện, lượng tiêu hao điện năng cho 1 T sản phẩm cao hơn đến 4-5 lần so với thép cacbon.

- *Tiêu hao nhiên liệu, nước, khí bảo vệ, axit và trục cán*

Ở các xưởng cán nguội, nhiên liệu tiêu hao cho quá trình nhiệt luyện thép sau khi cán. Phụ thuộc vào kiểu lò và công dụng của thép cán nguội, lượng nhiên liệu tiêu hao cho 1 T sản phẩm tương đương khoảng (230 000 ÷ 265 000) kcal.

Để sản xuất 1 T thép cacbon kết cấu thành phẩm tốn khoảng 1 m^3 nước, 1T tôn tốn khoảng (17 ÷ 18) m^3 nước.

Phụ thuộc vào kiểu lò, để ủ 1 T thép cần (8 ÷ 12) m^3 khí bảo vệ.

Lượng axit sunfuric tiêu hao cho 1 T thép phôi khoảng (10 ÷15)kg. Trường hợp sản xuất tôn, do phải tẩy sạch bề mặt thép trước khi phủ lớp bảo vệ, lượng tiêu hao axit tăng đến (12 ÷ 18) kg.

Phụ thuộc vào kiểu máy cán, lượng tiêu hao trục cán cho một tấn thép thành phẩm như sau .

-Máy liên tục 5 giá	(1,25 ÷ 2,0) kg
- Máy liên tục 4 giá	(0,80 ÷ 1,5) kg
- Máy đảo chiều	(1,00 ÷ 1,6) kg
- Máy đảo chiều nhiều trục	0,6 kg

CHƯƠNG 5

SẢN XUẤT BIMETAL VÀ THÉP CÓ PHỦ LỚP BẢO VỆ

5.1. Sản xuất tấm, băng bimetal

Bimetal là vật liệu được tạo bởi hai lớp kim loại hay hợp kim không cùng loại, liên kết chặt chẽ với nhau trên toàn bộ bề mặt tiếp xúc thành một thể liền khối. Nếu số lớp kim loại từ 3 trở lên, ta có kim loại nhiều lớp. Về nguyên tắc, công nghệ chế tạo kim loại nhiều lớp không khác so với kim loại hai lớp, do đó để đơn giản thuật ngữ, người ta dùng từ bimetal chung cho cả hai loại.

Theo công dụng, bimetal có thể chia thành các nhóm chống gỉ, chống mài mòn, chống ma sát, bimetal dụng cụ, bimetal tự mài sắc, bimetal tiếp điểm, bimetal nhiệt (lưỡng kim nhiệt), ...

Trong đại đa số các trường hợp, bimetal chống gỉ có nền là thép cacbon hoặc thép hợp kim thấp, được bọc bởi thép chống gỉ, đồng, niken, nhôm, titan, các hợp kim đồng, hợp kim titan và một số kim loại, hợp kim khác. Độ dày phổ biến của lớp bọc chiếm khoảng (5÷25)% chiều dày tổng cộng.

Bimetal chống ma sát thường là nền thép bọc hợp kim chống ma sát cơ sở nhôm, được sản xuất dưới dạng băng hẹp. Loại bimetal này dùng chế tạo các loại bạc lót trục. Độ dày phổ biến của lớp bọc chiếm khoảng (25÷45)% chiều dày tổng cộng.

Bimetal dụng cụ và chống mài mòn dùng chế tạo các dụng cụ cắt gọt kim loại, gỗ, da, giấy và các loại dụng cụ khác. Trong trường hợp này, nền bimetal thường là thép cacbon

có độ dai cao, còn lớp bọc là thép dụng cụ hợp kim cao hay các hợp kim cứng. Độ dày phổ biến của lớp bọc chiếm khoảng 30% chiều dày tổng cộng.

Để sản xuất các loại dụng cụ như bàn gạt đất, gầu xúc đất đá, diệp cày, lưỡi cày, ..., cho các máy làm đất công trình và nông nghiệp, người ta sử dụng các loại bimetal chống mài mòn gồm 2-3 lớp. Ngoài độ bền cao, các dụng cụ chế tạo từ các loại bimetal này còn có khả năng tự mài sắc trong quá trình làm việc. Đối với các loại bimetal 3 lớp, các lớp bọc ngoài có thành phần hoá học và độ dày như nhau nhằm ngăn ngừa sự cong vênh trong quá trình nhiệt luyện. Độ dày của lớp thép nền thường không nhỏ hơn 30% độ dày tổng cộng.

Trong công nghiệp điện chân không, người ta ứng dụng rộng rãi các loại bimetal nền thép được phủ hai mặt bằng niken hoặc nhôm. Các loại bimetal này được sản xuất dưới dạng dải rộng (80 ÷ 100) mm, dày (0,1 ÷ 0,5) mm. Độ dày của lớp phủ bề mặt chiếm khoảng (6 ÷12)% độ dày tổng cộng.

Trong công nghiệp máy dầu, hoá học, ôtô và hàng không, loại bimetal tấm mỏng thép cacbon thấp phủ nhôm, dùng cho dập sâu, được ứng dụng rộng rãi.

Để sản xuất tấm và băng bimetal người ta đã đưa ra nhiều phương pháp khác nhau. Dưới đây là các phương pháp trong thực tế được ứng dụng rộng rãi hơn cả :

- Phương pháp đúc;
- Phương pháp hàn gắn;
- Phương pháp biến dạng dẻo;
- Phương pháp nổ.

Các phương pháp kể trên chỉ để tạo phôi bimetal cho các máy cán để tiếp tục gia công thành tấm hoặc băng. Trường hợp chế tạo phôi bằng phương pháp đúc, sự liên kết giữa kim loại bọc và kim loại nền xảy ra trong quá trình đúc cũng như trong quá trình cán tiếp theo.

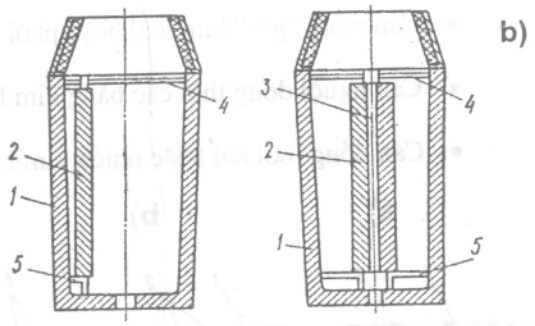
Các phương pháp chế tạo phôi bimetal đúc như sau :

- Rót kim loại lỏng vào khuôn đúc 1, trong đó đã đặt sẵn một (hình 5.1-a) hoặc hai (hình 5.1-b) tấm kim loại bọc 2. Các tấm kim loại bọc được giữ chặt bằng các thanh chống 4 và thanh góc 5. Lớp ngăn cách 3 có tác dụng ngăn ngừa sự dính kết giữa các lớp kim loại bọc.

• Rót đồng thời hoặc kế tiếp nhau hai kim loại nóng chảy vào một khuôn có tấm ngăn. Tấm ngăn có thể giữ lại trong thỏi đúc hoặc lấy ra trong khi các lớp kim loại chưa kết tinh hoàn toàn.

• Kim loại nền 3 được rót vào phần khuôn kết tinh 1 của hệ thống đúc liên tục (hình 5.2). Sau khi kim loại nền kết tinh và bắt đầu thoát khỏi khuôn, người ta rót tiếp kim loại bọc 4 vào phần khuôn kết tinh 2. Các con lăn 5 có tác dụng kéo bimetal khỏi khuôn kết tinh.

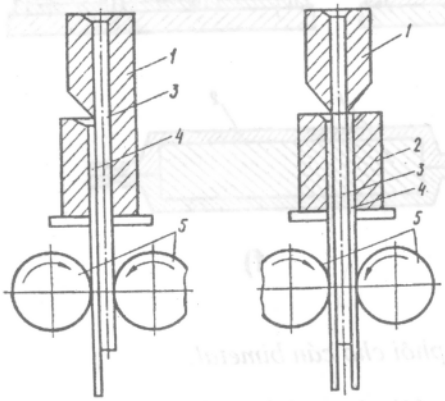
• Rót kim loại lỏng lên bề mặt của băng kim loại đang chuyển động hoặc rót kim loại lỏng từ gầu rót 1 vào giữa hai băng kim loại đang chuyển động (hình 5.3). Phôi bimetal được kéo qua bộ phận kết tinh 3 và giàn con lăn 4 bằng các con lăn kéo 5, sau đó được cuốn thành cuộn ở thiết bị cuốn 6. Thiết bị dỡ cuộn 7 và lò nung 2 dùng để dỡ cuộn và nung các băng kim loại đến nhiệt độ cần thiết trước khi rót lên chúng kim loại lỏng. Con lăn 8 có tác dụng định và dẫn hướng cho băng bimetal.



Hình 5.1. Sơ đồ khuôn đúc phôi thỏi bimetal:

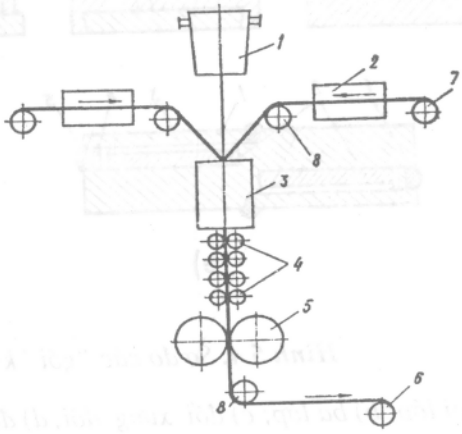
a. đúc một phôi;

b. đúc đồng thời hai phôi.



Hình 5.2. Sơ đồ hệ thống đúc phôi tấm bimetal:

a) đúc phôi hai lớp; b) đúc phôi ba lớp.



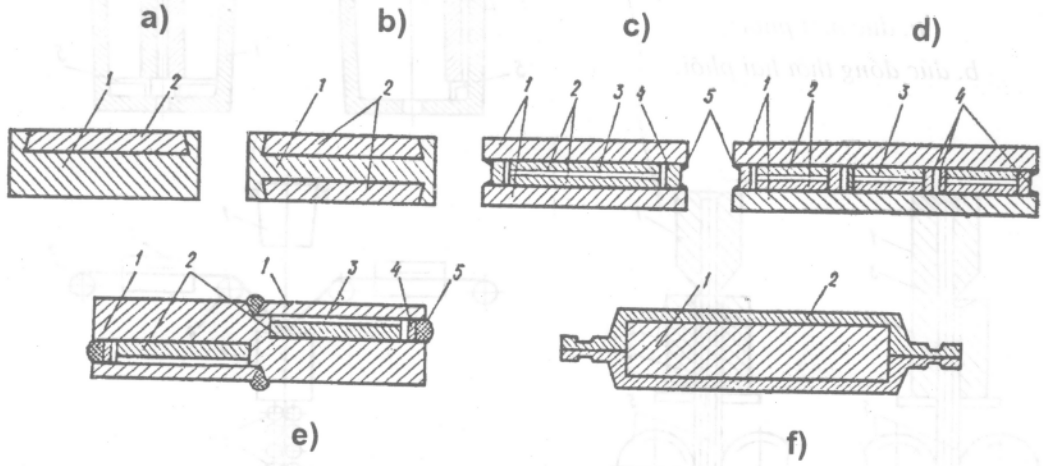
Hình 5.3. Sơ đồ sản xuất phôi bimetal bằng phương pháp rót kim loại lỏng vào giữa hai băng kim loại đang chuyển động.

Ưu điểm của phương pháp đúc là có thể sản xuất phôi bimetal có khối lượng lớn mà không đòi hỏi nhiều vốn đầu tư và thiết bị phức tạp. Tuy nhiên, phương pháp này chỉ được áp dụng để đúc phôi bimetal từ một số ít kim loại. Ngoài ra, khi cán tấm bimetal từ phôi đúc, hệ số tiêu hao kim loại tăng và chất lượng bề mặt sản phẩm kém. Do những nhược điểm trên nên phương pháp đúc phôi bimetal được sử dụng rất hạn chế.

Sản xuất bimetal bằng phương pháp cán hiện nay được áp dụng rộng rãi hơn cả. Cơ sở của phương pháp này là tạo sự dính kết giữa các lớp kim loại, cùng loại hay khác nhau, trong quá trình biến dạng dẻo kết hợp với sự tạo thành các mối liên kết kim loại. Độ bền liên kết giữa các lớp kim loại phụ thuộc vào thành phần hoá học của chúng, trạng thái bề mặt tiếp xúc, nhiệt độ biến dạng dẻo, lượng ép tổng cộng và lượng ép riêng trong quá trình cán, ...

Để sản xuất bimetal bằng phương pháp biến dạng dẻo kết hợp, ta có thể áp dụng các nguyên lý công nghệ sau :

- Cán nóng "gói" kim loại hoặc phôi bimetal đúc (hình 5.4);
- Cán nguội đồng thời các băng kim loại (hình 5.5);
- Cán đồng thời hai hoặc nhiều kim loại hay hợp kim dưới dạng bột.

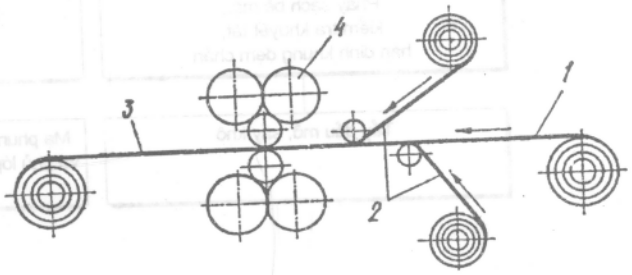


Hình 5.4. *Sơ đồ các "gói" kim loại, phôi cho cán bimetal:*

a) hai lớp; b) ba lớp; c) đối xứng đôi, d) đối xứng đôi từng phần; e) không đối xứng; f) kim loại nền được gói trong các lá kim loại bọc;

1- lớp kim loại nền; 2- lớp kim loại bọc; 3- lớp ngăn cách; 4- đệm chắn; 5- mối hàn.

Các phương pháp công nghệ dựa trên các nguyên lý nêu trên cho phép sản xuất các băng, dải bimetal mỏng từ nhiều kim loại và hợp kim khác nhau với chất lượng bề mặt tốt. Tuy nhiên, các phương pháp công nghệ này cũng có các nhược điểm như chiều dày và chiều rộng của bimetal bị hạn chế (để đảm bảo sự dính kết tốt giữa các lớp kim loại, chiều dày lớn nhất của tấm bimetal bị khống chế bởi lượng ép cần thiết), độ đồng đều chiều dày thành phẩm thấp, cần thêm vốn đầu tư cho các thiết bị chuyên dùng trong khâu tạo phôi bimetal. Mặc dù vậy, các phương pháp công nghệ sản xuất bimetal bằng biến dạng dẻo kết hợp vẫn được ứng dụng ngày càng rộng rãi.



Hình 5.5. Sơ đồ cán nguội bimetal ba lớp:

1. băng kim loại nền;2. các băng kim loại bọc;3. băng bimetal ba lớp;4. máy cán.

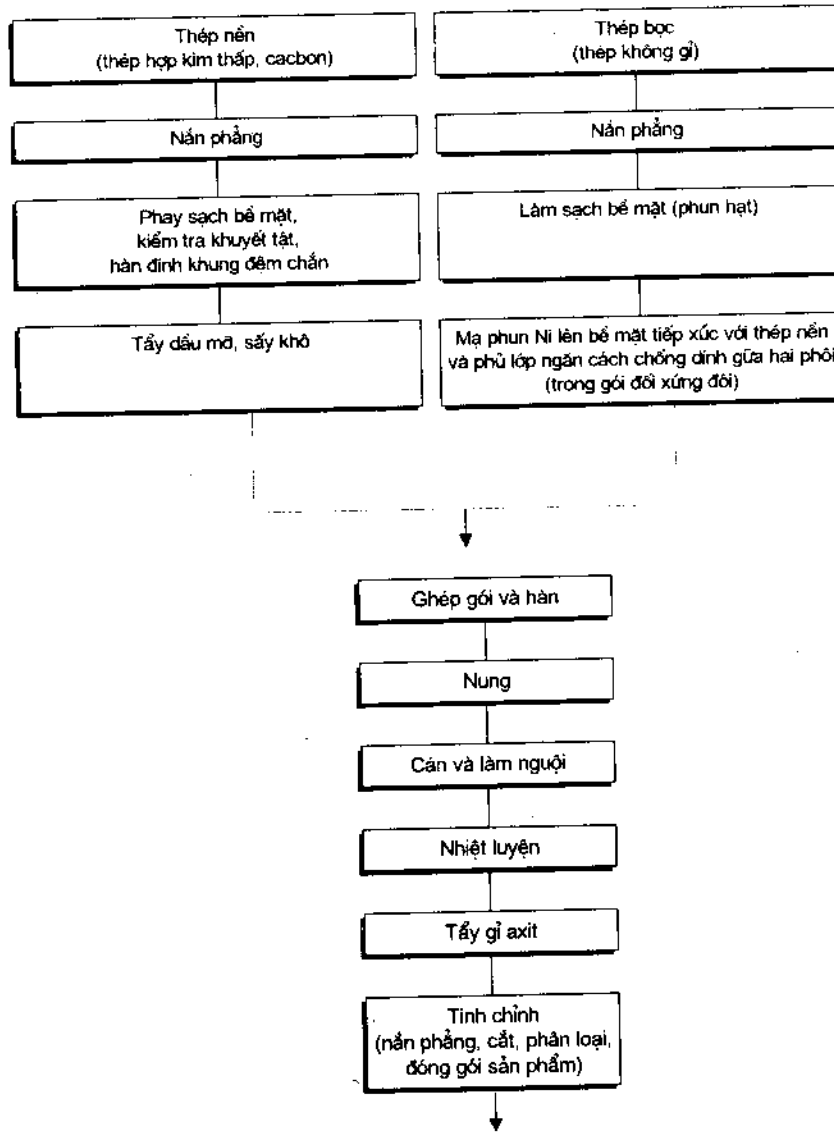
Trong các phương pháp sản xuất bimetal dựa trên nguyên lý hàn gắn, phương pháp hàn xỉ điện được chú ý hơn cả. Phương pháp này có ưu điểm là cho phép chế tạo bimetal có chiều dày đến (50÷150) mm.

Sản xuất bimetal bằng phương pháp nổ dựa trên cơ sở sử dụng năng lượng sóng xung do quá trình nổ gây nên. Phương pháp này đảm bảo độ bền liên kết cao và cho phép chế tạo bimetal có độ dày bất kỳ với bất kỳ sự tổ hợp nào giữa các kim loại và hợp kim. Tuy nhiên, phương pháp nổ cũng chỉ áp dụng để chế tạo các tấm bimetal có kích thước tương đối nhỏ, với sự tổ hợp giữa các kim loại và hợp kim mà bằng các phương pháp khác khó thực hiện.

Tóm lại, trong tất cả các phương pháp sản xuất bimetal đề cập ở trên, phương pháp biến dạng dẻo kết hợp trên máy cán được áp dụng rộng rãi hơn cả. Các phương pháp công nghệ khác chỉ có ứng dụng rất hạn chế, trong các trường hợp khi phương pháp cán khó hoặc không thể thực hiện được.

Trên hình 5.6 trình bày sơ đồ công nghệ sản xuất tấm bimetal thép không gỉ với nền là thép cacbon hoặc thép hợp kim thấp. Sản phẩm bimetal có độ dày (4÷25) mm được cán từ gói đối xứng đôi (hình 5.4-c) dày (200÷350) mm, chiều dày lớp thép nền (80÷150) mm. Trước khi ghép gói, một mặt (tiếp xúc với thép nền) của lớp thép bọc (không gỉ) được phủ Ni

bằng phương pháp mạ phun (phun bụi Ni nóng chảy). Lớp mạ Ni có tác dụng làm tăng khả năng bám dính giữa lớp bọc và nền trong quá trình cán. Gói sau khi ghép được nung đến (1200÷1250)°C, nhiệt độ kết thúc cán khoảng (800÷900)°C. Qui trình cán và làm nguội bimetal tiến hành tương tự thép cacbon (hay thép hợp kim thấp). Để tăng độ bền liên kết giữa các lớp kim loại, lượng ép trong những lần cán đầu tiên phải ở mức cao nhất cho phép.



Hình 5.6. *Sơ đồ qui trình công nghệ sản xuất bimetal thép cacbon (hay thép hợp kim thấp) - thép không gỉ.*

5.2. Sản xuất thép lá và thép băng có phủ lớp kim loại bảo vệ

Thiếc, kẽm, nhôm, crom, niken, đồng, chì là các kim loại được sử dụng tương đối phổ biến để làm kim loại bảo vệ phủ bề mặt thép lá và thép băng cán nguội.

Để phủ các lớp kim loại bảo vệ lên bề mặt thép lá và thép băng, người ta áp dụng các phương pháp sau :

Phủ kim loại lên bề mặt thép cán bằng quá trình điện phân (phương pháp điện hoá), chất điện phân có thể là các dung dịch kiềm, axit, muối hay các muối nóng chảy.

- Nhúng nhanh thép vào bể kim loại nóng chảy.
- Mạ bằng kim loại bốc hơi trong chân không.
- Mạ bằng phương pháp phun kim loại nóng chảy (mạ phun) – kim loại nóng chảy được phun thành bụi phủ lên mặt nền thép bằng dòng không khí hoặc các loại khí nén khác. Kim loại phủ có thể được nung chảy bằng hồ quang, lửa khí gas hoặc bằng plasma nhiệt độ thấp.
- Phủ khuếch tán – dựa trên cơ sở khuếch tán ở nhiệt độ cao của kim loại phủ vào bề mặt kim loại nền.
- Phủ tĩnh điện – các hạt kim loại phủ được hoá lỏng trong trường điện từ, ngưng tụ trên bề mặt kim loại nền.

Trong số các phương pháp phủ kim loại nêu trên, hai phương pháp đầu được ứng dụng phổ biến hơn cả. Các phương pháp sau được áp dụng tương đối hạn chế.

5.2.1. Thép tráng kẽm

Do có các ưu điểm : khả năng chống gỉ cao, giá thành rẻ, công nghệ sản xuất đơn giản, nên thép tráng kẽm được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực của nền kinh tế quốc dân.

Để phủ kẽm lên bề mặt thép lá và thép băng, người ta áp dụng phổ biến phương pháp tráng nóng hoặc phương pháp mạ điện phân. Độ dày của lớp kẽm trong trường hợp tráng nóng thường bằng (20÷50)μm, trong trường hợp mạ điện phân - (0,3÷12)μm.

Phương pháp mạ điện phân có các ưu điểm như tiết kiệm được kẽm, loại được sự tạo thành lớp giòn trung gian sắt-kẽm, đảm bảo được độ đồng đều của chiều dày lớp kẽm phủ và cho phép tạo độ dày lớp phủ khác nhau trên hai bề mặt băng thép (mạ vi sai). Tuy nhiên, do

qui trình công nghệ phức tạp, năng suất thấp và giá thành sản phẩm cao hơn so với phương pháp tráng nóng, nên phương pháp mạ kẽm điện phân không được áp dụng rộng rãi.

Hiện nay, phương pháp tráng kẽm nóng liên tục (tráng cuộn) được ứng dụng phổ biến hơn cả. Phương pháp tráng đơn chiếc (tráng tấm rời) có nhược điểm là năng suất thấp nên chỉ được áp dụng ở các nhà máy cũ, khối lượng sản xuất nhỏ.

Tráng kẽm nóng

Phôi cho các dây chuyền tráng kẽm nóng liên tục hiện đại là thép cuộn cán nguội, được đưa thẳng đến từ máy cán, không qua làm sạch bề mặt và ủ. Các nguyên công này sẽ được thực hiện ngay trong dây chuyền tráng kẽm.

Quá trình hình thành lớp phủ kẽm trên bề mặt thép trong công nghệ tráng nóng gồm các giai đoạn cơ bản sau : sắt nền hoà tan vào kẽm nóng chảy; tạo thành pha liên kim trung gian trên bề mặt ranh giới kẽm – sắt; khuếch tán tương hỗ của sắt và kẽm qua lớp trung gian; tạo thành lớp phủ kẽm kết tinh trên bề mặt băng thép khi ra khỏi bể kẽm nóng chảy.

Lớp kẽm phủ có thành phần không đồng nhất, biến đổi từ dung dịch rắn kẽm trong sắt đến kẽm sạch. Phụ thuộc vào nhiệt độ của bể kẽm và thời gian nhúng, độ dày của lớp kẽm sạch có thể dao động trong khoảng (0,25 ÷ 0,5)% độ dày của lớp phủ.

Cấu tạo và độ dày lớp phủ kẽm được xác định từ các yếu tố sau :

- Nhiệt độ bể kẽm : (430 ÷ 460)°C là tối ưu. Nếu nhiệt độ quá cao, cơ tính cũng như khả năng chống ăn mòn điện hóa của lớp phủ sẽ giảm đi.
- Thời gian nhúng : tỷ lệ nghịch với độ dày của băng thép. Thép càng dày, thời gian nhúng càng lâu.

Sự tương tác giữa băng thép và kẽm nóng chảy biểu hiện qua sự hoà tan của sắt vào kẽm. Có thể xảy ra ba trường hợp sau : sắt hoà tan không đáng kể và không tạo thành các pha liên kim (thời gian nhúng ngắn trong bể kẽm nhiệt độ thấp); sắt hoà tan với sự tạo thành lớp liên kim Fe-Zn (nhiệt độ bể kẽm thấp hơn 490°C hoặc cao hơn 520°C); hoà tan đáng kể của sắt vào kẽm nóng chảy với sự tạo thành lớp trung gian dễ dàng tách khỏi nền ở nhiệt độ (490÷520)°C.

Thành phần hoá học và cấu trúc của thép (hình thái của perlit và cementit) cũng có ảnh hưởng đáng kể đến sự hoà tan của sắt vào kẽm nóng chảy. Tạp chất trong kẽm nóng

chảy và các nguyên tố hợp kim trong thép, tuỳ thuộc vào số lượng của chúng, có thể làm tăng hoặc giảm độ hoà tan của sắt.

Độ dày lớp liên kim trung gian tỷ lệ nghịch với hàm lượng titan và tỷ lệ thuận với hàm lượng silic. Photpho và lưu huỳnh không có ảnh hưởng đáng kể đến độ dày của lớp trung gian và lớp phủ nói chung. Nitơ có tác dụng tăng cường quá trình hoà tan của sắt trong kẽm nóng chảy. Sự tồn tại của chì trong kẽm nóng chảy sẽ dẫn đến sự tạo thành "hoa" kẽm, đôi khi gây khó khăn cho việc xử lý lớp phủ trong các nguyên công tiếp theo.

Mangan, với hàm lượng (1,7 ÷ 4)%, sẽ làm tăng khả năng hoà tan của sắt trong kẽm nóng chảy. Khi hàm lượng mangan vượt quá 4%, độ hoà tan của sắt giảm đi. Với hàm lượng dưới 1,7%, mangan không có ảnh hưởng đáng kể đến độ hoà tan của sắt.

Cadimi trong kẽm nóng chảy làm giảm độ nhớt của kẽm nóng chảy, làm tăng độ hoà tan của sắt, thúc đẩy sự tạo thành "hoa" kẽm và làm giảm khả năng biến dạng của lớp phủ.

Thiếc có tác dụng tăng cường độ dính kết giữa lớp kẽm phủ và nền thép, đồng thời tạo bề mặt bóng cho lớp phủ.

Antimon làm giảm độ dẻo của lớp phủ và độ dính kết giữa nó và nền thép. Hàm lượng của antimon trong kẽm không được vượt quá 0,1%.

Đồng, kết hợp với một lượng nhỏ nhôm, có tác dụng tăng cường khả năng chống ăn mòn của lớp phủ. Tuy nhiên, hàm lượng của đồng trong kẽm nóng chảy không được vượt quá 1%. Trong trường hợp ngược lại, đồng sẽ làm giảm chất lượng bề mặt lớp phủ và thúc đẩy quá trình o-xy hoá thép tráng kẽm trong quá trình sử dụng.

Nhôm với hàm lượng nhỏ có tác dụng tăng cường sự dính kết giữa lớp phủ và nền, hạn chế hoà tan của sắt trong kẽm nóng chảy và sự tạo thành lớp trung gian, cải thiện tính biến dạng của thép tráng kẽm.

Trước khi tráng kẽm nóng, bề mặt của thép phải được xử lý bằng trợ dung nhằm tẩy sạch các chất bám bẩn và hoạt hoá bề mặt thép trước khi tiếp xúc với kẽm nóng chảy. Chất trợ dung thường là các loại dầu hữu cơ với hàm lượng lớn các axit béo tự do hoặc clorua kẽm ($ZnCl_2$). $ZnCl_2$ trong nước tạo thành dung dịch có tính a-xit theo phản ứng :

$$ZnCl_2 + 2H_2O = Zn(OH)_2 + 2HCl$$

Chất trợ dung cần phải có điểm nóng chảy thấp, tỷ trọng, độ nhớt và sức căng bề mặt thấp ở trạng thái nóng chảy, độ thấm ướt đối với bề mặt thép cao và khả năng hoà tan các chất bám bẩn tốt.

Xử lý trợ dung cho thép có thể tiến hành bằng phương pháp khô hoặc ướt. Theo phương pháp khô, chất trợ dung $ZnCl_2$ được chứa trong bể riêng dưới dạng dung dịch đặc (với nước). Sau khi đi qua bể trợ dung, băng thép được sấy khô nhanh ở nhiệt độ (150 ÷ 300)°C.

Theo phương pháp ướt, chất trợ dung là hỗn hợp $ZnCl_2$ với amoni clorua nóng chảy phủ trên bề mặt bể kẽm. Băng thép được đưa vào kẽm nóng chảy qua lớp trợ dung này. Phương pháp xử lý trợ dụng ướt có khả năng tẩy sạch cao, do đó, bề mặt thép có thể không cần chuẩn bị kỹ trước khi đưa đến hệ thống tráng kẽm nóng.

Qui trình công nghệ tráng kẽm nóng bao gồm các nguyên công sau:

- Tẩy gỉ axit trong dung dịch (8 ÷ 10)% HCl ở nhiệt độ (30 ÷ 40)°C hay dung dịch (6 ÷ 10)% H_2SO_4 ở nhiệt độ (60 ÷ 80)°C. Hỗn hợp hai loại axit trên với tỷ lệ 1:1 sẽ cho kết quả tẩy gỉ tốt nhất. Trong dung dịch tẩy gỉ còn có thêm muối ăn với tỷ lệ 20g/lít và các chất hãm nhằm hạn chế sự ăn mòn thép và giảm tiêu hao axit. Thời gian tẩy gỉ kéo dài khoảng (20 ÷ 25) phút.
- Rửa nước nóng và nước nguội, sấy khô.
- Tẩm trợ dung và sấy trong lò ở nhiệt độ (150 ÷ 300)°C (theo phương pháp khô), hoặc tẩm trợ dung theo phương pháp ướt.
- Tráng kẽm – nhúng thép trong bể kẽm nóng chảy ở nhiệt độ (430 ÷ 460)°C trong khoảng (5 ÷ 35) s (tuỳ theo độ dày của thép).
- Làm nguội bằng không khí và nắn phẳng.

Phụ thuộc vào phương pháp làm sạch và hoạt hoá bề mặt thép trước khi tráng kẽm, người ta phân biệt các quá trình tráng kẽm nóng sau đây :

- Phương pháp Sendzimir – phương pháp hoá-nhiệt : kết hợp thiêu cháy các chất bám bẩn trong lò có môi trường o-xy hoá với qúa trình hoàn nguyên và gia công nhiệt tiếp theo trong môi trường hỗn hợp khí hydro và nitơ. Quá trình oxy hoá bề mặt thép, xẩy ra đồng thời với quá trình cháy của các chất bám bẩn, được tiến hành trong lò nung ở nhiệt độ (450 ÷ 500)° C. Ủ kết tinh lại (700 ÷ 750)°C hay ủ

thường hoá (900 ÷ 950)°C được tiến hành trong môi trường hoàn nguyên (hỗn hợp khí 75% H_2 và 25% N_2).

Phương pháp Sendzimir rất kinh tế, song không cho phép sản xuất thép tráng kẽm có độ bền cao và thép tráng kẽm dùng cho dập vuốt sâu.

- Phương pháp United States Steel : làm sạch thép băng cán nguội chưa ủ trong bể kiềm bằng phương pháp điện ly và ủ tiếp theo trong môi trường hoàn nguyên là hỗn hợp khí hydro và nitơ. Trước khi ủ, băng thép được làm sạch bề mặt trong thiết bị cọ rửa bằng bàn chải.
- Phương pháp Kyka-Nortman : gia công nhiệt (nhiệt luyện) được tiến hành ngoài hệ thống tráng kẽm. Băng thép được làm sạch bề mặt bằng phương pháp hoá học và điện hoá. Trước khi nung và tráng kẽm, thép được xử lý trợ dung.

Trong đa số các trường hợp, thép được gia công nhiệt ngay sau khi tráng kẽm. Chế độ xử lý nhiệt được thiết lập nhiệt dựa trên cơ sở sự khuếch tán tương hỗ của sắt và kẽm trong quá trình nung. Lớp phủ sau khi gia công nhiệt trở thành một dạng hợp kim sắt-kẽm có độ tinh khiết cao, liên kết chắc chắn với nền thép nhờ biến đổi thành phần pha. Hàm lượng bình quân của sắt trong lớp phủ khoảng (7÷9)%. Khi hàm lượng sắt vượt quá 10%, khả năng chống ăn mòn của lớp phủ dưới tác động của môi trường sẽ giảm đi.

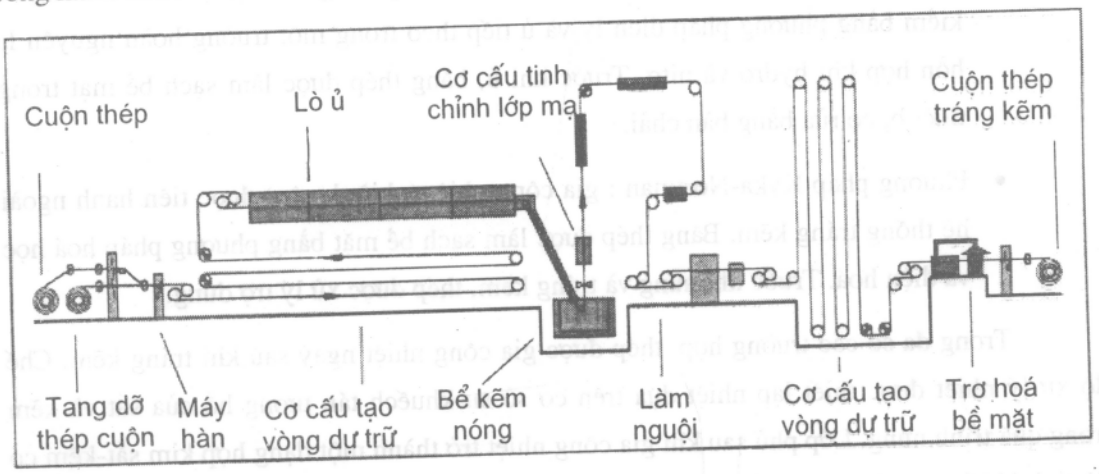
Thép băng tráng kẽm nóng, sau khi nhiệt luyện ở nhiệt độ gần với nhiệt độ tráng kẽm, có tính dẻo được nâng cao, thành phần hoá học và độ cứng tế vi của lớp phủ phân bố đồng đều theo chiều dày. Thép có thể chịu mọi phương pháp gia công tạo hình bằng biến dạng dẻo.

Hệ thống thiết bị tráng kẽm nóng liên tục thường gồm ba phần : phần đầu, phần công nghệ (phần giữa) và phần cuối. Phần đầu thực hiện các nguyên công dỡ cuộn, cắt bằng đầu đuôi băng kim loại, hàn nối cuộn. Các nguyên công tẩy sạch bề mặt, nhiệt luyện, tráng kẽm, thụ động hoá chống gỉ (trơ hoá), được tiến hành ở phần công nghệ. Ở phần cuối, băng kim loại được tráng dầu, cuốn thành cuộn hay cắt thành tấm, phân loại và đóng gói.

Nhìn chung, phần đầu và phần cuối của hệ thống thiết bị tráng kẽm nóng liên tục tương tự các phần tương ứng của hệ thống mạ thiếc điện phân (hình 5.13).

Ở phần công nghệ có lò nhiệt luyện (lò kéo kiểu nằm ngang hoặc kiểu tháp) thường gồm 3 buồng làm việc theo hai chế độ. Theo chế độ thứ nhất : nung oxy hoá đến (450÷500)°C trong buồng đầu tiên (dầu còn sót lại trên bề mặt thép bị đốt cháy), nung hoàn

nguyên trong buồng thứ hai đến nhiệt độ (700 ÷750)°C (ủ) hoặc đến (900 ÷ 950)°C (thường hoá), làm nguội băng thép trong môi trường khí hydro đến nhiệt độ (480 ÷520)°C trong buồng thứ ba. Khi lò làm việc theo chế độ này, nguyên công làm sạch (khử dầu mỡ) trước có thể không cần thiết. Chế độ thứ hai chỉ khác chế độ thứ nhất ở chỗ quá trình nung trong tất cả các buồng đều được tiến hành trong môi trường bảo vệ. Trong trường hợp này, nguyên công khử dầu mỡ trước khi nhiệt luyện là cần thiết.



Hình 5.7. Sơ đồ hệ thống tráng kẽm liên tục (thiết kế của Tập đoàn Fives-Lille, Pháp). Kích thước sản phẩm b×h = (600 ÷ 1500) mm × (÷1,6) mm, khối lượng cuộn đến 30T, năng suất (40 000÷100 000)T/năm.

Sau khi gia công hoá-nhiệt, băng thép với nhiệt độ (480 ÷520)°C chạy tiếp tục qua bể chứa kẽm nóng chảy, luôn được giữ ổn định ở nhiệt độ 450°C. Nguyên công trơ hoá bề mặt tiến hành, sau khi làm nguội, trong dung dịch anhydrit cromic 10%.

Trên hình 5.7 trình bày sơ đồ hệ thống thiết bị tráng kẽm nóng liên tục theo thiết kế của Tập đoàn Fives-Lille, Pháp.

Công nghệ tráng kẽm nóng hiện nay vẫn không ngừng được hoàn thiện. Những cải tiến trong kỹ thuật tráng kẽm có thể nêu như sau :

Nguyên công tẩy sạch bề mặt trước khi tráng kẽm được tiến hành bằng cách nung tức thời đến nhiệt đô khoảng 1300°C trong môi trường oxy hoá. Nhờ nhiệt độ cao, các chất bám bẩn và dầu mỡ trên bề mặt băng kim loại bay hơi, còn băng thép, do thời gian nung quá ngắn nên không bị oxy hoá.

- Khi băng kim loại thoát khỏi bể chưa kẽm, lượng kẽm dư trên bề mặt băng thép được gạt trở lại bể chứa không phải bằng các con lăn ép mà bằng các tia hơi nước, không khí hoặc các loại khí khác dưới áp suất điều chỉnh. Nhờ đó, tốc độ tráng kẽm có thể tăng đến 4 m/s và độ dày của lớp kẽm có thể giảm xuống còn (8÷10)μm. Ngoài ra, với cải tiến này, người ta còn có thể sản xuất thép tráng kẽm một mặt hoặc hai mặt với độ dày lớp thiếc khác nhau (tráng vi sai).
- Trong thành phần thiết bị của các hệ thống tráng kẽm nóng liên tục có thêm các máy nắn phẳng và cán là thép sau khi phủ kẽm với lực kéo căng nhất định.

Những cải tiến nêu trên cho phép nâng cao năng suất thiết bị, chất lượng và mở rộng chủng loại sản phẩm thép tráng kẽm nóng.

Ở nhiều nước, thép sau khi tráng kẽm còn được phủ thêm một lớp mỏng bằng các loại vật liệu polime nhằm nâng cao chất lượng bề mặt và tăng khả năng chống gỉ của thép.

Mạ kẽm điện phân

Trong công nghệ phủ kẽm bằng phương pháp điện phân, chủ yếu người ta sử dụng dung dịch chất điện phân sunfat kẽm $ZnSO_4.7H_2SO$, có thêm kẽm kim loại, sunfat natri Na_2SO_4 và sunfat mage $MgSO_4.7H_2O$ (bảng 5.1).

Ngoài ra, ta cũng có thể sử dụng các chất điện phân trên cơ sở $ZnCl_2$, $Zn(BF_4)_2$, $Na_2Zn(CN)_4$.

Phương pháp mạ kẽm điện phân cho phép sản xuất thép với lớp phủ cực mỏng, sản phẩm có tính dẻo, độ bền và khả năng chống ăn mòn cao. Lớp thiếc phủ bằng phương pháp điện phân không chứa các tạp chất, bám dính tốt với nền thép và không bị tróc ngay cả trong nguyên công tạo hình dập vuốt sâu.

Công nghệ mạ kẽm điện phân được ứng dụng tương đối phổ biến tại các nước phát triển. Tuy nhiên, phương pháp công nghệ này cho năng suất thấp hơn nhiều so với phương pháp tráng kẽm nóng.

Ngoài hai phương pháp phủ kẽm được áp dụng tương đối phổ biến nêu trên, tại các nước công nghiệp phát triển, phương pháp mạ kẽm tương đối mới dưới đây cũng được ứng dụng.

Bảng 5.1. Thành phần dung dịch điện phân và chế độ mạ kẽm

Loại và thành phần dung dịch điện phân		Nhiệt độ của bể điện phân, °C	Mật độ dòng điện, A/dm^2	Độ pH
Thành phần	Nồng độ, g/lít			
$ZnSO_4.7H_2SO$	380	55-65	25-40	3-4
Zn kim loại	87			
Na_2SO_4	72			
$MgSO_4.7H_2O$	61			
$ZnSO_4.7H_2SO$	500	50-55	20-40	3,5-4,5
$Na_2SO_4.10H_2O$	60			
$Al_2(SO4)_3.18H_2O$	30			
$ZnSO_4.7H_2SO$	600	20-30	đến 30	3,5-4
$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$	30			
$ZnCl_2$	135	40-60	50	3-4
NaCl	230			
$AlCl_3.6H_2O$	22,5			
$ZnCl_2$	76-152	25-65	10-100	2-5
NaCl	76-152			
NaF	2,3-16,6			
$AlCl_3$	1,5			
$Zn(BF_4)_2$	300	27-38	2,5-85	3,5-4
NH_4Cl	27			
NH_4BF_4	35			

Mạ kẽm bằng phương pháp bốc hơi trong chân không

Lớp kẽm phủ trên bề mặt băng thép được tạo thành bằng phương pháp bốc hơi kẽm trong chân không. Ở hệ thống thiết bị mạ kẽm bằng bốc hơi trong chân không, băng thép được xử lý bề mặt trước khi đi vào buồng mạ thứ nhất với độ chân không đạt 13,3÷1,33 N/m^2. Trong điều kiện áp suất này, kẽm bốc hơi và ngưng tụ trên bề mặt thép một lớp với độ dày (0,025 ÷2,5)μm. Cũng trong buồng chân không này, băng kim loại được nung cảm ứng đến nhiệt độ (460÷460)°C và đi đến buồng chân không kế tiếp cũng chứa kẽm bốc hơi. Tại

đây, kẽm tiếp tục ngưng tụ trên bề mặt băng thép và tạo thành lớp phủ có độ dày đạt tới 25μm. Giữa buồng chân không thứ nhất và thứ hai, thép được làm nguội đến nhiệt độ (180 ÷ 200)°C.

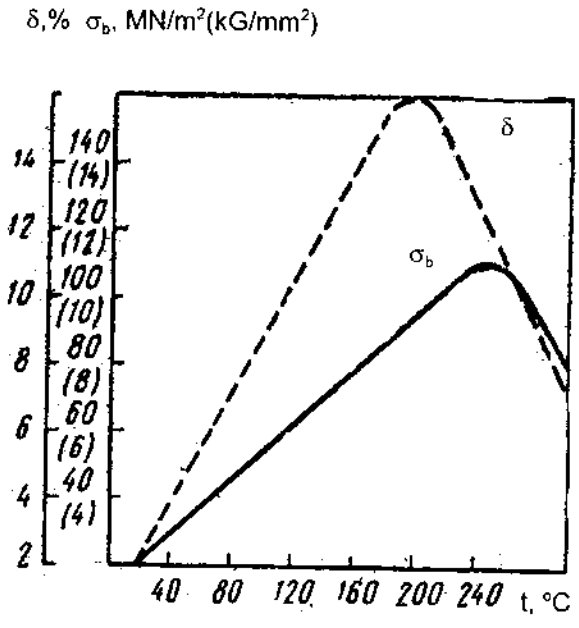
Trong công nghệ mạ kẽm bằng phương pháp bốc hơi trong chân không, các yếu tố sau đây có ảnh hưởng đáng kể đến cấu trúc lớp phủ và độ dính kết của lớp phủ với nền thép :

- Nhiệt độ : ở nhiệt độ ngưng tụ (20÷130)°C, lớp phủ kẽm có cấu trúc dạng thớ sợi với màu tối. Trên bề mặt lớp phủ có thể thấy rõ các tinh thể dạng bản hướng đều theo một hướng nhất định. Với nhiệt độ của nền thép cao hơn 150°C, lớp phủ được tạo thành từ các tinh thể đa giác với kích thước tỷ lệ thuận với nhiệt độ nền thép. Ở nhiệt độ nền thép (220÷240)°C, trên bề mặt ranh giới kẽm – thép xuất hiện lớp trung gian Zn-Fe, không ảnh hưởng đến cấu trúc của lớp phủ, nhưng làm giảm độ bám dính của nó với nền thép. Độ dày của lớp trung gian tỷ lệ thuận với nhiệt độ nền thép.
- Tốc độ ngưng tụ : với tốc độ ngưng tụ nhỏ (< 0,1÷0,2 μm/phút), lớp phủ có cấu trúc hạt mịn. Ở tốc độ ngưng tụ (1÷5) μm/phút, cấu trúc lớp phủ không thay đổi.

Bảng 5.2. *Ảnh hưởng của độ chân không đến độ bám dính của lớp kẽm phủ với nền thép*

Nhiệt độ, °C	Độ chân không khi nung thép, N/m^2	Độ chân không khi ngưng tụ, N/ m^2	Độ bám dính (số lần uốn cho đến khi tróc lớp phủ)
300	0,133-0,266	0,0266	4
400	0,133	0,133	1
420	0,0133-0,0266	0,0399-0,0532	7-8
450	0,0133-0,0266	0,0266	10-18
480	0,0133-0,0266	-	15
500	0,0133-0,0266	-	15
500	0,133	0,133	2-3
500	0,665	0,0931-0,1064	6-8

- Nhiệt độ của nền thép trong buồng chân không có ảnh hưởng đáng kể đến độ bám dính của lớp phủ. Với nhiệt độ ban đầu của nền thép đến 120°C và tăng dần trong quá trình ngưng tụ đến (250÷350)°C, mức độ bám dính của lớp phủ với nền thép gia tăng. Độ bám dính đạt giá trị cao nhất khi nền thép được nung đến 500°C.



Hình 5.8. Ảnh hưởng của nhiệt độ nền thép đến tính dẻo của lớp kẽm phủ theo phương pháp bốc hơi trong chân không.

- Độ chân không (bảng 5.2) : độ chân không và nhiệt độ nền thép có ảnh hưởng đáng kể đến cơ tính của lớp kẽm phủ (hình 5.8). Khi độ chân không biến đổi từ 0,133 N/m² đến 0,0133 N/m², độ bền, độ giãn dài tương đối và độ cứng tế vi của lớp phủ tăng từ 4 đến 8 lần, nhưng khi độ chân không tiếp tục tăng, độ cứng và độ dẻo của lớp phủ giảm đi.

5.2.2. Thép tráng nhôm

Thép tráng nhôm có độ bền chống gỉ cao ở nhiệt độ đến 700°C và trong môi trường chứa nhiều lưu huỳnh. Trong quá trình tráng nhôm, nhất thiết có sự tạo thành lớp trung gian (chuyển tiếp) Fe-Al giòn, làm giảm độ bền cơ học của lớp phủ. Vì vậy, trong tất cả các phương pháp công nghệ tráng nhôm, người ta đều cố gắng hạn chế sự tạo thành lớp trung gian này.

Hiện nay, thép tráng nhôm được sử dụng rất rộng rãi trong công nghiệp đồ hộp. Độ dày của lớp nhôm trong khoảng (0,1 ÷ 50)μm.

Tráng nhôm nóng

Để phủ nhôm lên bề mặt thép, người ta áp dụng chủ yếu phương pháp tráng nóng trong các hệ thống thiết bị liên tục tương tự các hệ thống tráng kẽm. Đa số các trường hợp, người ta dùng luôn hệ thống tráng kẽm có trang bị thêm bể chứa nhôm nóng chảy hoặc thay thế bể chứa kẽm bằng bể chứa nhôm.

So với tráng kẽm hoặc thiếc nóng, tráng nhôm nóng khó khăn hơn, vì trên bề mặt bể chứa nhôm nóng chảy luôn tồn tại một màng các oxit, gây cản trở cho sự kết dính giữa nhôm và nền thép. Để ngăn ngừa sự tạo thành màng oxit này, người ta tiến hành tráng nhôm nóng trong môi trường bảo vệ. Bề mặt băng kim loại được xử lý với chất trợ dung là borac ($Na_2B_4O_7.10H_2O$) hoặc amoni clorua, ...

Phương pháp tráng nhôm nóng Sendzimir được áp dụng rộng rãi hơn cả. Phương pháp này bao gồm các nguyên công sau :

- Nung băng kim loại trong môi trường oxy hoá đến (450÷750)°C để đốt cháy các chất bám bẩn và tạo màng oxit mỏng trên bề mặt nền.
- Nung băng kim loại trong môi trường hoàn nguyên đến nhiệt độ (750÷800)°C nhằm hoàn nguyên màng oxit.
- Làm nguội băng kim loại trong môi trường hoàn nguyên đến nhiệt độ (620÷630)°C.
- Tráng nhôm trong bể chứa nhôm lỏng ở nhiệt độ (700÷750)°C.
- Làm nguội bằng không khí và cuộn thép.

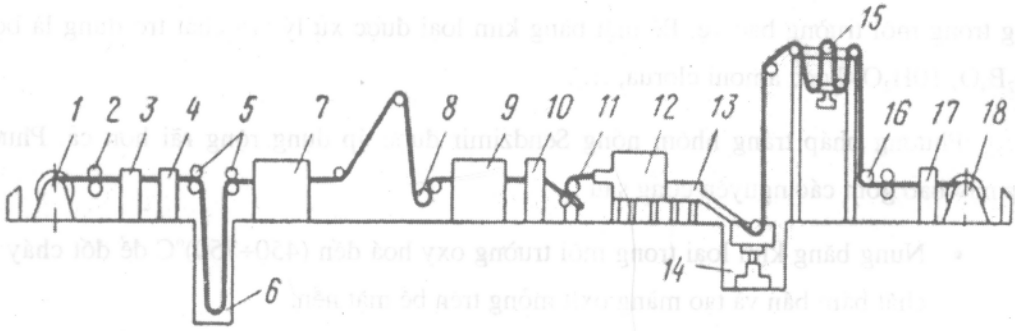
Theo công nghệ do hãng "United States Steel" đề xuất, tương tự tráng kẽm nóng, băng thép được làm sạch bằng phương pháp điện-hoá, sau khi cọ rửa và sấy khô, được nung hoàn nguyên oxit trong môi trường hoàn nguyên.

Công nghệ làm sạch bề mặt tương đối mới hơn được đề xuất bởi hãng "Coated Metals" của Anh. Sau khi nung trong môi trường oxy hoá ở nhiệt độ (500 ÷650)°C, băng thép được làm nguội bằng nước và qua tẩy gỉ trong dung dịch (12÷16)% HCl trong thời gian khoảng 10 s, tiếp theo được rửa bằng nước xối, thổi sạch nước bằng khí nén và sấy khô bằng không khí nóng.

Băng thép, sau khi làm sạch bề mặt, được nhiệt luyện thường hoá (ở 900°C) hoặc ủ mềm (ở 700 ÷750°C) trong lò với môi trường hoàn nguyên, tiếp theo được làm nguội (cũng

trong lò) đến nhiệt độ (680 ÷700)°C để không vượt quá nhiệt độ nhôm lỏng trong bể. Qua khe chắn kín của bể nhôm với môi trường hoàn nguyên, băng thép đi vào nhôm nóng chảy. Tiếp theo, lớp nhôm phủ được làm nguội bằng luồng không khí nén đến nhiệt độ 400°C và băng thép được cuốn thành cuộn (hình 5. 9).

Trên mặt bể nhôm nóng chảy có phủ lớp trợ dung, nhằm tạo độ bóng sáng cho bề mặt sản phẩm. Chất trợ dung thường dùng là hỗn hợp NaCl, KCl, $AlCl_3$, có thêm K_3CrF_6 (Pháp) hoặc hỗn hợp KF, NaF, NaOH, KOH, $NaNO_3$ (Nhật), … .



***Hình 5. 9** . Sơ đồ hệ thống tráng nhôm nóng theo công nghệ của hãng "Coated Metals"(Anh):*

1- máy dỡ cuộn; 2- con lăn kéo; 3- máy cắt; 4- máy hàn nối; 5- con lăn kéo; 6- hố tích luỹ; 7- lò nung trong môi trường oxy hoá; 8- bộ phận làm nguội; 9- bể tẩy gỉ axit và rửa; 10- bộ phận sấy; 11- cơ cấu kéo căng; 12- lò nung với môi trường hoàn nguyên; 13- bộ phận làm nguội; 14- bể nhôm nóng chảy; 15- tháp tích luỹ; 16- con lăn kéo; 17- máy cắt; 18- máy cuộn.

Lớp nhôm phủ bằng công nghệ tráng nóng có độ dày (25÷50)μm. Độ dày lớp trung gian không được vượt quá (5÷7)μm. Người ta cố gắng giảm độ dày lớp trung gian xuống còn (1÷2)μm bằng cách cho thêm vào bể nhôm nóng chảy (2÷10)%Si kết hợp với (0,1÷0,4)%Cr.

Sự phụ thuộc của độ dày lớp phủ nhôm (h_{Al}) vào tốc độ của băng thép trong bể nhôm nóng chảy (v) có thể được mô tả bởi phương trình thực nghiệm của Grbeca, áp dụng cho trường hợp tốc độ băng thép không vượt quá tốc độ kết tinh tuyến tính của nhôm : $h_{Al} = 17{,}2\,v$ (μm).

Nhiệt độ của bể nhôm lỏng không được cao hơn nhiệt độ nóng chảy của nhôm quá (50÷70)°C. Nhiệt độ tối ưu của bể là (700 ÷750)°C.

Mạ nhôm điện phân

Công nghệ mạ phủ nhôm bằng phương pháp điện phân được ứng dụng hạn chế, bởi lẽ sự kết tủa của nhôm lên bề mặt thép trong dung dịch điện phân nước, do điện tích âm lớn, không thể xảy ra. Còn trong dung dịch muối nóng chảy, có thể xảy ra kết tủa của nhôm trên mặt băng kim loại, nhưng phương pháp công nghệ rất đắt. Thông thường, để phủ nhôm bằng phương pháp điện phân, người ta dùng clorua nhôm và clorua các kim loại kiềm.

Phủ nhôm tĩnh điện

Phương pháp phủ nhôm tĩnh điện dựa trên cơ sở tương tác giữa các hạt bột nhôm tích điện âm. Người ta phủ đồng đều lên bề mặt băng kim loại sau khi làm sạch một lớp bột nhôm khô nhờ cơ cấu rải bột cơ học chuyên dụng và các lưới rung. Một trường điện với điện thế 20kV và cường độ dòng (110 ÷ 115)kA được tạo giữa lưới rung và băng thép. Các hạt bột nhôm khi rơi vào trường điện sẽ tích điện âm. Nhờ lực tương tác đẩy lẫn nhau mà các hạt bột nhôm phân tán đồng đều trên bề mặt băng thép. Tiếp theo, lớp bột trên mặt băng thép được cán ép, sau đó ủ trong môi trường bảo vệ ở (500÷600)°C. Lớp nhôm phủ bằng phương pháp tĩnh điện có độ dày 50μm.

Mạ nhôm chân không

Công nghệ mạ nhôm chân không dựa trên cơ sở sự bốc hơi của nhôm trong chân không cao (0,0399 N/m^2) ở nhiệt độ (800÷1200)°C. Phương pháp hoá hơi nhôm được ứng dụng rộng rãi hơn cả là đưa một cách liên tục các sợi nhôm vào buồng hoá hơi dạng ống hoặc hộp làm từ Ta (tantali), đặt trong lò nung.

Tính chất của lớp nhôm phủ chân không phụ thuộc vào các điều kiện công nghệ sau:

- Nhiệt độ ngưng tụ : nhiệt độ ngưng tụ của hơi nhôm lên bề mặt băng thép ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt, tổ chức, thành phần và độ bám dính của lớp phủ. Ở nhiệt độ (80÷140)°C lớp phủ có bề mặt đục, ở (460÷500)°C – bề mặt sáng bóng, ở (500÷750)°C – bề mặt xám. Sở dĩ có sự khác nhau này là do biến đổi của tổ chức và thành phần lớp phủ. Ở nhiệt độ nền thép đến 140°C tổ chức của lớp phủ không biểu hiện rõ. Ở 150°C - xuất hiện các tinh thể nhỏ. Khi nhiệt độ nền thép đạt 400°C, kích thước của các hạt tinh thể đạt tới (40÷50)μm. Nếu nhiệt độ nền thép tiếp tục tăng, sẽ xảy ra quá trình khuếch tán trên ranh giới hạt với sự tạo thành hợp kim Fe-Al.

Nhiệt độ ngưng tụ có ảnh hưởng rõ rệt đến độ bám dính giữa lớp phủ và nền thép. Ở nhiệt độ khoảng 140°C độ dính kết kém, ở (150÷450)°C lớp phủ đồng đều và có độ bám dính cao. Khi nhiệt độ khoảng (460÷500)°C, độ bám dính lại giảm đi. Ở nhiệt độ cao hơn 500°C, độ dày của lớp chuyển tiếp Fe-Al và độ bám dính giữa nó với nền thép gia tăng.

Nhiệt độ ngưng tụ cũng có ảnh hưởng lớn đến cơ tính của lớp phủ. Ở nhiệt độ đến 500°C, lớp phủ giòn và kém bền. Ở nhiệt độ cao hơn 500°C, lớp phủ có độ bền và độ cứng cao.

- Độ chân không : khi độ chân không giảm, độ dính kết giữa lớp phủ và nền thép giảm đi do sự tạo thành lớp trung gian Al_2O_3.

5.2.3. Thép mạ crom

Thép phủ crom có khả năng chống mài mòn, chống ăn mòn và độ bền chống gỉ ở nhiệt độ cao rất tốt. Phủ crom có thể tiến hành bằng phương pháp điện phân, bằng phương pháp mạ chân không hoặc bằng phương pháp khuếch tán trong quá trình nhiệt luyện thép cuộn, đã được nới lỏng vòng, trong các lò chụp với môi trường khí bảo vệ có chứa crom.

Crom tác dụng với sắt tạo thành lớp trung gian dưới dạng dung dịch rắn của crom trong sắt hay dưới dạng hợp chất liên kim.

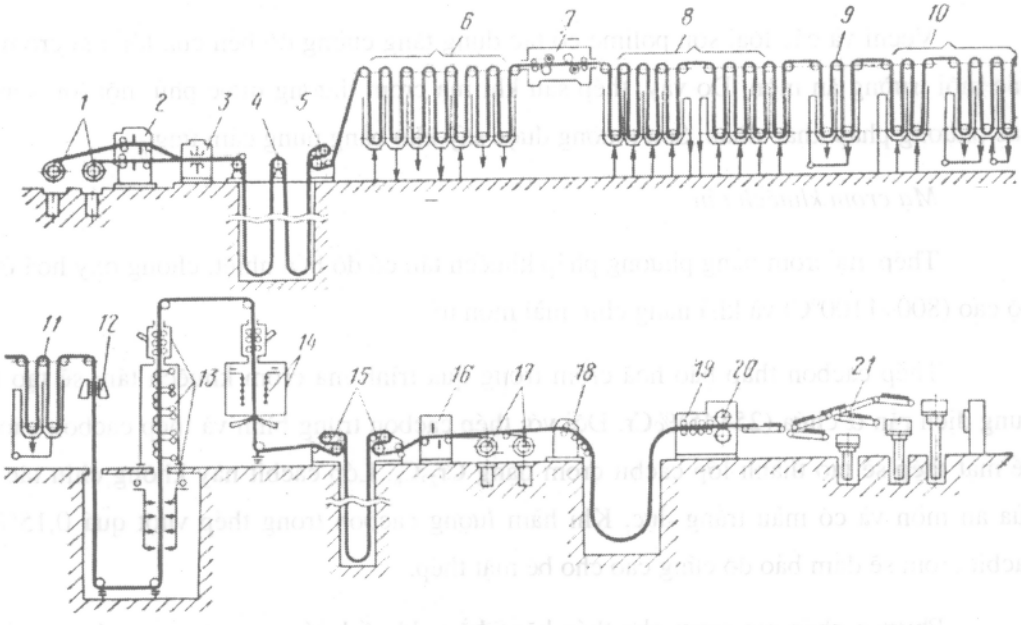
Thép cán nguội phủ crom có tính biến dạng tốt, dễ hàn và được sử dụng như thép tráng nhôm.

Mạ crom điện phân

Mạ crom điện phân có thể tiến hành ở các hệ thống thiết bị chuyên dùng hoặc ở các hệ thống mạ thiếc điện phân sau khi có một vài sửa đổi nhỏ.

Sơ đồ hệ thống mạ crom điện phân trình bày trên hình 5.10. Chế độ làm sạch và mạ trình bày trong bảng 5.3.

Lớp mạ crom có độ dày (0,02 ÷ 0,05)μm. Để đảm bảo độ đồng đều của lớp phủ và ngăn ngừa sự tạo thành các vết ố, quá trình mạ trong bể đầu tiên được tiến hành không có dòng điện và các quá trình tiếp tục xảy ra trên băng thép thoát khỏi bể đầu tiên, đã được phủ một lớp dung dịch điện phân, cho đến khi crom kim loại bắt đầu kết tinh.



Hình 5. 10. *Sơ đồ hệ thống mạ crom điện phân:*

1- các tang dỡ cuộn; 2- máy cắt hai vị trí; 3- máy hàn nối; 4- hố tích luỹ; 5- cơ cấu kéo; 6- bể xử lý bề mặt; 7- máy cọ rửa bằng bàn chải; 8- các bể mạ crom; 9- bộ phận thu hồi chất điện phân; 10- bộ phận xử lý thụ động điện – hoá và thu hồi cromat; 11- bộ phận rửa bằng nước xối; 12- bộ phận sấy; 13- phủ sơn (vecni) và sấy; 14- máy tráng dầu; 15- bộ phận kéo và tích luỹ; 16- máy cắt; 17- máy cuộn; 18- con lăn dẫn hướng và hố tích luỹ; 19- máy nắn phẳng 7 con lăn; 20- máy cắt bay; 21- các ngăn chứa thép lá sau khi cắt.

Bảng 5.3. *Chế độ làm sạch và mạ crom bằng phương pháp điện phân*

Nguyên công	Số lượng bể	Thành phần chất điện phân hay dung dịch		Nhiệt độ bể điện phân, °C	Mật độ dòng điện, A/dm^2
		Thành phần	Hàm lượng, g/l		
Tẩy dầu mỡ điện phân	6	NaOH, $Na_3PO_4.12H_2O$, Chất nhũ tương ОП7 hay ОП10	30 20 2	80-90	8-10
Tẩy gỉ điện phân catot	2	H_2SO_4 $FeSO_4$	50-70 ≤ 50	50-70	8-10
Mạ crom	2 x 4	CrO_3 H_2SO_4	250 2,5	55-60	30-100**
Thụ động điện-hoá*	2	CrO_3 NaOH	80 20	40	10

* *Thời gian 2s, độ dày màng 0,02μm*

** *Các bản cực anot bằng hợp kim Pb-(7÷10)%Sn , dày 40mm, rộng 970mm, khoảng cách từ anot đến băng thép (20÷35)mm.*

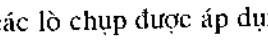
Vecni và các loại sơn polime có tác dụng tăng cường độ bền của lớp mạ crom trong các môi trường ăn mòn. Do vậy, thép sau khi mạ crom thường được phủ một lớp sơn bằng các phương pháp khác nhau. Sơn thường được sấy khô bằng nung cảm ứng.

Mạ crom khuếch tán

Thép mạ crom bằng phương pháp khuếch tán có độ bền nhiệt, chống oxy hoá ở nhiệt độ cao (800÷1100°C) và khả năng chịu mài mòn tốt.

Thép cacbon thấp bão hoà crom trong quá trình mạ crom khuếch tán, sẽ tạo thành dung dịch rắn α chứa (25÷45)%Cr. Đối với thép cacbon trung bình và thép cacbon cao, trên bề mặt thép sẽ tạo thành lớp cacbit crom dạng $Cr_{23}C_6$. Lớp cacbit này không chịu tác động của ăn mòn và có màu trắng đục. Khi hàm lượng cacbon trong thép vượt quá 0,15%, lớp cacbit crom sẽ đảm bảo độ cứng cao cho bề mặt thép.

Phương pháp mạ crom cho thép băng bằng khuếch tán ngay trong quá trình ủ sáng các cuộn thép nới lỏng trong các lò chụp được áp dụng tương đối phổ biến. Môi trường ủ là khí có chứa các clorua hoặc florua crom. Nhiệt độ của lò khoảng 900°C và nhiệt độ của cuộn thép đạt (680÷700)°C. Phản ứng giữa thép và florua hay clorua crom sẽ tạo ra crom sạch :



$$CrCl_3 + Fe = FeCl_3 + Cr$$

Crom dạng nguyên tử, sinh ra từ phản ứng trên, khuếch tán vào bề mặt băng thép và, tuỳ thuộc vào nhiệt độ và thời gian ủ, tạo thành lớp phủ bảo vệ có độ dày (20÷55)μm, chứa khoảng (21÷25)%Cr. Quá trình ủ kéo dài (9÷12) giờ.

Thép băng sau khi mạ khuếch tán crom được cán là nhằm là phẳng băng kim loại, tăng cường mật độ và tạo bề mặt cho lớp phủ. Lớp mạ crom có độ bền ăn mòn cao, không bị nhàu trong quá trình biến dạng nguội, nóng (≤1100°C) và biến dạng do hàn, bền nhiệt lâu dài ở nhiệt độ đến 750°C và ngắn hạn ở nhiệt độ trong khoảng (750÷1100)°C. Xét về khả năng chống ăn mòn và chống oxy hoá, thép mạ crom có độ bền tương tự thép bền nhiệt.

Phương pháp mạ khuếch tán crom nêu trên có thể áp dụng tốt cho thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp. Ưu điểm của phương pháp là có thể tạo được lớp bảo vệ đủ bền chỉ bằng một lần mạ crom kết hợp với ủ mềm sau khi cán nguội. Nhược điểm của phương pháp là độ dày lớp phủ không đồng đều và năng suất thấp. Các nhược điểm này có thể khắc phục bằng phương pháp mạ phun trong chân không với quá trình nung bằng chùm tia điện tử hay phóng xạ. Súng phun tạo ra các hạt fero crom. Bộ phận nung nóng dùng điện cực graphit.

Băng kim loại chạy qua trước súng phun đặt cạnh bộ phận nung. Băng kim loại được nung đến nhiệt độ (950÷1100)°C. Độ chân không đạt 1,33N/m^2. Tốc độ mạ phun 6 m/giờ.

Thép phủ crom sẽ có độ bền chống ăn mòn đặc biệt cao nếu tiếp tục được mạ crom lần thứ hai, có nghĩa là tạo thêm trên bề mặt băng thép đã phủ crom một lớp oxit crom. Các dây chuyền sản xuất thép băng phủ crom-cromat (crom - oxit crom) đang hoạt động hiệu quả tại nhiều nước (Mỹ, Canada, Nhật, ...).

5.2.4. Thép mạ niken

Sau kẽm, niken là kim loại được sử dụng rộng rãi nhất để tạo lớp phủ bảo vệ cho thép.

Phương pháp kết tủa điện phân niken là phương pháp được ứng dụng phổ biến hơn cả. Theo phương pháp này, chi tiết hoặc băng kim loại được nhúng vào dung dịch điện phân nước với thành phần cơ bản là các nuối hay các hợp chất hoà tan được trong nước của niken. Phương pháp này gọi là phương pháp catot. Ngoài ra, phương pháp mạ niken anot cũng có thể được sử dụng.

Tính chất của kết tủa điện ly niken phụ thuộc vào điều kiện điện phân. Các chất điện phân thường có nồng độ đậm đặc nhưng thành phần đơn giản. Dung dịch điện phân tiêu chuẩn được sử dụng rộng rãi là sunfat niken, clorit niken và axit boric. Ngoài ra, các chất điện phân khác thuộc floborat và sunfamit cũng được ứng dụng. Tốc độ kết tủa niken từ các dung dịch điện phân trên đạt khoảng 3μm/min.

Phụ thuộc vào thành phần chất điện phân, lớp phủ niken có thể có bề mặt sáng bóng hoặc mờ đục. Mặt sáng bóng có tổ chức hạt mịn hơn và ít xốp hơn so với mặt mờ đục.

Vì niken có thế năng âm thấp hơn so với sắt, nên điều kiện quyết định độ bền cơ học và khả năng chống gỉ của lớp phủ niken là phải không có các lỗ xốp. Do vậy, khi mạ niken điện phân ta cần tăng cường độ dày của lớp phủ hoặc có thể tiến hành mạ vài lượt. Bằng cách đó, các khoang xốp của lớp trước sẽ được phủ kín bởi lớp sau.

Để tăng cường độ bám dính giữa lớp phủ niken và nền thép, người ta thường áp dụng nguyên công ủ khuếch tán sau khi mạ. Trong nguyên công này, hydro cũng sẽ được loại trừ khỏi lớp kết tủa niken và ứng suất dư tồn tại trong lớp phủ cũng giảm đi. Lớp phủ niken có bề mặt sáng bóng liên kết với nền yếu hơn lớp phủ có bề mặt mờ đục. Điều này được giải thích bởi sự tồn tại một số hợp chất hữu cơ trong dung dịch điện phân, đảm bảo độ bóng sáng cho bề mặt lớp mạ, nhưng lại dễ hấp phụ bởi bề mặt nền thép.

Lớp kết tủa niken từ các chất điện phân sunfamit có ứng suất dư thấp hơn. Ứng suất dư cao nhất tồn tại trong lớp kết tủa từ các chất điện phân clorit. Lớp phủ niken có bề mặt sáng bóng luôn có ứng suất dư cao hơn so với lớp phủ có bề mặt mờ đục.

Bảng 5.4. *Tốc độ kết tủa điện phân niken*

Thành phần chất điện phân		Mật độ dòng điện, A/dm^2	Tốc độ kết tủa niken, μm/phút
Cấu chất	Nồng độ, g/lít		
$NiCl_2.6H_2O$	300	3	0,4
H_3BO_3	30	20	2,5
$NiSO_4.7H_2O$	180	4	0,75
$NiCl_2.6H_2O$	120 -150	15	3,0
H_3BO_3	30		

Độ cứng và độ bền của các lớp mạ niken, phụ thuộc vào điều kiện điện phân và độ sạch của lớp kết tủa niken, dao động trong khoảng : (200÷600)kG/mm^2 - độ cứng tế vi; (36÷107)kG/ mm^2- giới hạn bền; (6÷30)%- độ giãn dài tương đối. Độ cứng tế vi của bề mặt sáng bóng cao hơn của bề mặt mờ đục.

Trong bảng 5.4. trình bày các số liệu cho thấy ảnh hưởng của thành phần chất điện phân và mật độ dòng điện đến tốc độ kết tủa niken.

Ngoài phương pháp mạ niken điện phân nêu trên, còn có các phương pháp khác cũng được ứng dụng nhưng ở qui mô rất hạn chế như :

Phủ niken bằng phương pháp hoá học

Phương pháp này - dựa trên cơ sở hoàn nguyên các muối niken trong dung dịch clorua niken - cho phép ta tạo được lớp phủ có chiều dày đồng đều. Với độ dày như nhau, lớp mạ niken bằng phương pháp hoàn nguyên có độ xốp thấp hơn hai lần và khả năng chống ăn mòn bằng hoặc cao hơn so với lớp mạ điện phân. Đặc biệt, các lớp mạ niken theo phương pháp này có khả năng bảo vệ thép rất tốt ở nhiệt độ cao (đến 700°C) và có độ dính kết tốt với nền, nhất là sau khi qua nhiệt luyện.

Mạ niken từ pha khí

Thực chất của phương pháp là tạo lớp mạ trên băng thép bằng nhiệt phân hơi tetracacbonin niken. Băng thép nung đến nhiệt độ (300÷350)°C được xử lý bằng hơi

cacbonin trong môi trường khí trơ. Trong quá trình nhiệt phân, các lớp nguyên tử Ni xếp trên bề mặt thép tăng dần, tạo nên lớp kết tủa chặt chẽ. Với độ dày 20 μm, lớp phủ hầu như không có lỗ xốp. Để đảm bảo độ bám dính tốt giữ lớp phủ và nền, bề mặt băng thép phải được làm sạch kỹ.

Mạ niken trong chân không

Mạ khuếch tán niken trong chân không về nguyên tắc không khác so với mạ khuếch tán crom. Điểm khác biệt trong trường hợp này là nhiệt độ nóng chảy và áp suất hơi của niken thấp hơn nhiều so với crom, do đó không cho phép đạt được tốc độ bốc hơi đủ lớn của niken từ pha rắn. Ngoài ra, rất khó chọn vật liệu có thể đảm bảo độ bền cao khi tiếp xúc lâu với niken lỏng để chế tạo thiết bị bốc hơi. Corundum trắng (Al_2O_3), là loại vật liệu phù hợp hơn cả cho mục đích trên và được sử dụng rộng rãi. Loại vật liệu này có thể đảm bảo tốc độ hoá hơi niken cao hơn so với các loại vật liệu khác.

Lớp mạ niken trên băng thép, thu được bằng phương pháp mạ khuếch tán trong chân không từ pha lỏng, có bề mặt sáng bóng nếu nhiệt độ nền thép cao hơn 900°C và bề mặt mờ đục nếu nhiệt độ của nền thép thấp hơn. Lớp mạ được cấu tạo từ hai lớp: tiếp xúc với nền thép là lớp mạ niken khuếch tán (không có cấu trúc hạt dạng trụ rõ rệt như đối với crom), tiếp theo là lớp mạ niken "phủ" (cũng là lớp kết tinh lại).

Độ cứng tế vi theo chiều dày (từ lớp "phủ" đến lớp khuếch tán) của lớp mạ niken biến đổi trong khoảng (130÷180)kG/mm^2.

5.2.5. Thép mạ chì

Tráng chì nóng

Công nghệ tráng chì nóng tương tự như tráng kẽm nóng. Trợ dung là dung dịch đậm đặc clorua kẽm sạch, thêm phụ gia là amoni clorua (NH_4Cl). Thành phần của bể tráng chì nóng trình bày trong bảng 5.5.

Độ dày lớp phủ chì phụ thuộc tuyến tính vào tốc độ băng thép chạy qua bể tráng (bể chì nóng chảy được giữ ở nhiệt độ trung bình 385°C). Thời gian nhúng băng thép trong bể chì tối ưu là (1÷1,2) phút.

Ngoài tráng chì thép cuộn, phương pháp tráng nóng chì thép lá cũng được ứng dụng rộng rãi. Trước khi tráng chì, các lá thép được tẩy gỉ trong dung dịch axit 7% H_2SO_4, không

có chất ức chế (hãm), trong thời gian (30÷40) phút. Nhiệt độ dung dịch (40÷50)°C. Sau khi tẩy gỉ axit, thép lá được rửa sạch bằng nước nguội sau đó được nhúng qua dung dịch HCl loãng (0,2÷0,5)% nhằm làm cho bề mặt thép sáng hơn. Tiếp theo, thép được nhúng vào bể chì nóng chảy trong khoảng thời gian (15÷20) phút. Phụ thuộc vào độ dày của thép nền, nhiệt độ của chì trong khoảng (360÷410)°C (thép càng dày, nhiệt độ chì cần càng cao).

Thành phần của bể chì nóng chảy : (92÷93)%Pb, (7÷8)%Sb. Cũng có thể thay thế thành phần Sb bằng (10÷25)%Sn. Trong trường hợp này, lớp phủ sẽ có bề mặt đục.

Bảng 5.5. *Thành phần bể tráng chì nóng*

Đặc tính của lớp phủ	Hàm lượng các nguyên tố, %					Nhiệt độ bể tráng,°C
	Pb	Sn	Sb	Zn	Cu	
Mềm	97	đến 2,0	đến 0,02	đến 0,01	đến 0,01	370-390
Cứng	98-98,5	1,5-2,0	0,02	đến 0,01	đến 0,01	370-390
Cứng	78-83	0,5-2,0	15-20	đến 0,01	đến 0,01	> 400

Chì và sắt là hai kim loại không hoà tan vào nhau, do đó không thể phủ chì lên bề mặt thép nếu trong thành phần bể tráng không có thêm phụ gia Sn, Sb hoặc Bi. Trong quá trình tráng nóng chì, trên bề mặt thép tạo thành lớp trung gian mỏng có thành phần chủ yếu là $FeSb_2$ hoặc $FeSn_2$ (phụ thuộc vào thành phần của bể chì). Độ dày của lớp trung gian tỷ lệ thuận với hàm lượng nguyên tố phụ gia.

Phủ chì trong chân không

Phương pháp này dựa trên nguyên lý hoá hơi chì trong chân không (khoảng 1,33 N/m^2) ở nhiệt độ (715÷722)°C. Để hoá hơi chì, người ta dùng các chén nung corundum được nung bằng dây điện trở. Trước khi phủ chì, bề mặt thép được làm sạch bằng phương pháp cơ học và được khử dầu mỡ bám bẩn bằng phương pháp điện-hoá, sau đó được nung nóng đến 250°C trong chân không (0,013N/m^2) trong khoảng 20 phút nhằm loại trừ triệt để khí trong thép. Sau khi phủ chì, thép được làm nguội cũng trong chân không đến nhiệt độ khoảng 30°C.

Độ bóng bề mặt, cấu trúc và độ bám dính nền của lớp phủ phụ thuộc vào nhiệt độ và tốc độ ngưng tụ hơi chì. Với tốc độ ngưng tụ (0,1÷0,2)μm/phút, lớp phủ có bề mặt mờ đục và

cấu trúc hạt mịn. Với tốc độ ngưng tụ (1÷3))μm/phút, các số liệu về độ bóng bề mặt, tổ chức và độ bám dính của lớp phủ được trình bày trong bảng 5.6.

Bảng 5.6. *Ảnh hưởng của nhiệt độ ngưng tụ đến tổ chức, độ bóng bề mặt và độ bám dính nền của lớp phủ chì bằng phương pháp bốc hơi trong chân không, tốc độ ngưng tụ (1÷3) μm/phút*

Nhiệt độ, °C	Độ bóng bề mặt	Tổ chức lớp phủ	Độ bám dính (số lần chịu uốn cho đến khi bong)
50-100	Sáng bóng	Hạt mịn	1-3
130-170	Sáng bóng	Hạt mịn	5-7
180-200	Sáng bóng	Hạt mịn	8-10
250-270	Sáng bóng	Hạt mịn	13 (gãy mẫu)
270-460	Xám đục	Giọt ngưng tụ thô	13 (gãy mẫu)
> 460	Không ngưng tụ		

5.2.6. Tôn tráng thiếc

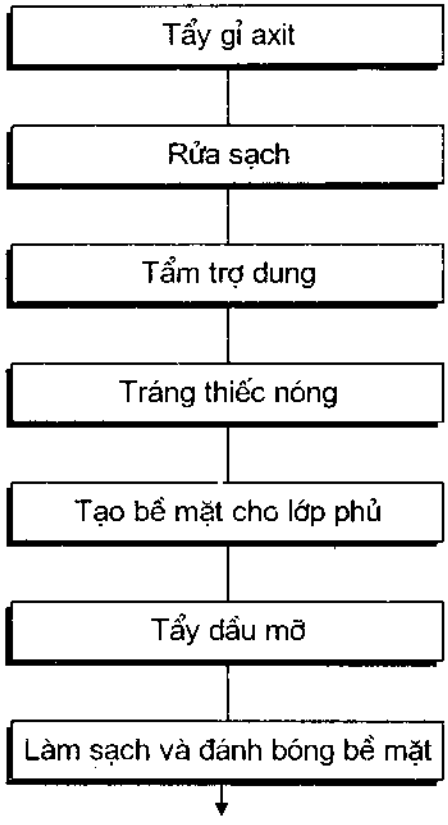
Để nâng cao tính dập của tôn và tăng độ bền liên kết giữa thép và lớp kim loại bảo vệ, trước khi tráng thiếc, tôn được nhiệt luyện, cán là và tẩy sạch bề mặt.

Theo phương pháp phủ thiếc, người ta phân biệt :

- Tôn tráng thiếc nóng, khi cho thép chạy qua bể chứa thiếc nóng chảy;
- Tôn mạ thiếc điện phân, khi thiếc được phủ lên bề mặt thép bằng phương pháp điện-hoá.

Tôn tráng thiếc nóng

Trong đa số các trường hợp, phương pháp tráng thiếc nóng thường áp dụng cho tôn lá. Đối với tôn dưới dạng cuộn (tôn băng), phương pháp này không được ứng dụng rộng rãi. Các hệ thống thiết bị tráng thiếc nóng tôn cuộn thường chỉ sử dụng cho băng hẹp (chiều rộng dưới 500 mm).



Hình 5.11. *Sơ đồ công nghệ tráng thiếc nóng:*

Tẩy gỉ axit được tiến hành trong dung dịch 2% HCl có dòng một chiều (5 A/dm^2) chạy qua nhằm tăng tốc độ tẩy gỉ. Trợ dung là dung dịch $ZnCl_2$ được nung đến 270°C, có tác dụng tẩy sạch các chất bám bẩn, nung nóng thép đến (110÷120)°C và tăng khả năng bám dính thiếc nóng. Thiếc trong bể chứa được nung đến (290÷330)°C. Mặt lớp phủ được là phẳng bằng các cặp con lăn bố trí sau bể thiếc và trước ngăn chứa dầu (dầu cọ hoặc dầu bông). Tẩy dầu mỡ được tiến hành trong dung dịch NaOH. Sau khi sấy khô, tôn được đánh bóng bằng các con lăn bọc thảm.

Trong công nghệ tráng thiếc nóng, người ta sử dụng chất trợ dung là dung dịch clorua kẽm ($ZnCl_2$) nồng độ (700÷800)g/lít, nhiệt độ (200÷270)°C. Thời gian ngâm thép trong trợ dung là (0,3÷0,4)s đối với trường hợp tôn lá và đến 2s ở các hệ thống liên tục (tráng tôn cuộn).

Khi tác dụng với trợ dung và thiếc, trên bề mặt nền thép tạo thành lớp trung gian Fe-Sn và lớp thiếc sạch. Lớp thiếc sạch siêu mỏng này, tác dụng với sắt tạo thành liên kim $FeSn_2$ (chứa tới 85%Sn), giữ vai trò làm nền để tạo thành lớp thiếc sạch trên bề mặt tôn. Trong bể thiếc nóng chảy, các ion thiếc được tích luỹ trong trợ dung, do vậy cũng xảy ra quá trình kết tủa điện-hoá Sn từ trợ dụng lên bề mặt thép.

Sơ đồ công nghệ tráng thiếc nóng tôn lá và tôn cuộn được trình bày trên hình 5.11. Độ dày của lớp thiếc phủ theo phương pháp này nằm trong khoảng (1,8÷3,0) μm. Lượng tiêu hao thiếc cho 1 T sản phẩm khoảng (17÷20) kg. Các hệ thống tráng thiếc nóng có nhược điểm là năng suất thấp (5÷10 nghìn tấn năm) nên chỉ được sử dụng ở các nhà máy có khối lượng sản xuất nhỏ.

Tôn mạ thiếc điện phân

Ở các nhà máy sản xuất tôn công suất lớn, tôn trắng (phủ thiếc) được sản xuất bằng phương pháp mạ điện phân. Phương pháp này dựa trên cơ sở tương tác giữa các ion thiếc dương với băng thép mang điện tích âm dưới tác dụng của dòng điện.

Chất điện phân là dung dịch muối chứa thiếc. Các con lăn tải thép dẫn điện được nối với cực âm sẽ tạo cho băng kim loại có điện tích âm (catot). Các thỏi Sn treo trong bể điện phân giữ vai trò anot. Dưới tác dụng của dòng điện, các ion thiếc điện tích dương (hoá trị hai hoặc bốn tuỳ thuộc vào chất điện phân) chuyển động về phía băng kim loại tích điện âm, phóng điện và tạo ra trên về mặt tôn lớp phủ Sn. Các thỏi anot Sn tan dần trong quá trình điện phân để bù lại lượng ion tiêu hao trong dung dịch.

Các hệ thống thiết bị mạ thiếc điện phân liên tục gồm ba phần : phần đầu có nhiệm vụ dỡ cuộn và tích luỹ thép nhằm tạo quá trình công nghệ liên tục; phần giữa – phần công nghệ, thực hiện các công đoạn chuẩn bị bề mặt, mạ và tinh chỉnh tôn mạ; phần cuối có chức năng tích luỹ thép và cuộn.

Để làm sạch bề mặt tôn trước khi mạ, người ta thường dùng các hỗn hợp dung dịch với thành phần dưới đây :

Cho tẩy sạch dầu mỡ bám bẩn :

- NaOH, g/lít — 3÷15
- Na_2CO_3, g/lít — 8÷20
- Trinatriphotphat, g/lít — 10÷20
- Nhiệt độ dung dịch, °C — 75÷95
- Mật độ dòng điện, A/dm^2 — 2÷10

Cho tẩy gỉ axit

- H_2SO_4, g/lít — 100÷140
- Sunfat sắt, g/lít — đến 180
- Nhiệt độ dung dịch, °C — 30÷50

Quá trình mạ tiến hành trong các hệ thống thiết bị dùng dung dịch điện phân có tính kiềm, tính axit hoặc halogen.

Ở các hệ thống mạ thiếc trong dung dịch điện phân có tính kiềm, người ta sử dụng chủ yếu stanat natri hay kali. Trong các dung dịch điện phân này, ion thiếc hoá trị bốn (Sn^{4+}) nhận được từ SnO_3^{2-} qua quá trình phân ly stanat theo hai bậc. Bậc phân ly thứ hai xảy ra chậm, hàm lượng ion Sn^{4+} trong dung dịch thấp, do đó lớp kết tủa điện phân có tổ chức hạt mịn. Đây cũng là một trong những ưu điểm của dung dịch điện phân kiềm.

Để đảm bảo chất lượng của lớp mạ thiếc, cần phải có được quá trình bù ion Sn hoá trị bốn cho dung dịch bằng cách dùng anot thụ động. Sự tan của anot dưới dạng ion hoá trị hai phải được loại bỏ. Chế độ mạ tối ưu có thể xác định trên cơ sở lựa chọn hợp lý nhiệt độ dung dịch điện phân, hàm lượng kiềm tự do và mật độ dòng điện. Tỷ lệ diện tích bề mặt anot và catot tối ưu, cho phép đảm bảo sự ổn định của thành phần dung dịch điện phân trong quá trình làm việc, là : S_a: S_c=2:1.

Phương pháp mạ trong dung dịch điện phân kiềm cho phép giảm độ dày lớp thiếc đến 1,2 μm. Tuy nhiên, do nhược điểm cồng kềnh, tốc độ mạ thấp (3 ÷3,5 m/s) nên không được sử dụng rộng rãi.

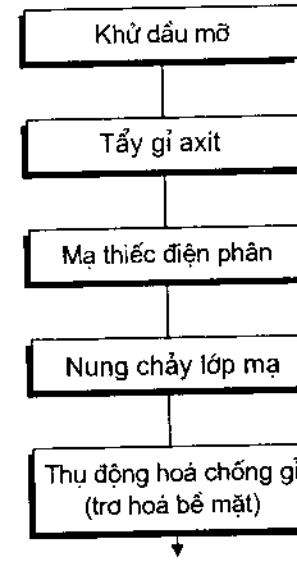
Các hệ thống thiết bị mạ thiếc điện phân dùng dung dịch có tính axit được sử dụng rộng rãi hơn cả. Tốc độ mạ ở các hệ thống này đạt tới (8÷10) m/s. Độ dày lớp mạ khoảng 2 μm. Phần bể mạ thiết kế theo kiểu đứng nên phần công nghệ của hệ thống gọn hơn. Năng suất của các hệ thống mạ thiếc dùng dung dịch điện phân có tính axit đạt tới (100 ÷ 300) nghìn tấn năm.

Thiếc sunfat hay thiếc sunfat fenic chứa ion hoá trị hai, phóng điện trên catot tạo thành Sn theo phương trình $Sn^{2+} + 2e \rightarrow 2Sn$. Đương lượng điện – hoá của thiếc hoá trị hai lớn hơn gấp hai lần đương lượng điện – hoá của thiếc hoá trị bốn, do đó để có được độ dày lớp mạ như nhau, quá trình mạ với Sn^{2+} sẽ nhanh hơn gấp hai lần. Mạ thiếc với dung dịch điện phân có tính axit cho phép sử dụng mật độ và hiệu suất dòng lớn hơn.

Mạ thiếc trong dung dịch điện phân halogen

Các dung dịch điện phân halogen cho phép sử dụng mật độ dòng còn cao hơn (đến 50A/dm^2) so với các dung dịch điện phân axit và với hiệu suất dòng đến 97%.

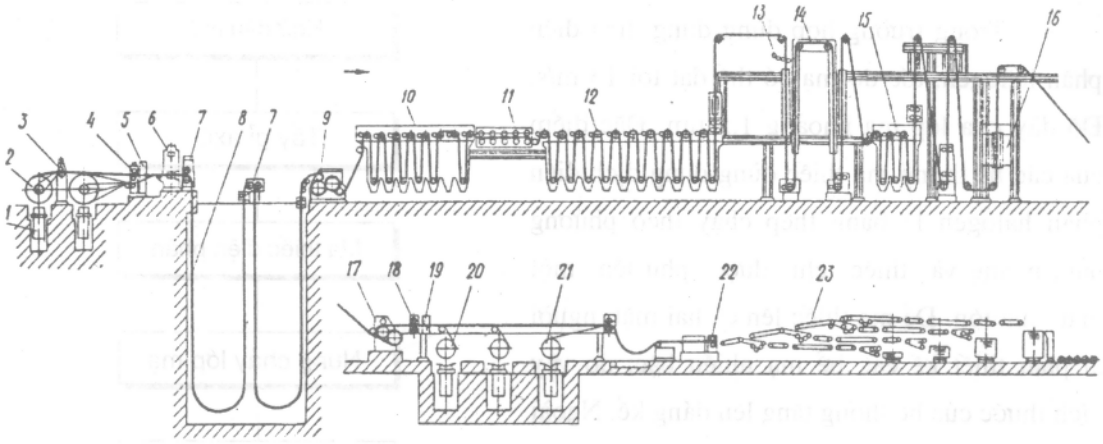
Trong trường hợp dùng dung dịch điện phân halogen, tốc độ mạ có thể đạt tới 13 m/s. Độ dày của lớp mạ khoảng 1,5 μm. Đặc điểm của các hệ thống mạ thiếc dùng dung dịch điện phân halogen là băng thép chạy theo phương nằm ngang và thiếc chỉ được phủ lên một mặt của tôn. Để mạ thiếc lên cả hai mặt, người ta phải thiết kế các bể mạ nhiều bậc, do vậy kích thước của hệ thống tăng lên đáng kể. Ngoài ra, dung dịch điện phân ($SnCl_2$ và SnF_2) có tính ăn mòn cao và rất độc hại cho người làm việc. Cho nên, mặc dù năng suất cao (đến 250 nghìn tấn năm), các hệ thống thiết bị mạ thiếc dùng dung dịch điện phân halogen được sử dụng rất hạn chế.



Hình 5.12. *Sơ đồ công nghệ mạ thiếc điện phân.*

Trên hình 5.12 trình bày sơ đồ công nghệ mạ thiếc bằng phương pháp điện phân.

Hình 5.13 trình bày sơ đồ hệ thống thiết bị mạ thiếc điện phân dùng dung dịch sunfat. Hệ thống cho phép mạ thiếc tôn băng dày (0,15 ÷ 0,6) mm, rộng (450 ÷ 1020) mm từ các mác thép cacbon thấp, với độ dày lớp mạ trên hai bề mặt có thể khác nhau tuỳ ý (mạ vi sai). Trong bể mạ, cực âm (catot) là băng thép chuyển động qua các con lăn tiếp điểm, các thỏi điện cực bằng thiếc (bố trí hai bên băng kim loại) giữ vai trò là cực dương (anot). Sau khi ra khỏi bể mạ, băng thép được nung đến nhiệt độ trên điểm nóng chảy của thiếc, nhằm làm cho thiếc nóng chảy và điền đầy các khoang xốp. Để khử màng oxit và ngăn ngừa sự oxy hoá của thiếc trong quá trình nung chảy, bề mặt của tôn mạ được phủ một lớp trợ dung mỏng gồm amoni clorua và clorua kẽm. Sau khi nung chảy thiếc, tôn được làm nguội nhanh bằng nước, nhờ đó lớp thiếc mạ có bề mặt bóng sáng hơn. Thụ động hoá chống gỉ (trơ hoá bề mặt) được tiến hành bằng phương pháp hoá hoặc điện hoá. Trong quá trình trơ hoá, lớp oxit tự nhiên trên bề mặt lớp thiếc bị hoà tan và thay vào đó là một màng cực mỏng không màu có khả năng chống gỉ cao hơn trong môi trường thực phẩm và trong khí quyển, tạo thành trên bề mặt tôn.



Hình 5.13. *Sơ đồ hệ thống thiết bị mạ thiếc điện phân:*

1. bàn nâng; 2. máy dỡ cuộn; 3, 4. các con lăn kéo và dẫn thép; 5. máy cắt đầu, đuôi cuộn thép; 6. máy hàn nối cuộn; 7. con lăn dẫn thép; 8. hố tạo vòng dự trữ; 9. cơ cấu kéo băng kim loại; 10. bộ phận khử dầu mỡ và tẩy gỉ axit; 11. bộ phận rửa (trong dung dịch kiềm); 12. bộ phận mạ thiếc (gồm bể mạ, bể thu hồi dụng dịch điện phân, rửa và sấy khô); 13. cơ cấu đánh dấu bề mặt có lớp mạ dầy hơn (trong trường hợp mạ vi sai); 14. thiết bị nung chảy thiếc; 15. thiết bị trơ hoá bề mặt; 16. thiết bị tráng dầu và kiểm tra khuyết tật; 17, 18. các con lăn kéo và dẫn; 19. máy cắt chém; 20. máy cuốn thép; 22. máy cắt lia; 23. thiết bị phân loại và đóng gói thành phẩm.

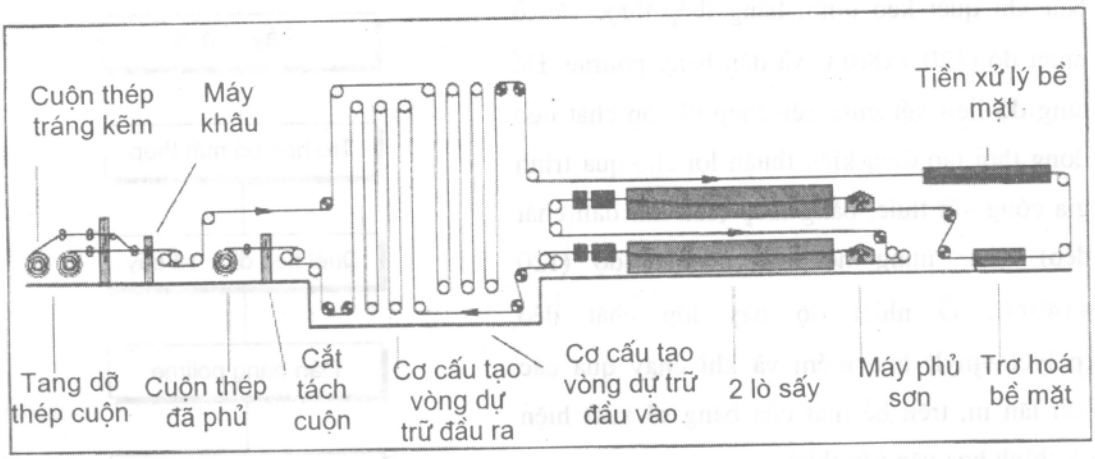
Ngoài tôn trắng mạ thiếc điện phân, hiện nay người ta đã áp dụng thành công nhiều vật liệu thay thế nó. Trong đó, thép phủ crom hoặc nhôm là hai loại vật liệu thay thế tôn trắng có nhiều triển vọng hơn cả. So với tôn trắng, giá thành tôn phủ nhôm hoặc crom thấp hơn khoảng 20%.

5.3. Thép sơn, phủ bề mặt bằng polime

Sự phát triển mạnh mẽ của công nghiệp hoá học, đặc biệt là ngành sản xuất vật liệu polime, đã tạo tiền đề cho việc thay thế các kim loại đắt tiền dùng phủ bề mặt thép bằng các vật liệu polime kinh tế hơn.

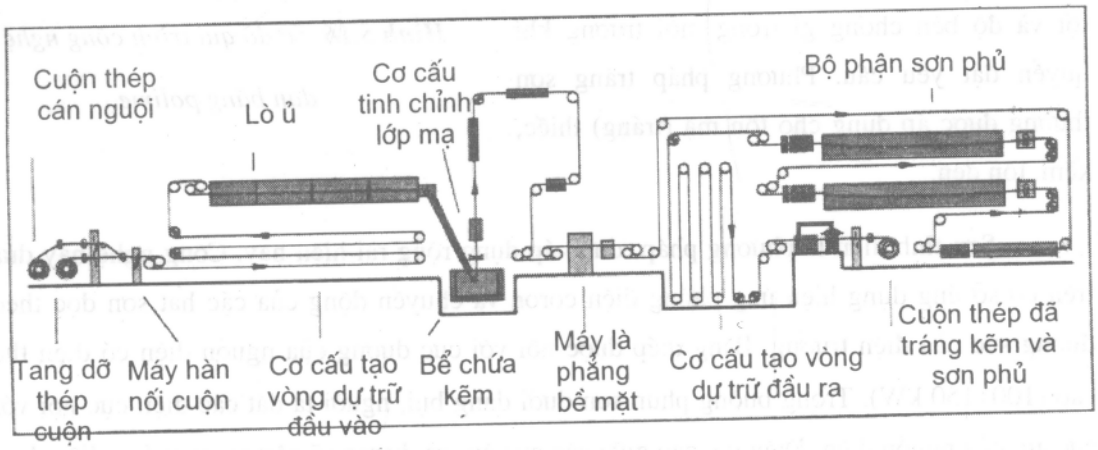
Để phủ bề mặt thép lá và thép băng cán nguội, người ta dùng các loại chất dẻo trên cơ sở polivinylclorit, clovinyl, polyetylen, ... và các loại sơn trên cơ sở nhựa acryl, alkyl, vinyl, polyete, epoxy và các hợp chất hữu cơ khác hay hỗn hợp của chúng. Thép phủ polime có độ bền chống gỉ cao, hấp thụ âm, cách điện và có bề mặt đẹp. Phôi cho phủ polime có thể

là tôn đen (chưa tráng phủ bề mặt), tôn tráng, mạ thiếc, kẽm, nhôm,... . Thép phủ polime có thể dập, hàn, uốn hình và chịu các nguyên công gia công cơ khác.



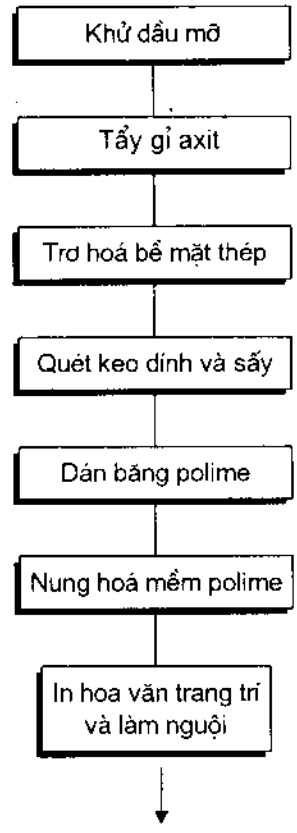
Hình 5.14. *Sơ đồ hệ thống sơn phủ bề mặt thép tráng kẽm liên tục (thiết kế của Tập đoàn Fives-Lille, Pháp). Kích thước sản phẩm b×h = (600 ÷ 1500) mm × (÷1,6) mm, khối lượng cuộn đến 30 T, năng suất (30 000 ÷ 60 000)T/năm.*

Theo độ dày lớp phủ, có thể phân biệt hai dạng phủ polime cơ bản : mỏng (10 ÷ 25) μm và dày (50 ÷ 350) μm.



Hình 5.15. *Sơ đồ hệ thống liên tục liên hợp tráng kẽm và sơn phủ bề mặt (thiết kế của Tập đoàn Fives-Lille, Pháp). Kích thước sản phẩm b×h = (600 ÷ 1500) mm × (÷1,6) mm, khối lượng cuộn đến 30 T, năng suất tráng kẽm (20 000 ÷ 100 000)T/năm, năng suất sơn phủ (20000÷60000) T/năm.*

Trơ hoá bề mặt băng thép tiến hành trong dung dịch natri dicromat và trinatriphotphat. Sau khi quét keo dính, băng thép được sấy ở nhiệt độ (120 ÷180)°C và dán băng polime. Để tăng độ liên kết giữa nền thép và lớp chất dẻo đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình gia công kết thúc, băng thép (sau khi dán chất dẻo) được nung nóng đến nhiệt độ (120 ÷140)°C. Ở nhiệt độ này lớp chất dẻo (polyclovinyl) hoá mềm và khi chạy qua các con lăn in, trên bề mặt của băng sẽ xuất hiện các hình hoa văn cần thiết.



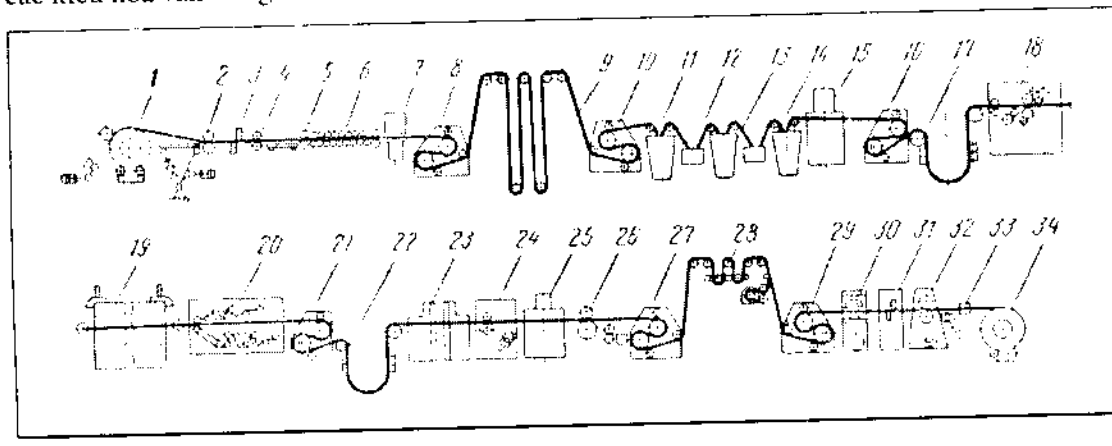
Hình 5.16. *Sơ đồ qui trình công nghệ dán băng polime.*

Dạng phủ mỏng thường được tiến hành bằng cách tráng lên bề mặt thép các loại sơn polime. Phương pháp tráng sơn có ưu điểm là giá thành sản phẩm thấp, nguyên công chuẩn bị bề mặt trước khi tráng đơn giản, độ bám dính tốt và độ bền chống gỉ trong môi trường khí quyển đạt yêu cầu. Phương pháp tráng sơn thường được áp dụng cho tôn mạ (tráng) thiếc, kẽm, tôn đen.

Sơn tĩnh điện là phương pháp được áp dụng rộng rãi hiện nay. Công nghệ này dựa trên cơ sở ứng dụng hiệu ứng phóng điện coron và chuyển động của các hạt sơn dọc theo đường sức của điện trường. Băng thép được nối với cực dương của nguồn điện có điện thế cao (100÷150 kW). Trong buồng phun sơn dưới dạng bụi, người ta đặt các điện cực nối với cực âm của nguồn điện. Điện thế cao giữa các cực âm và dương sẽ gây ra sự phóng điện theo hiệu ứng coron và tạo ra vùng sinh ion âm với cường độ mạnh. Do hấp phụ các ion âm, các hạt bụi sơn trở nên có điện tích âm và chuyển động về phía cực dương. Bằng cách đó các hạt bụi sơn sẽ bám đều lên bề mặt băng thép và tạo nên một lớp sơn phủ mỏng. Sau đó, sơn được sấy khô bằng dòng cao tần.

Quá trình tráng sơn tiến hành ở các hệ thống thiết bị tráng sơn liên tục (hình 5.14, 5.15).

Phủ polime dày thực hiện ở các thiết bị chuyên dùng bằng phương pháp phủ lên bề mặt thép polyvinyl clorit, clovinyl hoặc polyetylen ở dạng bột nhão, bột khô hoặc ở dạng băng chất dẻo. Để nâng cao độ bám dính giữa lớp polime và kim loại, người ta quét trước lên bề mặt băng thép một lớp keo dính. Đối với dạng phủ dày, trên bề mặt lớp polime có thể in các kiểu hoa văn trang trí cần thiết.



Hình 5.17. *Sơ đồ hệ thống dán băng polime .*

1- hai tang dỡ cuộn đồng trục; 2- các con lăn đưa thép; 3- máy cắt chém; 4- cơ cấu thu đầu cắt; 5- các con lăn kéo; 6- máy nắn thép kiểu con lăn; 7- máy hàn; 8- các con lăn kéo; 9- bộ tích luỹ kiểu thép; 10- các con lăn kéo; 11- bể làm sạch dầu mỡ; 12- máy cọ rửa bằng bàn chải; 13- bể tẩy gỉ bằng phương pháp điện-hoá; 14- bể thụ động; 15- máy sấy; 16- các con lăn kéo; 17- hố tạo vòng; 18- máy tráng keo dán; 19- máy sấy và hoạt hoá keo dán; 20- máy dán băng polime; 21- các con lăn kéo; 22- hố tạo vòng; 23- lò nung biến mềm băng polime; 24- máy in dập; 25- máy sấy; 26- máy cắt đĩa; 27- các con lăn kéo; 28- bộ tích luỹ kiểu tháp; 29- các con lăn kéo; 30- máy lấy mẫu; 31- máy cắt; 32- bàn dẫn con lăn; 33- cảm biến theo dõi hệ thống; 34- tang cuộn.

Dán lên bề mặt băng thép các băng chất dẻo là một trong những phương pháp phổ biến của dạng phủ polime dày. Sơ đồ qui trình công nghệ dán băng polime trình bày trên hình 5.16. Công nghệ này được thực hiện ở các hệ thống thiết bị dán băng chất dẻo liên tục (hình 5.17), về mặt kết cấu, không khác nhiều lắm so với hệ thống thiết bị mạ thiếc điện phân đã trình bày .

BIẾN DẠNG ĐÀN HỒI CỦA GIÁ CÁN THÉP TẤM VÀ THÉP BĂNG

6.1. Biến dạng đàn hồi và mođun cứng của giá cán

Dưới tác dụng của lực cán, các chi tiết của giá cán bị biến dạng đàn hồi : các trụ của khung giá chịu biến dạng kéo; các trục tựa và trục làm việc chịu biến dạng lún và uốn; ... .Tổng biến dạng đàn hồi của của tất cả các chi tiết chịu tải xác định độ biến dạng ("lò xo") của giá cán, δ_{gc} :

$$\delta_{gc}=\delta_k+\delta_t+\delta_g+\delta_{ol}+\delta_v+\delta_{do}+\delta_c+\delta_{lk}+\delta_{dl}\text{ , mm} \qquad (6.1)$$

trong đó, δ_k, δ_t - tương ứng tổng biến dạng đàn hồi của khung giá cán và trục cán ; δ_g, δ_{ol}, δ_v, δ_{do}, δ_c, δ_{lk}, δ_{dl} - tương ứng biến dạng đàn hồi của gối trục, ổ lót trục, vít nén, đai ốc, ổ chặn vít nén, lực kế, đệm lót.

Biến dạng đàn hồi của khung giá cán được tính như sau :

$$\delta_k = \delta'_k + \delta''_k + \delta'''_k\text{ , mm} \qquad (6.2)$$

trong đó, $\delta'_k, \delta''_k, \delta'''_k$ - tương ứng biến dạng đàn hồi do các momen uốn, lực dọc và lực ngang gây nên.

Đối với các khung giá kiểu kín, dạng khung cứng góc vuông (hay góc lượn tròn), có hai trụ và hai dầm ngang giống nhau, các thành phần của δ_k có thể tính theo Txelicov :

$$\delta'_k = \frac{l_d^2}{4EI_d}\left(\frac{Pl_d}{12} - M_o\right)\text{,mm} \qquad (6.3)$$

$$\delta''_k = k\frac{Pl_d}{4GF_d}\text{,mm} \qquad (6.4)$$

$$\delta_k^{m} = k\,\frac{l_{tr}}{4EF_{tr}}, \text{mm} \qquad (6.5)$$

trong đó, P - lực cán, N; l_d , l_{tr} - tương ứng chiều dài dầm ngang và trụ khung giá tính theo đường trung hoà, mm; I_d - momen quán tính của tiết diện dầm ngang, mm^4 ; E- modun đàn hồi của vật liệu khung giá, N/mm^2 ; M_o - momen uốn tại các góc của khung giá, N.mm; k - hệ số phụ thuộc vào hình dạng tiết diện ngang của dầm ; G - modun trượt của vật li khung giá, N/mm^2; F_d, F_{tr} - tương ứng diện tích tiết diện ngang của dầm và trụ khung giá cán, mm^2.

Momen M_o có thể tính theo các công thức sau :

- Không tính tới độ lượn của góc khung :

$$M_o = \frac{Pl_d}{16\left(1 + \frac{l_{tr}}{l_d}\frac{I_d}{I_{tr}}\right)}, \text{ N.mm} \qquad (6.6)$$

- Có tính tới độ lượn của góc khung :

$$M_o = \frac{Pl_d\left[1 + 4\frac{r}{l_d}\left(1.15\frac{r}{l_d}\frac{I_d}{I_{dl}} + 1\right)\right]}{16\left(1 + \frac{l_{tr}}{l_d}\frac{I_d}{I_{tr}} + \pi\frac{r}{l_d}\frac{I_d}{I_{dl}}\right)}, \text{ N.mm} \qquad (6.7)$$

trong đó, r - bán kính lượn của các góc khung, tính theo đường trung hoà, mm; I_{dl}- momen quán tính của tiết diện dầm ngang có tính tới độ lượn của góc khung, mm^4.

Biến dạng đàn hồi tổng cộng của hệ trục cán ở các kvarto (tính ở giữa thân trục) xác định theo công thức :

$$\delta_t = 2\left(y^a_{tt,M} + y^a_{tt,Q}\right) - 2\left(y^l_{tt,M} + y^l_{tt,Q}\right) + 2y^l_{lv} + 2\Delta_{cn} + 2\Delta_n, \text{mm} \qquad (6.8)$$

trong đó, $y^a_{tt,M}$, $y^a_{tt,Q}$ - tương ứng độ uốn của trục tựa, xét tương đối với điểm đặt của phản lực tác dụng lên cổ trục (đường tâm của vít nén), do momen uốn và lực ngang gây nên; $y^l_{tt,M}$, $y^l_{tt,Q}$ - tương ứng độ uốn của trục tựa do momen uốn và lực ngang gây nên, xét tương đối với mép thân trục, mm; y^l_{lv} - độ uốn của trục làm việc xét tương đối với mép thân trục, mm; Δ_{cn}- độ lún đàn hồi của trục làm việc trong vùng tiếp xúc với băng kim loại, Δ_n- độ lún đàn hồi chung của trục làm việc và trục tựa trong vùng tiếp xúc giữa chúng, mm.

Hiệu giữa độ uốn của trục tựa xét tương đối với điểm đặt của phản lực và độ uốn xét tương đối với mép thân trục gọi là độ ép lún (y_{lt}) của nó. Do vậy công thức (6.8) có thể viết lại như sau :

$$\delta_t = 2y_{lt} + 2y^{l}_{lv} + 2\Delta_{ct} + 2\Delta_{tt}. \qquad (6.9)$$

Các công thức (6.8) và (6.9) chỉ áp dụng cho các trục tựa và trục làm việc hình trụ.

Độ uốn của trục tựa có thể tính tương đối chính xác theo các công thức của Xelicov .

- Độ uốn xét tương đối với điểm đặt của phản lực :

$$y^{a}_{tt,M} = \frac{P}{18.8E_{tt}D^{4}_{tt}}\left\{8a^{3}_{1} - 4a_{1}L^{2}_{tt} + L^{3}_{tt} + 64c^{3}_{tt}\left[\left(\frac{D_{tt}}{d_{ct}}\right)^{4} - 1\right]\right\}, \text{mm} \qquad (6.10)$$

$$y^{a}_{tt,Q} = \frac{P}{G\pi D^{2}_{tt}}\left\{a_{1} - \frac{L_{tt}}{2} + 2c_{tt}\left[\left(\frac{D_{tt}}{d_{ct}}\right)^{2} - 1\right]\right\}, \text{mm} \qquad (6.11)$$

- Độ uốn xét tương đối với mép thân trục :

$$y^{l}_{tt,M} = \frac{P}{18.8E_{tt}D^{4}_{tt}}\left\{12a_{1}L^{2}_{tt} - 7L^{3}_{tt}\right\}, \text{mm} \qquad (6.12)$$

$$y^{l}_{tt,Q} = \frac{P}{G\pi D^{2}_{tt}}\frac{L_{tt}}{2}, \text{mm} \qquad (6.13)$$

trong đó, P- lực cán toàn phần; E_{tt}- modun đàn hồi của vật liệu trục tựa; D_{tt}, d_{ct}- tương ứng đường kính thân và cổ trục tựa; L_{tt}- chiều dài thân trục tựa; a_1- khoảng cách giữa hai đường tâm vít nén (điểm đặt của phản lực); c_{tt}- khoảng cách từ mép thân trục tựa đến điểm đặt của phản lực tác dụng lên cổ trục; G- modun trượt của vật liệu trục tựa.

Độ uốn của trục làm việc xét tương đối với mép thân trục có thể tính theo công sau :

$$y^{l}_{lv} = P(1-\beta)\left[\frac{b^{3}}{18.8E_{lv}D^{4}_{lv}}\frac{3+3\beta-\beta^{2}}{\beta^{3}} + \frac{b}{2\pi GD^{2}_{lv}\beta}\right], \text{mm} \qquad (6.14)$$

trong đó, $\beta = b/L_{tt}$; b- chiều rộng băng kim loại cán; D_{lv}- đường kính thân trục làm việc; E_{lv}- modun đàn hồi của vật liệu trục làm việc.

Độ lún đàn hồi chung của trục làm việc và trục tựa trong vùng tiếp xúc giữa chúng, Δ_{cn}, có thể tính theo công thức :

$$\Delta_{cn} = \frac{2q_t}{\pi}\left[\frac{1-\mu_{lv}^2}{E_{lv}}\left(\ln\frac{2R_{lv}}{b}+0{,}407\right)+\frac{1-\mu_{tt}^2}{E_{tt}}\left(\ln\frac{2R_{tt}}{b}+0{,}407\right)\right], \text{mm} \quad (6.15)$$

trong đó, q_t- tải trọng trên một đơn vị chiều dài thân trục tựa; μ_{lv}, μ_{tt} - tương ứng hệ số Poisson của vật liệu trục làm việc và trục tựa; R_{lv}, R_{tt}- tương ứng bán kính trục làm việc và trục tựa; b- chiều rộng của một nửa diện tích tiếp xúc giữa trục làm việc và trục tựa (tính theo (4.49)).

Để xác định sơ bộ độ lún đàn hồi của trục làm việc trong vùng tiếp xúc với băng kim loại, ta có thể sử dụng công thức :

$$\Delta_{lv} = \frac{q_b}{3{,}63\times10^6}\ln 3{,}51\times10^6\frac{2D_{lv}}{q_b}, \text{mm} \quad (6.16)$$

trong đó, q_b- tải trọng trên một đơn vị chiều rộng băng kim loại, $q_b = P/b$.

Biến dạng đàn hồi của các gối trục có thể tính theo công thức :

$$\delta_g = \frac{Ph_t}{2E_gF_{gt}}+\frac{Ph_d}{2E_gF_{gd}}, \text{mm} \quad (6.17)$$

trong đó, h_t, h_d- tương ứng chiều cao phần chịu nén của gối trục trên và gối trục dưới; F_t, F_d- tương ứng diện tích tiết diện ngang của phần chịu nén của gối trục trên và gối trục dưới; E_g- mođun đàn hồi của vật liệu gối trục.

Tổng biến dạng đàn hồi ở các ổ lót lăn của trục tựa, theo hướng tác dụng của lực cán, có thể tính theo công thức :

$$\delta_{ol} = 2{,}61\times10^{-8}\frac{P_{rad}}{nl_{cl}}\left[15{,}7+\lg\frac{n^2l_{cl}^2}{P_{rad}^2\left(\frac{1}{R_{cl}}+\frac{1}{R_{tr}}\right)\left(\frac{1}{R_{cl}}-\frac{1}{R_{ng}}\right)}\right], \text{mm} \quad (6.18)$$

với l_{cl}- chiều dài con lăn; n- số hàng con lăn (ổ lăn nhiều hàng); R_{cl} - bán kính trung bình của con lăn; R_{tr}, R_{ng}- tương ứng bán kính trung bình của đường rãnh vòng trong và vòng ngoài; P_{rad}- lực hướng tâm tác dụng lên con lăn chịu tải lớn nhất, xác định theo công thức sau :

$$P_{rad} = \frac{kP}{2n_{cl}\cos\beta}, N \qquad (6.19)$$

trong đó P- lực cán toàn phần; n_{cl}- số lượng con lăn trong ổ lót; β- góc nghiêng của đường sinh rãnh lăn, rad; k- hệ số phân bố tải trọng, xác định từ điều kiện :

$$k = \frac{n_{cl}}{1 + 2\cos^{5/2}\gamma_p + 2\cos^{5/2}2\gamma_p + ... + 2\cos^{5/2}n\gamma_p}, \qquad (6.20)$$

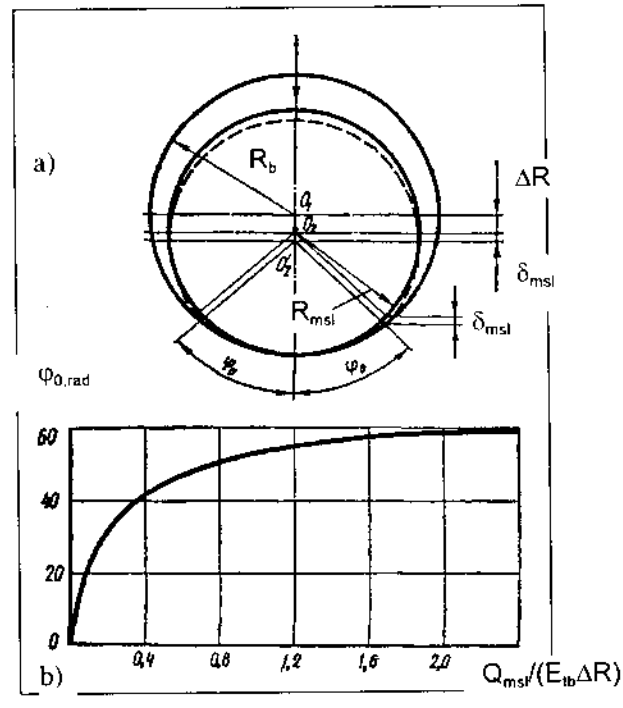
với γ_p - góc phân bố con lăn xét tương đối với phương của tải trọng đứng, bằng $360/n_{cl}$ rad.

Để xác định một cách gần đúng biến dạng đàn hồi tuyến tính trong các ổ lót ma sat lỏng, δ_{msl}, ta có thể sử dụng công thức sau :

$$\delta_{msl} = 2\left[R_b\sqrt{1-\left(\frac{R_{msl}}{R_b}\sin\varphi_o\right)^2} - \left(R_{msl}\cos\varphi_o + \Delta R\right)\right], mm \qquad (6.21)$$

trong đó, R_b, R_{msl}- tương ứng bán kính trong của bạc và bán kính ngõng của ổ lót ma sat lỏng (hình 6.1)của ; φ_o- góc chiếu một nửa bề rộng của miền tiếp xúc giữa ngõng ổ lót và máng bạc, rad; $\Delta R = R_b - R_{msl}$.

Góc φ_o phụ thuộc vào trị số của lực nén trên một đơn vị chiều dài miền tiếp xúc q_{msl} , $q_{msl} = P/(2L_{msl})$ với L_{msl} là chiều dài ổ lót ma sat lỏng. Để xác định φ_o ta có thể dùng đồ thị hình 6.1-b ($E_{tb} = 0.5(E_b + E_{msl})$- modun đàn hồi trung bình của ổ lót ma sat lỏng; E_b, E_{msl}- tương ứng modun đàn hồi của bạc và của ngõng ổ lót ma sat lỏng). Công thức (6.21) chỉ áp dụng khi $0 \le \varphi_o \le \pi/2$.



Hình 6.1. *Sơ đồ tính toán biến dạng đàn hồi tuyến tính trong các ổ lót ma sat lỏng (a) và đồ thị biểu diễn sự biến đổi của góc đối một nửa diện tích tiếp xúc φ_o (b).*

Biến dạng đàn hồi của vít nén δ_v bằng tổng biến dạng đàn hồi của của phần vít nén giới hạn từ đai ốc đến ổ chặn δ'_v và của phần vít nén nằm trong đai ốc δ''_v. Trong trường hợp ổ chặn phân bố đồng đều giữa các vòng ren của đai ốc, δ_v có thể tính theo công thức sau :

$$\delta_v = \delta'_v + \delta''_v = \frac{2Ph_v}{\pi E_v d_v^2} + \frac{2q\left(n_t^2 - 1\right)}{\pi E_v d_v^2}, \text{ mm} \qquad (6.22)$$

trong đó, $q = Pt_t/(2h_d)$- tải trọng trên một vòng ren; d_v, h_v- tương ứng đường kính trong của vít nén và chiều dài của phần vít nén nằm giữa ổ chặn và đai ốc; n_t - số vòng ren trong đai ốc; E_v- modun đàn hồi của vật liệu vít nén; h_d, t_t- tương ứng chiều cao và bước ren của đai ốc.

Biến dạng đàn hồi của đai ốc vít nén có thể xác định theo công thức :

$$\delta_{do} = \frac{Ph_d}{2\left(E_{th}F_{dt} + E_{bt}F_{bt}\right)}, \text{ mm} \qquad (6.23)$$

trong đó, F_{th}, F_{bt} - tương ứng diện tích tiết diện phần bằng thép và phần bằng đồng thanh của đai ốc; E_{th}, E_{bt}- tương ứng modun đàn hồi của thép và của đồng thanh.

Biến dạng đàn hồi của ổ chặn, dạng đĩa có bề mặt lồi hoặc lõm, có thể tính theo công thức :

$$\delta_c = \frac{4Ph_o}{2\pi E_c d_c^2}, \text{ mm} \qquad (6.24)$$

trong đó, d_c, h_c- tương ứng đường kính và chiều cao ổ chặn; E_c- modun đàn hồi của vật liệu ổ chặn.

Biến dạng đàn hồi của lực kế (bằng tổng biến dạng của vỏ, đế và của phần tử nhạy) tính theo công thức :

$$\delta_{lk} = \frac{4P\left(h_{lk} + h_{nh} + h_o\right)}{2\pi\left(d_{ng}^2 - d_{tr}^2\right)E_{dh}}, \text{ mm} \qquad (6.25)$$

với h_{lk}, h_{nh}, h_o- tương ứng chiều cao của vỏ, của phần tử nhạy và của đế lực kế; d_{ng}, d_{tr}- tương ứng đường kính ngoài và đường kính trong của phần tử nhạy.

Biến dạng đàn hồi của các đệm lót được tính như sau :

$$\delta_{dl} = \frac{Ph_{dl}}{2E_{dl}F_{dl}}, \text{ mm} \qquad (6.26)$$

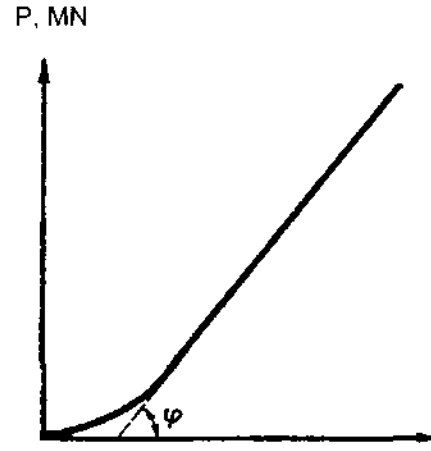
trong đó, h_{dl}, F_{dl} - tương ứng chiều cao và diện tích phần biến dạng của đệm lót; E_{dl}- modun đàn hồi của vật liệu đệm lót.

Biến dạng đàn hồi của giá cán được biểu thị dưới dạng hàm số δ_{gc}= f(P). Về mặt lý thuyết, mối quan hệ này không tuyến tính, bởi lẽ trị số biến dạng đàn hồi của hệ trục cán không phụ thuộc tuyến tính vào lực cán P. Tuy nhiên, trong thực tế, do sự khác biệt của mối quan hệ δ_{gc}= f(P) so với các định luật tuyến tính không đáng kể, cho nên ta vẫn có thể biểu diễn sự phụ thuộc giữa biến dạng đàn hồi ("lò so") của giá cán và lực cán dưới dạng đường thẳng, trừ một đoạn nhỏ ở phần đầu (hình 6.2). Đặc điểm biến đổi phi tuyến của δ_{gc} khi lực cán nhỏ được giải thích bởi sự khắc phục độ rơ lắp ghép và sự thay đổi điều kiện tiếp xúc giữa các chi tiết chịu tải của giá cán.

Góc nghiêng (φ) của đường thẳng δ_{gc} = f(P) xác định cường độ gia tăng của "lò xo" giá cán khi lực cán tăng. Tang của φ gọi là modun cứng của giá cán, M_{gc}.

$$M_{gc} = \frac{P}{\delta_{gc}} = tg\varphi \text{, MN/mm.} \qquad (6.27)$$

Modun cứng của giá cán đặc trưng cho trị số của lực cán gây lên biến dạng đàn hồi của giá cán bằng 1 mm. Để đánh giá độ cứng của từng chi tiết hoặc từng cụm chi tiết riêng biệt trong giá cán, người ta cũng sử dụng khái niệm modun cứng, xác định bởi tỷ số giữa lực cán và trị số biến dạng đàn hồi của từng chi tiết hay cụm chi tiết tương ứng. Nếu biết modun cứng của từng chi tiết riêng biệt, modun cứng của giá cán có thể tính như sau :

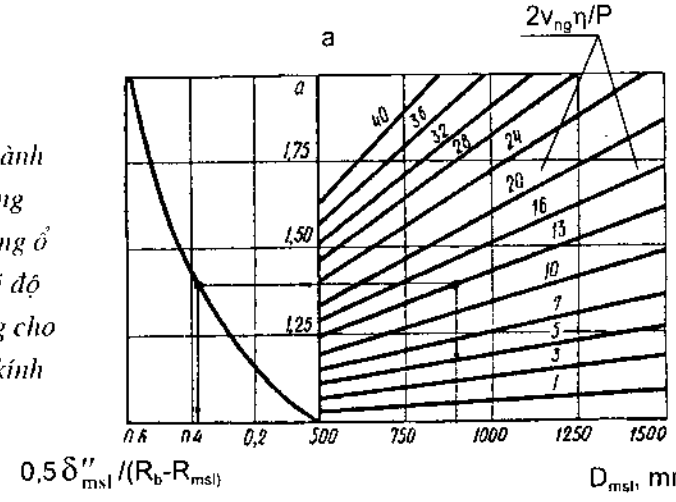


Hình 6.2. *Quan hệ giữa biến dạng đàn hồi của giá cán δ_{gc} và lực cán P.*

$$\frac{1}{M_{gc}} = \frac{1}{M_k} + \frac{1}{M_t} + \frac{1}{M_g} + \frac{1}{M_{ol}} + \frac{1}{M_v} + \frac{1}{M_{do}} + \frac{1}{M_c} + \frac{1}{M_{lk}} + \frac{1}{M_{dl}}, \qquad (6.28)$$

trong đó, M_k, M_t, M_g, M_{ol}, M_v, M_{do}, M_c, M_{lk}, M_{dl} - tương ứng mođun cứng của khung giá cán, hệ trục cán, các gối trục, ổ lót trục, vít nén, ổ chặn, lực kế và các đệm lót.

Mođun cứng của giá cán tính theo (6.27) và (6.28) gọi là mođun cứng tĩnh. Mođun cứng động là khái niệm có tính tới ảnh hưởng của độ dày màng dầu trong ổ lót ma sat lỏng đến sự thay đổi khe cán trong quá trình làm việc. Do vậy, mođun cứng động chỉ đặc trưng cho các giá cán dùng ổ lót ma sat lỏng.



Hình 6.3. *Toán đồ xác định thành phần dịch chuyển theo phương thẳng đứng của cổ trục tựa trong ổ lót ma sat lỏng, do sự thay đổi độ dày màng dầu gây nên, áp dụng cho tỷ lệ giữa chiều dài và đường kính của ổ lót L_{msl}/D_{msl}=0,75; ψ= 0,0005.*

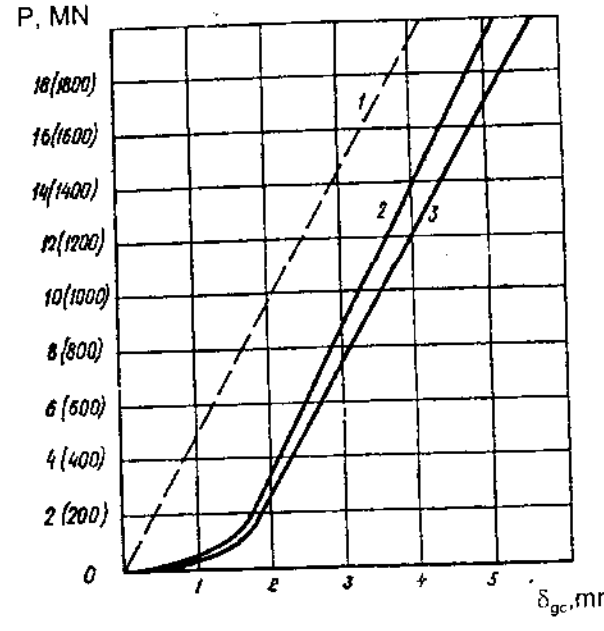
Ta biết rằng, độ dày của màng dầu ("nêm" dầu) trong các ổ lót ma sat lỏng phụ thuộc vào lực cán, nhiệt độ và tốc độ cán. Mọi thay đổi của các yếu tố này đều dẫn đến sự biến đổi của độ dày màng dầu và, cuối cùng, đến sự biến đổi của khe cán. Để xác định biến dạng đàn hồi của các giá cán kvarto dùng ổ lót ma sat lỏng, có tính đến điều kiện nêu trên, ta dùng biểu thức sau :

$$\delta_{gc}=\delta_k+\delta_t+\delta_g+\delta'_{msl}+\delta''_{msl}+\delta_v+\delta_{do}+\delta_c+\delta_{lk}+\delta_{dl}\text{, mm} \qquad (6.29)$$

trong đó, δ'_{msl}, δ''_{msl} - tương ứng tổng biến dạng đàn hồi của các ổ lót ma sat lỏng và thành phần dịch chuyển theo phương thẳng đứng của cổ trục tựa do sự biến đổi của độ dày màng dầu gây nên. Đối với các dạng ổ lót ma sat lỏng phổ biến, δ''_{msl} có thể xác định theo toán đồ hình 6.3. Toán đồ gồm hai phần. Phần bên phải biểu diễn quan hệ giữa đặc trưng lệch tâm a và đường kính ngõng của ổ lót ma sat lỏng D_{msl} , cho các giá trị khác nhau của $2v_{ng}\eta/P$ (trong đó $a = D_{msl}\psi/(2e)$ với e là độ lệch tâm, đặc trưng cho vị trí của ngõng trục trong bạc lót ; $\psi = (R_b-R_{msl})/D_{msl}$ - khe hở hướng tâm tương đối; v_{ng} - vận tốc biên của ngõng trục, m/s;

η- độ nhớt của dầu ở nhiệt độ tương ứng, N.s/m^2; P - lực cán, N). Phần bên trái biểu thị quan hệ giữa đặc trưng lệch tâm a và $0{,}5\delta''_{msl}/(R_b - R_{msl})$. Đường mũi tên trên toán đồ chỉ dẫn cách xác định δ''_{msl}.

Các số liệu tính toán và thực nghiệm cho thấy, độ cứng của các giá cán kvarto được xác định trước hết bởi độ cứng của hệ trục cán. Trị số biến dạng đàn hồi của hệ trục ở các giá cán kvarto bằng khoảng (50÷60)%, của khung giá - (18÷20)% và của các chi tiết khác - (20÷30)% biến dạng đàn hồi tổng của giá cán.



Hình 6.4. *Quan hệ giữa biến dạng đàn hồi của giá cán kvarto 650/1250×1700 và lực cán:*

1. đường tính toán lý thuyết (b=1360 mm, M_{gc}=4,61MN/mm);

2. đường thực nghiệm (b=1550mm, M_{gc}=5,36MN/mm);

3. đường thực nghiệm (b=970mm, M_{gc}=4,81MN/mm);

b là chiều rộng băng thép cán.

Trên hình 6.4 trình bày đồ thị phụ thuộc của biến dạng đàn hồi vào lực cán đối với giá kvarto 650/1250×1700. Đường 1 là kết quả tính toán, đường 2,3 là kết quả thực nghiệm. Ta thấy rằng, khi cán thép băng hẹp (đường 3) modun cứng của giá cán nhỏ hơn so với trường hợp cán thép băng rộng (đường 2). Điều đó được giải thích bởi trong điều kiện lực cán như nhau, biến dạng đàn hồi của hệ trục khi cán thép băng hẹp lớn hơn so với trường hợp cán thép băng rộng. Tổng độ rơ giữa các chi tiết của giá cán bằng khoảng (1,6÷1,7)mm. Khi lực cán đạt (1,5÷1,8) MN, độ rơ sẽ được khắc phục hoàn toàn. Việc xác định độ giơ ban đầu bằng phương pháp lý thuyết không thể thực hiện được, do vậy, đường δ_{gc}=f(P) tính toán, trình bày trên hình 6.4, không có đoạn cong ban đầu.

6.2. Đường sinh hữu hiệu của trục làm việc

Như đã trình bày ở trên, biến dạng đàn hồi của các chi tiết trong giá cán, trừ hệ trục, không phụ thuộc vào chiều rộng của băng thép cán. Do vậy, biến dạng của các chi tiết này chỉ gây nên sự biến đổi đồng đều của khe cán theo chiều rộng của băng thép và chỉ ảnh hưởng đến độ chính xác của thép cán theo chiều dọc băng (độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại) .

Biến dạng đàn hồi của hệ trục phân bố không đồng đều theo chiều rộng băng thép. Điều này dẫn đến sự thay đổi cả về kích thước lẫn hình dạng khe cán. Do vậy, biến dạng đàn hồi của hệ trục có ảnh hưởng đồng thời đến độ chính xác của chiều dày băng thép theo chiều dọc cũng như theo chiều ngang.

Dưới đây ta xét cặn kẽ hơn biến dạng đàn hồi của hệ trục giá kvarto, trong trường hợp cả trục tựa và trục làm việc đều có dạng ban đầu là hình trụ.

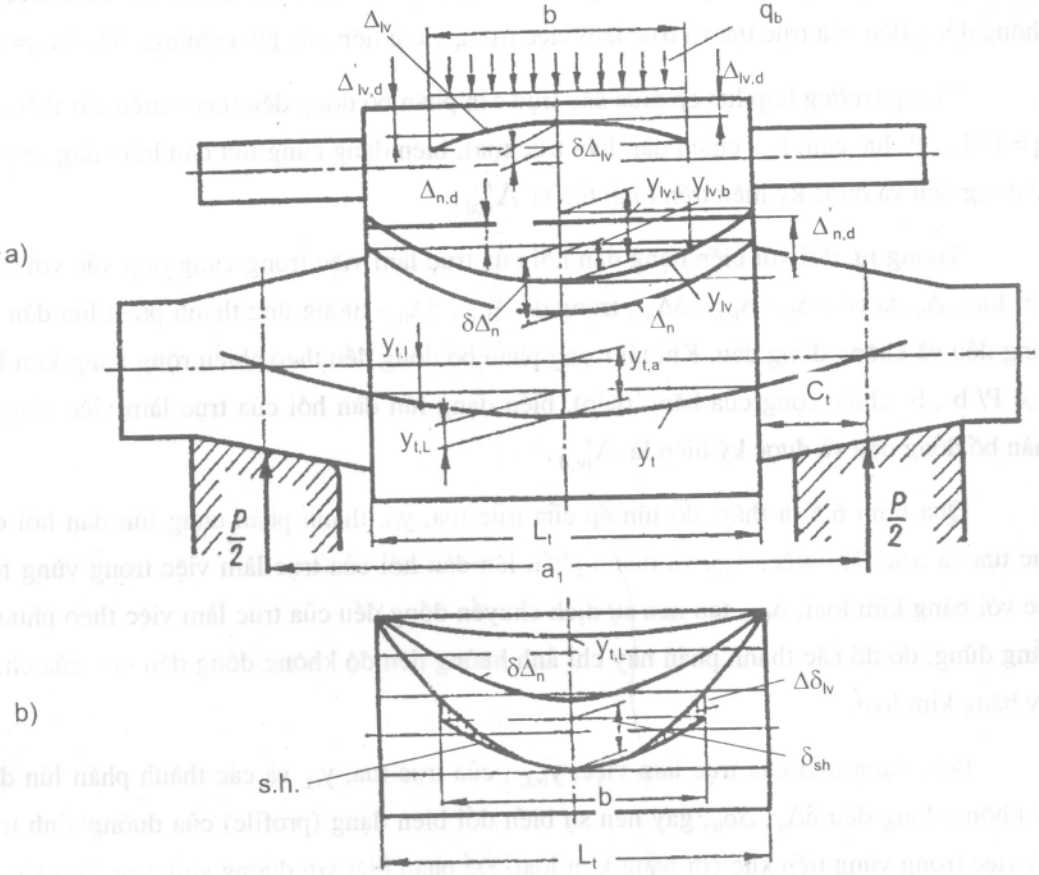
Theo công thức (6.8) và sơ đồ hình 6.5 ta phân biệt các thành phần biến dạng đàn hồi của hệ trục như sau :

- Biến dạng uốn của trục tựa, y_t ;
- Biến dạng uốn của trục làm việc, y_{lv} ;
- Biến dạng lún đàn hồi của trục tựa và trục làm việc trong vùng tiếp xúc giữa chúng (cùng lún đàn hồi), Δ_n ;
- Lún đàn hồi của trục làm việc trong vùng tiếp xúc với băng thép cán, Δ_{lv}.

Biến dạng uốn y_t và y_{lv} có trị số cực đại ở giữa thân trục, còn Δ_n và Δ_{lv} phụ thuộc vào phân bố tải trong theo chiều dài thân trục (tải trọng dài).

Biến dạng cùng lún đàn hồi của trục làm việc và trục tựa, Δ_n, tương ứng định tính với đặc điểm phân bố tải trọng dài (áp lực giữa các trục) q. Phụ thuộc vào biểu đồ phân bố của q, Δ_n có thể có trị số cực đại ở giữa hay ở hai mép thân trục, hoặc phân bố đồng đều theo chiều dọc thân trục (trên hình 6.5 mô tả trường hợp Δ_n có giá trị cực đại ở giữa).

Đặc điểm phân bố tải trọng theo chiều rộng băng thép cán cũng rất phức tạp và chưa được nghiên cứu một cách đầy đủ. Tuy nhiên, nhiều số liệu thực tế cho thấy trị số cực đại của Δ_{lv} tương ứng hai bên mép của băng kim loại (hình 6.5-a).



Hình 6.5. *Các thành phần biến dạng đàn hồi của hệ trục cán giá kvarto:*

a) sơ đồ cụm trục cán với các thành phần biến dạng đàn hồi; b) sự tương tác giữa các thành phần biến dạng đàn hồi xác định hình dạng của khe cán.

Để đặc trưng cho biến dạng đàn hồi của hệ trục, trên hình 6.5 ta nhận những ký hiệu sau :

$y_{t,a}$, $y_{t,L}$- tương ứng độ uốn của trục tựa xét tương đối với điểm đặt của phản lực tác dụng lên cổ trục và độ uốn của trục tựa xét tương đối với mép thân trục;

$y_{lv,L}$, $y_{lv,b}$- tương ứng độ uốn của trục làm việc xét tương đối với mép thân trục và mép băng thép;

$y_{t,l}$- độ lún ép của trục tựa, $y_{t,l} = y_{t,L} - y_{t,a}$;

$\Delta_{n,d}$, $\delta\Delta_n$ - tương ứng thành phần cùng lún đàn hồi đồng đều (theo chiều dài thân trục) và không đồng đều của trục tựa và trục làm việc trong vùng tiếp xúc giữa chúng, $\delta\Delta_n+\Delta_{n,d}= \Delta_n$.

Trong trường hợp lực ép giữa các trục cán phân bố đồng đều theo chiều dài thân trục ($q = P/ L_t$, P- lực cán, L_t - chiều dài thân trục tựa), biến dạng cùng lún đàn hồi cũng sẽ phân bố đồng đều và được ký hiệu trên hình 6.5 là $\Delta'_{n,d}$.

Tương tự, đối với biến dạng đàn hồi của trục làm việc trong vùng tiếp xúc với băng kim loại, Δ_{lv}, ta có : $\Delta_{lv}= \Delta_{lv,d}+ \delta\Delta_{lv}$, trong đó $\Delta_{lv,d}$, $\delta\Delta_{lv}$ - tương ứng thành phần lún dần hồi đồng đều và không đồng đều. Khi tải trọng phân bố đồng đều theo chiều rộng băng kim loại ($q_b= P/ b$, b- chiều rộng của băng thép), biến dạng lún đàn hồi của trục làm việc cũng sẽ phân bố đồng đều và được ký hiệu là $\Delta'_{lv,d}$.

Qua hình 6.5 ta thấy, độ lún ép của trục tựa, $y_{t,l}$, thành phần cùng lún đàn hồi của trục tựa và trục làm việc, $\Delta_{n,d}$, và thành phần lún đàn hồi của trục làm việc trong vùng tiếp xúc với băng kim loại, $\Delta_{lv,d}$, tạo nên sự dịch chuyển đồng đều của trục làm việc theo phương thẳng đứng, do đó các thành phần này chỉ ảnh hưởng đến độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại.

Biến dạng uốn của trục làm việc, $y_{lv,l.}$, của trục tựa, $y_{t,l.}$ và các thành phần lún đàn hồi không đồng đều $\delta\Delta_n$, $\Delta\delta_{lv}$, gây nên sự biến đổi biên dạng (profile) của đường sinh trục làm việc trong vùng tiếp xúc với băng kim loại. Để phân biệt với đường sinh trục làm việc ở trạng thái không chịu tải, đường sinh trong vùng tiếp xúc với băng kim loại gọi là đường sinh hữu hiệu (hay đường sinh tích cực). Đường sinh hữu hiệu của trục làm việc xác định hình dạng của khe cán, do đó có ảnh hưởng đến độ chính xác của chiều dày băng kim loại theo bề ngang (độ không đồng đều ngang). Biên dạng đường sinh hữu hiệu của trục làm việc được xác định bằng cách đặt chồng các giá trị $y_{t,l.}$, $y_{lv,l.}$, $\delta\Delta_n$, $\delta\Delta_{lv}$ lên biên dạng trục làm việc ở trạng thái không chịu tải (hình 6.5-b).

Độ uốn của đường tâm trục làm việc, xét tương đối với mép thân trục, xác định từ điều kiện :

$$y_{lv,l.} = y_{t,l.} \pm \delta\Delta_n \text{ , mm.} \qquad (6.30)$$

Độ uốn của đường sinh hữu hiệu, xét tương đối với mép băng kim loại, tính theo công thức :

$$\delta_{sh}= y_{lv,b} \pm \delta\Delta_{lv} \text{ , mm} \qquad (6.31)$$

Từ (6.31) ta thấy, độ uốn của đường sinh hữu hiệu sẽ tăng hay giảm phụ thuộc vào $y_{lv,b}$ và $\delta\Delta_{lv}$ cùng dấu hay trái dấu nhau. Theo các số liệu thực tế, $y_{lv,b}$ và $\delta\Delta_{lv}$ thường không cùng dấu, như trình bày trên hình 6.5-b.

Để tính toán theo các công thức (6.30), (6.31), ta cần phải biết đặc điểm phân bố tải trọng trong vùng tiếp xúc giữa trục tựa và trục làm việc, q, cũng như trong vùng tiếp xúc giữa trục làm việc và băng kim loại, q_b.

Trên hình 6.6 trình bày sơ đồ dùng để tính áp lực giữa trục làm việc và trục tựa có biến dạng trụ và biến dạng đàn hồi của chúng theo phương pháp Polukhin. Vì là bài toán đối xứng nên tất cả các công thức dưới đây đều được viết cho một nửa thân trục, có nghĩa là x biến đổi từ 0 đến 0,5 L_t.

Theo Polukhin, áp lực giữa các trục q(x) [hay q(ξ)] tại mỗi điểm bất kỳ có toạ độ x(ξ) được tính như sau :

$$q(x) = q(\xi) = a_o + \frac{4a_2}{L_t^2}\left(x - \frac{L_t}{2}\right)^2 = a_o + 4a_2(\xi - 0{,}5)^2, \text{ MN/m} \quad (6.32)$$

trong đó, $\xi = x/L_t$ - hoành độ qui đổi của điểm di động.

Trong trường hợp không có lực phản uốn tác dụng lên cổ trục làm việc (Q =0), các hệ số a_o, a_2 xác định theo các công thức sau :

$$a_o = \frac{(8252 - 34\alpha)q_{tb} - 13440B_o\alpha}{13440 + 29\alpha}, \text{ MN/m} \quad (6.33)$$

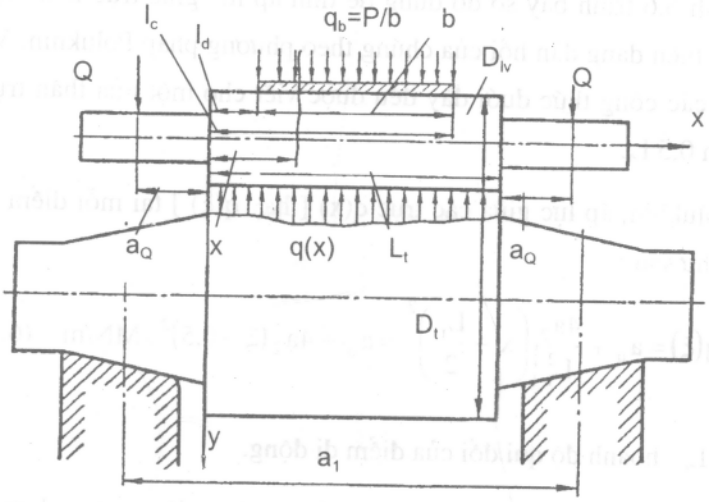
$$a_2 = 3(q_{tb} - a_o), \text{ MN/m} \quad (6.34)$$

trong đó,

$$B_o = \frac{q_b}{120}\left(\beta_c^5 - \beta_d^5\right) - \frac{q_b}{96}\left(\beta_c - \beta_d\right) - \frac{q_b}{24}\left(0{,}5 - \beta_d\right)^4, \text{ MN/m}$$

$$\alpha = \frac{1-\mu_{lv}^2}{1-\mu_t^2}\cdot\frac{E_t}{E_{lv}}\left[\left(3260\frac{L_t}{D_t} - 35{,}8\right)\left(\frac{D_{lv}}{D_t}\right)^2 - \left(5330\frac{L_t}{D_t} - 127\right)\frac{D_{lv}}{D_t} + \left(2300\frac{L_t}{D_t} - 183\right)\right].$$

Trong các công thức trên, q_{tb}= P/ L_t - áp lực riêng trung bình giữa các trục, MN/m; β_d= l_d/ L_t - khoảng cách qui đổi từ mép trục đến mép đầu của tải trọng phân bố (mép gần nhất của băng thép), l_d = 0.5 (L_t - b); β_c= l_c/ L_t - khoảng cách qui đổi từ mép trục đến mép cuối của tải trọng phân bố, l_c = l_d + b; μ_{lv}, μ_t - tương ứng hệ số poisson của vật liệu trục làm việc và trục tựa;E_{lv}, E_t- tương ứng mođun đàn hồi của vật liệu trục làm việc và trục tựa, MN/m^2; D_{lv}, D_t- tương ứng đường kính trục làm việc và trục tựa.



Hình 6.6. *Sơ đồ dùng tính toán áp lực giữa các trục của giá cán kvarto và biến dạng đàn hồi của chúng.*

Phụ thuộc vào kích thước của trục cán và của băng kim loại, biểu đồ áp lực giữa các trục có thể có dạng lồi, lõm hoặc hình chữ nhật (phân bố đồng đều). Trên hình 6.7 trình bày biểu đồ quan hệ tối ưu giữa D_{lv}/D_t và b/L_t , đảm bảo sự phân bố đồng đều của q. Đối với kích thước trục cho trước, nếu chiều rộng của băng kim loại nhỏ hơn giá trị tối ưu, áp lực giữa các trục sẽ có giá trị cực đại ở giữa thân trục (vùng A), còn nếu lớn hơn - áp lực giữa các trục sẽ có giá trị cực đại ở hai bên mép trục (vùng B).

Công thức (6.32) cũng có thể dùng để tính áp lực giữa các trục trong trường hợp có lực phản uốn Q tác dụng lên cổ trục làm việc (hình 6.6). Khi đó các hệ số a_0 và a_2 sẽ được tính theo các công thức sau :

$$a_o = \frac{(8252 - 34\alpha)q'_{tb} - 13440B'_o\alpha}{13440 + 29\alpha}, \text{ MN/m} \quad (6.35)$$

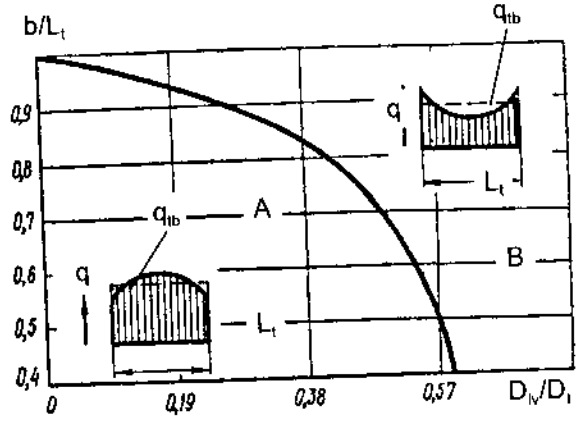
$$a_2 = 3(q'_{tb} - a_o), \text{ MN/m} \quad (6.36)$$

trong đó,

$$q'_{tb} = q_{tb} + \frac{2Q}{L_t}, \quad (6.37)$$

$$B'_o = B_o + \frac{Qa_Q}{48L_t}, \quad (6.38)$$

với a_Q là khoảng cách từ điểm đặt của Q đến mép thân trục.



Hình 6.7. *Biểu đồ quan hệ tối ưu giữa D_h/D_t và b/L, đảm bảo sự phân bố đồng đều của áp lực giữa các trục cán, q:*

A. vùng q phân bố dạng lồi (cực đại ở giữa thân trục);

B. vùng q phân bố dạng lõm (cực đại ở hai bên mép thân trục).

Các công thức (6.35), (6.36) có thể sử dụng để tính toán gần đúng áp lực giữa các trục trong trường hợp lực Q tác dụng lên cổ trục làm việc theo hướng ngược lại (xilanh thuỷ lực tạo lực Q đặt giữa cổ trục tựa và cổ trục làm việc). Khi đó, dấu cộng trước số hạng thứ hai trong các công thức (6.37) và (6.38) phải đổi thành dấu trừ.

Biết các thông số của biểu đồ áp lực giữa các trục cán, ta có thể tính độ uốn của đường sinh hữu hiệu và độ uốn của đường tâm trục làm việc.

Để tính độ uốn của đường tâm trục làm việc tương đối với mép thân trục, ta có thể sử dụng các công thức sau :

$$y_{lv,L} = \alpha'\left[\frac{7a_2}{8!} - \left(\frac{a_o}{24} + \frac{240a_2}{8!} + \Phi + \frac{k}{6L_t}\right) + \frac{5a_2}{480}\xi^2 + \right.$$

$$+ \frac{a_o + 8k/L_t}{12}\xi^3 - \frac{a_o}{24}\xi^4 - \frac{8a_2}{6!}(\xi - 0{,}5)^6 + \qquad (6.39)$$

$$\left. + \Gamma_{\beta_d}\frac{q_b}{24}(\xi - \beta_d)^4\right], m$$

trong đó, α' - chỉ số uốn; $\Gamma_{\beta d}$ - hệ số Gersevanov (khi $\xi \geq \beta_d$, $\Gamma_{\beta_d} = 1{,}0$; khi $\xi < \beta_d$, $\Gamma_{\beta_d} = 0$).

Các thành phần k/L_t và Φ tính theo các công thức sau :

$$\frac{k}{L_t} = -0.5q_b\left[(1-\beta_d)^2 - (1-\beta_c)^2\right], \text{MN/m} \qquad (6.40)$$

$$\Phi = \frac{q_b}{24}\left[(1-\beta_d)^4 - (1-\beta_c)^4\right], \text{MN/m}. \qquad (6.41)$$

Chỉ số uốn α' xác định theo công thức :

$$\alpha' = \frac{1-\mu_{lv}^2}{1-\mu_t^2}\cdot\frac{E_t}{E_{lv}}\left[\left(27{,}9\frac{L_t}{D_t} - 18{,}9\right)\left(\frac{D_{lv}}{D_t}\right)^2 - \left(41.1\frac{L_t}{D_t} - 28{,}8\right)\frac{D_{lv}}{D_t} + \right.$$

$$\left. + \left(15{,}4\frac{L_t}{D_t} - 11{,}3\right)\right], cm^2/T \qquad (6.42)$$

hoặc theo công thức dưới đây, có tính tới khoảng cách giữa các điểm đặt của phản lực tác dụng lên cổ trục tựa, a_1 (hình 6.6) :

$$\alpha' = \frac{1-\mu_{lv}^2}{1-\mu_t^2}\cdot\frac{E_t}{E_{lv}}\left[\left(7{,}53\frac{a_1L_t}{D_t^2} - 5{,}89\right)\left(\frac{D_{lv}}{D_t}\right)^2 - \left(11.1\frac{a_1L_t}{D_t^2} - 9{,}66\right)\frac{D_{lv}}{D_t} + \right.$$

$$\left. + \left(4{,}16\frac{a_1L_t}{D_t^2} - 4{,}08\right)\right], cm^2/T \qquad (6.43)$$

Khi tính độ uốn của đường tâm trục làm việc theo công thức (6.39) cần chú ý thứ nguyên của chỉ số uốn α' (cm^2/T).

Để xác định độ uốn của đường tâm trục làm việc xét tương đối với mép băng kim loại, $y_{lv,b}$, ta lấy độ uốn ở giữa thân trục ($\xi = 0{,}5$) trừ đi độ uốn ở vị trí mép băng kim loại ($\xi = \beta_d$), có nghĩa là :

$$y_{ic,h} = y_{ic\,tự\,do\,sinh} + y_{ic,đàn\,hồi} \quad (6.44)$$

Cần lưu ý rằng, độ uốn của đường tâm trục làm việc tính theo (6.39) bao gồm cả độ uốn của trục tựa và thành phần cùng lún đàn hồi không đồng đều của trục tựa và trục làm việc.

Theo công thức (6.31), độ uốn của đường sinh hữu hiệu bằng tổng các giá trị $y_{ic,h}$ và $\delta\Delta_{ic}$, trong đó $\delta\Delta_{ic}$ là thành phần lún đàn hồi không đồng đều của trục làm việc trong vùng tiếp xúc với băng kim loại. Cho đến nay vẫn chưa có một phương pháp giải tích nào cho phép xác định biểu đồ phân bố áp lực theo chiều rộng băng kim loại, do vậy, việc xác định $\delta\Delta_{ic}$ bằng phương pháp lý thuyết không thể thực hiện được. Trong thực tế, độ uốn của đường sinh hữu hiệu thường nhận bằng độ uốn của đường tâm trục làm việc xét tương đối với mép băng kim loại, $y_{ic,h}$.

Phương pháp tính toán áp lực giữa các trục cán và biến dạng đàn hồi của hệ trục trình bày ở trên chỉ áp dụng cho các trục có biên dạng trụ. Trong thực tế, biên dạng của trục cán thường không phải là hình trụ, hoặc do tạo biên dạng ban đầu, hoặc do ảnh hưởng của sự giãn nở nhiệt và của mài mòn trong quá trình làm việc. Điều đó có ảnh hưởng lớn đến đặc điểm phân bố tải trọng và đến các trị số biến dạng đàn hồi của hệ trục. Các phương pháp tính toán áp lực giữa các trục có biên dạng không trụ và biến dạng đàn hồi của chúng được đề cập trong nhiều tài liệu. Các phương pháp này cho số liệu chính xác hơn, song do quá phức tạp nên không trình bày trong giáo trình. Cũng cần nói thêm rằng, ngày nay, với sự phát triển của kỹ thuật mô phỏng số, vấn đề xác định phân bố áp lực giữa các trục cán và biến dạng đàn hồi của hệ trục có thể giải quyết kết hợp cùng bài toán biến dạng của kim loại cán với các điều kiện giống trong thực tế. Phương pháp tính toán đề cập trong giáo trình này chỉ nhằm giúp chúng ta hiểu rõ bản chất của vấn đề, đặng từ đó có thể sử dụng các kỹ thuật và phương pháp tính toán tiên tiến, ngày càng được phát triển và hoàn thiện, để giải quyết vấn đề nâng cao chất lượng sản phẩm.

6.3. Tạo biên dạng cho trục cán

Trong quá trình làm việc, do biến dạng đàn hồi, sự mài mòn và giãn nở nhiệt không đồng đều của hệ trục, mà biên dạng của khe cán bị thay đổi. Đó là nguyên nhân cơ bản làm giảm độ phẳng và làm tăng độ không đồng đều ngang của chiều dày kim loại cán.

Để giảm độ không đồng đều ngang của chiều dày và tăng độ phẳng của kim loại cán, người ta tạo cho thân trục cán một biên dạng ban đầu nhất định.

Tạo biên dạng cho trục cán là làm cho thân trục có hình dạng nhất định, có thể đảm bảo trong quá trình cán khoảng cách đồng đều giữa hai bề mặt trục làm việc. Có nghĩa là biên dạng ban đầu của các trục phải bù được độ uốn của đường sinh hữu hiệu, độ giãn nở nhiệt của hệ trục và một phần nhất định độ mài mòn của các trục cán. Ngoài ra, biên dạng ban đầu của thân trục còn phải đảm bảo được độ ổn định của kim loại trong quá trình cán, tức là phải đảm bảo sao cho băng kim loại không bị lệch khỏi đường tâm cán và biến dạng giãn dài phân bố đồng đều theo chiều rộng băng.

Để bù lại độ uốn của đường sinh hữu hiệu, thân của trục cán phải có độ lồi ban đầu hoặc độ lồi nhiệt (nở nhiệt) nhất định.

Độ lồi nhiệt là kết quả của sự phân bố nhiệt độ không đồng đều theo chiều dài thân trục. Đặc điểm của sự phân bố nhiệt độ được xác định bởi điều kiện nung nóng và làm nguội trục trong quá trình cán. Trục cán trong quá trình làm việc được nung nóng bởi nhiệt của thép nung trước khi cán và nhiệt độ sinh ra do biến dạng dẻo của kim loại. Phần thân trục tiếp xúc với băng thép bao giờ cũng được nung với cường độ cao hơn. Trong khi cán, trục được làm nguội bằng nước (hoặc dung dịch như tương) và bằng sự sự truyền nhiệt cho môi trường xung quanh cũng như cho các chi tiết của giá cán tiếp xúc với chúng. Do sự nung nóng không đồng đều và điều kiện làm nguội khác nhau, phần giữa thân trục cán, trong đại đa số các trường hợp, có nhiệt độ cao hơn so với phần mép trục. Độ chênh lệch nhiệt độ giữa phần mép và phần giữa thân trục làm việc của các máy cán nóng cũng như cán nguội thép băng đạt tới (20÷50)°C. Ở các trục tựa, độ chênh nhiệt không quá (5÷15)°C. Sự khác nhau về độ giãn nở nhiệt ở phần giữa và phần mép trục cán (độ lồi nhiệt) được xác định không phải bằng nhiệt độ tuyệt đối của chúng mà bằng bằng độ chênh lệch nhiệt độ giữa hai phần trục cán.

Độ lồi nhiệt của trục cán là hiệu của đường kính ở giữa và ở mép thân trục, ΔD_T.

Đối với trục cán giá duo :

$$\Delta D_T = \alpha D(T_g - T_m), mm \qquad (6.45)$$

trong đó, α - hệ số giãn nở nhiệt của vật liệu trục cán, đối với thép α = 0,000013 °C^{-1}, đối với gang α = 0,000011 °C^{-1}; D- đường kính trục cán ở trạng thái nguội, mm; T_g, T_m- tương ứng nhiệt độ bề mặt trục cán ở giữa và ở mép thân trục, °C.

Đối với trục cán giá kvarto :

$$\Delta D_{lv,T} = \alpha\left(T_{lv,g} - T_{lv,m}\right)\left[\left(D_{lv} - d_{lv}\right) + \frac{1}{4}\left(D_t - d_t\right)\right], mm \qquad (6.46)$$

trong đó, D_{lv}, D_t- tương ứng đường kính trục làm việc và trục tựa, mm; d_{lv}, d_t - tương ứng đường kính trong (đối với các trục rỗng) của trục làm việc và trục tựa, mm; $T_{lv,g}$, $T_{lv,m}$- tương ứng nhiệt độ của trục làm việc ở giữa và ở mép thân trục, °C.

Độ mài mòn của trục cán phụ thuộc vào nhiều yếu tố : nhiệt độ của kim loại cán, vận tốc cán, độ trượt của kim loại cán tương đối với bề mặt trục, độ trượt của mặt trục làm việc tương đối với mặt trục tựa, lực cán toàn phần và áp lực riêng của kim loại lên trục cán, vật liệu trục, cơ tính cũng như trạng thái bề mặt của kim loại cán,... . Do vậy, trong thực tế, việc tính toán độ mài mòn trục không thể thực hiện được. Khi đề cập đến vấn đề mài mòn trục, người ta chỉ nói đến các số liệu xác định được bằng cách đo biên dạng của chúng. Các kết quả nghiên cứu cho thấy, độ mài mòn của các trục làm việc ở các giá cán thô và cán tinh của các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục tương ứng bằng (0,15÷0,6)mm và (0,02÷0,4)mm theo bán kính (các giá trị nhỏ hơn tương ứng các giá cán cuối trong mỗi nhóm). Độ mài mòn trục làm việc ở các máy cán nguội không đáng kể (0,02mm ÷0,07mm) hoặc hầu như không có. Độ mài mòn của các trục tựa ở các máy cán nguội và cán nóng đạt tới (0,2÷1,0)mm (các giá trị nhỏ đặc trưng cho các máy cán nguội).

Ảnh hưởng của độ mài mòn trục làm việc đến biên dạng của đường sinh hữu hiệu, trong thực tế hầu như không thể loại trừ được. Độ mài mòn của trục tựa có thể bù lại phần nào bằng cách tăng độ lồi của các trục làm việc được thay tiếp vào giá cán.

Tính biên dạng cho các trục làm việc là xác định độ lồi (hay lõm) ban đầu cần thiết, $\Delta D_{lv,o}$, có thể đảm bảo trong quá trình cán điều kiện song song giữa các đường sinh hữu hiệu của các trục làm việc. Điều kiện đó được viết như sau :

$$\Delta D_{lv,o} = 2\delta_{sh} - \Delta D^{b}_{lv,T}, mm \qquad (6.47)$$

trong đó, δ_{sh}- độ uốn của đường sinh hữu hiệu, mm; $\Delta D^{b}_{lv,T}$ - độ lồi nhiệt của trục làm việc xét tương đối với chiều rộng của băng kim loại cán, $\Delta D^{b}_{lv,T} = \Delta D_{lv,T}\left(b/L_{lv}\right)^2$ - b, L_{lv} - tương ứng chiều rộng băng kim loại và chiều dài thân trục làm việc.

Từ (6.47) ta thấy, phụ thuộc vào trị số $2\delta_{sh}$ và $\Delta D^{b}_{lv,T}$, điều kiện song song giữa các đường sinh hữu hiệu có thể đạt được với trục làm việc có biên dạng trụ, lồi hoặc lõm ban đầu.

Điều kiện (6.47) cho phép ta cán thép tấm và thép băng có độ không đồng đều ngang của chiều dày bằng 0, nhưng không đảm bảo được độ ổn định của kim loại trong quá trình cán cũng như sự phân bố đồng đều của biến dạng giãn dài theo chiều rộng băng kim loại.

Để đảm bảo cho băng kim loại ổn định (không bị lệch khỏi đường tâm cán) trong quá trình cán, đường sinh hữu hiệu phải có biên dạng lõm. Tuy nhiên, biên dạng lõm của đường sinh hữu hiệu lại không thể duy trì được độ đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại (độ dày ở giữa băng kim loại lớn hơn so với hai bên mép).

Điều kiện phân bố đồng đều của biến dạng giãn dài theo chiều rộng băng kim loại đòi hỏi sự thay đổi của độ không đồng đều ngang của chiều dày trong mỗi lần (giá) cán phải tỷ lệ với hệ số giãn dài μ_i.

$$\delta h_i = \delta h_{i+1}\,\mu_i\,,\ \text{mm}. \qquad (6.48)$$

trong đó, δh_i, δh_{i+1}- tương ứng độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại trước và sau lần (giá) cán.

Để xác định biên dạng ban đầu của trục làm việc, đảm bảo độ ổn định của băng kim loại trong quá trình cán và sự phân bố đồng đều của biến dạng giãn dài theo chiều rộng băng kim loại, ta có thể sử dụng công thức sau :

$$\Delta D_{lv,o} = 2\delta_{sh} - \Delta D^{b}_{lv,T} - \delta h_i + \delta h_{i+1}\,,\ \text{mm}. \qquad (6.49)$$

Trong các điều kiện như nhau, do $\delta h_i > \delta h_{i+1}$ nên biên dạng của trục làm việc xác định theo (6.49) có độ lồi nhỏ hơn (hay độ lõm lớn hơn) so với biên dạng của chúng tính theo (4.47). Điều này cho phép ta tiến hành quá trình cán với độ lõm nhất định của đường sinh hữu hiệu.

Trong các tính toán thực tế ta nên sử dụng công thức (6.49). Trình tự tính toán theo công thức này, trong trường hợp không có lực uốn tác dụng lên các cổ trục làm việc, như sau:

1. Xác định biểu đồ phân bố áp lực giữa trục tựa và trục làm việc theo công thức (6.32);

2. Theo công thức (6.44) tính độ uốn của đường tâm trục làm việc xét tương đối với mép băng kim loại, $y_{lv.h}$;

3. Xác định độ uốn của đường sinh hữu hiệu xét tương đối với mép băng kim loại theo công thức (6.30);

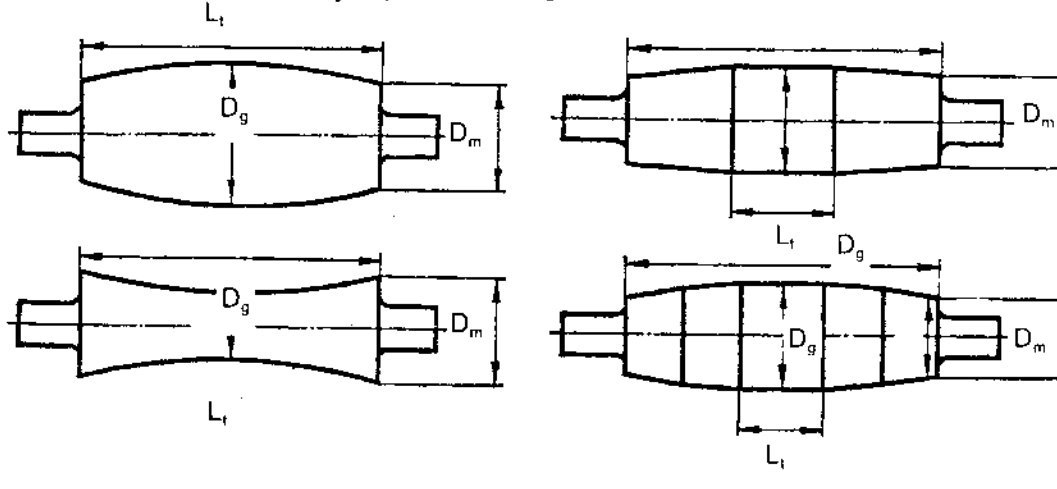
4. Tính độ lồi nhiệt của trục làm việc theo công thức (6.46);

5. Theo điều kiện (6.48) xác định độ không đồng đều ngang của chiều dày, đảm bảo sự phân bố đồng đều của biến dạng giãn dài theo chiều rộng băng kim loại;

6. Tính biên dạng ban đầu cho trục làm việc theo công thức (6.49).

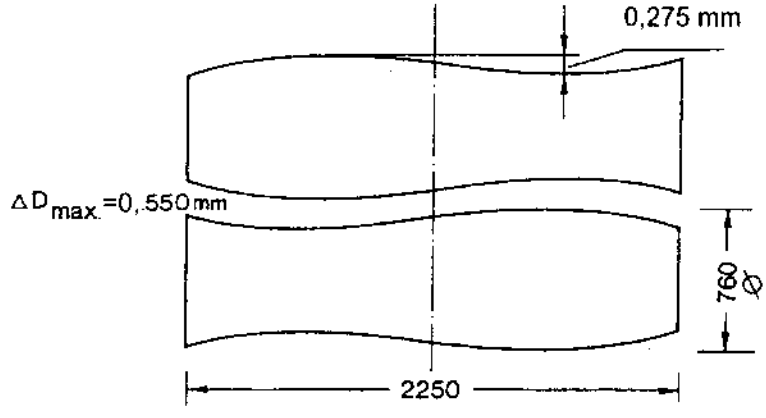
Phân tích các công thức (6.47) và (6.49) ta thấy, biên dạng ban đầu của trục làm việc ở bất kỳ máy cán nào cũng phụ thuộc vào lực cán, chiều rộng của băng kim loại, độ chênh nhiệt theo chiều dài thân trục, độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại trước và sau lần (giá) cán. Về mặt lý thuyết, bất kỳ một sự kết hợp nào giữa các yếu tố nói trên cũng đều tương ứng với một biên dạng ban đầu nhất định của trục làm việc. Đối với các máy có chủng loại sản phẩm rộng, việc đảm bảo điều kiện trên đòi hỏi phải có số lượng trục rất lớn mà thực tế không thể đáp ứng được. Do vậy mỗi máy cán trong thực tế chỉ có 2-3 loại biên dạng trục làm việc đảm nhận cán mọi chủng loại sản phẩm. Như vậy, phụ thuộc vào lực cán và chiều rộng của sản phẩm, độ lồi (lõm) ban đầu của trục làm việc có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn một chút hoặc bằng giá trị tối ưu. Để điều chỉnh biên dạng của trục theo biên dạng tối ưu trong quá trình làm việc, người ta sử dụng kết hợp các phương pháp nhiệt và cơ thuỷ lực.

Trên hình 6.8 trình bày một số biên dạng ban đầu truyền thống của trục cán.



Hình 6.8. *Biên dạng ban đầu phổ biến của trục cán .*

Hiện nay, các máy cán nóng và nguội liên tục hiện đại được trang bị hệ thống điều chỉnh biên dạng của khe cán với kỹ thuật biến đổi liên tục độ lồi của trục cán theo chiều dọc trục - kỹ thuật CVC (Continuously Variable Crown)- tự động điều chỉnh độ chính xác của chiều dày băng kim loại với hiệu quả cao (xem chương 7). Ở các máy này, trục làm việc được gia công với biên dạng ban đầu hình chữ S (hình 6.9), cho phép biến đổi liên tục biên dạng của đường sinh hữu hiệu trong quá trình làm việc.



Hình 6.9. Biên dạng ban đầu của trục làm việc ở các máy cán được trang bị hệ thống CVC điều chỉnh chiều dày.

Đồng thời với việc tạo biên dạng ban đầu, bề mặt của trục cán còn phải gia công để đạt được độ bóng nhất định nhằm đảm bảo yêu cầu về chất lượng bề mặt của sản phẩm. Trục của các máy cán tấm dày chỉ cần tiện tinh ở các máy tiện trục cán chuyên dụng. Các trường hợp khác, trục cán đều phải qua nguyên công mài. Đối với các trục cán nguội, sau khi mài, bề mặt trục còn được đánh bóng đến độ bóng mặt gương hoặc đánh mờ (trong các máy phun hạt).

6.4. Ảnh hưởng của độ cứng của giá cán đến độ chính xác của sản phẩm

Khi làm việc, do giá cán biến dạng đàn hồi nên khoảng cách ban đầu giữa các trục làm việc (khe cán) tăng lên, dẫn đến sự gia tăng của chiều dày băng kim loại ra khỏi giá cán. Để đảm bảo lượng ép cần thiết trong lần cán, tổng của khe cán ban đầu, S_0, và biến dạng đàn hồi ("lò xo") của giá cán δ_{gc} (giả sử biến dạng đàn hồi của giá cán đồng đều theo chiều rộng băng kim loại) phải bằng chiều dày của băng kim loại sau khi cán, h_1

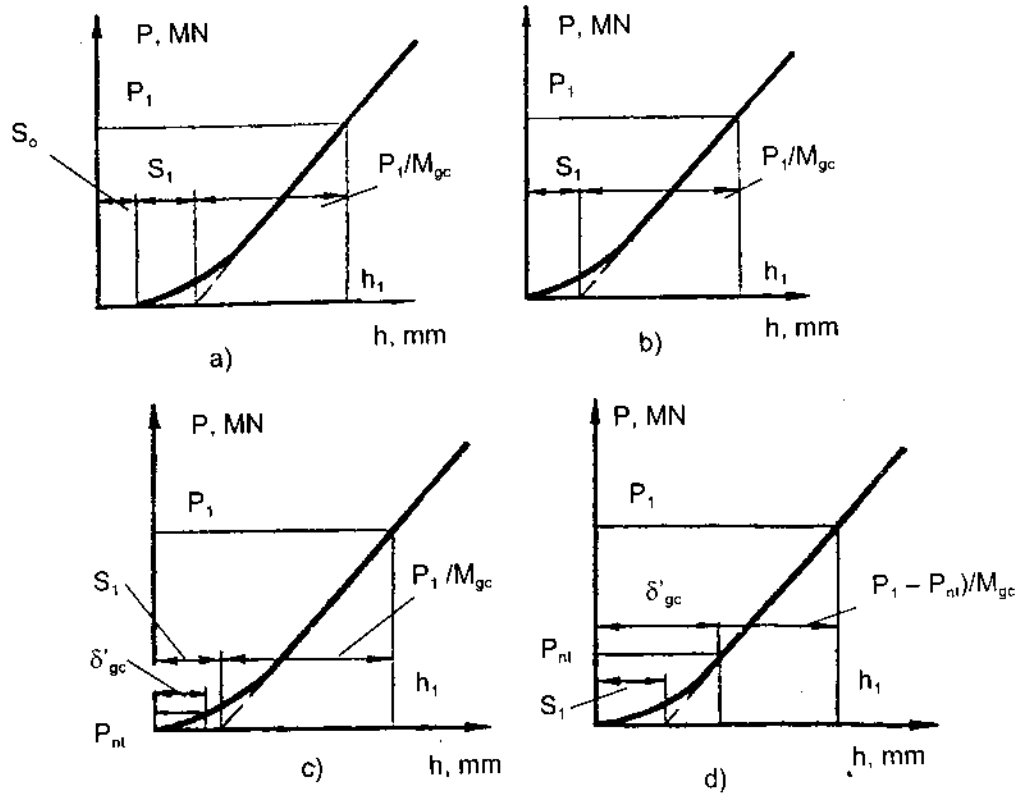
$$h_1 = S_0 + \delta_{gc}\text{, mm.} \qquad (6.50)$$

Phụ thuộc vào tỷ số giữa chiều dày của băng kim loại và độ biến dạng đàn hồi của giá cán, quá trình cán có thể tiến hành với $S_o > 0$ (hình 6.10-a), $S_o = 0$ (hình 6.10-b) hay $S_o < 0$ (hình 6.10-c).

Trong trường hợp $S_o > 0$, chiều dày của băng kim loại sau khi cán, h_1, xác định theo công thức sau :

$$h_1 = S_o + S_1 + \frac{P_1}{M_{gc}}, \text{ mm} \qquad (6.51)$$

trong đó, P- lực cán trong lần (giá) cán cho trước, MN; M_{gc}- mođun cứng của giá cán, MN/mm; Tổng $S_1 + P_1/M_{gc}$ là "lò xo" của giá cán do lực cán P_1 gây nên.



Hình 6.10. *Quan hệ giữa chiều dày của băng kim loại sau khi cán và độ cứng của giá cán:*

a) $S_o > 0$; *b)* $S_o = 0$; *c)* $S_1 > \delta'_{gc}$; *d)* $S_1 < \delta'_{gc}$.

Trong trường hợp $S_o = 0$:

$$h_1 = S_1 + \frac{P_1}{M_{gc}}, \text{ mm} . \qquad (6.52)$$

Nếu độ rơ giữa các chi tiết của giá cán không tồn tại ($S_1 = 0$), hàm $\delta_{gc} = f(P)$ sẽ là đường thẳng (trên hình 6.10 được biểu diễn bằng đường gạch nối). Khi đó ta có :

$$h_1 = S_o + \frac{P_1}{M_{gc}}, \text{ mm.} \qquad (6.53)$$

Công thức (6.53), trong các tài liệu, được gọi là phương trình Golovin-Sims.

Khi quá trình cán tiến hành trong trục nén trước ($S_o < 0$), một phần "lò xo" của giá cán, δ'_{gc}, được khắc phục bởi lực nén trước P_{int}. Trong trường hợp này, chiều dày băng kim loại h_1 được tính theo công thức sau :

$$h_1 = \delta_{gc} - \delta'_{gc}, \text{ mm.} \qquad (6.54)$$

Phụ thuộc vào trị số của lực nén trước, δ'_{gc} có thể nhỏ hơn hoặc lớn hơn S_1 (tổng độ giơ giữa các chi tiết của giá cán). Để tính chiều dày h_1 của băng kim loại trong các trường hợp này, ta có thể sử dụng các công thức :

a) $\delta'_{gc} < S_1$ (hình 6.10-c) :

$$h_1 = S_1 - \delta'_{gc} + \frac{P_1}{M_{gc}}, \text{ mm} . \qquad (6.55)$$

b) $\delta'_{gc} > S_1$ (hình 6.10-d) :

$$h_1 = \frac{P_1 - P_{int}}{M_{gc}}, \text{ mm} . \qquad (6.56)$$

Các công thức (6.51)-(6.53), (6.55) và (6.56) biểu diễn mối quan hệ giữa chiều dày của băng kim loại và độ cứng của giá cán, gọi là các phương trình cứng hay các phương trình đường đàn hồi của giá cán.

Phương trình đường đàn hồi của giá cán chứa hai ẩn số là chiều dày băng kim loại h_1 và lực cán P. Để giải phương trình này cần biết mối liên quan giữa các thông số h_1 và P.

$$P = f(h_1) . \qquad (6.57)$$

Phương trình (6.57) gọi là phương trình biến dạng dẻo (phương trình dẻo). Trên đồ thị, phương trình dẻo có dạng đường cong, thường gọi là đường cong dẻo. Mỗi điểm trên đường cong này đặc trưng cho trị số lực cán cần thiết để đạt được độ biến dạng cho trước. Các đường cong dẻo có thể xây dựng bằng thực nghiệm hoặc bằng tính toán với sự trợ giúp của máy tính.

Để xác định h_1 và P, ta cần giải hệ phương trình sau :

$$\begin{aligned} h_1 &= S_o + \frac{P}{M_{gc}} \\ P &= f(h_1) \end{aligned} \qquad (6.58)$$

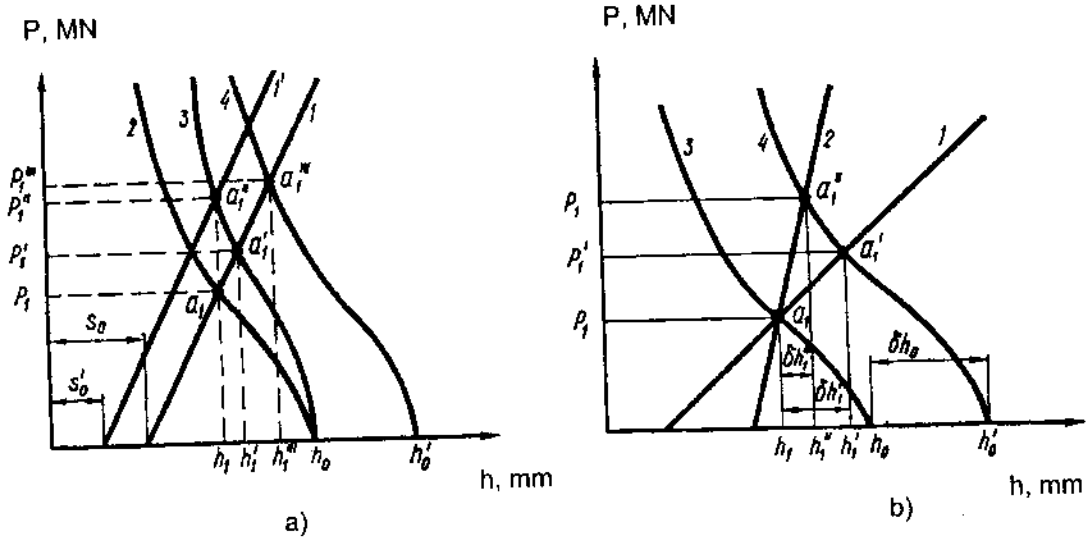
Trên hình 6.11-a trình bày cách giải hệ phương trình (6.58) bằng phương pháp đồ thị. Phương trình thứ nhất được biểu diễn bằng đường thẳng 1. Tang góc nghiêng của đường thẳng này có trị số bằng mođun cứng của giá cán, M_{gc}, còn giao điểm của nó với trục h xác định trị số của S_o. Khi cán băng kim loại có độ dày ban đầu h_o, phương trình $P = f(h_1)$ được biểu diễn bằng đường cong 2. Giao điểm a_1 giữa đường cong 2 và đường thẳng 1 xác định độ dày của băng kim loại sau khi cán h_1.

Khi cán kim loại có giới hạn chảy cao (hay hệ số ma sat lớn) cũng với độ dày ban đầu h_o, phương trình $P = f(h_1)$ được biểu diễn bằng đường cong 3. Giao điểm giữa đường cong 3 và đường thẳng 1 cho thấy sự gia tăng của lực cán từ P_1 đến P_1', dẫn đến sự gia tăng của độ dày băng kim loại từ h_1 đến h_1'. Trong trường hợp này, để nhận được băng kim loại sau khi cán với độ dày h_1, ta phải giảm khe cán ban đầu từ S_o xuống S_o'. Khi đó, đường đàn hồi của giá cán sẽ chuyển đến vị trí đường 1' song song với đường 1. Giao điểm của đường 1' và đường 3 xác định trị số lực cán P_1'' và độ dày băng kim loại $h''_1 = h_1$. Ta thấy rằng, trong trường hợp này, chiều dày h_1 của băng kim loại sau khi cán chỉ có thể được đảm bảo khi lực cán tăng ($P_1'' > P_1' > P_1$).

Khi tăng chiều dày của phôi cán từ h_o đến h_o', đường cong $P = f(h_1)$ sẽ tịnh tiến từ vị trí 2 đến vị trí 4, chứng tỏ khi tăng chiều dày của phôi, lực cán sẽ tăng lên (đến P_1'''), dẫn đến sự gia tăng của độ dày băng kim loại sau khi cán (đến h_1''').

Trên hình 6.11-b trình bày cách giải hệ phương trình 6.58) với M_{gc}= var. Các đường thẳng 1 và 2 của phương trình đường đàn hồi tương ứng M_{gc1} và M_{gc2} ($M_{gc1} < M_{gc2}$). Các đường cong 3 và 4, biểu thị mối quan hệ $P = f(h_1)$, tương ứng chiều dày ban đầu của băng kim loại h_o và h_o'. Ta thấy rằng, khi cán băng kim có chiều dày ban đầu thay đổi từ h_o đến

h'_o trong giá cán có độ cứng thấp (đường 1), độ dày của kim loại sau khi cán sẽ tăng từ h_1 đến h'_1. Nếu cũng vẫn phôi có độ dày ban đầu thay đổi như trên nhưng được cán trong giá cán có độ cứng cao hơn (đường thẳng 2), trị số gia tăng của chiều dày băng kim loại sau khi cán $\delta h''_1$ ($\delta h''_1 = h''_1 - h_1$) sẽ nhỏ hơn so với độ gia tăng $\delta h'_1$ ($\delta h'_1 = h'_1 - h_1$) trong trường hợp đầu.



Hình 6.11. *Phương pháp giải kết hợp bằng đồ thị phương trình đường đàn hồi của giá cán và phương trình dẻo của băng kim loại:*

a) M_{gc} = const ; b) M_{gc} = var.

Kết quả nêu trên chứng tỏ, sự dao động của chiều dày phôi có ảnh hưởng không lớn đến chiều dày của băng kim loại sau khi cán nếu quá trình cán tiến hành trong các giá cán có độ cứng cao. Về mặt lý thuyết, khi giá cán có độ cứng tuyệt đối ($M_{gc} = \infty$), đường đàn hồi của giá cán sẽ song song với trục tung. Khi đó bất kỳ một sự dao động nào của chiều dày phôi (δh_o) cũng sẽ được là bằng trong quá trình cán và chiều dày của kim loại sau khi cán sẽ luôn bằng giá trị định trước h_1 ($\delta h_1 = 0$).

Qua phân tích ta thấy, để thu được sản phẩm có độ không đồng đều của chiều dày theo phương cán nhỏ nhất, mođun cứng của giá cán phải lớn. Tuy nhiên, cùng với sự tăng lên của mođun cứng, ảnh hưởng của độ đảo trục (độ lệch tâm) đến độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại cũng gia tăng. Sự đảo xuyên tâm của các trục cán dẫn đến sự thay

đổi có tính chu kỳ của khoảng cánh giữa chúng. Lực cán và chiều dày của băng kim loại, do đó, cũng bị thay đổi với đặc điểm tương tự. Cho nên, để đảm bảo độ chính xác của sản phẩm, một mặt ta phải nâng cao độ cứng của các giá cán, mặt khác phải giảm độ lệch tâm của các trục. Trong thực tế, ứng với mỗi trường hợp cụ thể, căn cứ vào các yêu cầu về độ chính xác của sản phẩm, người ta xác định mô đun cứng tối ưu cho các giá cán. Mođun cứng hợp lý cho các giá kvarto ở các máy cán thép tấm và thép băng hiện đại có các giá trị sau, MN/mm (T/mm) :

- Các máy cán tấm dày 4 ÷7 (400÷700)
- Các máy cán nóng liên tục và bán liên tục 5÷7,5 (500÷750)
- Các máy cán nguội liên tục và bán liên tục 6 ÷8 (600÷800)

6.5. Các phương pháp tăng độ cứng cho giá cán

Để tăng mođun cứng của các giá cán, ta có thể áp dụng hai phương pháp :

1. Nâng cao độ cứng của các chi tiết chính trong giá cán;

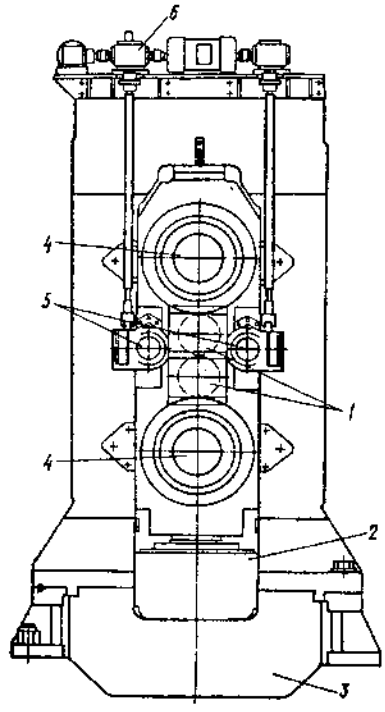
2. Chế tạo các giá cán làm việc với ứng lực trước.

Phương pháp đầu yêu cầu tăng độ cứng của giá cán bằng cách tăng kích thước của từng chi tiết riêng biệt (đường kính trục tựa, kích thước trụ và dầm khung giá, ...), đồng thời cải tiến kết cấu của chúng cho phù hợp với yêu cầu công nghệ (thay các ổ lăn bằng các ổ lót ma sat lỏng, thay đổi kết cấu khung giá cán, kết cấu cụm điều chỉnh khe cán, chọn tỷ lệ tối ưu giữa các kích thước của các chi tiết, ...).

Trong đại đa số các trường hợp, độ chính xác của sản phẩm cán bị hạn chế bởi độ cứng của cụm trục. Do vậy, khi tăng mođun cứng của giá cán, trước hết ta tìm cách thay đổi kích thước, kết cấu của cụm trục nhằm tăng độ cứng của nó.

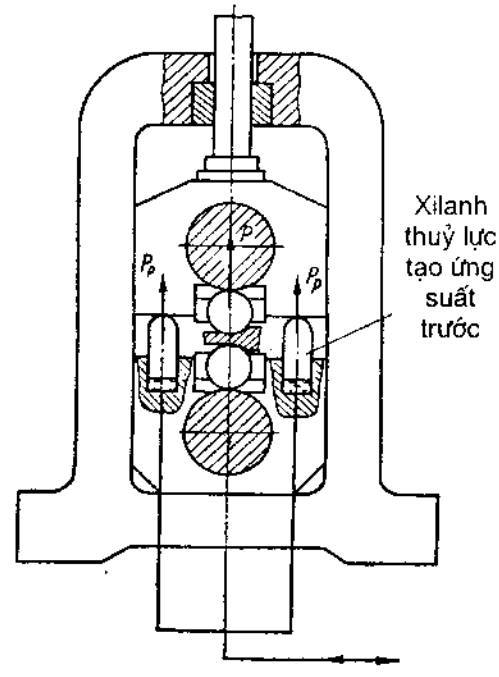
Mođun cứng của cụm trục có thể nâng cao bằng cách tăng đường kính của các trục tựa và trục làm việc cũng đường kính của các cổ trục chịu uốn. Tuy nhiên, đối với kết cấu truyền thống của giá cán, khi tăng kích thước của cụm trục, kích thước của cửa sổ khung giá cũng tăng theo, làm giảm độ cứng của khung giá. Cho nên, khi tăng mođun cứng của giá cán bằng cách tăng kích thước của các chi tiết, ta phải tìm được tỷ lệ kích thước tối ưu giữa chúng. Phương pháp tăng độ cứng cho giá cán trình ở trên, trong nhiều trường hợp, không hợp lý về mặt kỹ thuật cũng như về mặt kinh tế, bởi lẽ khối lượng và kích thước của các giá cán có thể quá lớn.

Phương pháp tăng độ cứng cho các giá cán bằng cách tạo trong các chi tiết chịu tải của chúng ứng suất trước là phương pháp phổ biến và hiệu quả hơn cả. Trong trường hợp này, cùng với sự tăng lên của môđun cứng, khối lượng và kích thước của các giá cán có thể giảm đi.



Hình 6.12. *Giá cán chịu ứng suất trước với xilanh thuỷ lực (2) đặt giữa gối trục tựa và dầm dưới của khung giá:*

1. trục làm việc; 2. xilanh thuỷ lực tạo ứng lực trước;3. khung giá;4. trục tựa; 5. cơ cấu nêm điều chỉnh khe cán; 6. nhóm truyền động cho nêm.



Hình 6.13. *Giá cán chịu ứng suất trước với các xilanh thuỷ lực đặt giữa các gối trục tựa.*

Đặc điểm của các giá cán chịu ứng suất trước là trước khi cán, khung giá, ổ lót, gối trục, vít nén, đệm lót, ... phải chịu một lực tác dụng có trị số bằng hoặc lớn hơn lực cán. Dưới tác dụng của ứng suất trước, biến dạng đàn hồi của các chi tiết kể trên sẽ được khắc phục bớt phần nào hoặc hoàn toàn trước khi trục cán ăn kim loại. Trong giai đoạn trục cán ăn kim loại và trong quá trình cán, ta chỉ quan sát thấy sự đàn hồi của giá cán gây nên bởi sự giãn đàn hồi do được dỡ tải của các chi tiết chống (vít nén, đệm, nêm, ...) và biến dạng đàn hồi của cụm trục. Các chi tiết chống có độ cứng cao nên trị số biến dạng đàn hồi của chúng so với độ

biến dạng đàn hồi của giá cán không lớn. "Lò xo" của giá cán, do đó, giảm đi và modun cứng của giá cán tăng lên.

Modun cứng của giá cán chịu ứng suất trước, $M_{gc.\sigma}$, tính theo công thức sau :

$$\frac{1}{M_{gc.\sigma}} = \frac{1}{M_t} + \frac{1}{M_\Sigma + M_{cc}}, \qquad (6.59)$$

trong đó, M_t, M_Σ - tương ứng modun cứng của hệ trục và modun cứng tổng của tất cả các chi tiết còn lại, MN/mm; M_{cc}- modun cứng của các chi tiết chống, MN/mm.

Cần lưu ý rằng, biến dạng đàn hồi của cụm trục ở các giá cán chịu ứng suất trước hoàn toàn không được bù trừ. Do đó phương pháp này, về mặt kỹ thuật, chỉ thích hợp cho các giá cán có chiều dài thân trục cán không lớn hoặc ở các máy có tiết diện ngang của trụ khung giá nhỏ.

Ứng lực trước cho giá cán có thể được tạo bởi nhiều phương pháp khác nhau. Phổ biến hơn cả là nhờ các xilanh thuỷ lực đặt giữa gối trục tựa và dầm ngang của khung giá (hình 6.12) hoặc nhờ các xilanh thuỷ lực đặt giữa các gối trục tựa (hình 6.13). Ở các giá cán kvarto hiện đại, hệ thống thuỷ lực tạo ứng suất trước làm việc kết hợp với hệ thống tự động điều chỉnh chiều dày băng kim loại. Sự kết hợp này cho phép tăng cường tính linh hoạt và hiệu quả của quá trình điều khiển.

CHƯƠNG 7

CƠ SỞ CÁN CHÍNH XÁC VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH KÍCH THƯỚC CỦA BĂNG KIM LOẠI

7.1. Ảnh hưởng của các điều kiện công nghệ đến độ chính xác của kích thước băng kim loại và những đặc trưng cơ bản của độ chính xác

Quá trình cán trong thực tế được đặc trưng bởi sự biến đổi liên tục của các điều kiện công nghệ.

Các điều kiện công nghệ trong quá trình cán thay đổi do nhiều yếu tố : độ dao động của kích thước, nhiệt độ và cơ tính của phôi, sự biến đổi của lực kéo căng và của vận tốc cán, sự đảo trục, sự mài mòn và không ổn định của biên dạng nhiệt của trục cán. Các điều kiện công nghệ không ổn định sẽ dẫn đến sự biến đổi của lực cán và cuối cùng, dẫn đến sự thay đổi cả về kích thước lẫn hình dạng của khe cán, hay nói một cách khác, đến sự không ổn định của độ dày của băng kim loại theo chiều dọc cũng như theo chiều ngang.

Ngoài áp lực của kim loại lên trục cán, sự mài mòn không đồng đều và dao động của biên dạng nhiệt dọc theo chiều dài thân trục cũng có ảnh hưởng đáng kể đến hình dạng của khe cán. Các yếu tố này làm cho biên dạng ngang của băng kim loại bị biến đổi thêm.

Sự không tương ứng giữa biên dạng ngang của phôi và hình dạng của khe cán dẫn đến sự phân bố không đồng đều của biến dạng giãn dài theo chiều rộng băng kim loại. Sự

phân bố không đồng đều của biến dạng gây nên trong băng kim loại các ứng suất dư bổ sung. Trong trường hợp cán thép băng dày, ứng suất dư bổ sung tự cân bằng nhau trong băng kim loại. Trong thép băng mỏng, các ứng suất dư bổ sung không thể tự cân bằng hoàn toàn, do đó băng kim loại sau khi cán thường bị cong vênh hoặc uốn sóng.

Độ không đồng đều của chiều rộng phôi và sự dao động đáng kể của lực kéo căng trong quá trình cán có thể dẫn đến sự biến đổi của chiều rộng băng kim loại.

Độ chính xác của thép tấm và thép băng có các đặc trưng cơ bản sau đây :

- Độ không đồng đều ngang và dọc của chiều dày;
- Độ không phẳng, đặc trưng cho hình dạng của thép tấm và thép băng, là độ chênh của lá thép so với mặt phẳng chuẩn. Độ không phẳng biểu hiện dưới dạng cong vênh hoặc uốn sóng và được đo bằng milimét trên một mét theo chiều dài và theo chiều rộng (mm/1m dài và rộng).
- Độ cong cạnh hay độ cong lưỡi liềm (do sự chênh lệch về lượng ép giữa hai bên băng kim loại gây nên).

Độ không đồng đều của chiều dày và độ phẳng không đạt yêu cầu của thép tấm và thép băng cán nóng, dùng làm phôi cho cán nguội, gây khó khăn cho các quá trình gia công tiếp theo trong các hệ thống thiết bị tẩy gỉ axit liên tục và trong các máy cán nguội. Đối với các loại thép lá và thép băng cán nguội, độ không đồng đều của chiều dày và độ phẳng không đạt yêu cầu thường dẫn đến phế phẩm và gãy, vỡ dụng cụ trong quá trình dập chi tiết.

Nâng cao độ chính xác của thép tấm và thép băng là một vấn đề quan trọng. Đáp số của vấn đề này cho phép ta tiết kiệm được không ít kim loại, đồng thời nâng cao được chất lượng của các chi tiết và tính năng sử dụng của các máy móc, công trình và các loại kết cấu cơ khí khác. Hiện nay, vấn đề nâng cao độ chính xác của thép tấm và thép băng được giải quyết theo hai hướng :

- Cải tiến và hoàn thiện kết cấu của thiết bị cán và qui trình công nghệ sản xuất;
- Ứng dụng các hệ thống tự động điều chỉnh kích thước của băng kim loại.

Ngoài ra, cũng cần lưu ý rằng, uỷ thác việc khắc phục hoàn toàn độ không đồng đều ngang và dọc của chiều dày thép cán cho quá trình cán nguội là không hợp lý, bởi lẽ quá trình cán nguội thường dẫn đến sự tạo thành các khuyết tật cong vênh, uốn sóng. Do vậy, khi cán nguội, người ta cố gắng giữ được hoặc nâng cao một chút độ phẳng ban đầu (của phôi

cán nóng), còn độ không đồng đều tương đối của chiều dày hầu như giữ nguyên. Cho nên, trước hết ta phải đảm bảo nhận được phôi cán nóng có độ chính xác về kích thước cần thiết.

7.2. Phương trình cơ bản của độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại

Như đã trình bày trong chương 6, sự thay đổi khoảng cách giữa các trục làm việc trong quá trình cán là nguyên nhân trực tiếp gây nên sự dao động của độ dày băng kim loại theo chiều dọc. Vì vậy, độ không đồng đều dọc của chiều dày băng (tấm) kim loại có thể trình bày dưới dạng vi phân toàn phần của phương trình thứ nhất của hệ phương trình (6.58)

$$dh_1 = dS_o + \frac{dP}{M_{gc}} - \frac{P}{M_{gc}} \cdot \frac{dM_{gc}}{M_{gc}} \quad (7.1)$$

Trong quá trình cán, do sự biến đổi của độ dày màng dầu trong các ổ lót ma sát lỏng và sự thay đổi nhiệt độ của các chi tiết trong giá cán có ảnh hưởng không đáng kể đến modun cứng của giá cán, nên thành phần cuối cùng trong công thức (7.1) có thể bỏ qua. Khi đó, độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại có thể tính theo công thức đơn giản sau :

$$dh_1 = dS_o + \frac{dP}{M_{gc}}, \quad (7.2)$$

hoặc dưới dạng sai phân hữu hạn :

$$\delta h_1 = \delta S_o + \frac{\delta P}{M_{gc}}. \quad (7.3)$$

Phương trình vi phân (7.2) gọi là phương trình cơ bản của độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại.

Đối với các giá cán kvarto, khe cán ban đầu được xác định từ điều kiện :

$$S_o = A - D_{lv,d} - R_{t,d} - D_{lv,t} - R_{t,t}, \text{ mm} \quad (7.4)$$

trong đó, A - khoảng cách giữa các đường tâm của các trục tựa; $D_{lv,t}$, $R_{t,t}$- tương ứng đường kính của trục làm việc trên và bán kính trục tựa trên; $D_{lv,d}$, $R_{t,d}$- tương ứng đường kính của trục làm việc dưới và bán kính trục tựa dưới.

Vi phân toàn phần của phương trình (7.4) xác định độ biến đổi của khe cán dS_o,

$$dS_o = dA - dD_{lv,d} - dR_{t,d} - dD_{lv,t} - dR_{t,t}, \text{ mm} \quad (7.5)$$

Đại lượng dA được xác định bởi biến đổi của chiều dài các trụ khung giá cán do nung nóng hoặc làm nguội gây nên và độ chính xác khi đặt khoảng cách giữa các trục làm việc (điều chỉnh khe cán ban đầu).

Các đại lượng $dD_{lv,d}$, $dR_{l,d}$, $dD_{lv,l}$, $dR_{l,l}$ đặc trưng cho sự thay đổi của kích thước trục cán trong quá trình làm việc và được xác định bởi độ đảo của cổ và thân trục, độ mài mòn trục không đồng đều theo mặt cắt ngang và độ thay đổi biến dạng nhiệt trong quá trình cán một băng kim loại.

Để giải phương trình (7.2), cần phải xác định được giá trị dP. Ta biết rằng, áp lực của kim loại lên trục cán, P, là một hàm số phức tạp, phụ thuộc vào nhiều yếu tố

$$P = f(h_o, h_1, R_{lv}, b, \sigma_T, f_y, Q_o, Q_1), \qquad (7.6)$$

trong đó, ngoài các ký hiệu đã biết, f_y- hệ số ma sát giữa kim loại và trục khi quá trình cán đã ổn định; σ_T- giới hạn chảy của kim loại cán; Q_o, Q_1- tương ứng lực kéo căng toàn phần sau và trước. Vi phân toàn phần (7.6) cho :

$$dP = \frac{\partial P}{\partial h_o}dh_o + \frac{\partial P}{\partial h_1}dh_1 + \frac{\partial P}{\partial R_{lv}}dR_{lv} + \frac{\partial P}{\partial b}db + \frac{\partial P}{\partial f_y}df_y + \\ + \frac{\partial P}{\partial \sigma_T}d\sigma_T + \frac{\partial P}{\partial Q_o}dQ_o + \frac{\partial P}{\partial Q_1}dQ_1. \qquad (7.7)$$

Thay dP vào (7.2), sau khi biến đổi, ta có :

$$dh_1 = \frac{1}{M_{gc} - \frac{\partial P}{\partial h_1}}\left(M_{gc}dS_o + \frac{\partial P}{\partial h_o}dh_o + \frac{\partial P}{\partial R_{lv}}dR_{lv} + \frac{\partial P}{\partial b}db + \frac{\partial P}{\partial f_y}df_y + \right. \\ \left. + \frac{\partial P}{\partial \sigma_T}d\sigma_T + \frac{\partial P}{\partial Q_o}dQ_o + \frac{\partial P}{\partial Q_1}dQ_1\right). \qquad (7.8)$$

Biểu thức trong ngoặc chính là độ thay đổi của lực cán δP phụ thuộc vào các thông số công nghệ (trừ độ dày của băng kim loại sau khi cán h_1). Phương trình (7.8) có thể viết gọn như sau :

$$dh_1 = \frac{\delta P}{\frac{\partial P}{\partial h_1}}. \qquad (7.9)$$

Trên hình 7.1 minh hoạ bằng đồ thị sự phát sinh độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại trong quá trình cán. Khi điều kiện cán ổn định, lực cán có giá trị P_1, tương ứng chiều dày băng kim loại sau khi cán h_1. Giả sử khe cán giảm đi dS_o, lực cán sẽ gia tăng một lượng δP và chiều dày của băng kim loại sẽ giảm đi tương ứng dh_1.

Cần lưu ý rằng, đạo hàm $\partial P/\partial h_1$ trong (7.9) có trị số bằng tang góc nghiêng β (so với trục h) của đường cong đàn-dẻo $P = f(h_1)$. Tương tự modun cứng của giá cán, ta gọi giá trị tuyệt đối của $\partial P/\partial h_1$ là modun trở kháng biến dạng đàn-dẻo (hay modun cứng) của băng kim loại, M_b. Vì $tg\beta$ có giá trị âm nên ta viết :

$$\frac{\partial P}{\partial h_1} = -tg\beta = -M_b. \qquad (7.10)$$

Thay giá trị của $\partial P/\partial h_1$ vào (7.9), ta có :

$$dh_1 = -\frac{\delta P}{M_{gc} + M_b}. \qquad (7.11)$$

Chia cả tử và mẫu số của vế phải cho M_{gc} và thay $\delta P/M_{gc} = dS_o$ ta nhận được :

$$\frac{dS_o}{dh_1} = 1 + \frac{M_b}{M_{gc}} = k_s, \qquad (7.12)$$

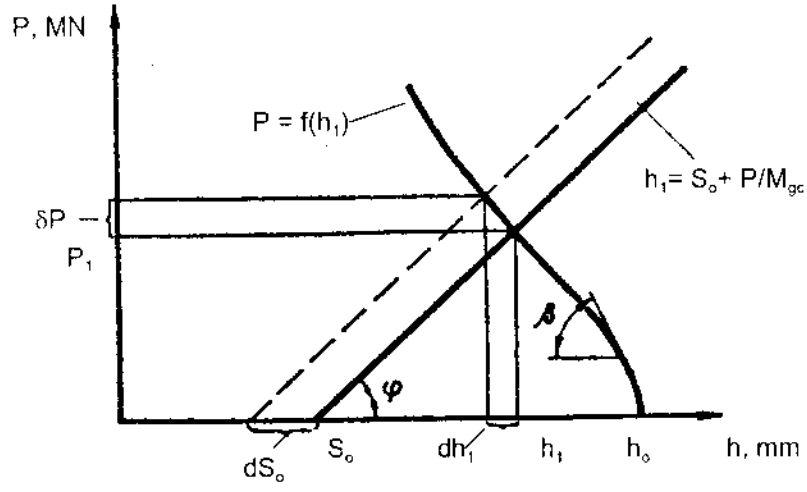
trong đó, k_s gọi là hệ số truyền của giá cán khi điều chỉnh độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại.

Hệ số truyền của giá cán cho thấy, khi khe cán thay đổi với trị số dS_o, chiều dày của băng kim loại cũng thay đổi theo với trị số dh_1 nhỏ hơn dS_o. Độ chênh lệch giữa dS_o và dh_1 phụ thuộc vào tỷ số giữa modun cứng của băng kim loại và modun cứng của giá cán. Đối với các giá cán có độ cứng tuyệt đối ($M_{gc} = \infty$), $k_s = 1$ ($dh_1 = dS_o$).

Để đánh giá ảnh hưởng của độ không đồng đều dọc của chiều dày phôi δh_o đến độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại sau khi cán, ta sử dụng hệ số san bằng k_s :

$$k_s = \frac{\delta h_o / h_o}{\delta h_1 / h_1}, \qquad (7.13)$$

trong đó, $\delta h_o/h_o$, $\delta h_1/h_1$ - tương ứng độ không đồng đều dọc tương đối của chiều dày băng kim loại trước và sau khi cán.



Hình 7.1. Ảnh hưởng của sự biến đổi khe cán đến độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại.

Hệ số k_c có thể nhận các giá trị sau :

- $k_c > 1$ - độ không đồng đều tương đối ban đầu của chiều dày phôi được là phẳng phần nào sau khi cán;
- $k_c = 1$ - độ không đồng đều tương đối ban đầu của chiều dày phôi không thay đổi trong quá trình cán;
- $k_c < 1$ - độ không đồng đều tương đối của chiều dày băng kim loại sau khi cán lớn hơn so với trước khi cán (độ chính xác của chiều dày bị giảm đi).

Hệ số san bằng k_c có thể xác định theo công thức sau :

$$k_c = \left(1 + \frac{M_{gc}}{M_b}\right)\frac{1-\varepsilon}{\alpha}, \qquad (7.14)$$

trong đó, ε - lượng ép tương đối; α- hệ số không thứ nguyên,

$$\alpha = \frac{\partial P / \partial h_o}{\partial P / \partial h_1}.$$

Hệ số san bằng k_c thay đổi trong miền xác định sau :

$$\frac{1-\varepsilon}{\alpha} < k_c < \infty.$$

Khi tính toán độ cứng tối ưu cho giá cán và chọn các chế độ ép tối ưu, ta cần phải biết hệ số san bằng k_c. Mođun cứng của giá cán và chế độ ép phải đảm bảo điều kiện $k_c > 1$. Trong trường hợp này, độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại sẽ được là bằng mà không cần có tác động từ phía cơ cấu điều chỉnh khe cán.

7.3. Phương pháp điều chỉnh độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại

Phương trình (7.1) cho thấy, để điều chỉnh độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại, ta có thể áp dụng các phương pháp : chọn độ cứng của giá cán, điều chỉnh khe cán thông qua cơ cấu điều chỉnh khoảng cách giữa các trục (phương pháp điều chỉnh khe cán không đổi), điều chỉnh tải trọng lên giá cán (phương pháp điều chỉnh tải trọng không đổi).

a) Phương pháp chọn độ cứng cần thiết cho giá cán

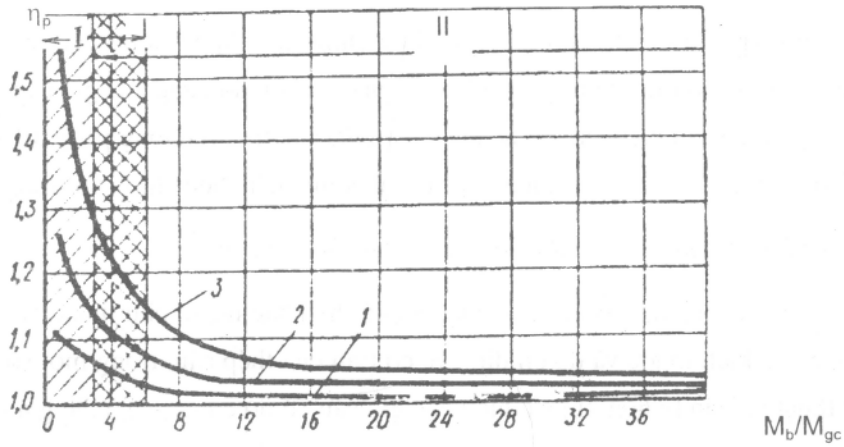
Các yêu cầu về độ cứng của giá cán có thể khác nhau, phụ thuộc vào yêu cầu về độ chính xác của kích thước và độ ổn định về cơ tính của thép cán, trong một số trường hợp, về mặt kỹ thuật sẽ hợp lý hơn khi sử dụng các giá cán có độ cứng thấp (các giá cán có đặc tính mềm), trong các trường hợp khác, cần sử dụng các giá cán có độ cứng cao (các giá cán có đặc tính cứng). Đặc tính mềm cần thiết trong trường hợp khi độ đảo trục là yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại (ví dụ, trong các trường hợp cán giấy kim loại và cán tinh chỉnh). Khi độ đảo trục có trị số không đáng kể, ta nên sử dụng các giá cán có đặc tính cứng hơn.

Độ cứng cần thiết cho giá cán được chọn căn cứ vào hệ số san bằng k_c. Nếu độ cứng của giá cán không đảm bảo được giá trị cho trước của k_c, ta cần thay đổi (thường là tăng) độ cứng của giá cán.

Hiệu suất tăng độ cứng của giá cán phụ thuộc đáng kể vào độ cứng của băng kim loại. Để đánh giá mức độ giảm độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại sau lần cán, trong trường hợp mođun cứng của giá cán tăng lên m lần, ta sử dụng hệ số η_p, xác định bởi tỷ số giữa hệ số san bằng k'_c của giá cán có mođun cứng là mM_{gc} và k_c của giá cán có mođun cứng là M_{gc}.

$$\eta_p = \frac{k'_c}{k_c} = 1 + \frac{m-1}{1+\frac{M_b}{M_{gc}}} \qquad (7.15)$$

Trên hình 7.2 trình bày sự phụ thuộc của hệ số η_p vào tỷ số M_b/M_{gc}, xác định theo (7.15), cho các trường hợp khi mođun cứng của giá cán tăng lên 1,2 lần (đường 1), 1.5 lần (đường 2), và 2,0 lần (đường 3). Qua hình vẽ ta thấy rằng, việc tăng độ cứng cho giá cán chỉ có hiệu suất cao đối với các máy cán nóng.



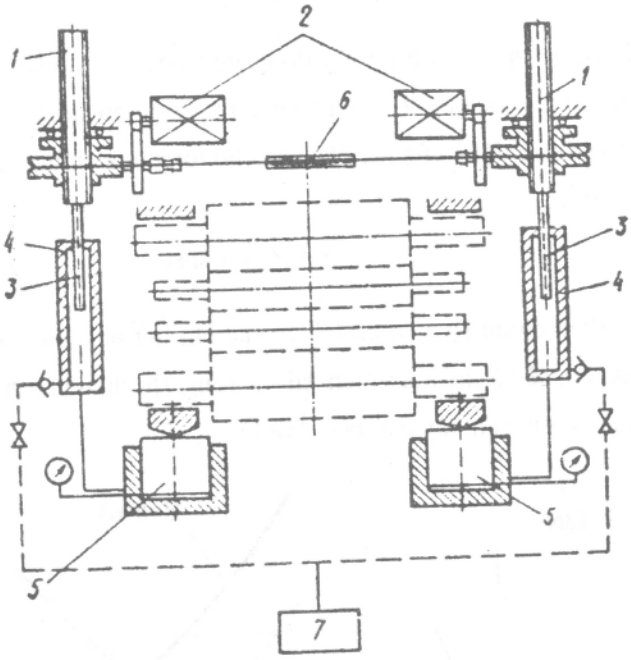
Hình 7.2. *Quan hệ giữa hệ số η_p và tỷ số M_b/M_{gc} khi mođun cứng của giá cán tăng lên m lần:*

I. vùng cán nóng; II. vùng cán nguội;
1- m = 1,2; 2- m = 1,5; 3- m = 2,0.

b) Phương pháp điều chỉnh khoảng cách giữa các trục cán (khe cán)

Điều chỉnh khoảng cách giữa các trục làm việc (khe cán) được thực hiện nhờ các cơ cấu nén, làm việc theo tín hiệu xuất phát từ bộ phận cảm biến đo độ dày hoặc đo lực cán.

Ở các máy cán tấm và băng đang làm việc hiện nay, người ta sử dụng các cơ cấu nén điện-cơ, thuỷ-cơ và thuỷ lực. Các cơ cấu nén điện-cơ có nhược điểm lớn là hệ số hữu ích và tốc độ điều chỉnh thấp. Do đó, chúng chỉ được sử dụng ở các máy cán kiểu cũ với tốc độ cán nhỏ. Các cơ cấu thuỷ-cơ, đặc biệt là thuỷ lực có ưu điểm là tác dụng nhanh và hệ số hữu ích lớn, được áp dụng phổ biến hiện nay.



Hình 7.3. *Sơ đồ cơ cấu nén thuỷ-cơ, điều chỉnh khe cán.*

Trên hình 7.3 trình bày sơ đồ cơ cấu nén thuỷ-cơ. Điểm khác biệt so với cơ cấu điện-cơ là trong thành phần của cơ cấu nén kiểu này có thêm hệ thống thuỷ lực làm việc theo chu trình kín, có tác dụng điều chỉnh nhanh khoảng cách giữa các trục làm việc. Hệ thống này gồm hai xilanh thuỷ lực 5, bố trí dưới các gối của trục tựa dưới và hai bộ nhân thuỷ lực 4. Khi các vít nén 1 (được dẫn động từ hai động cơ 2, qua cơ cấu truyền kiểu bánh răng-trục vít) hạ xuống, các thanh 3 cũng dịch chuyển theo, dồn chất lỏng từ các bộ nhân thuỷ lực vào khoang của các xilanh thuỷ lực 5. Bằng cách đó, người ta tạo nên sự dịch chuyển đồng bộ của nửa hệ trục dưới và, do vậy, có thể điều chỉnh nhanh khoảng cách giữa các trục làm việc. Trong trường hợp chỉ cần điều chỉnh khe cán ở một phía, người ta ngắt mạch của khớp nối điện từ 6. Máy bơm 7 có nhiệm vụ bơm chất lỏng cho hệ thống thuỷ lực.

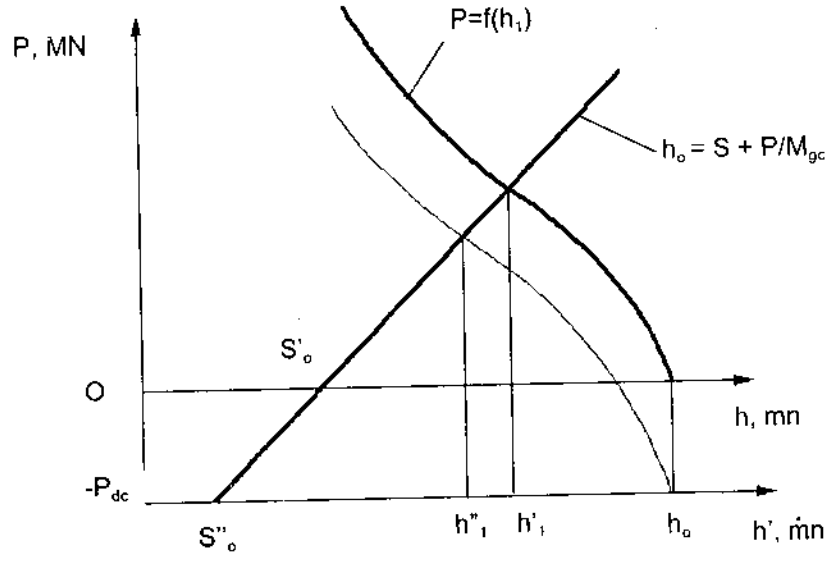
Trong hệ thống điều chỉnh độ không đồng đều dọc của chiều dày, làm việc theo nguyên lý điều chỉnh khe cán, người ta áp dụng cả tác động điều chỉnh từ bên ngoài tới lực kéo căng băng kim loại. Sự thay đổi của lực kéo căng ảnh hưởng đến trị số của lực cán và do đó, tuỳ theo lực kéo căng tăng hay giảm, mà biến dạng đàn hồi của giá cán giảm hay tăng, dẫn đến sự thay đổi khoảng cách giữa các trục làm việc.

c) Phương pháp điều chỉnh tải trọng lên giá cán

Trong trường hợp này độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại được điều chỉnh nhờ tải trọng bổ sung, P_{dc}. Trị số của tải trọng bổ sung (tải trọng điều chỉnh) biến đổi phụ thuộc vào sự dao động của lực cán sao cho tổng của chúng luôn là hằng số (tải trọng lên giá cán không đổi).

$$P + P_{dc} = const. \qquad (7.16)$$

Tải trọng điều chỉnh P_{dc} nên bố trí lên các chi tiết hay các cụm chi tiết chịu lực cán. Trường hợp ngược lại, sẽ có thể xuất hiện sai số trong khi điều chỉnh do chênh lệch giữa các biến dạng đàn hồi của giá cán gây nên bởi P và P_{dc}.



Hình 7.4. *Điều chỉnh độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại bằng phương pháp điều chỉnh tải trọng lên giá cán.*

Nếu điều kiện (7.16) thoả mãn, phương trình đường đàn hồi của giá cán sẽ có dạng sau :

$$h_1 = S_o + \frac{P}{M_{gc}} + \frac{P_{dc}}{M_{dc}}, \text{ mm} \qquad (7.17)$$

trong đó, M_{dc}- modun cứng của chi tiết hay cụm chi tiết chịu tác dụng của P_{dc}.

Nếu $M_{dc} = M_{gc}$, công thức (7.19) sẽ là phương trình của đường thẳng trùng với đường $h_1 = S_o + P/M_{gc}$, nhưng nằm trong hệ toạ độ (P, h'), nhận được bằng cách tịnh tiến hệ toạ độ (P, h) xuống phía dưới một khoảng bằng trị số của P_{dc}. (hình 7.4). Nếu $M_{dc} \neq M_{gc}$, góc nghiêng của đường thẳng (7.17) trong khoảng tác dụng của lực P_{dc} (khoảng tịnh tiến) sẽ khác so với góc nghiêng của đường thẳng $h_1 = S_o + P/M_{gc}$.

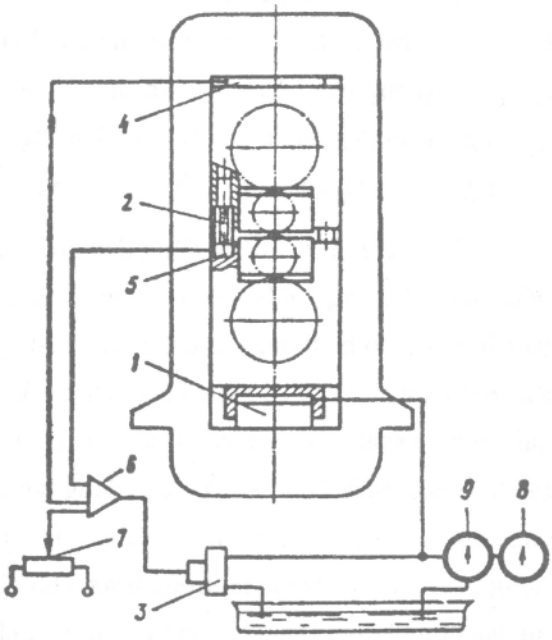
Điều chỉnh độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại bằng phương pháp điều chỉnh tải trọng đòi hỏi phải tạo ứng suất trước cho giá cán. Trên hình 7.5 trình bày sơ đồ giá cán trong đó hệ thống tạo ứng suất trước làm việc kết hợp với sự điều chỉnh tự động khe cán. Kiểu giá cán này cho phép điều chỉnh độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại với hiệu suất cao. Ứng suất trước của giá được tạo bởi xilanh thuỷ lực 1, đặt dưới các gối trục tựa dưới. Máy bơm 9, được dẫn động bởi động cơ 8, có nhiệm vụ tạo áp suất trong chất lỏng đến 150 at (15 MN/m^2). Giữa các gối của trục tựa trên và dưới người ta bố trí bốn vít chống 2, có nhiệm vụ tạo tải trong trước cho giá cán. Các vít chống này chuyển dịch nhờ cơ cấu dẫn động riêng. Lực tác dụng lên mỗi vít chống được đo bằng lực kế 5, còn tải trọng lên giá cán được đo bằng lực kế 4. Trong quá trình cán, lực tác dụng lên các vít chống có trị số bằng hiệu giữa ứng lực trước và lực tác dụng của kim loại lên trục cán. Trường hợp cần thiết, các vít chống có thể thu vào gối của các trục tựa, khi đó giá cán trở thành giá có cơ cấu nén thuỷ lực bình thường.

Kiểu giá cán nêu trên làm việc theo chế độ tự động. Điều chỉnh tải trọng lên giá cán tiến hành bằng cách thay đổi áp suất của chất lỏng trong hệ thống thuỷ lực nhờ cơ cấu trợ động điều khiển 3. Hoạt động của cơ cấu trợ động điều khiển được chỉ thị bằng các tín hiệu xuất phát từ lực kế 4 và 5, qua bộ khuếch đại 6 và bộ phận so sánh 7. Hệ thống điều khiển mô tả trên có thể đảm bảo bốn chế độ làm việc :

- *Chế độ lực cán không đổi.* Khi giá cán làm việc theo chế độ này, ứng lực trước không được sử dụng. Việc giữ cho lực cán không đổi nhằm tạo cho giá cán đặc tính mềm. Chế độ này cần cho các trường hợp cán tinh chỉnh và cán giấy kim loại, khi mà độ đảo trục là yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại.
- *Chế độ ứng suất trong giá cán không đổi.* Chế độ này yêu cầu sử dụng tải trọng trước. Giữ cho ứng suất trong giá cán không đổi là để đảm bảo cho giá cán có độ cứng trung bình, nhằm làm giảm ảnh hưởng của độ đảo trục và độ dao động của chiều dày phôi đến chiều dày của băng kim loại sau khi cán.

- *Chế độ lực tác dụng lên các vít chống không đổi.* Trong trường hợp này, vì giá cán làm việc ở chế độ chịu ứng suất trước nên độ cứng của nó tăng lên. Do vậy, độ dao động của chiều dày băng thép sau khi cán, gây nên bởi biến dạng đàn hồi của các gối trục, các vít chống và khung giá được dẫn tới 0. Biến dạng đàn hồi của cụm trục, trong trường hợp này, không được điều chỉnh.

- *Chế độ khe cán không đổi.* Chế độ này được áp dụng khi cần phải tạo cho giá cán có độ cứng cao hơn. Để thực hiện điều đó, người ta sử dụng cả hai lực kế 4 và 5. Nhờ mối liên hệ ngược từ các lực kế mà bất kỳ một sự dao động nào của chiều dày băng kim loại so với giá trị định trước, cũng được xác định và khắc phục.



Hình 7.5. *Sơ đồ giá cán chịu ứng suất trước có hệ thống điều chỉnh tải trọng.*

7.4. Phương trình cơ bản của độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại

Như đã trình bày trong chương 6, trị số biến dạng đàn hồi của giá cán ở hai mép và ở giữa băng kim loại không giống nhau. Khoảng cách giữa hai bề mặt trục làm việc (S_o), trong trường hợp tổng quát, cũng không đồng đều theo chiều dài thân trục. Do vậy, phương trình đường đàn hồi của giá cán ở mép khác so với ở giữa băng kim loại.

$$h_{1,m} = S_{o,m} + \frac{P}{M_{gc,m}}, \text{ mm} \qquad (7.18)$$

$$h_{1,g} = S_{o,g} + \frac{P}{M_{gc,g}}, \text{ mm} \qquad (7.19)$$

trong đó $h_{1,m}$, $h_{1,g}$- tương ứng chiều dày băng kim loại ở mép và ở giữa băng; $S_{o,m}$, $S_{o,g}$ - khe cán ban đầu tương ứng mép và giữa băng kim loại; $M_{gc,m}$, $M_{gc,g}$- modun cứng của giá cán tương ứng giữa và mép băng kim loại.

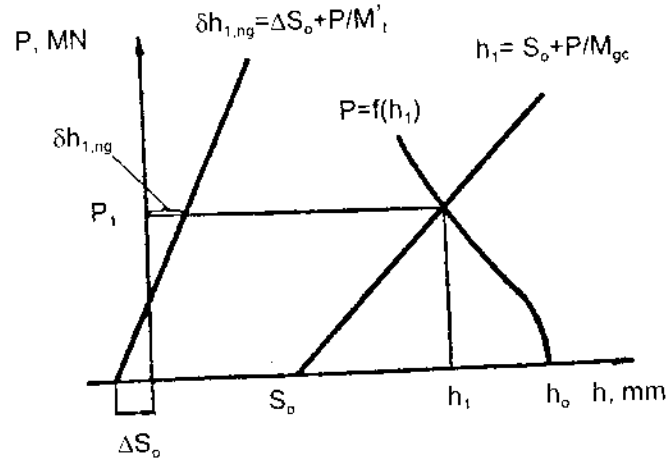
Hiệu giữa $h_{1,g}$ và $h_{1,m}$ xác định độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại.

$$\delta h_{1,ng} = S_{o,g} - S_{o,m} + \frac{P}{M_{gc,g}} - \frac{P}{M_{gc,m}} = \Delta S_o + \frac{P}{M'_t}, \text{ mm} \qquad (7.20)$$

trong đó, ΔS_o- độ lõm (hay lồi) ban đầu của các trục cán, mm; M'_t - modun cứng của hệ trục trên phạm vi chiều rộng của băng kim loại.

Phương trình (7.20) gọi là phương trình cơ bản của độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại. Để giải phương trình này, khi biết ΔS_o và M'_t, ta phải xác định được lực cán P bằng cách giải kết hợp phương trình đường đàn hồi của giá cán và phương trình đàn-dẻo của băng kim loại (hệ phương trình 6.58).

Trên hình 7.6 trình bày cách giải kết hợp bằng đồ thị phương trình cơ bản của độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại, phương trình đường đàn hồi của giá cán và phương trình đàn-dẻo của băng kim loại. Độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại chính là hoành độ của giao điểm giữa đường thẳng (7.20) và đường thẳng xác định trị số lực cán tương ứng với độ dày h_1 của băng kim loại.



Hình 7.6. *Giải kết hợp bằng đồ thị phương trình cơ bản của độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại, phương trình đường đàn hồi của giá cán và phương trình đàn-dẻo của băng kim loại.*

Phương trình (7.20) dưới dạng vi phân :

$$d(\delta h_{1,ng}) = d(\Delta S_o) + \frac{dP}{M_t'} \quad (7.21)$$

Để đánh giá hiệu suất của hệ thống điều chỉnh biên dạng trục cán, ta sử dụng hệ số truyền $k_{s,ng}$, xác định theo công thức :

$$k_{s,ng} = \frac{d(\Delta S_o)}{d(\delta h_{1,ng})}, \quad (7.22)$$

hoặc (từ phương trình (7.21) và (7.10) :

$$k_{s,ng} = 1 - \frac{dP}{d(\delta h_{1,ng})} \cdot \frac{1}{M_t'} = 1 + \frac{M_b}{M_t'} \cdot \frac{dh_1}{d(\delta h_{1,ng})}. \quad (7.23)$$

Phụ thuộc vào dấu của đạo hàm $dh_1/d(\delta h_{1,ng})$, hệ số truyền $k_{s,ng}$ có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn 1.

Ảnh hưởng của độ không đồng đều ngang ban đầu của chiều dày băng kim loại, $\delta h_{o,ng}$, đến độ không đồng đều ngang sau khi cán, $\delta h_{1,ng}$, được đặc trưng bởi hệ số san bằng $k_{c,ng}$, xác định như sau :

$$k_{c,ng} = \frac{d(\delta h_{o,ng})}{d(\delta h_{1,ng})}. \quad (7.24)$$

Phụ thuộc vào điều kiện cán, hệ số san bằng độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn 1. Trong trường hợp $k_{c,ng} > 1$, độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại sau khi cán giảm đi; khi $k_{c,ng} < 1$ - độ không đồng đều ngang sau khi cán tăng lên, còn khi $k_{c,ng} = 1$ - độ không đồng đều ngang không thay đổi trong quá trình cán.

7.5. Các phương pháp điều chỉnh độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại

Để điều chỉnh độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại trong quá trình cán, người ta áp dụng các phương pháp tạo biên dạng cho trục cán sau đây :

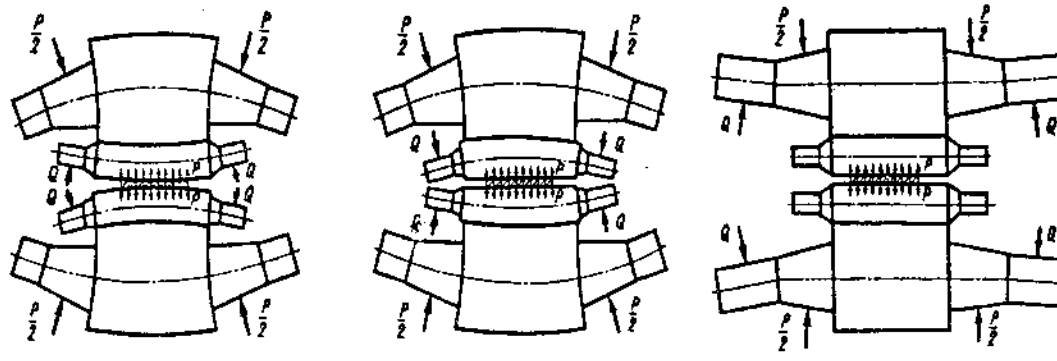
- Tạo biên dạng bằng gia công cơ (khi mài trục);
- Tạo biên dạng nhiệt;
- Tạo biên dạng bằng thuỷ lực.

Thực chất của phương pháp đầu tiên là, khi mài trục, người ta tạo cho đường sinh trục cán hình dạng nhất định, tương ứng với độ lồi (lõm) cho trước. Tuy nhiên để tính toán hoặc chọn độ lồi (lõm) ban đầu, ta không thể tính tới tất cả các yếu tố biến thiên ảnh hưởng đến biên dạng của đường sinh hữu hiệu trong quá trình cán. Do vậy, phương pháp tạo biên dạng khi mài trục chỉ đảm bảo nhận được một cách gần đúng biên dạng tiết diện ngang của băng kim loại.

Cơ sở của phương pháp tạo biên dạng nhiệt là sự chênh lệch nhiệt độ của trục cán theo chiều dài thân trục, nguyên nhân gây nên độ lồi (lõm) nhiệt trong quá trình làm việc của đường sinh hữu hiệu. Khác với phương pháp tạo biên dạng khi gia công, phương pháp tạo biên dạng nhiệt cho phép tác động lên biên dạng của đường sinh hữu hiệu ngay trong quá trình cán. Điều chỉnh biên dạng nhiệt của trục cán thực hiện bằng cách làm nguội (phun lên bề mặt trục chất lỏng làm nguội) hoặc nung nóng cục bộ thân trục (bằng các mỏ đốt khí hay các cơ cấu nung cảm ứng). Nhược điểm chủ yếu của phương pháp tạo biên dạng nhiệt là tác động rất chậm (tính ỳ lớn) dẫn đến khả năng tự động hoá điều khiển thấp.

Phương pháp tạo biên dạng bằng thuỷ lực áp dụng cho trục của các giá cán kvarto là phương pháp tiên tiến hơn cả. Phương pháp này có ưu điểm là tác dụng nhanh, hiệu suất điều chỉnh cao và dễ tự động hoá quá trình điều khiển.

Thực chất của phương pháp tạo biên dạng bằng thuỷ lực là người ta tác dụng lên các cổ trục những lực bổ sung, được tạo bởi các kích thuỷ lực, nhằm mục đính khắc phục hoàn toàn hoặc phần nào độ uốn của đường sinh hữu hiệu. Phương pháp tạo biên dạng bằng thuỷ lực thường chỉ có hiệu suất cao khi được áp dụng kết hợp với phương pháp tạo biên dạng khi gia công cơ và tạo biên dạng nhiệt.



a) b) c)

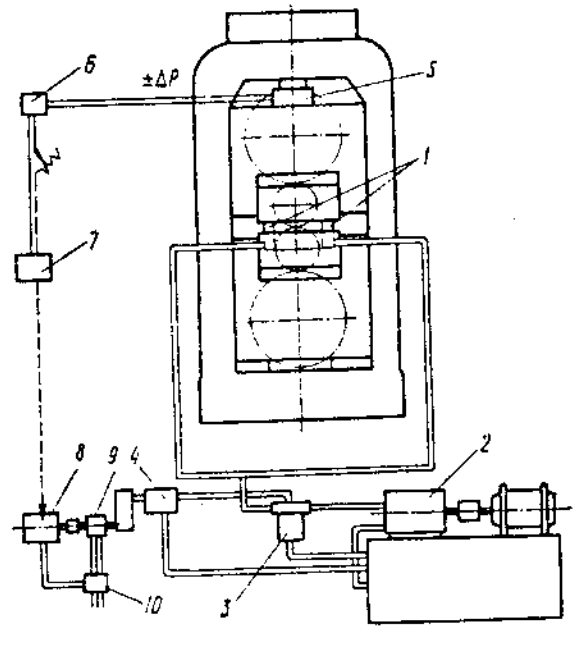
Hình 7.7. *Các sơ đồ tạo biên dạng bằng thuỷ lực cho trục cán của các giá kvarto.*

Ở các máy cán được trang bị các giá kvarto đang làm việc hiện nay, người ta áp dụng nhiều sơ đồ tạo biến dạng thuỷ lực khác nhau (hình 7.7) :

1. Sơ đồ "L-L" - lực bổ sung đặt giữa các gối của trục làm việc, có nhiệm vụ chống uốn cho trục (hình 7.7-a);
2. Sơ đồ "T-L" - lực bổ sung đặt giữa các gối trục tựa và trục làm việc, có nhiệm vụ uốn bổ sung trục làm việc (hình 7.7-b);
3. Sơ đồ "T-T" - lực bổ sung đặt trên phần kéo dài của cổ trục tựa, có nhiệm vụ chống uốn cho trục tựa (hình 7.7-c).

Trong một số trường hợp, người ta có thể áp dụng kết hợp hai sơ đồ đầu tiên (hình 7.7-a, b).

Sơ đồ chống uốn trục làm việc, về mặt thiết kế, là sơ đồ đơn giản hơn cả. Sơ đồ này có hiệu quả cao đối với các máy cán nóng thép băng rộng bản, các máy cán nguội và cán tinh chỉnh có chiều dài thân trục không quá 2000 mm. Để tạo lực chống uốn, người ta thiết kế lồng vào các gối của trục làm việc các kích thuỷ lực hoặc sử dụng các xilanh thuỷ lực của hệ thống cân bằng trục làm việc trên. Cấu tạo của các kích thuỷ lực hay các xilanh thuỷ lực được chọn phụ thuộc vào đặc điểm thiết kế, kích thước của gối trục và lực cán.

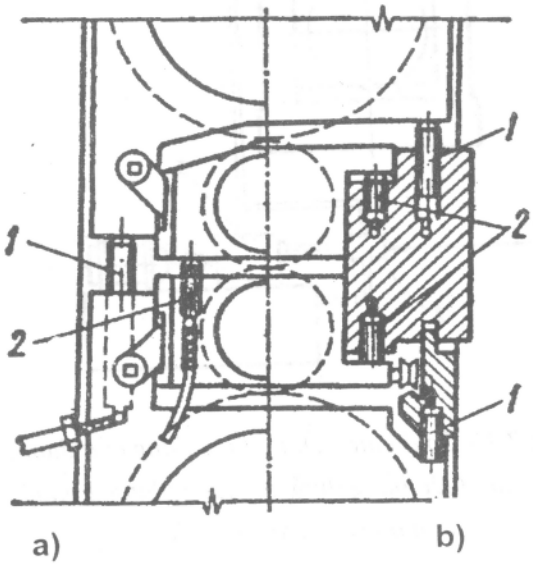


Hình 7.8. *Điều chỉnh biến dạng của đường sinh hữu hiệu bằng thuỷ lực theo sơ đồ chống uốn trục làm việc.*

Trên hình 7.8 trình bày một trong những sơ đồ điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu bằng phương pháp thuỷ lực, theo sơ đồ chống uốn trục làm việc. Các kích thuỷ lực 1, tạo lực chống uốn Q, được cung cấp chất lỏng bằng máy bơm 2, qua van chính 3. Áp suất chất lỏng trong các kích thuỷ lực 1 được duy trì bằng van điều chỉnh 4. Van điều chỉnh làm việc tự động theo qui trình sau. Xung điện từ lực kế 5, đo lực tác dụng của kim loại lên trục cán, truyền tới máy khuếch đại 6 và được chuyển đổi thành độ lệch góc của trục sensơ cảm biến 7. Tiếp theo, xung đã chuyển đổi được chuyển đến sensơ thu 8 và từ đây đến động cơ 9, có nhiệm vụ điều khiển van điều chỉnh 4. Năng lượng để vận hành động cơ 9 được cung cấp từ hệ thống điều khiển 10.

Trị số của lực chống uốn bị hạn chế bởi khả năng chịu tải của các ổ lót trục làm việc. Do các ổ lót trục làm việc được thiết kế không theo tải trọng hướng tâm, nên lực chống uốn tác dụng lên một cặp cổ trục thường không vượt quá (10÷20)% lực tác dụng của kim loại lên trục cán.

Sơ đồ trình bày ở trên có nhược điểm là chỉ cho khả năng điều chỉnh độ uốn của trục theo một hướng, kích thước của các xilanh thuỷ lực và trị số của lực chống uốn bị hạn chế, đòi hỏi tính đối xứng của lực chống uốn, không thuận lợi khi thay trục cán do phải tháo dỡ các xilanh thuỷ lực ra khỏi các gối trục làm việc.



Hình 7.9. *Cách bố trí các xilanh thuỷ lực cân bằng trục tựa và chống uốn trục làm việc:*

a) các xilanh thuỷ lực đặt lồng trong các gối trục;

b) các xilanh thuỷ lực đặt trong các phần phụ bắt chặt với khung giá cán.

1. xilanh thuỷ lực cân bằng trục tựa;

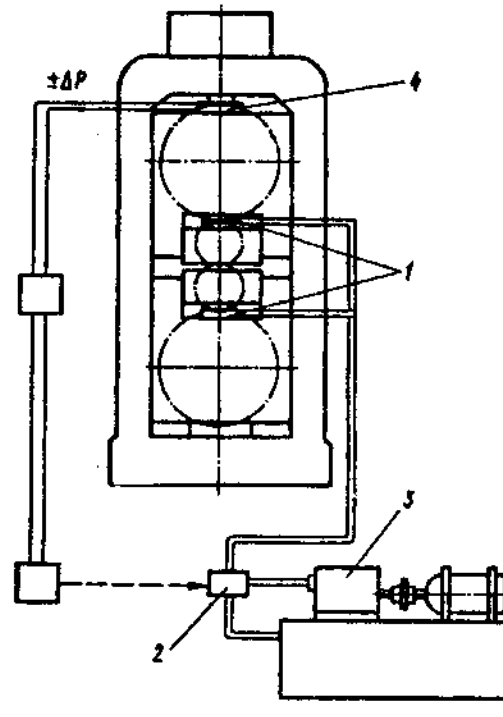
2. xi lanh thuỷ lực chống uốn trục làm việc.

Những nhược điểm kể trên sẽ được khắc phục đáng kể trong hệ thống có cấu tạo trình bày trên hình 7.9-b. Trong trường hợp này, các xilanh thuỷ lực chống uốn trục làm việc

2 và cân bằng trục tựa 1 được bố trí trong các phần phụ riêng biệt, bắt chặt vào khung giá cán.

Trong sơ đồ uốn bổ sung trục làm việc (hình 7.7-b), các kích thuỷ lực được bố trí giữa các gối của trục tựa và trục làm việc. Các trục làm việc trong trường hợp này phải có độ lồi lớn hơn, bởi lẽ biến dạng của đường sinh tích cực được điều chỉnh bằng cách ép trồi trục làm việc vào trục tựa. Trên hình 7.10 trình bày sơ đồ nguyên lý điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu bằng phương pháp uốn bổ sung trục làm việc. Các xilanh thuỷ lực 1 được đặt lồng vào các gối trục tựa, còn các piston của chúng (ở trạng thái làm việc) tỳ lên các gối trục làm việc. Áp suất của chất lỏng trong các xilanh được tạo bởi máy bơm 3. Van điều chỉnh 2 có nhiệm vụ điều chỉnh áp suất trong các kích thuỷ lực cho phù hợp với tín hiệu truyền đến từ lực kế 4.

Uốn bổ sung trục làm việc là phương pháp điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu có hiệu suất cao. Độ cứng của hệ trục, do tồn tại của lực Q, cũng được nâng cao. Do đó, trong trường hợp này, độ không đồng đều dọc của chiều dày băng kim loại cũng được điều chỉnh phần nào. Ngoài ra, việc bố trí các xilanh thuỷ lực trong các gối của trục tựa cũng khắc phục được sự cần thiết phải tháo dỡ chúng khi thay trục làm việc. Tuy nhiên, cũng như sơ đồ chống uốn trục làm việc, sơ đồ này cũng chỉ cho phép điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu theo một hướng nhất định.

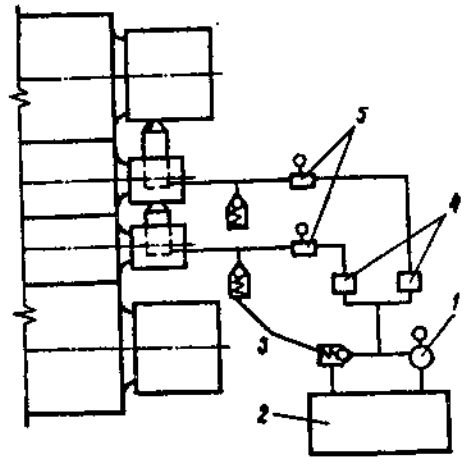


Hình 7.10. *Sơ đồ điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu bằng thuỷ lực, theo phương pháp uốn bổ sung trục làm việc.*

Các sơ đồ điều chỉnh trình bày trên hình 7.8 và 7.10 chỉ hợp lý khi áp dụng cho trường hợp cán các loại thép băng có chiều rộng tương đối hẹp so với mép

thân trục. Để điều chỉnh biên dạng của trục cán trong trường hợp trên một máy phải cán thép băng đa dạng về chủng loại theo chiều rộng, người ta sử dụng kết hợp cả hai phương pháp chống uốn và uốn bổ sung trục làm việc. Sơ đồ hệ thống điều chỉnh kết hợp biên dạng của trục cán trình bày trên hình 7.11. Hệ thống gồm hai máy bơm 1 có công suất biến đổi, thùng chứa chất lỏng 2, các van bảo hiểm 3, hai van lưỡng vị (hai vị trí) 4, nối các kích thuỷ lực với đường ống dẫn chất lỏng áp suất cao. Với hệ thống kết hợp điều chỉnh này, các nhược điểm của mỗi phương pháp riêng rẽ sẽ được khắc phục.

Trong sơ đồ chống uốn trục tựa (hình 7.7-c), lực Q đặt lên phần kéo dài của cổ trục, cách giữa thân trục một khoảng sao cho momen gây nên bởi lực chống uốn đủ để tạo độ uốn cần thiết cho trục tựa. Lực chống uốn được tạo bởi các kích thuỷ lực đặt gần khung giá. Sơ đồ nguyên lý điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu bằng phương pháp chống uốn trục tựa trình bày trên hình 7.12.



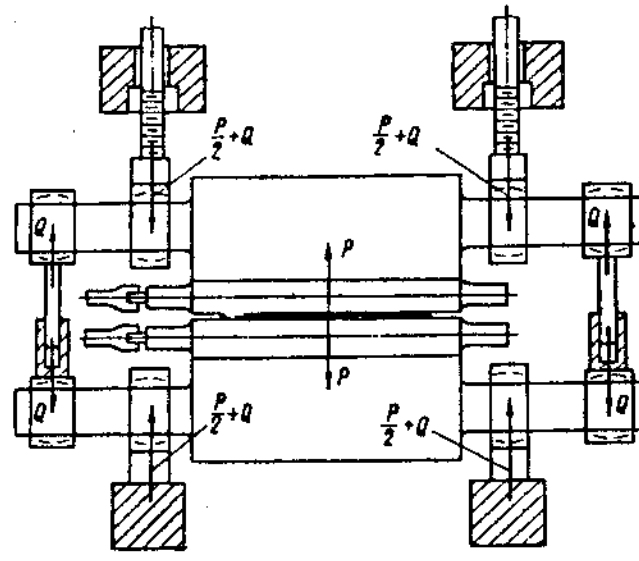
Hình 7.11. *Sơ đồ điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu theo phương pháp kết hợp giữa sơ đồ chống uốn và uốn bổ sung trục làm việc.*

Phương pháp chống uốn trục tựa là một trong những phương pháp điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu có hiệu suất cao. Tuy nhiên, để chống uốn trục tựa, ta cần có lực Q lớn, do đó các chi tiết của giá tiếp thụ lực cán phải chịu quá tải đáng kể.

Để giảm mức độ quá tải của các chi tiết, ta có thể áp dụng sơ đồ điều chỉnh trình bày trên hình 7.13. Ưu điểm nổi bật của sơ đồ này là có thể tăng hoặc giảm độ uốn của trục tựa theo yêu cầu. Ví vụ, nếu cần phải giảm độ uốn của trục gây nên bởi lực cán, lực chống uốn sẽ được bố trí trên cổ trục như trình bày ở phần bên trái hình 7.13. Ngược lại, trong

trường hợp độ lồi của trục tựa lớn, lực uốn bổ sung sẽ được bố trí nhằm tăng độ uốn của nó như phần bên phải của hình 7.13.

Để thực hiện các ưu điểm trên, người ta cho các lực uốn Q truyền từ các kích thuỷ lực 1 đến trục tựa 3 qua các dầm trung gian 2, bố trí ở phía trên trục tựa trên và phía dưới trục tựa dưới. Khi cần giảm độ uốn của trục tựa, các ổ lót 4 của trục sẽ tiếp thụ lực chống uốn Q, còn các vít nén 5 trong trường hợp này chỉ tiếp thụ lực tác dụng của kim loại lên trục cán (đường gạch nối bên trái hình 7.13). Khi cần phải tăng độ uốn của trục tựa, các vít nén, ngoài lực cán, sẽ phải chịu thêm tác dụng của lực uốn bổ sung Q (đường gạch nối bên phải hình 7.13). Tuy nhiên, trị số của lực uốn bổ sung trong trường hợp này không lớn lắm, do đó độ quá tải của các vít nén không đáng kể.



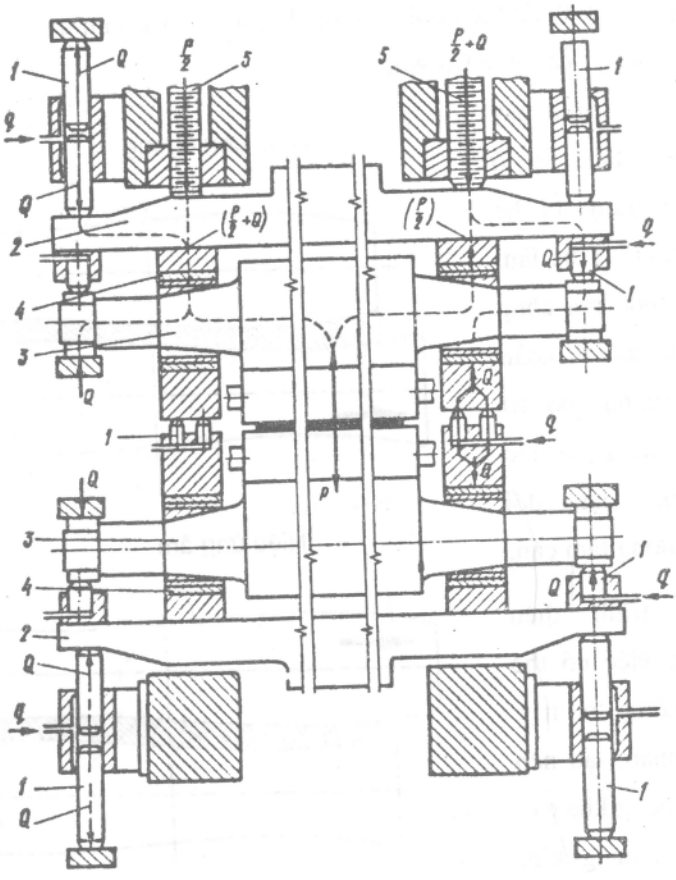
Hình 7.12. Sơ đồ điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu theo phương pháp chống uốn trục tựa.

Các kiểu kết cấu của hệ thống chống uốn trục tựa hiện nay cũng tương đối đa dạng và được áp dụng chủ yếu cho các giá cán tinh của máy cán tấm dày, các giá cán cuối cùng của các máy cán nóng thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục. Một số máy cán nguội thép băng rộng bản liên tục và bán liên tục cũng được trang bị hệ thống này.

Điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu bằng phương pháp chống uốn trục tựa có thể thực hiện trong một giới hạn rộng. Ở các máy cán tấm dày lớn, giới hạn điều chỉnh độ uốn của trục có thể đạt tới 1,3 mm.

Sơ đồ điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu được chọn phụ thuộc chủ yếu vào tỷ số L_t/D_t (L_t, D_t - tương ứng chiều dài thân và đường kính trục tựa). Trong trường hợp $L_t/D_t > 2$, ta nên áp dụng sơ đồ phản uốn trục tựa, vì sơ đồ này có khoảng điều chỉnh lớn.

Còn trong trường hợp $L_t / D_t < 2$, ta nên áp dụng sơ đồ phản uốn hoặc uốn bổ sung trục làm việc.

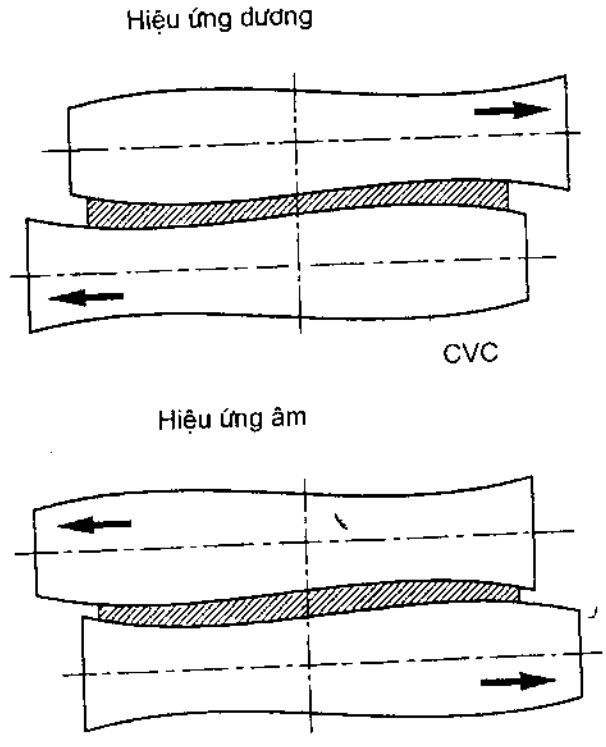


Hình 7.13. Sơ đồ điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu bằng thuỷ lực theo phương pháp chống uốn trục tựa. Lực chống uốn tác dụng lên phần kéo dài của cổ trục tựa qua dầm trung gian.

Cần nhấn mạnh rằng, quá trình điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu chỉ đạt được hiệu quả cao nếu ta kết hợp một cách linh hoạt và hợp lý các phương pháp tạo biên dạng cho trục cán cũng như các sơ đồ điều chỉnh. Trong thực tế, ở các máy cán thép băng hiện đại, giá cán được trang bị các hệ thống điều chỉnh tự động, thiết kế theo xu hướng kết hợp nêu trên.

Trong những năm gần đây, một phương pháp điều chỉnh tự động biên dạng của khe cán rất linh hoạt và có hiệu suất cao đã được áp dụng một cách hiệu quả ở các máy cán nóng và cán nguội thép băng rộng bản do hãng Schloemann-Siemag (CHLB Đức) chế tạo. Đó là phương pháp với kỹ thuật biến đổi liên tục độ lồi của trục cán theo chiều dọc trục - kỹ thuật CVC (Continuously Variable Crown).

Trên hình 7.14 trình bày sơ đồ biên dạng trục làm việc ở các giá cán được trang bị hệ thống điều chỉnh CVC. Trục làm việc trên và dưới được gia công với biên dạng hình chữ S, hoàn toàn giống nhau nhưng bố trí ngược nhau trong khung giá, tạo nên khe cán có hình dạng đối xứng parabôn qua đường tâm cán.

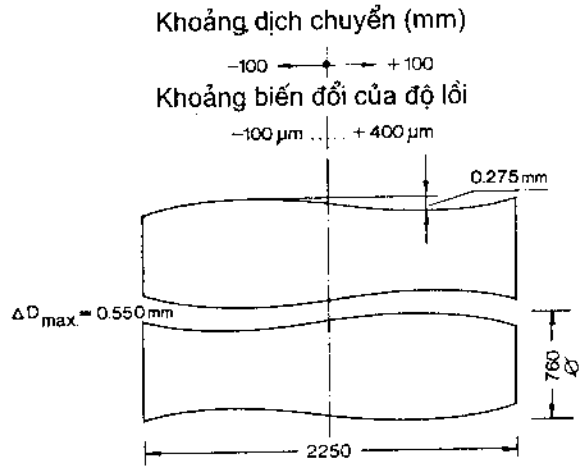


Hình 7.14. Sơ đồ nguyên lý của phương pháp điều chỉnh biên dạng khe cán với kỹ thuật CVC.

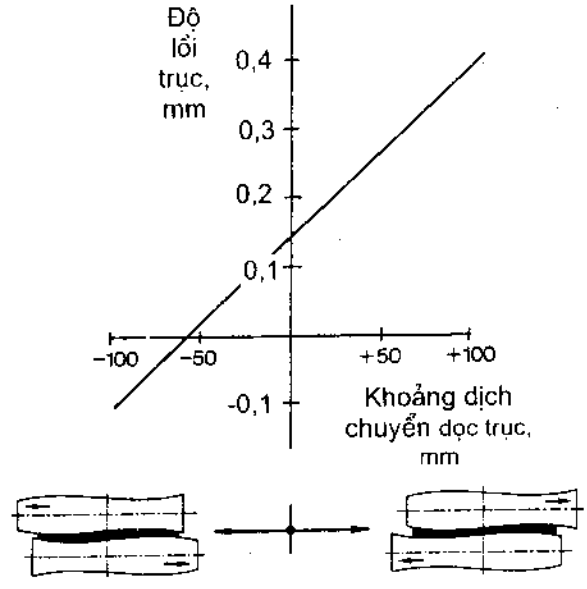
Trong quá trình điều khiển, các trục làm việc có thể dịch chuyển theo hướng dọc trục về hai phía ngược nhau, tạo nên sự biến đổi của biên dạng khe cán với hiệu ứng dương (băng kim loại lõm giữa - trục cán có độ lồi dương) hoặc hiệu ứng âm (băng kim loại lồi giữa - trục cán có độ lồi âm), tuỳ thuộc vào hướng dịch chuyển. Do sự dịch chuyển trục cán có thể tiến hành vô cấp, nên biên dạng của khe cán có thể biến đổi một cách liên tục phù hợp với các điều kiện công nghệ.

Đối với mỗi kiểu giá cán, phụ thuộc vào chế độ ép và để bù lại độ uốn của trục do tác dụng của lực cán, đồng thời tạo được biên dạng khe cán theo yêu cầu, trục cán cần phải có nhiều độ lồi khác nhau. Một khi xác định được giá trị tuyệt đối cực đại và cực tiểu của độ lồi trục, các số liệu này sẽ là cơ sở để xác định biên dạng S của trục cán CVC.

Một vài số liệu đặc trưng của các trục cán CVC ở máy cán nóng thép băng rộng bản được trình bày trên hình 4.15. Vị trí đối xứng mô tả trên hình vẽ, tương ứng độ lồi dương của trục cán. Khoảng dịch chuyển ±100 mm về hai phía dọc trục sẽ tạo nên sự biến đổi vô cấp của độ lồi từ -100 μm đến +400 μm theo đường kính của mỗi trục. Độ chêch lệch bán kính cần thiết trên tang mỗi trục cán CVC, trong trường hợp này, chỉ là 0,275 mm. Trên hình 7.16 trình bày mối quan hệ tuyến tính giữa khoảng dịch chuyển dọc trục và độ lồi của trục cán (cho trường hợp hình 7.15). Ta thấy rằng, các trục CVC tác dụng như các trục phẳng (độ lồi bằng 0) khi độ chuyển dịch bằng -60 mm. Với các giá trị khác nhau của ΔD_{max}, ta có thể có các khoảng biến đổi vô cấp khác nhau của độ lồi, và tạo được khả năng điều chỉnh với độ linh hoạt cao, đáp ứng yêu cầu đối với mọi kiểu giá cán.



Hình 7.15. *Một ví dụ về trục cán CVC cho máy cán nóng thép băng.*



Hình 7.16. *Quan hệ tuyến tính giữa khoảng dịch chuyển dọc trục và độ lồi của trục cán CVC.*

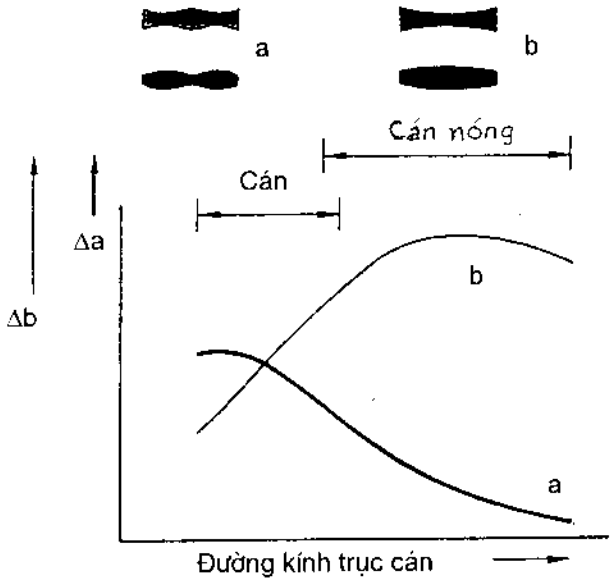
Biên dạng của trục cán CVC được xác định bởi đa thức bậc 3 :

$$r(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3,$$

trong đó, r - bán kính của trục cán CVC;

x- toạ độ dọc theo thân trục cán; a_i- các hệ số của đa thức. Hệ số a_0 có thể xuy ra từ đường kính của trục cán, các hệ số a_2, a_3 được xác định sao cho khoảng điều chỉnh mong muốn của

hệ thống CVC được đảm bảo, hệ số a_1 có thể chọn một cách tự do (không phụ thuộc vào khoảng điều chỉnh).



Hình 7.17. *Ảnh hưởng của đường kính trục đến hiệu quả điều chỉnh biên dạng khe cán của các hệ thống uốn thuỷ lực:*

Δa- khoảng điều chỉnh đối với trường hợp a (cán nguội);

Δb- khoảng điều chỉnh đối với trường hợp b (cán nóng).

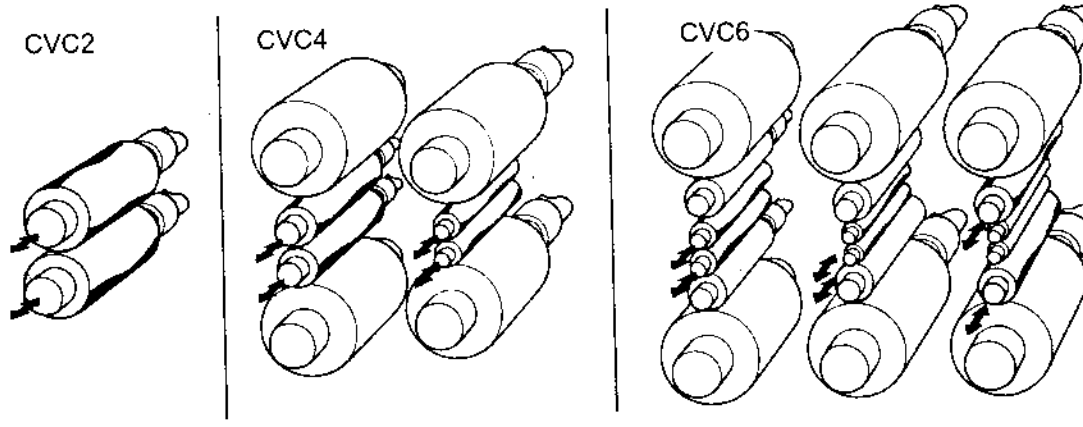
Trong thực tế, hệ thống CVC làm việc kết hợp với các hệ thống tạo biên dạng trục bằng thuỷ lực. Phụ thuộc vào kiểu giá cán, các hệ thống uốn trục được áp dụng cho các trục làm việc hay các trục trung gian (giá 6 trục) hoặc cho cả hai.

Hiệu quả điều chỉnh biên dạng khe cán của các hệ thống uốn thuỷ lực phụ thuộc vào đường kính và chiều dài thân trục (hình 7.17).

Trong trường hợp đường kính trục lớn, thường ở các máy cán nóng, các hệ thống uốn trục chỉ được áp dụng để điều chỉnh phần parabôn của hình dạng khe cán và có hiệu quả cao trong việc khắc phục độ lõm hay độ lồi của khe cán (b- hình 7.17).

Khi đường kính trục nhỏ hơn và đủ dài, đặc trưng cho các máy cán nguội, hệ thống uốn trục có ảnh hưởng đồng thời đến phần parabôn và phần đối xứng không parabôn của khe cán. Hiệu quả điều chỉnh, trong trường hợp này, phụ thuộc đáng kể vào chiều rộng của băng kim loại.

Hệ thống CVC có thể áp dụng cho các giá cán 2 trục, 4 trục và 6 trục như trình bày trên hình 7.18.



Hình 7.18. Trục cán CVC có thể áp dụng ở các giá 2 trục (CVC2), 4 trục (CVC4) và 6 trục (CVC6).

7.6. Điều chỉnh kết hợp độ không đồng đều ngang và dọc của chiều dày băng kim loại

Điều chỉnh riêng biệt độ không đồng đều ngang và dọc của chiều dày băng kim loại không phải là phương án tối ưu. Một số máy cán hiện đại xây dựng trong những năm gần đây được trang bị hệ thống điều chỉnh kết hợp độ không đồng đều ngang và dọc.

Khi điều chỉnh kết hợp độ không đồng đều ngang và dọc của chiều dày băng kim loại, bài toán được qui về việc xác định đơn trị của ba ẩn số : độ dày của băng kim loại sau khi cán h_1, độ không đồng đều ngang của chiều dày $\delta h_{1,ng}$ và lực tác dụng của kim loại lên trục cán P. Để tìm giá trị của các đại lượng nói trên, ta cần giải hệ phương trình :

$$\begin{cases} \delta h_{1,ng} = \Delta S_o + \dfrac{P}{M_1'} \\ h_1 = S_o + \dfrac{P}{M_{gc}} \\ P = f(h_1) \end{cases} \qquad (7.25)$$

Hệ phương trình (7.25) dưới dạng vi phân :

$$\begin{cases} d(\delta h_{1,ng}) = d(\Delta S_o) + \dfrac{dP}{M_1'} \\ dh_1 = dS_o + \dfrac{dP}{M_{gc}} \\ dP = f'(h_1)dh_1 \end{cases} \qquad (7.26)$$

Hệ phương trình (7.26) cho thấy, bất kỳ một sự thay đổi nào của một trong ba thông số h_1; $\delta h_{1,ng}$, P cũng đều dẫn đến sự thay đổi của độ dày và độ không đồng đều ngang của chiều dày băng kim loại.

Từ phương trình (7.12) ta có thể xác định độ biến đổi của chiều dày băng kim loại khi ra khỏi trục cán :

$$dh_1 = dS_o \frac{1}{1 + \frac{M_b}{M_{gc}}} . \qquad (7.27)$$

Từ các phương trình (7. 22) và (7.23) ta có thể xác định trị số của biến đổi độ không đồng đều ngang :

$$d(\delta h_{1,ng}) = d(\Delta S_o) \frac{1}{1 + \frac{M_b}{M'_t} \cdot \frac{dh_1}{d(\delta h_{1,ng})}} . \qquad (7.28)$$

Tỷ số $dh_1/d(\delta h_{1,ng})$, đặc trưng cho biến đổi của độ không đồng đều ngang và dọc của chiều dày băng kim loại, gọi là hệ số truyền kết hợp, $k_{s,k}$. Thay $d(\Delta S_o)/d(\delta h_{1,ng}) = k_{s,ng}$ vào (7.28), ta có :

$$k_{s,ng} = 1 + \frac{M_b}{M'_t} . k_{s,k} . \qquad (7.29)$$

Kết hợp với phương trình (7.12), biểu thức (7.29) sẽ có dạng :

$$k_{s,k} = \frac{k_{s,ng} - 1}{k_s - 1} . \frac{M'_t}{M_{gc}} . \qquad (7.30)$$

Xét (7.30) ta thấy, hệ số truyền của giá cán khi điều chỉnh kết hợp độ không đồng đều ngang và dọc của chiều dày băng kim loại ($k_{s,k}$) phụ thuộc vào trị số của các hệ số truyền khi điều chỉnh riêng rẽ (k_s, $k_{s,ng}$) và tỷ số giữa modun cứng của hệ trục và của giá cán (M'_t/M_{gc}).

Hệ số truyền kết hợp có thể có trị số âm hoặc dương. $k_{s,k} > 0$, khi trong quá trình điều chỉnh, độ không đồng đều ngang và dọc của chiều dày băng kim loại cùng tăng hoặc cùng giảm. $k_{s,k} < 0$, khi sự gia tăng của một trong hai đại lượng dẫn đến sự thuyên giảm của đại lượng kia.

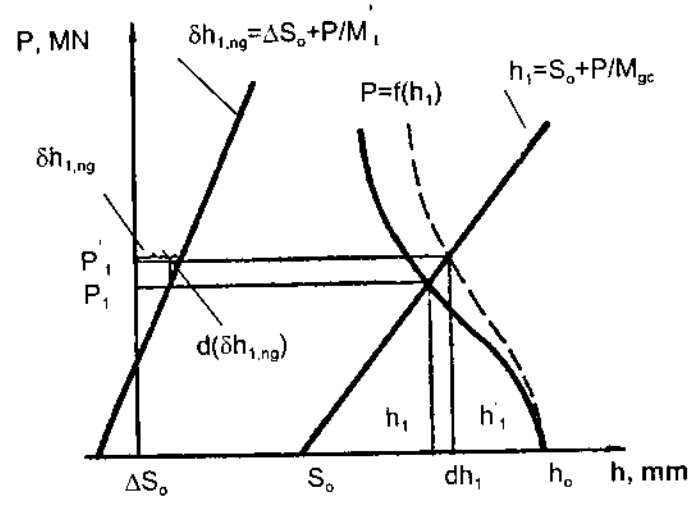
Khi hệ thống điều chỉnh độ không đồng đều ngang ngừng hoạt động ($k_{s,ng} = 0$), ta có

$$k_{s,k} = -\frac{M'_t}{M_{gc}(k_s - 1)}. \qquad (7.31)$$

Khi cả hai hệ thống điều chỉnh độ không đồng đều ngang và dọc đồng thời ngừng làm việc ($k_{s,ng} = 0$, $k_s = 0$) :

$$k_{s,k} = \frac{M'_t}{M_{gc}}. \qquad (7.32)$$

Từ phương trình (7.32) ta thấy, khi chiều dày của băng kim loại không được điều chỉnh, biến đổi của lực cán sẽ gây nên biến đổi của độ không đồng đều dọc lớn hơn biến đổi của độ không đồng đều ngang M'_t/M_{gc} lần.



Hình 7.19. *Ảnh hưởng của biến đổi lực cán đến độ không đồng đều ngang và dọc của chiều dày băng kim loại.*

Hình 7.19 minh hoạ phương pháp giải hệ phương trình (7.25) bằng đồ thị. Khi điều kiện cán ổn định, độ dày của băng kim loại h_1 và lực cán P_1 được xác định bởi hoành độ và tung độ của giao điểm giữa đường đàn hồi của giá cán, $h_1 = S_0 + P/M_{gc}$, và đường cong đàn-dẻo của băng kim loại, $P = f(h_1)$. Độ không đồng đều ngang của chiều dày, $\delta h_{1,ng}$, bằng

hoành độ của giao điểm giữa đường thẳng $\delta h_{1,ng} = \Delta S_0 + P/M_1'$ và đường thẳng song song với trục hoành, đi qua P_1. Sự thay đổi của điều kiện cán (ví dụ, nhiệt độ, hệ số ma sát, lực kéo căng, ...) sẽ dẫn đến sự thay đổi của phương trình biến dạng đàn-dẻo (đường gạch nối $P = f(h_1')$). Trong trường hợp này, lực tác dụng của kim loại lên trục cán sẽ tăng đến P_1' và độ dày của băng kim loại ra khỏi trục cán sẽ tăng đến h_1'. Do lực cán tăng lên, xuất hiện độ không đồng đều dọc dh_1 và sự gia tăng của độ không đồng đều ngang $d(\delta h_{1,ng})$. Vì modun cứng của giá cán, M_{gc}, nhỏ hơn modun cứng của hệ trục, M_1', nên $dh_1 > d(\delta h_{1,ng})$.

7.7. Điều chỉnh hình dạng của bằng kim loại

Điều chỉnh biên dạng tiết diện ngang (biên dạng ngang) của băng kim loại trong quá trình cán nóng có hiệu suất cao hơn cả. Trong quá trình cán nguội và cán tinh chỉnh, điều chỉnh biên dạng ngang là không hợp lý, bởi lẽ hình dạng của băng kim loại sẽ bị thay đổi đáng kể (độ phẳng bị giảm đi). Nếu có biến đổi nào đó của biên dạng ngang trong trường hợp này, chỉ có thể là do độ không phẳng ban đầu của phôi sau khi cán được giảm đi. Các kết quả nghiên cứu cho thấy, biến đổi của độ không đồng đều ngang của thép lá và thép băng cán nguội có được là do sự giảm độ không phẳng ban đầu của phôi sau lần cán cho trước xuống mức nhỏ hơn độ không đồng đều ngang ban đầu của chiều dày từ một đến hai bậc. Như vậy, có thể coi rằng, điều chỉnh độ không đồng đều ngang (hay biên dạng ngang) của kim loại trong quá trình cán nguội và cán tinh chỉnh hầu như không được thực hiện. Do đó, một trong những nhiệm vụ quan trọng nhất của điều khiển trong quá trình cán nguội và cán tinh chỉnh là phải thu được sản phẩm có hình dạng phẳng.

Trong quá trình cán đối xứng, việc đảm bảo cho vận tốc thoát (vận tốc của kim loại khi ra khỏi trục cán) phân bố đồng đều theo chiều rộng băng thép là điều kiện cần thiết để thu được thép lá và thép băng phẳng.

$$v_{1,i} = v_{t,i}\,(1 + S_i) = \text{const}\,, \qquad (7.33)$$

trong đó, $v_{1,i}$, S_i - tương ứng vận tốc thoát và độ vượt trước tại phần tử i của băng kim loại; $v_{t,i}$ - vận tốc biên của trục cán tại phần tử tiết diện ngang i.

Trong trường hợp tổng quát, $v_{t,i}$, S_i là các đại lượng biến thiên theo chiều rộng băng thép. Để thu được thép lá và thép băng phẳng, cần phải đảm bảo sao cho $v_{t,i}\,(1+S_i)$ như nhau tại bất kỳ tiết diện ngang nào của trục cán. Vì $v_{t,i} = f(D_i)$, với D_i là đường kính trục cán tại tiết diện ngang i, nên phương trình (7.33) sau khi lấy vi phân sẽ có dạng :

$$\frac{dD_i}{db} + \frac{dD_i}{db}S_i + \frac{dS_i}{db}D_i = 0. \qquad (7.34)$$

Để thoả mãn điều kiện (7.34), ta phải đảm bảo sao cho :

$$v_{o,i} \cdot \mu_i = const, \qquad (7.35)$$

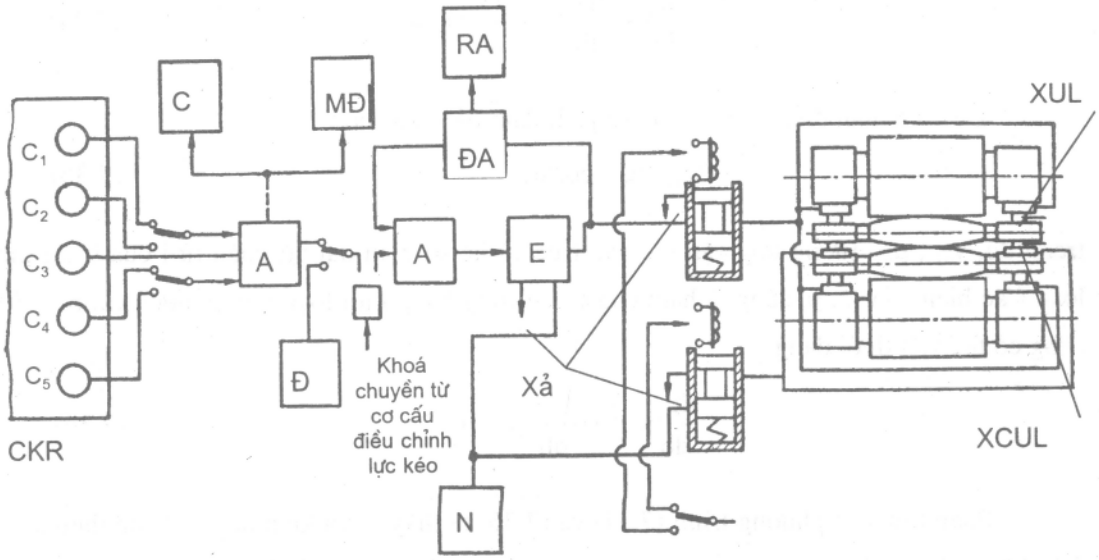
trong đó, $v_{o,i}$, μ_i - tương ứng vận tốc vào trục và hệ số giãn dài tại phần tử i của băng kim loại. Các biến số $v_{o,i}$, μ_i cũng là hàm của chiều rộng băng kim loại, nên phương trình (7.33) cũng có thể viết dưới dạng :

$$\frac{d\mu_i}{db}v_{o,i} + \frac{dv_{o,i}}{db}\mu_i = 0. \qquad (7.36)$$

Phân tích các phương trình (7.34) và (7.36) ta thấy, điều kiện để thu được thép lá và thép băng phẳng được xác định bởi đặc điểm phân bố của hệ số giãn dài theo chiều rộng băng kim loại và các điều kiện động học của quá trình cán (phụ thuộc vào hình dạng của khe cán). Rõ ràng là, chỉ đảm bảo sự phân bố đồng đều của hệ số giãn dài theo chiều dọc trục thì chưa đủ để đạt được độ phẳng cần thiết của kim loại cán. Các phương trình (7.34) và (7.36) cũng cho thấy, việc điều chỉnh hình dạng của thép lá và thép băng có thể thực hiện bằng cách điều chỉnh biên dạng của trục cán, cũng như độ vượt trước và tốc độ kim loại vào trục theo chiều rộng băng.

Hiện nay, các hệ thống tự động điều chỉnh hình dạng băng kim loại, dựa trên cơ sở thay đổi biên dạng của đường sinh hữu hiệu, được áp dụng một cách rộng rãi. Hiệu suất làm việc của các hệ thống này phụ thuộc trước hết vào độ chính xác và linh hoạt của việc kiểm tra độ không phẳng của thép trong quá trình cán. Kiểm tra một cách trực tiếp độ không phẳng của băng kim loại trong điều kiện sản xuất gặp nhiều khó khăn và không đảm bảo được độ chính xác cần thiết. Do đó, để kiểm tra và đo độ không phẳng của băng kim loại, người ta sử dụng phương pháp gián tiếp, dựa trên cơ sở đo độ giãn dài, vận tốc cán và lực kéo căng riêng theo chiều rộng băng kim loại. Trong số các phương pháp hiện đang được áp dụng, phương pháp kiểm tra độ không phẳng căn cứ vào đặc điểm phân bố của lực kéo căng riêng theo chiều rộng băng kim loại được áp dụng phổ biến hơn cả.

Điều chỉnh hình dạng của băng kim loại kéo theo sự thay đổi bắt buộc mặc dù không đáng kể, của biên dạng ngang. Cho nên, trong các tài liệu kỹ thuật, các hệ thống điều chỉnh hình dạng của băng kim loại còn được gọi là hệ thống tự động điều chỉnh biên dạng ngang và hình dạng của băng thép.



Hình 7.20. *Sơ đồ cấu trúc của hệ thống điều chỉnh biên dạng ngang và hình dạng của băng kim loại.*

Trên hình 7.20 trình bày sơ đồ của một trong những hệ thống tự động điều chỉnh biên dạng ngang và hình dạng của băng kim loại, được trang bị cho một số máy cán nguội liên tục và cán tinh chỉnh.

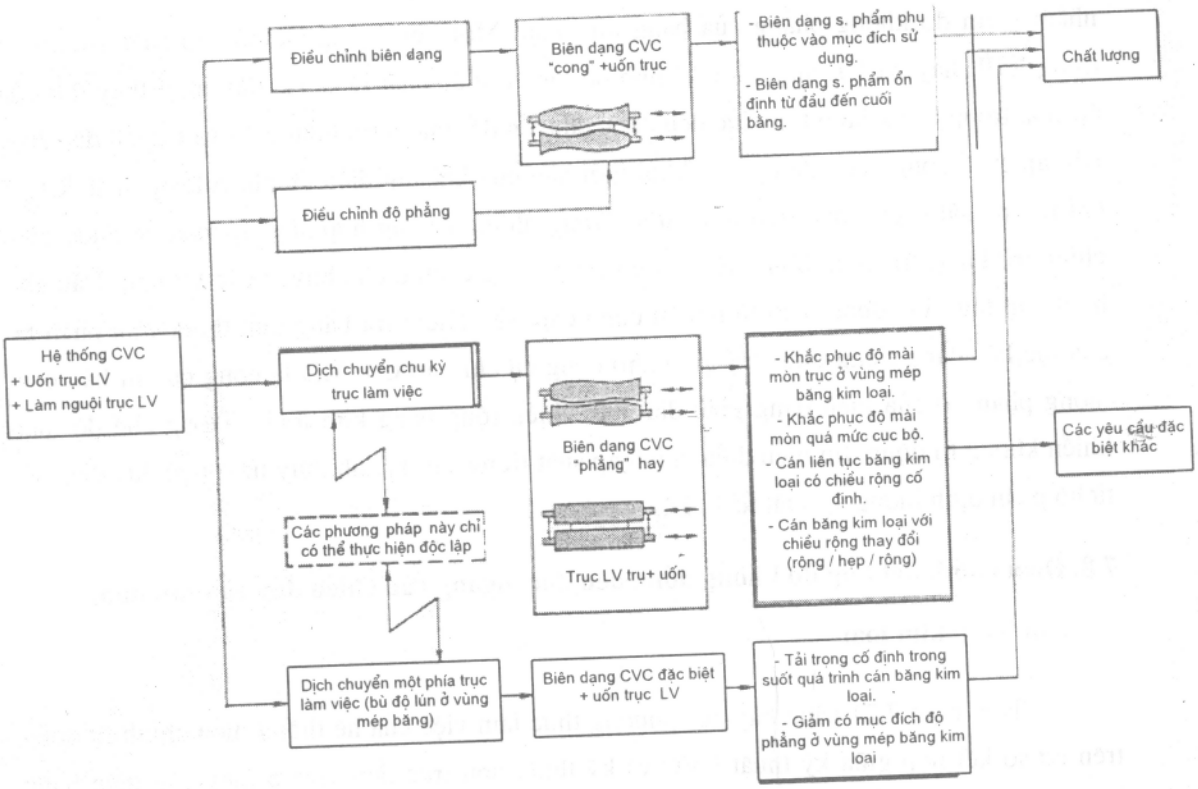
Trong hệ thống trình bày ở trên, xung chỉ thị cho việc điều chỉnh biến dạng của đường sinh hữu hiệu là các tín hiệu xuất phát từ các cảm biến từ-dị hướng không tiếp xúc đo lực kéo căng riêng(CKR), bố trí phía dưới băng kim loại, ở khoảng cách giữa giá cán cuối cùng và máy cuộn. Nếu chỉ số của cả 5 cảm biến đo lực kéo căng riêng C_1- C_5 như nhau, *chứng tỏ băng thép phẳng*. Trong trường hợp ngược lại, độ phẳng của băng thép không đảm bảo. Độ không phẳng của băng kim loại tỷ lệ thuận với độ chênh lệch giữa các chỉ số của các cảm biến, hay là độ chênh lệch giữa các lực kéo căng riêng đo tại các điểm khác nhau theo chiều rộng băng. Khi băng kim loại có biểu hiện không phẳng, ở đầu ra của CKR xuất hiện sự chênh lệch giữa các tín hiệu đo lực kéo căng riêng. Độ chêch lệch giữa các tín hiệu được truyền đến bộ khuếch đại và xử lý thông tin A. Tại đây, tín hiệu được khuếch đại và so sánh với mức chuẩn. Tiếp theo, độ chêch lệch tín hiệu được truyền đến bộ khuếch đại không cân bằng AN, sau đó tới bộ đổi điện-thuỷ lực EH và được chuyển đổi ở đây thành trị số của biến đổi áp suất chất lỏng trong các xilanh thuỷ lực uốn bổ sung (XUL) hay chống uốn trục làm việc (XCUL). Các xilanh này có chức năng điều chỉnh biên dạng của đường sinh hữu hiệu,

nhằm giảm độ không phẳng của băng kim loại. Mối liên hệ ngược của áp suất chất lỏng trong XUL hay XCUL được duy trì nhờ bộ biến đổi áp suất ĐA. Tại đây, mọi thay đổi của áp suất trong các xilanh thuỷ lực đều được chuyển đổi thành tín hiệu điện và truyền đến AN. Khi áp suất trong các xilanh vượt khỏi giới hạn của khoảng điều chỉnh, rơle áp suất RA sẽ chỉ rõ áp suất ở giới hạn trên hay dưới. Trong những trường hợp này, áp suất sẽ được điều chỉnh trở lại vị trí trung bình giữa hai giới hạn bằng cách dịch chuyển các vít nén. Dầu cho hệ thống thuỷ lực được bơm từ nguồn cung cấp ND. Kiểm tra bằng mắt thường sự phân bố của lực kéo căng riêng được trợ giúp nhờ công cụ chỉ báo CB. MD là công cụ chỉ báo chất lượng phân bố của biến dạng giãn dài theo chiều rộng băng kim loại. Trong chế độ điều khiển không tự động, tín hiệu điều chỉnh áp suất trong các xilanh thuỷ lực được đưa đến AN từ bộ phận định lượng áp suất từ xa ĐL.

7.8. Điều chỉnh kết hợp độ không đồng đều dọc, ngang của chiều dày và hình dạng của băng kim loại

Trên hình 7.21 trình bày các phương thức làm việc của hệ thống điều chỉnh tự động trên cơ sở kết hợp giữa kỹ thuật CVC và kỹ thuật uốn trục làm việc ở máy cán thép băng nóng do hãng Schloemann-Siemag (CHLB Đức) chế tạo. Các phương thức làm việc này cho phép cán sản phẩm có độ chính xác cao và thoả mãn được các yêu cầu khác nhau về sản phẩm cán của người tiêu dùng.

Ở máy máy cán nóng thép băng được trang bị hệ thống điều chỉnh tự động nêu trên, chủng loại sản phẩm rất đa dạng không chỉ về chiều rộng, độ dày mà cả về chất lượng vật liệu và hình dạng tiết diện ngang của sản phẩm. Do vậy, ngoài hệ thống điều chỉnh độ đồng đều của chiều dày và độ phẳng (hình dạng), cần thiết phải mở rộng khả năng làm việc của máy cán nhằm đáp ứng các yêu cầu đặc biệt khác về chủng loại sản phẩm, nhờ áp dụng kỹ thuật dịch chuyển chu kỳ trục làm việc để tạo khả năng kết hợp giữa các chế độ cán khác nhau trong quá trình cán một băng kim loại, hoặc dịch chuyển một phía các trục làm việc để tạo khả năng cải tiến biên dạng ngang của băng kim loại tại vùng mép biên. Cần lưu ý rằng, hai phương thức làm việc nêu trên không thể hoạt động đồng thời mà chỉ có thể luân phiên độc lập nhau.

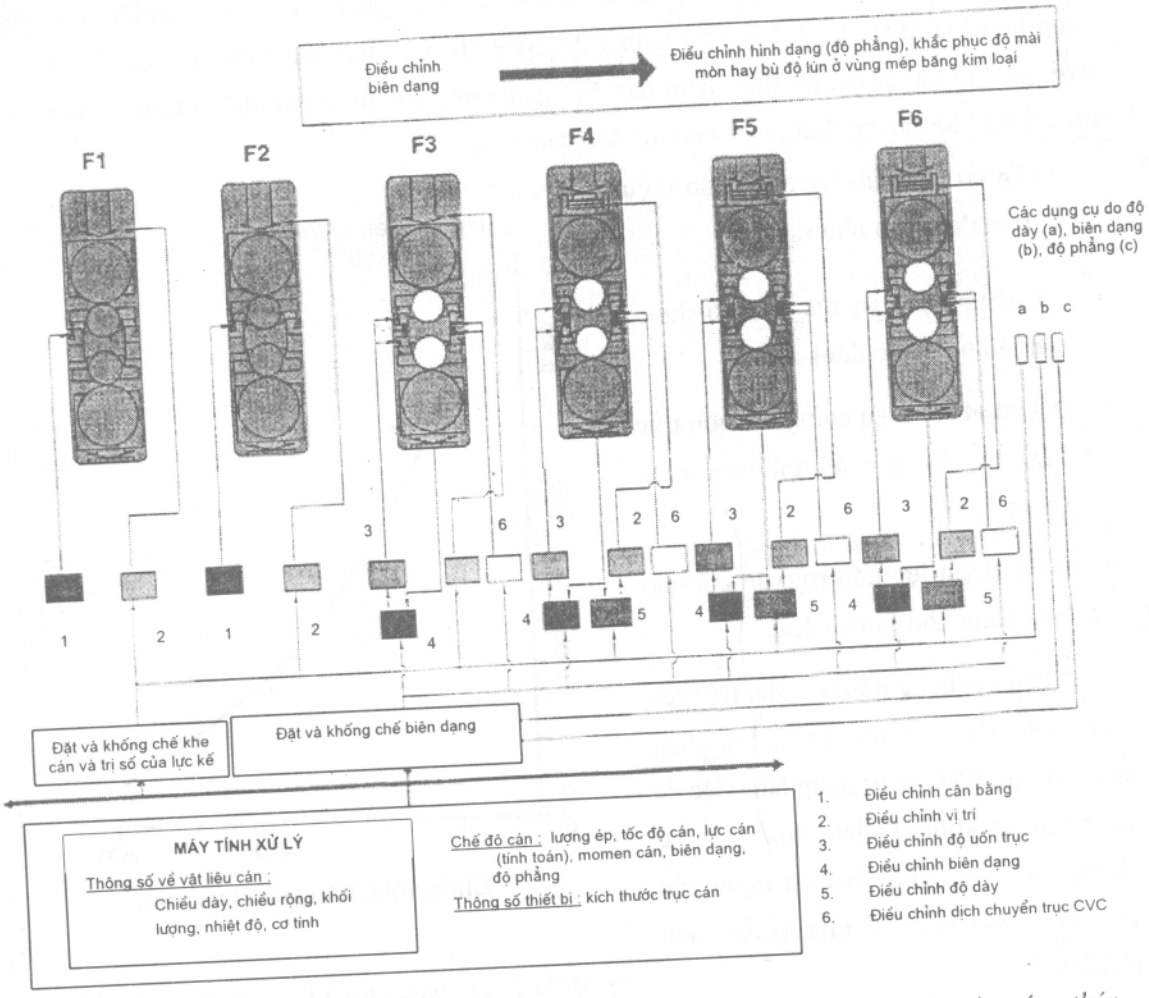


Hình 7.21. *Các phương thức làm việc của của hệ thống điều chỉnh tự động trên cơ sở kết hợp giữa kỹ thuật CVC và kỹ thuật uốn trục làm việc (thiết kế của Schloemann-Siemag).*

Trên hình 7.22 trình bày sơ đồ điều khiển kết hợp độ dày, biên dạng và độ phẳng của máy cán nóng thép băng (thiết kế của hãng Schloemann-Siemag, CHLB Đức). Các giá cán F3 đến F6 được trang bị các hệ thống uốn và dịch chuyển (dọc trục) trục làm việc. Tuỳ thuộc vào phương thức làm việc được chọn, biên dạng của khe cán ở mỗi giá sẽ được điều chỉnh theo một phương pháp nhất định. Trình tự quá trình điều chỉnh có thể mô tả theo các bước như sau :

Các số liệu về chế độ cán cũng như các số liệu về độ mài mòn trục, giãn nở nhiệt tại mỗi giá cán được đưa vào bộ nhớ của máy tính xử lý. Biên dạng mong muốn của băng kim loại cũng được lưu trữ trong máy tính điều khiển. Trên cơ sở các số liệu này, các giá trị của

độ uốn và độ chuyển dịch trục làm việc được xác định và đặt trước trong mỗi hệ thống điều chỉnh tương ứng.



Hình 7.22. *Sơ đồ điều khiển kết hợp độ dày, biên dạng và độ phẳng của máy cán nóng thép băng (thiết kế của hãng Schloemann-Siemag, CHLB Đức).*

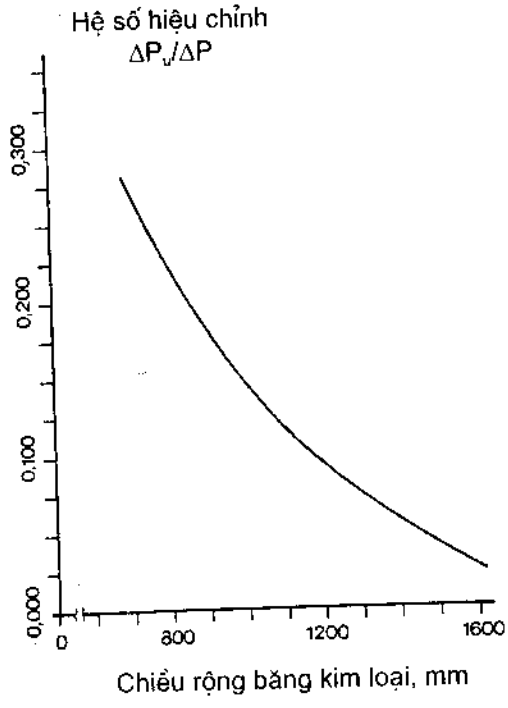
Ngay sau khi phôi thép đi vào mỗi giá cán, hệ thống điều khiển bắt đầu xác định và khắc phục độ chêch lệch chiều dày (so với giá trị định trước lưu trữ trong máy tính), gây nên bởi sự thay đổi lực cán. Tương tự, hệ thống điều chỉnh biên dạng tại mỗi giá cán bắt đầu xác định và khắc phục độ chênh lệch biên dạng cũng do sự thay đổi của lực cán gây nên. Phần tử điều khiển cuối cùng phục vụ cho điều chỉnh biên dạng là hệ thống uốn trục làm việc. Mọi tác động của hệ thống uốn trục, như đã đề cập ở trên, có ảnh hưởng đến phần parabôn của biên dạng khe cán.

Ảnh hưởng của sự thay đổi lực cán đến biên dạng khe cán có thể tính toán trước. Tương tự, ta cũng có thể xác định trước độ hiệu chỉnh lực uốn trục cần thiết, ΔP_u, để bù lại độ biến đổi của lực cán, ΔP, do lực kế ghi nhận. Quan hệ giữa $\Delta P_u / \Delta P$ và chiều rộng của băng kim loại được trình bày trên hình 7.23. Một khi xác định được độ hiệu chỉnh ΔP_u tại mỗi giá cán và tại bất kỳ thời điểm nào của quá trình cán, hệ thống điều chỉnh sẽ giữ cho biên dạng khe cán cố định, mặc cho lực cán dao động .

Ta có thể tóm tắt quá trình điều chỉnh trên đơn giản như sau :

- Phân tích giá trị lực cán đo được, xác định độ dao động ΔP;
- Xác định độ hiệu chỉnh lực uốn trục ΔP_u theo đường cong tính toán trước (hình 7.23);
- Điều chỉnh lực uốn trục để giữ cho biên dạng khe cán cố định.

Khi hệ thống uốn trục đạt tới biên của miền điều chỉnh, hệ thống dịch chuyển trục CVC sẽ tự động làm việc để thiết lập lại khoảng điều chỉnh của hệ thống uốn trục (chuyển hoạt động của hệ thống uốn trục về giữa miền điều chỉnh mới).



Hình 7.23. *Độ hiệu chỉnh lực uốn trục cần thiết ΔP_u khi xuất hiện dao động của lực cán ΔP.*

Sai số của quá trình điều chỉnh biên dạng khe cán có thể dẫn đến những biến đổi nhỏ của hình dạng (độ phẳng) băng kim loại khi ra khỏi giá cán cuối cùng. Khuyết tật này sẽ được phát hiện bởi dụng cụ đo độ phẳng và được thông báo cho hệ thống hiệu chỉnh hình dạng băng kim loại, hệ thống này sẽ hiệu chỉnh hoạt động của hệ thống uốn trục ở giá cán cuối cùng sao cho băng kim loại sau khi cán đạt độ phẳng cần thiết.

Sự mài mòn cục bộ trên trục cán sẽ tạo nên các vết lồi trên bề mặt băng kim loại và/ hoặc làm tăng độ dày vùng mép băng. Trong trường hợp cán kim loại có trở kháng biến dạng lớn, độ mài mòn của trục cán ở vùng mép băng kim loại có thể lớn hơn độ mài mòn ở

giữa trục đến 40%. Việc sử dụng các trục cán bị mài mòn nhiều có thể dẫn đến sự cong, vênh không thể khắc phục nổi của sản phẩm, đặc biệt trong trường hợp cán nguội. Ở các giá cán có hệ thống dịch chuyển trục, tác động dịch chuyển chu kỳ của các trục làm việc có thể tạo nên sự phân bố mài mòn đồng đều hơn theo chiều dài thân trục, do đó khắc phục được một cách đáng kể các khuyết tật của sản phẩm do mòn trục gây nên, đặc biệt trong trường hợp cán thép khó biến dạng.

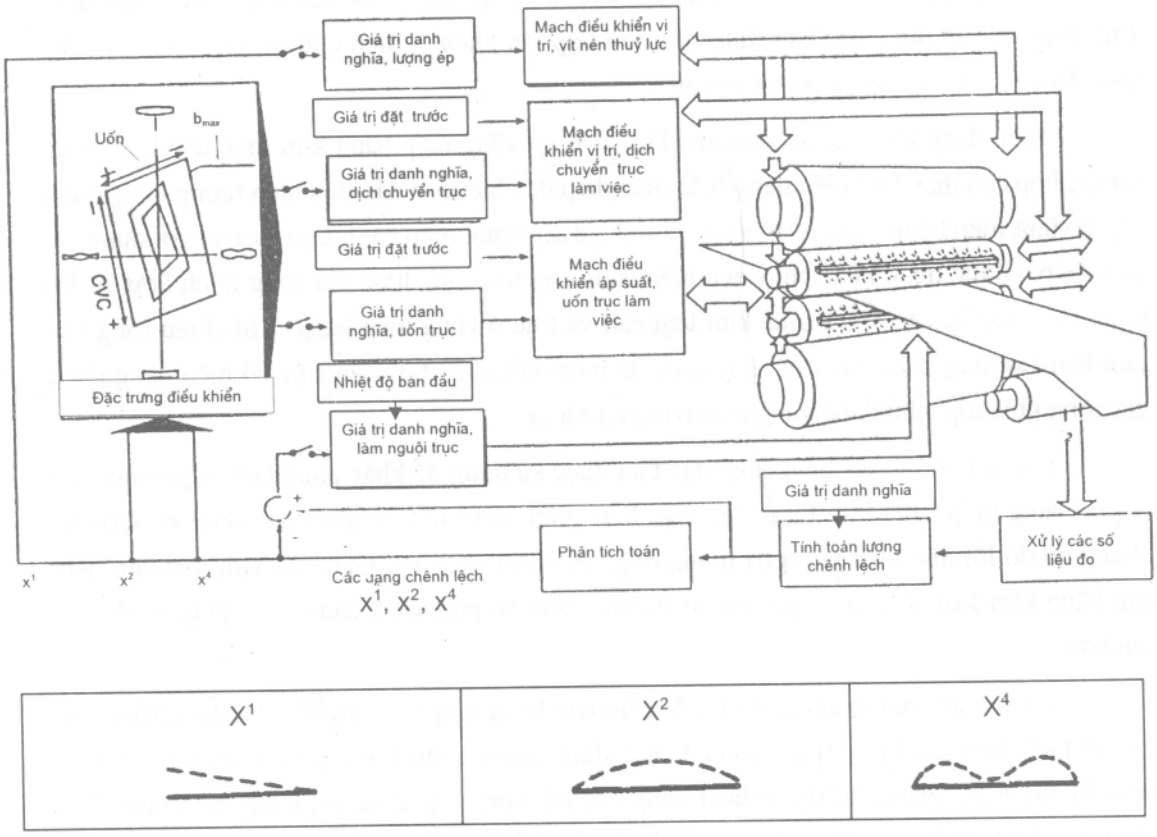
Ở máy cán thiết kế theo sơ đồ hình 7.22, tác động dịch chuyển chu kỳ trục làm việc, không đối xứng đối với đường tâm cán, được áp dụng cho một số chế độ cán ở hai giá cán cuối cùng. Phụ thuộc vào chế độ cán, có thể sử dụng các trục làm việc CVC với đặc tính điều chỉnh phẳng hay các trục hình trụ. Trong trường hợp các trục CVC, độ thay đổi biên dạng khe cán do dịch chuyển trục gây nên, sẽ được tự động khắc phục bằng hệ thống uốn trục. Tác động uốn sẽ được tự động tính toán phù hợp với khoảng dịch chuyển của trục, sao cho khe cán có được biên dạng mong muốn.

Biến dạng lún đàn hồi của trục làm việc tại vùng mép băng kim loại, đặc biệt trong trường hợp cán thép khó biến dạng (các mác thép đặc biệt), sẽ dẫn đến hiện tượng tăng chiều dày ở vùng mép băng. Độ chêch lệch của biên dạng vùng mép băng kim loại so với dung sai cho phép, có thể được khắc phục nếu biên dạng của trục cán được gia công thích hợp, nhằm làm giảm ứng suất tiếp xúc giữa kim loại cán và trục ở vùng mép băng. Khi chiều rộng của kim loại cán thay đổi, trục cán phải được dịch chuyển sao cho phần trục có biên dạng được gia công phù hợp, phủ được vùng mép băng kim loại.

Các trục CVC với biên dạng đặc biệt được sử dụng để khắc phục hiện tượng lún đàn hồi tại vùng mép băng kim loại. Khoảng điều chỉnh với các trục này được thiết kế sao cho chúng có độ lồi nhỏ nhất tại vị trí tương ứng với chiều rộng lớn nhất của kim loại cán. Khi cán băng kim loại có chiều rộng nhỏ hơn, trục cán cần phải dịch chuyển về phía có đồi lồi lớn hơn.

Ở các máy cán nguội liên tục, để đảm bảo băng kim loại sau khi cán đạt chất lượng cao về kích thước và hình dạng, giá cán cuối cùng cần phải được trang bị hệ thống xác định và điều chỉnh độ phẳng. Ví dụ về hoạt động của hệ thống này được trình bày trên hình 7.23 (thiết kế của hãng Schloemann-Siemag, CHLB Đức). Kỹ thuật CVC được áp dụng một cách hiệu quả cùng với việc giảm đường kính trục làm việc từ 620 mm xuống 460 mm, cho chiều dài thân trục 2440 mm. Việc sử dụng trục làm việc có đường kính nhỏ hơn nhằm tạo ảnh hưởng của phần khe cán đối xứng không parabôn đến biên dạng của băng kim loại, nhờ kỹ thuật uốn trục. Trong quá trình cán, tín hiệu từ thiết bị đo độ phẳng (thông qua việc đo lực kéo căng riêng) được chuyển đến máy tính để phân tích và xử lý nhằm xác định độ chênh

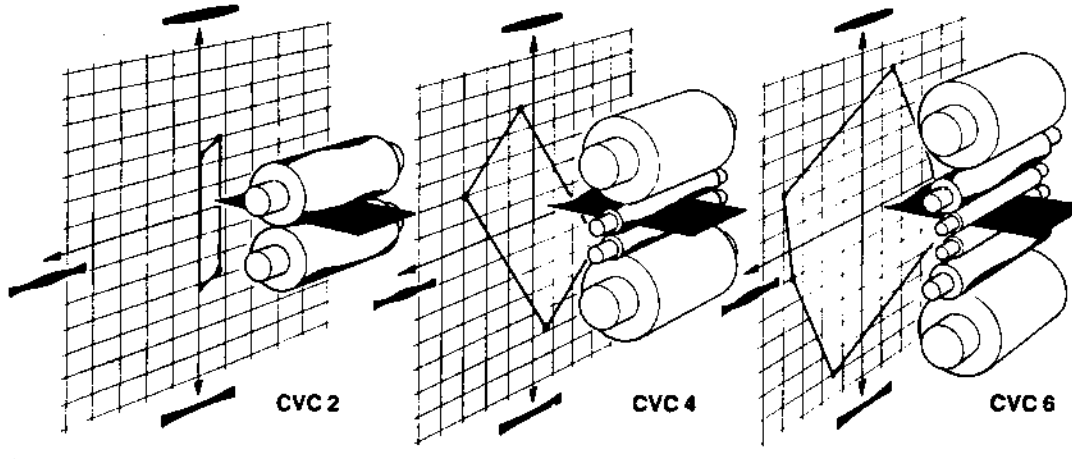
lệch cũng cũng như dạng chêch lệch, cần thiết cho việc chọn tác động điều chỉnh riêng rẽ phù hợp nhất (x^1 và/ hoặc x^2 và/hoặc x^4). Để phục vụ cho mục đích trên, các đặc tính điều chỉnh của hệ thống CVC và của hệ thống uốn trục, áp dụng cho mọi chủng loại chiều rộng thép cán, được lưu trữ trong máy tính điều khiển độ phẳng. Hệ thống CVC sẽ tác động đến phần parabôn của khe cán cho tất cả chủng loại chiều rộng, còn hệ thống uốn trục - đến phần khe cán đối xứng không parabôn trong trường hợp cán các băng kim loại hẹp. Hệ thống điều chỉnh vít nén sẽ hoạt động trong trường hợp độ dày của băng kim loại không đối xứng qua đường tâm cán. Mọi chênh lệch về độ phẳng còn lại sẽ được khắc phục bằng hệ thống làm nguội trục đa vùng (có khả năng làm nguội từng phần trục cán).



Hình 7.24. *Sơ đồ điều chỉnh độ phẳng áp dụng kỹ thuật CVC kết hợp với uốn trục (thiết kế của hãng Schloemann-Siemag, CHLB Đức).*

Tốc độ dịch chuyển trục, trong trường hợp cán nóng cũng như cán nguội, phụ thuộc vào lực cán và tốc độ cán. Sự dịch chuyển trục phải đảm bảo không tạo nên các vết hằn ngang trên bề mặt băng kim loại và lực tác dụng dọc trục không vượt quá giới hạn cho phép.

Như ta thấy qua ví dụ hình 7.24, hệ thống điều chỉnh kết hợp giữa kỹ thuật CVC và kỹ thuật uốn trục cho phép mở rộng khả năng điều chỉnh biên dạng và độ phẳng của băng kim loại. Miền điều chỉnh của các hệ thống này phụ thuộc vào kiểu giá cán. Hình 7.25 cho thấy, khi số lượng trục cán trong giá tăng từ 2 đến 6, miền điều chỉnh được mở rộng rõ rệt. Điều đó được giải thích bởi sự đa dạng của việc kết hợp biên dạng giữa trục làm việc và các trục tựa cũng như sự mở rộng phương thức làm việc của các hệ thống CVC và hệ thống uốn trục (xem hình 7.18).



Hình 7.25. *Khả năng điều chỉnh của các hệ thống kết hợp giữa kỹ thuật CVC và kỹ thuật uốn trục ở các giá cán 2, 4 và 6 trục.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1- *Vaxilev, Ia. D., Safian, M.M.*, Proizvodstvo polosovoi i listovoi stali, "Vitsa skola", Kiev, 1976.

2- *Safian, M.M.*, Proizvodstvo shirokopolosnoi stali, M., "Metallurgia", 1969.

3- Jeleznov, Iu. D., Prokatka rovnyk listov i poloce, M., "Metallurgia", 1971.

4- *Tselicov, A. I., Ziuzin, V.I.*, Sovremennoe razvitie prokatnyk stanov, M., "Metallurgia", 1971.

5- *Tselicov, A. I., Griscov, A. I.*, Teoria prokatki, M., "Metallurgia", 1970.

6- *Vydrin, V. H., Phedocienko, A.C., Krainov, V.I.*, Protsesa nepreryvnoi prokatki, M., "Metallurgia", 1970.

7- *Meerovich, I.M.*, Povyshenie tochnosti listovovo prokata, M., "Metallurgia", 1969.

8- Belosevich, B. K., Netesov, N. P., Sovershenstvovanie protsesa kholodnoi Prokatki, M., "Metallurgia", 1971.

9- *Khimich, G. L.*, Mekhanicheskoe oborudovanie tsekhov kholodnoi prokatki, "mashinostroenie", 1972.

10- *Nottelmann, H., Pielstiker, K.*, The Thyssen Stahl AG New Concept Hot-dip Galvanizing Plant for 2000 mm Wide Strips, Metallurgical Plant and Technology International, N°4, 1993, pp. 152-156.

11- *Wang, R., Wojtowicz, M.*, A 25-year Evolution of Thermal Equipement For Coil Coating Lines, ECCA Congress, Bruxelles, October, 1992.

12- *Mojtowicz, M.*, Combination Lines, Stein Heurtey Informations, 1998.

13- Report by SMS Schloemann-Siemag Aktiengesellschaft, CVC Technology for Hot Rolling Mills, MPT (Verlag Stahleisen), Vol. 10, N°1, 1987, pp. 54-60.

14- *Rosenthal, D.*, CVC Technology in Hot Strip and Cold Strip Mills - Strategies and Models for Profile and Flatness Control, ATS Congress, 2 to 3 December, Paris, 1987.

15- *Rohde, W., Rosenthal, D.*, High-tech Rolling in Hot Strip Mills, Metallurgical Plant and Technology International, Vol.13, N°1, 1990, pp. 48-55.

204031

Giá: 46 .000đ