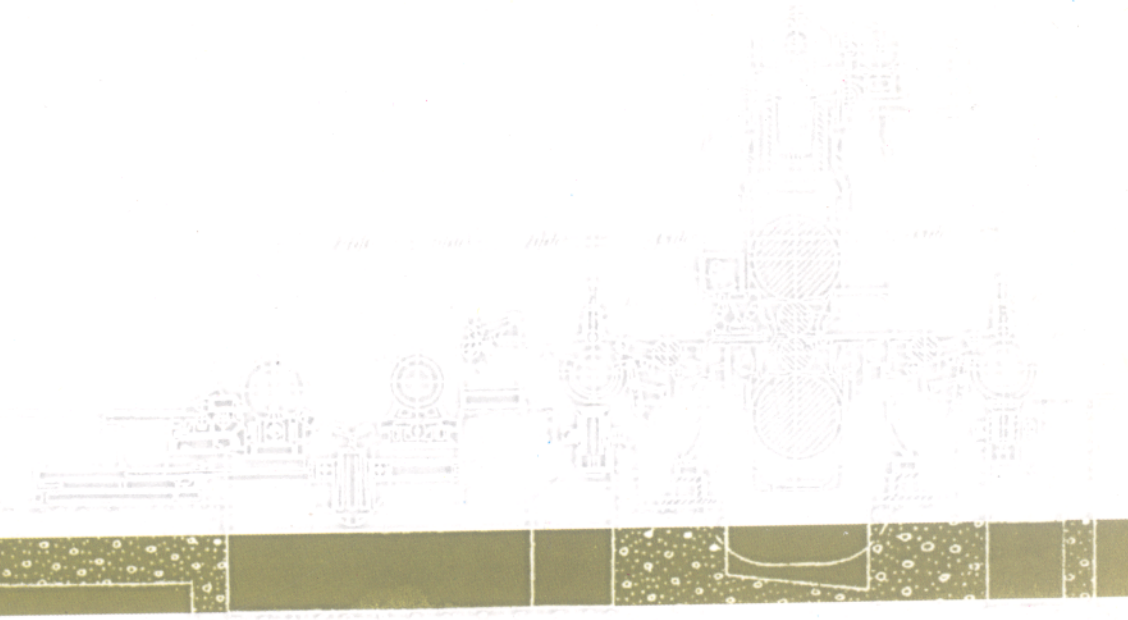
GVC. ĐỖ HỮU NHƠN
PGS. TS. PHAN VĂN HẠ (HIỆU ĐÍNH)

Công nghệ cán kim loại và hợp kim thông dụng



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

ĐỖ HỮU NHƠN

PGS. TS. PHAN VĂN HẠ (hiệu đính)

CÔNG NGHỆ CÁN KIM LOẠI VÀ HỢP KIM THÔNG DỤNG

(In lần thứ nhất)

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
Hà Nội - 2005

LỜI NÓI ĐẦU

Phương pháp cán kim loại là một trong những phương pháp gia công kim loại bằng áp lực rất cần thiết đối với nền sản xuất hàng công nghiệp ở nước ta. Nhiều cơ sở sản xuất địa phương và trung ương đã được trang bị các loại máy cán để sản xuất các loại thép tấm, thép hình và các loại sản phẩm cán khác. Nhưng cho đến nay tài liệu về các phương pháp cán kim loại và hợp kim bằng tiếng Việt còn quá ít, vì vậy sau cuốn "Phương pháp cán kim loại thông dụng" chúng tôi xin ra mắt cuốn "Công nghệ cán kim loại và hợp kim thông dụng". Cuốn sách cung cấp một số quy trình công nghệ cán các kim loại thông dụng và hợp kim của chúng trên các máy cán cổ điển và hiện đại. Nó còn giúp các bạn nắm được phương pháp thu nhận một số sản phẩm cán từ thép, nhôm, đồng và hợp kim để sản xuất và kinh doanh.

Trong cuốn sách này, có kế thừa những kiến thức cơ bản về cán kim loại của cuốn "Phương pháp cán kim loại thông dụng" và có sửa chữa bổ sung một số kiến thức.

Chúng tôi xin cảm ơn và mong được các bạn đọc và đồng nghiệp góp ý kiến. Các ý kiến đóng góp xin gửi về Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

Tác giả

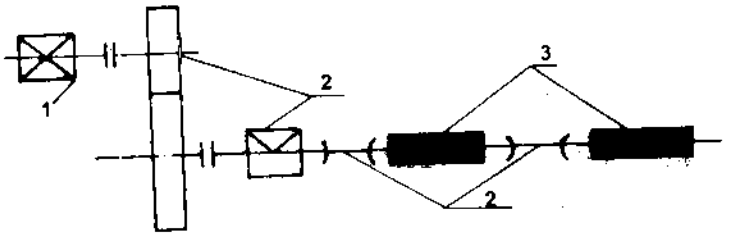
Chương I
MÁY CÁN VÀ CÁC QUI ƯỚC CHUNG

I. MÁY CÁN

Máy cán là một loại máy gia công kim loại bằng áp lực (không tạo phoi) để cán ra các sản phẩm có hình dáng, kích thước nhất định. Máy gồm ba bộ phận chính (hình 1.1): nguồn động lực (động cơ, mô tơ), bộ phận truyền động (hộp giảm tốc, hộp chia mômen...) và các giá cán.

1. Cấu tạo (hình 1.1)

Giá cán gồm thân giá cán, trục cán, ổ đỡ trục, bộ phận điều chỉnh lượng ép, hệ thống dẫn phôi cán, lật phôi cán và các thiết bị phụ khác đặt trên thân giá cán (hình 1.7; 1.8 và 1.9).

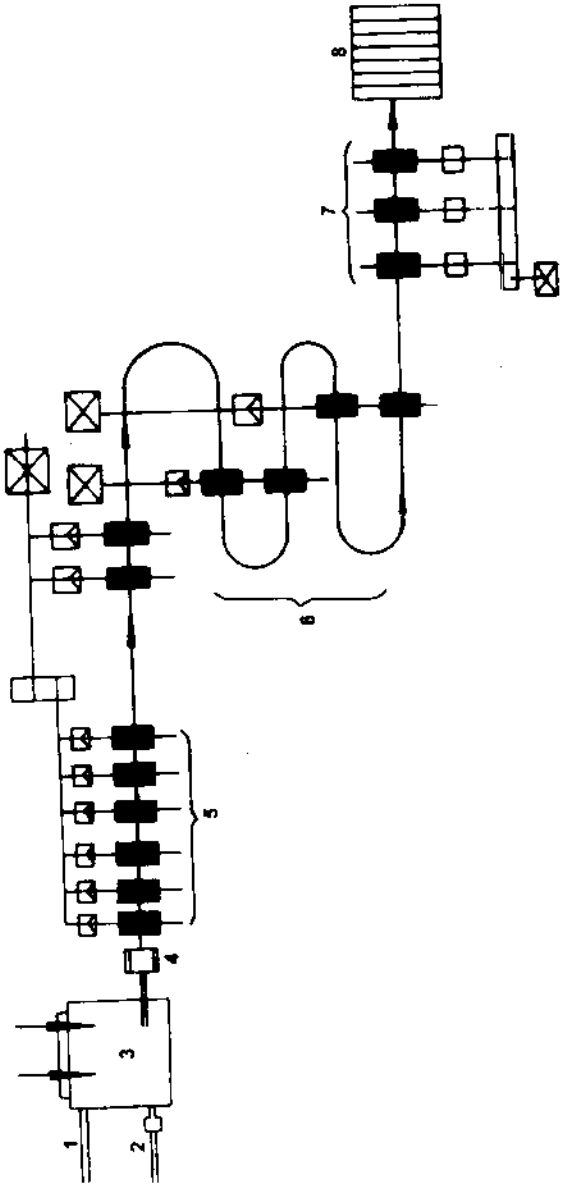


Hình 1.1. *Máy cán*
1- động cơ; 2- bộ phận truyền động; 3- giá cán

Bộ phận truyền động gồm hộp giảm tốc, trục khớp nối và hộp bánh răng truyền lực.

Nguồn động lực hay còn gọi là nguồn năng lượng được truyền đến trục cán từ các động cơ điện để làm biến dạng kim loại.

Thông thường,, để nhận được một sản phẩm cán thì vật cán phải gia công trên một hệ thống thiết bị bao gồm các thiết bị chủ yếu như: lò nung, các giá cán, hệ thống thiết bị phụ. Tất cả những thiết bị được sắp đặt nối tiếp nhau trong một không gian để đáp ứng các yêu cầu công nghệ của một sản phẩm hoàn chỉnh gọi là xưởng cán (hình 1.2).



Hình 1.2. *Mặt bằng bố trí xưởng cán hình cỡ nhỏ gồm 15 giá cán.*
1- máy đưa phôi vào lò; 2- máy đưa phôi ra lò; 3- lò nung; 4- máy cắt;
5- nhóm máy cán thô liên tục; 6- nhóm máy cán trung gian cán vòng;
7- nhóm máy cán tinh liên tục; 8- sàn làm nguội.

2. Phân loại

Có thể phân loại máy cán theo công dụng, theo số giá cán trong máy cán, theo số trục cán có trong giá cán và cỡ kích thước của sản phẩm. Còn xưởng cán thì phân loại theo tên sản phẩm cuối cùng, theo

cách bố trí của các máy cán trong xưởng theo công nghệ cán...

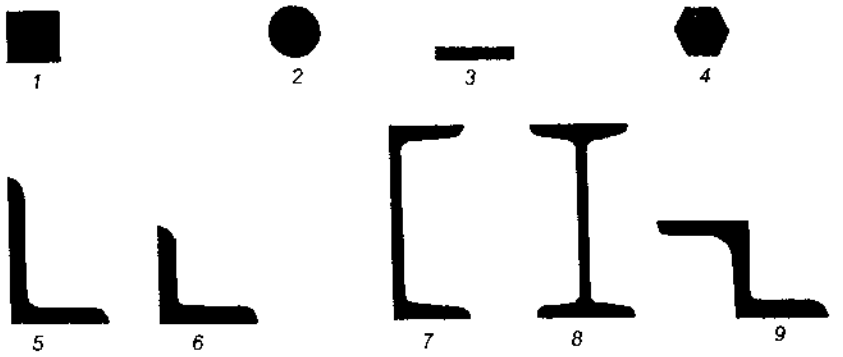
a) *Máy cán phôi* là loại máy cán chuyên sản xuất phôi ban đầu cho các máy cán khác. Máy này sản xuất ra hai loại phôi chính: phôi thỏi có tiết diện vuông và phôi tấm có tiết diện hình chữ nhật.

b) *Máy cán hình* là loại máy cán dùng để cán thép hình. Sản phẩm của máy cán này có rất nhiều loại và rất đa dạng (hình 1.3÷1.5).

Máy cán hình lại chia ra làm ba loại:

- Máy cán hình cỡ lớn (đường kính trục cán ∅ ≥ 500mm).
- Máy cán hình cỡ trung bình (đường kính trục cán ∅500÷∅350mm).
- Máy cán hình cỡ nhỏ (đường kính trục cán ∅350÷∅250mm).

Máy cán hình cỡ lớn chuyên dùng để sản xuất đường ray và dầm thép thì còn gọi là máy cán ray dầm. Máy cán hình cỡ nhỏ chuyên dùng để cán các loại dây thép có ∅6, ∅8, ∅10 ở dạng cuộn gọi là máy cán dây thép.

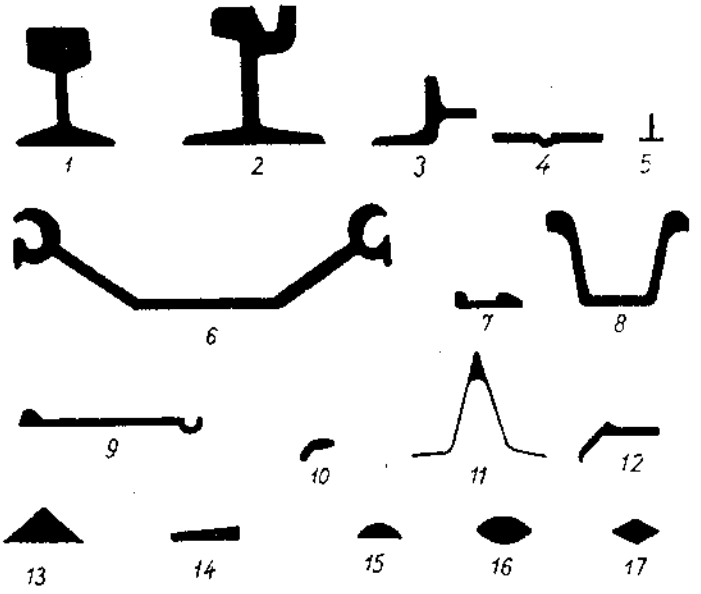


Hình 1.3. *Các sản phẩm thép hình thông dụng*

1- thép vuông; 2- thép tròn; 3- thép bản; 4- thép lục lăng; 5- thép chữ L; 6- thép góc; 7- thép chữ U; 8- thép chữ I; 9- thép chữ Z.

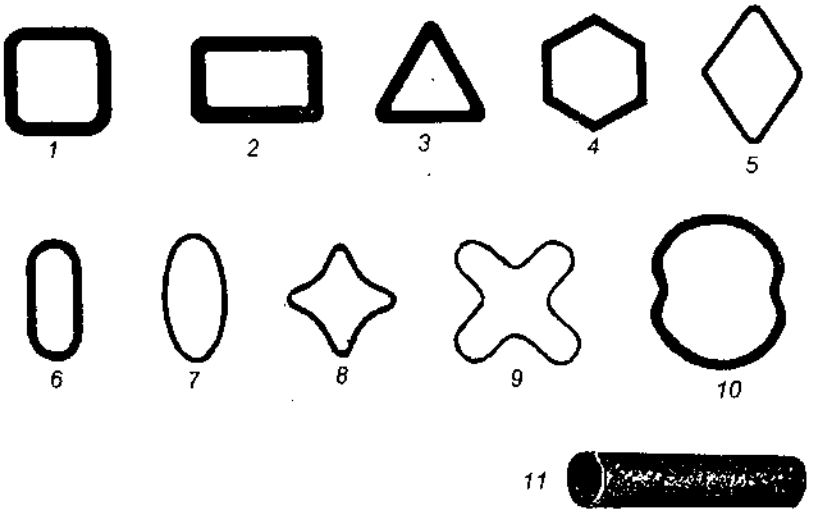
c) *Máy cán tấm*. Tuỳ thuộc vào chiều dày sản phẩm mà phân ra máy cán tấm dày, máy cán tấm trung bình, máy cán tấm mỏng, máy cán tấm cực mỏng. Tuỳ thuộc vào trạng thái nhiệt độ của kim loại khi cán mà chia ra máy cán tấm nóng, máy cán tấm nguội.

d) *Máy cán* ống. Máy cán ống được phân theo loại hình sản phẩm: máy cán tóp ống, hệ thống máy hàn ống, máy cán uốn hình; và theo công nghệ cán: máy cán ống tự động, máy cán ống liên tục, máy cán ống khứ hồi, hệ thống máy hàn ống bằng phương pháp hồ quang, điện trở, v.v...



Hình 1.4. *Các sản phẩm thép hình đặc biệt*

1- thép đường ray; 2- thép tàu điện; 3- thép ba cạnh; 4- thép bản lõm giữa; 5- thép chữ T; 6- thép đóng cọc; 7- thép lòng máng; 8- thép chữ U mở; 9- thép đầu có móc; 10- thép sâu kèn; 11- thép chữ V mở; 12- thép compa; 13- thép tam giác; 14- thép bản lệch; 15- thép bán nguyệt; 16- thép quả bàng; 17- thép hình thoi.



Hình 1.5. *Các sản phẩm thép ống*

1- ống hình vuông; 2- ống hình chữ nhật; 3- ống hình tam giác; 4- ống hình lục lăng; 5- ống hình thoi; 6- ống hình chữ nhật tròn; 7- ống hình bầu dục; 8- ống sao bốn cạnh; 9- ống chữ thập; 10- ống tròn lõm giữa; 11- ống tròn.

Bảng 1.1. Các kích thước của sản phẩm cán thép hình chữ I

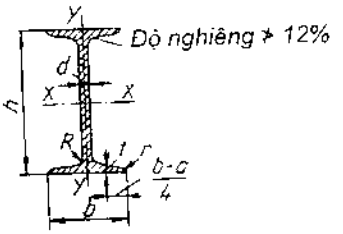
h - chiều cao

b - chiều rộng

d - chiều dày hông

t - chiều dày trung bình chân

R_1 - bán kính lượn chân



Ký hiệu	Kích thước (mm)						F	G	Các thông số liên quan						
									X - X				Y - Y		
N°	h	b	d	t	R	r			j	W_x	r_x	S_x	j	W_y	r_y
10	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	9,40	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	11,5	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	13,7	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	15,9	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	18,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
18*	180	100	5,1	8,3	9,0	3,5	25,4	19,9	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	21,0	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
20*	200	110	5,2	8,6	9,5	4,0	28,9	22,7	2030	203	8,37	114	155	28,5	2,32
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	24,0	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
22*	220	120	5,4	8,9	10,0	4,0	32,8	25,8	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,50
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	27,3	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
24*	240	125	5,6	9,8	10,5	4,0	37,5	29,4	3840	317	10,1	178	260	41,6	2,63
27	270	125	6,0	9,8	11	4,5	40,2	31,5	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27*	270	135	6,0	10,2	11	4,5	43,2	33,9	5500	407	11,3	229	337	50,0	2,80
30	300	135	6,5	10,2	12	5	46,5	36,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
30*	300	145	6,5	10,7	12	5	49,9	39,2	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
33	330	140	7,0	11,2	13	5	53,8	42,2	9840	597	13,5	339	419	59,5	2,79
36	360	145	7,5	12,3	14	6	61,9	48,6	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	400	155	8,0	13,0	15	6	71,4	56,1	18930	947	16,3	540	666	85,9	3,05
45	450	160	8,6	14,2	16	7	83,0	65,2	27450	1220	18,2	699	807	101	3,12
50	500	170	9,5	15,2	17	7	97,8	76,8	39290	1570	20,0	905	1040	122	3,26
55	550	180	10,3	16,5	18	7	114	89,8	55150	2000	22,0	1150	1350	150	3,44
60	600	190	11,1	17,8	20	8	132	101	75450	2510	23,9	1450	1720	181	3,60
65	650	200	12,0	19,2	22	9	153	120	101400	3120	25,8	1800	2170	217	3,77
70	700	210	13,0	20,8	24	10	176	138	134600	3840	27,7	2230	2730	260	3,94
70*	700	210	15,0	24,0	24	10	202	158	152700	4360	27,5	2550	3240	309	4,01
70**	700	210	17,5	28,2	24	10	234	184	175370	5010	27,4	2940	3910	373	4,09

Ký hiệu:

F: diện tích mặt cắt ngang (cm^2)

G: trọng lượng theo chiều dài (kG/m)

J_x: mômen quán tính (cm^4)

W_x: mômen chống uốn (cm^3)

r_x: bán kính lượn theo X-X (cm)

S_x: mômen tĩnh cắt (cm^3)

J_y: : mômen quán tính (cm^4)

W_y: mômen chống uốn (cm^3)

r_y: bán kính lượn theo Y-Y (cm)

Dung sai cho phép của thép chữ I

1. Chiều cao h:

N°10 ÷ N°14 = ± 2mm

N°16 ÷ N°18 = ± 2,5mm

N°20 ÷ N°30 = ± 3,0mm

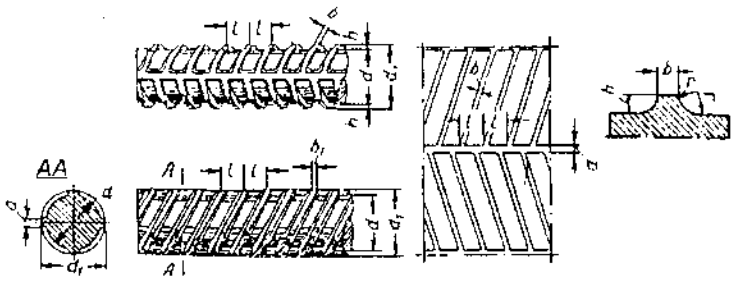
N°33 ÷ N°40 = ± 3,5mm

N°45 ÷ N°70 = ± 4mm

2. Đối với chiều dày d: = (d - 6%d)

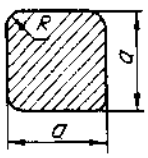
3. Đối với chiều dài sản phẩm: từ (6 ÷ 14)m + 0,04

Bảng 1.2. Các kích thước của thép gai (thép vằn)



Ký hiệu (mm)	Kích thước (mm)							Diện tích mặt cắt ngang F (cm^2)	Trọng lượng trên 1m (kG/m)
	d	d_1	h và h_1	l	a	b	r		
6	5,75	6,75	0,5	5	1,0	0,5	0,75	0,283	0,222
7	6,75	7,75	0,5	5	1,0	0,5	0,75	0,385	0,302
8	7,5	9,0	0,75	5	1,25	0,75	1,1	0,503	0,395
9	8,5	10,0	1,75	5	1,25	0,75	1,1	0,636	0,50
10	9,3	11,3	1,0	7	1,5	1,0	1,5	0,785	0,62
12	11,0	13,5	1,25	7	2,0	1,0	1,9	1,13	0,89
14	13,0	15,5	1,25	7	2,0	1,0	1,9	1,54	1,21
16	15,0	18,0	1,5	8	2,0	1,0	2,2	2,01	1,58
18	17,0	20,0	1,5	8	2,0	1,5	2,2	2,54	2,0
20	19,0	22,0	1,5	8	2,0	1,5	2,2	3,14	2,47
22	21,0	24,0	1,5	8	2,0	1,5	2,2	3,80	2,98
25	24,0	27,0	1,5	8	2,0	1,5	2,2	4,91	3,85
28	26,5	30,5	2,0	9	2,5	1,5	3,0	6,16	4,83
32	30,5	34,5	2,0	10	3,0	2,0	3,0	8,04	6,31
36	34,5	39,5	2,5	12	3,0	2,0	3,5	10,18	7,99
40	38,5	43,5	2,5	12	3,0	2,0	3,5	12,57	9,87

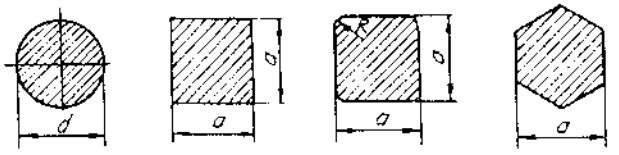
Bảng 1.3. Các kích thước của thép cán vuông với góc lượn R loại lớn



a	40	45	50	56	60	63	70	75	80	85	90	95	100	105
R ≈	7			9				12				15		
Dung sai Δ (mm)	+1,0; -1,5			+1,3; -2,0				+1,6; -2,5				+1,8; -3,0		

a	110	(115)	120	125	130	140	150	160	170	180	190	200	210	230	240	250
R ≈	18				21			25			30		35			
Dung sai Δ (mm)	+2,0; -3,5				+2,4; -4,0			+3,0; -5,0			+4,0; -6,0		+5,0; -7,0			

Bảng 1.4. **Các kích thước sản phẩm cán thép hình tròn và vuông sắc cạnh, vuông có góc lượn và lục lăng**



a hoặc d (mm)	Trọng lượng lý thuyết (kG/m)			a hoặc d (mm)	Trọng lượng lý thuyết (kG/m)		
	tròn	vuông	lục lăng		tròn	vuông	lục lăng
5	0,154	0,196	-	45	12,48	15,90	13,77
5,6	0,193	-	-	48	14,21	18,09	15,66
6	0,222	0,283	-	50	15,42	19,63	16,99
6,3	0,245	-	-	53	17,32	22,05	19,10
7	0,302	0,385	-	56	19,33	24,61	21,32
8	0,395	0,502	0,435	60	22,19	28,26	24,50
9	0,499	0,636	0,551	63	24,47	31,16	26,98
10	0,617	0,785	0,680	65	26,05	33,17	28,70
11	0,746	0,950	0,823	70	30,21	38,47	33,30
12	0,888	1,13	0,979	75	34,68	44,16	38,24
13	1,04	1,33	1,15	80	39,46	50,24	43,51
14	1,21	1,54	1,33	85	44,55	56,72	49,12
15	1,39	1,77	1,53	90	49,94	63,59	55,07
16	1,58	2,01	1,74	95	55,64	70,85	61,36
17	1,78	2,27	1,96	100	61,65	78,50	67,98
18	2,00	2,54	2,20	105	67,97	-	-
19	2,23	2,82	2,45	110	74,60	-	-
20	2,47	3,14	2,72	120	88,78	-	-
21	2,72	3,46	3,00	125	96,33	-	-
22	2,98	3,80	3,29	130	104,20	-	-
24	3,55	4,52	3,92	140	120,84	-	-
25	3,85	4,91	4,25	150	138,72	-	-
26	4,17	5,30	4,59	160	157,83	-	-
27	-	-	4,96	170	178,18	-	-
28	4,83	6,15	5,33	180	199,76	-	-
30	5,55	7,06	6,12	190	222,57	-	-
32	6,31	8,04	6,96	200	246,62	-	-
34	7,13	9,07	7,86	210	271,89	-	-
36	7,99	10,17	8,81	220	298,40	-	-
38	8,90	11,24	9,82	240	355,13	-	-
40	9,87	12,56	10,88	250	385,34	-	-
42	70,87	13,85	11,99				

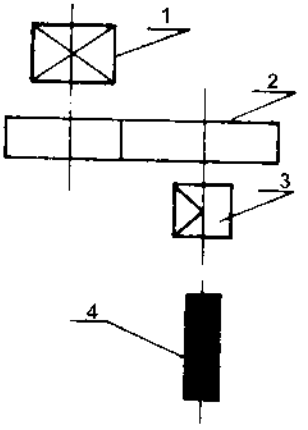
c) *Máy cán chuyên dùng (còn gọi là máy cán hình đặc biệt).* Máy cán chuyên dùng thường được gọi theo tên sản phẩm cán: máy cán bi, máy cán bánh răng, máy cán vành bánh xe lửa, v.v... Các bảng 1.1 ÷ 1.5

giới thiệu kích thước một vài sản phẩm của thép cán theo tiêu chuẩn.

Phân loại máy cán theo cách bố trí các thiết bị chính (giá cán)

1. Máy cán có một giá cán (hình 1.6) là máy cán chỉ có một giá cán (4). Hiện nay trong các xưởng cơ khí của nước ta thường sử dụng loại máy cán này.

2. Máy cán bố trí theo hàng có các giá cán bố trí thành một hay nhiều hàng ngang, các máy cán được dẫn động chung bằng một động cơ hoặc dẫn động riêng biệt tuỳ theo ý đồ công nghệ (hình 1.10).



Hình 1.6. *Máy cán có một giá cán*
1- động cơ; 2- hộp giảm tốc; 3- hộp bánh răng truyền lực; 4- giá cán.

Để tiết kiệm diện tích mặt bằng của xưởng cán, máy cán có thể bố trí theo hình Z (còn gọi là bố trí theo kiểu bàn cờ), hình 1.11. Các máy cán được dùng ở Nhà máy luyện cán thép Gia Sàng, khu liên hợp gang thép Thái Nguyên và ở các nhà máy luyện cán thép miền Nam (cũ) là loại máy cán bố trí theo hàng. Các loại máy này lạc hậu, cũ, thuộc thế hệ máy cán đầu thế kỷ 20, không nên mua dùng.

3. Máy cán bán liên tục. Loại máy cán này thường có hai nhóm giá cán. Nhóm thứ nhất làm nhiệm vụ cán thô thường được bố trí liên tục. Nhóm thứ hai làm nhiệm vụ cán tinh thường bố trí theo hàng. Ở nhóm giá cán tinh vật cán thường được cán theo vòng (hình 1.12). Loại này thường dùng cho cán hình cỡ nhỏ. Ngoài ra nhóm giá cán thô được thay bằng 1 giá cán phá 3 trục, khi đó nhóm giá cán tinh sẽ bố trí liên tục.

4. Máy cán liên tục là loại máy cán phải đảm bảo hai yêu cầu cơ bản sau:

- Vật cán đồng thời có thể cán (ăn vào) trên tất cả các giá cán.

- Tích số giữa tốc độ và tiết diện vật cán tại các giá cán phải bằng nhau và bằng hằng số, nghĩa là:

$$F_1V_1 = F_2V_2 = F_3V_3 = F_{n-1}V_{n-1} = F_nV_n = \text{hằng số}$$

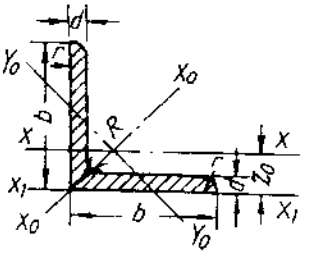
Ở đây:

F_1; F_2;F_3; F_{n-1}; F_n- tiết diện ngang của vật cán tại giá cán thứ 1, 2, 3, ..., n-1, n.

V_1 ;V_2 ;V_3 ;V_{n-1} ; V_n - tốc độ cán tại các giá cán tương ứng.

Bảng 1.5. **sản phẩm thép góc trên máy cán hình trung bình và nhỏ**

b - chiều rộng
d - chiều dày
R - bán kính lượn ở giữa
r - bán kính lượn ở chân
X_o - X_o ; X - X ; Y_o - Y_o - các đường qua trọng tâm



Ký hiệu	Kích thước (mm)				F	G	Các thông số liên quan							r_{x1}
							X - X		X_o - X_o		Y_o - Y_o		X_1 - X_1	
	b	d	R	r			J_x	r_x	J_{xomax}	r_{xomax}	J_{yomin}	r_{yomin}	J_{x1}	
2	20	3	3,5	1,2	1,13	0,89	0,40	0,59	0,63	0,75	0,17	0,39	0,81	0,60
		4			1,46	1,15	0,50	0,58	0,78	0,73	0,22	0,38	1,09	0,64
2,5	25	3	3,5	1,2	1,43	1,12	0,81	0,75	1,29	0,95	0,34	0,49	1,57	0,73
		4			1,86	1,46	1,03	0,74	1,62	0,93	0,44	0,48	2,11	0,76
2,8	28	3	4	1,3	1,62	1,27	1,16	0,85	1,84	1,07	0,48	0,55	2,20	0,80
3,2	32	3	4,5	1,5	1,86	1,46	1,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,63	3,26	0,59
		4			2,43	1,91	2,26	0,96	3,58	1,21	0,94	0,62	4,39	0,94
3,6	36	3	4,5	1,5	2,10	1,65	2,56	1,10	4,06	1,39	1,06	0,71	4,64	0,99
		4			2,75	2,16	3,29	1,09	5,21	1,38	1,36	0,70	6,24	1,04
4	40	3	5	1,7	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	6,35	1,09
		4			3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	8,53	1,13
4,5	45	3	5	1,7	2,65	2,08	4,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21
		4			3,48	2,73	6,63	1,38	10,50	1,74	2,74	0,89	12,10	1,26
		5			4,29	3,37	8,03	1,37	12,70	1,72	3,33	0,88	15,3	1,30
5	50	3	5,5	1,8	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	12,4	1,33
		4			3,89	3,05	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	16,6	1,38
		5			4,80	3,77	11,20	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42

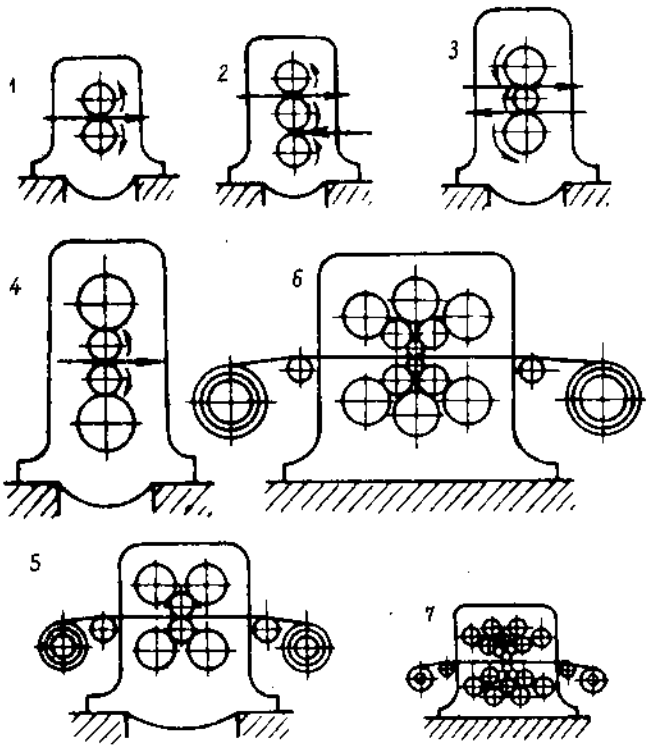
Tiếp bảng 1.5

Ký hiệu	Kích thước (mm)				F	G	Các thông số liên quan							r_{x1}
							X - X		$X_0 - X_0$		$Y_0 - Y_0$		$X_1 - X_1$	
	b	d	R	r			J_x	r_x	J_{x0max}	r_{x0max}	J_{y0min}	r_{y0min}	J_{x1}	
5,6	56	3,5	6	2	3,86	3,03	11,6	1,73	18,4	2,18	4,80	1,12	20,3	1,50
		4			4,38	3,44	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52
		5			5,41	4,25	16,0	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57
6,3	63	4	7	2,3	4,96	3,90	18,9	1,95	29,9	2,54	7,81	1,25	33,1	1,69
		5			6,13	4,81	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74
		6			7,28	5,72	27,1	1,93	42,9	2,43	11,20	1,24	50,0	1,78

F - diện tích mặt cắt ngang (cm^2)

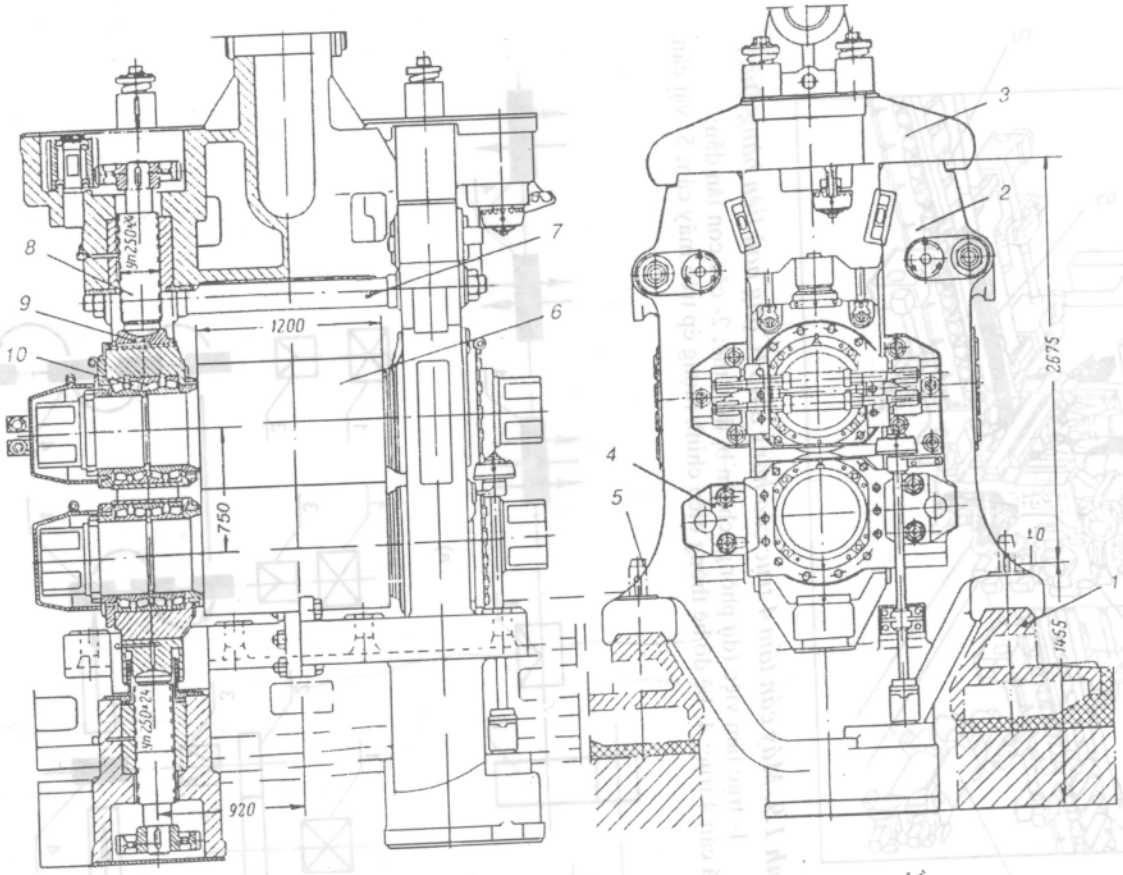
G - trọng lượng theo chiều dài (kG/m)

J_x, J_{x0}, J_{x1}, J_{y0} - các mômen quán tính, (cm^4)



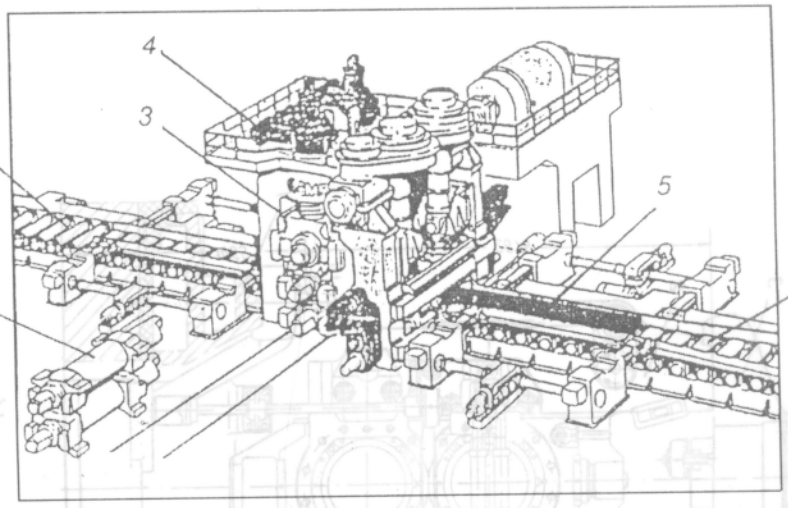
Hình 1.7. *Một số máy cán 1 giá thường dùng:*

a) giá cán 2 trục; b) giá cán 3 trục (to bằng nhau); c) giá cán 3 trục (trục giữa nhỏ); d) giá cán 4 trục; e) giá cán 6 trục; f) giá cán 12 trục; g) giá cán 20 trục.



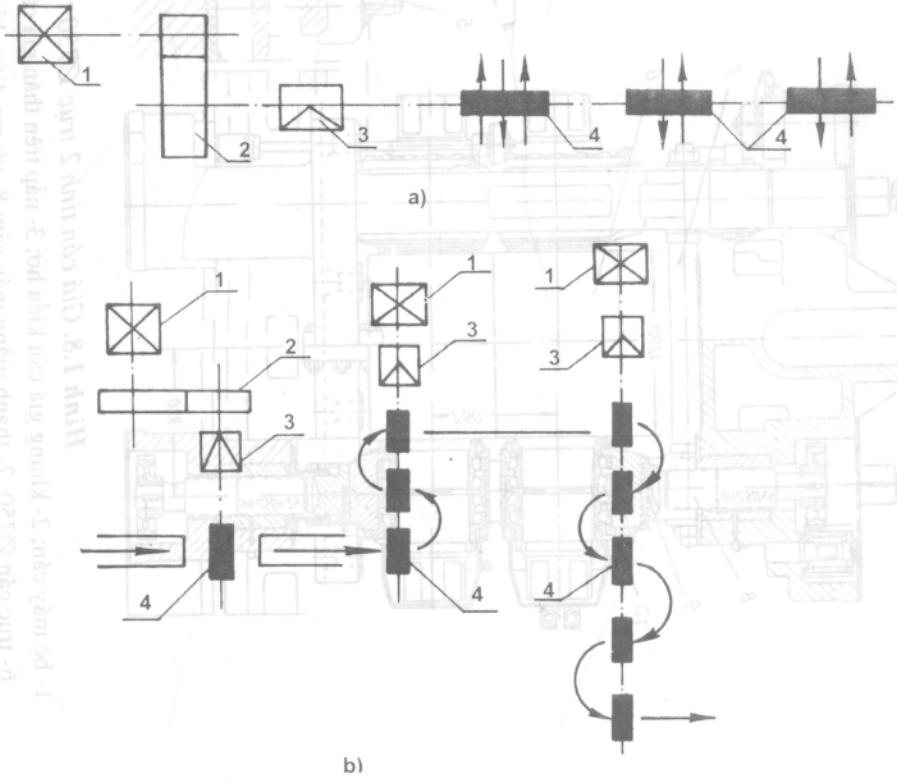
Hình 1.8. *Giá cán tinh 2 trục ∅750 trong máy cán ray - dầm*

1- bệ máy cán; 2- khung giá cán kiểu hở; 3- nắp trên thân giá cán; 4- cơ cấu điều chỉnh dọc trục; 5- bulông máy; 6- trục cán ∅750; 7- thanh giằng máy cán; 8- vít me điều chỉnh lượng ép; 9- cốc an toàn; 10- bi đũa đỡ chặn.



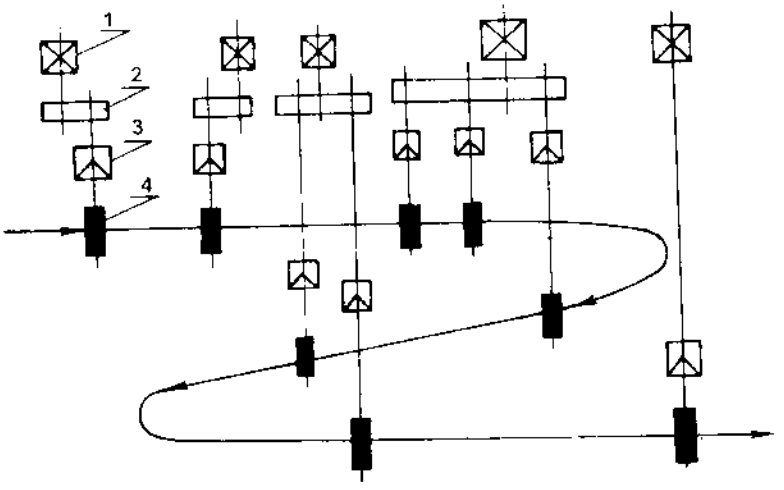
Hình 1.9. *Máy cán tấm 4 trục của hãng SMS (Cộng hoà liên bàng Đức)*

1- trục làm việc (dự phòng) chuẩn bị thay thế; 2- các con lăn dẫn;
3- giá cán 4 trục; 4- bệ đỡ hệ thống điều chỉnh lượng ép trên máy cán; 5- vật cán.



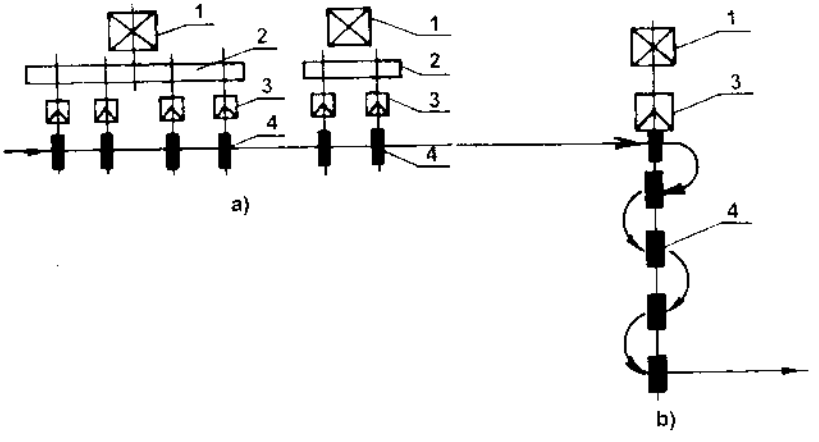
Hình 1.10. *a) máy cán bố trí một hàng; b) máy cán bố trí ba hàng:*

1- động cơ; 2- hộp giảm tốc; 3- hộp bánh răng truyền lực; 4- giá cán.



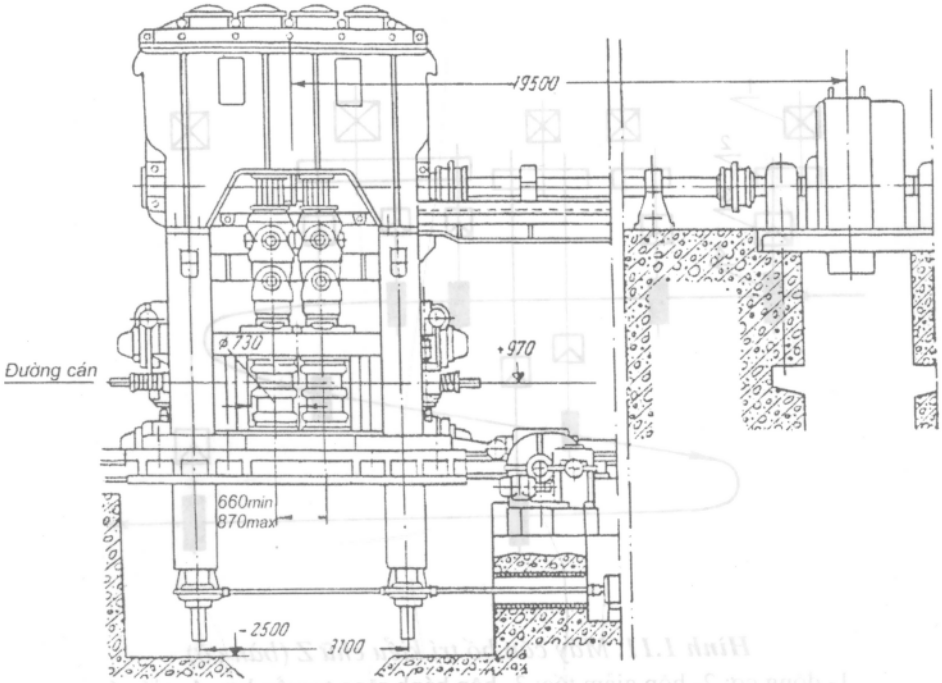
Hình 1.11. *Máy cán bố trí kiểu chữ Z (bàn cờ)*

1- động cơ; 2- hộp giảm tốc; 3- hộp bánh răng truyền lực; 4- giá cán.



Hình 1.12. *Mặt bằng bố trí máy cán bán liên tục*

1- động cơ điện; 2- hộp giảm tốc; 3- hộp bánh răng truyền lực; 4- giá cán:
a) nhóm giá cán thô liên tục; b) nhóm giá cán tinh bố trí theo hàng.



Hình 1.13. *Giá cán hình có trục cán ∅750 bố trí thẳng đứng*

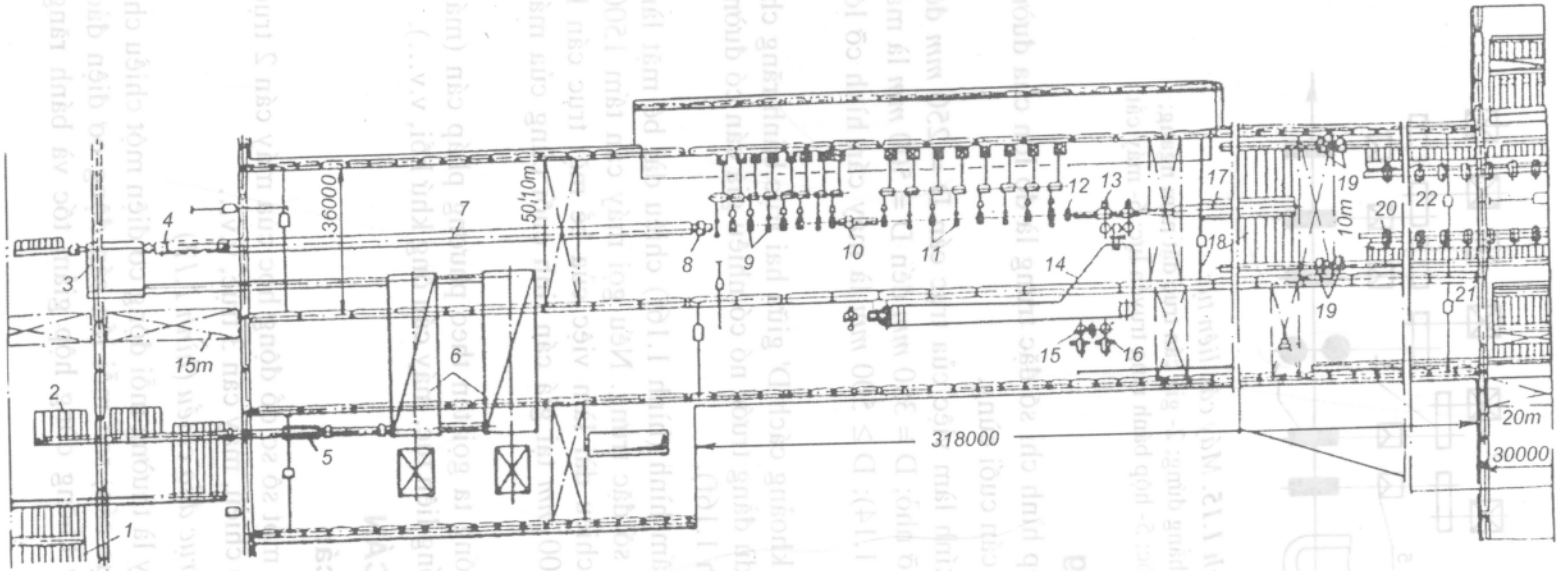
Trong máy cán liên tục thường có trục cán được bố trí nằm ngang và thẳng đứng (hình 1.13).

Máy cán liên tục thường dùng để cán hình (cỡ nhỏ), cán tấm, cán ống, v.v... Tương ứng với các nhiệm vụ đó máy có tên gọi: máy cán hình liên tục, máy cán tấm liên tục; máy cán ống liên tục, v.v...

Hiện nay ở nước ta đã có các nhà máy có máy cán hình liên tục như SSE và POSCO ở Hải Phòng, Hoà Phát và Việt-Ý ở Hưng Yên với các thiết bị hiện đại và mức độ tự động hoá cao của Hàn Quốc, Ý (hình 1.14 và 1.15).

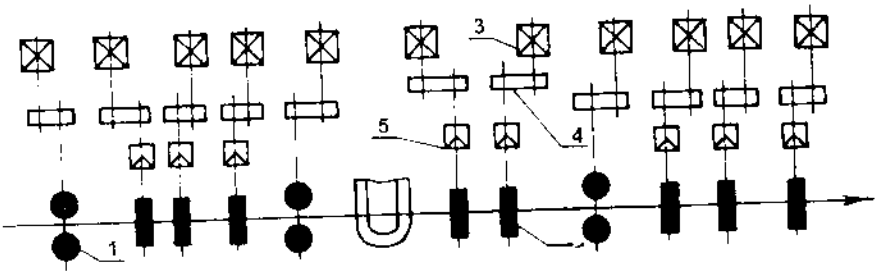
Ngoài ra còn có thể gặp máy cán vạn năng, máy cán hành tinh, máy cán nghiêng, máy đúc cán liên tục, máy cán bi, máy cán bánh răng, máy cán bánh xe lửa, v.v... (hình 1.7 và 1.9).

Hình 1.16 là sơ đồ nguyên lý cán trên một số máy cán hình đặc biệt.



Hình 1.14. *Máy cán hình trung bình ∅450 bố trí liên tục*

1- phôi từ sàn nguội của máy cán phôi 900/730/530; 2- sàn chứa phôi cán; 3- lò nung tăng nhiệt; 4- máy hàn tiếp mối di động; 5- bàn cán; 6- lò nung có thiết bị thu hồi nhiệt; 7- hệ thống con lăn; 8- máy cắt đầu phôi; 9- nhóm giá cán thô; 10-máy cắt bay; 11-nhóm giá cán tinh; ∅450; 12- máy cuộn sản phẩm; 14- móc lật thép; 15- máy xếp thép; 16- máy bó thép; 17- sàn lăn dẫn sản phẩm; 18- sàn làm nguội; 19- máy nắn thẳng; 20- máy cắt đĩa; 21- máy dịch chuyển sản phẩm.



Hình 1.15. *Máy cán liên tục*

1- giá cán trục đặt thẳng đứng; 2- giá cán trục đặt nằm ngang; 3- động cơ; 4- hộp giảm tốc; 5- hộp bánh răng truyền lực; 6- máy cắt.

3. Một số qui ước chung

Đối với máy cán thép hình chỉ số đặc trưng là độ lớn của đường kính trục cán D (∅) ở giá cán cuối cùng.

Máy cán có đường kính làm việc của trục cán D = 250 *mm* đến 350 *mm* là máy cán hình cỡ nhỏ; D = 350 *mm* đến D = 500 *mm* là máy cán hình trung bình (hình 1.14); D ≥ 500 *mm* là máy cán hình cỡ lớn (hình 1.13).

D ở đây thực chất là khoảng cách D' giữa hai trục bánh răng chữ V của hộp truyền lực cho dù đằng trước nó có nhiều giá cán có đường kính làm việc lớn hơn (hình 1.16f).

+ Đối với máy cán tấm hình (hình 1.16f) chiều dài bề mặt làm việc L của trục cán là chỉ số đặc trưng. Nếu gọi máy cán tấm 1500; 2000 hoặc 2800 nghĩa là chiều dài làm việc của bề mặt trục cán là 1500 *mm*; 2000 *mm* và 2800 *mm* tại giá cán tinh cuối cùng của máy cán tấm.

+ Đối với máy cán ống ta gọi tên theo phương pháp cán (máy cán ống tự động, máy cán ống liên tục, máy cán ống khứ hồi, v.v...).

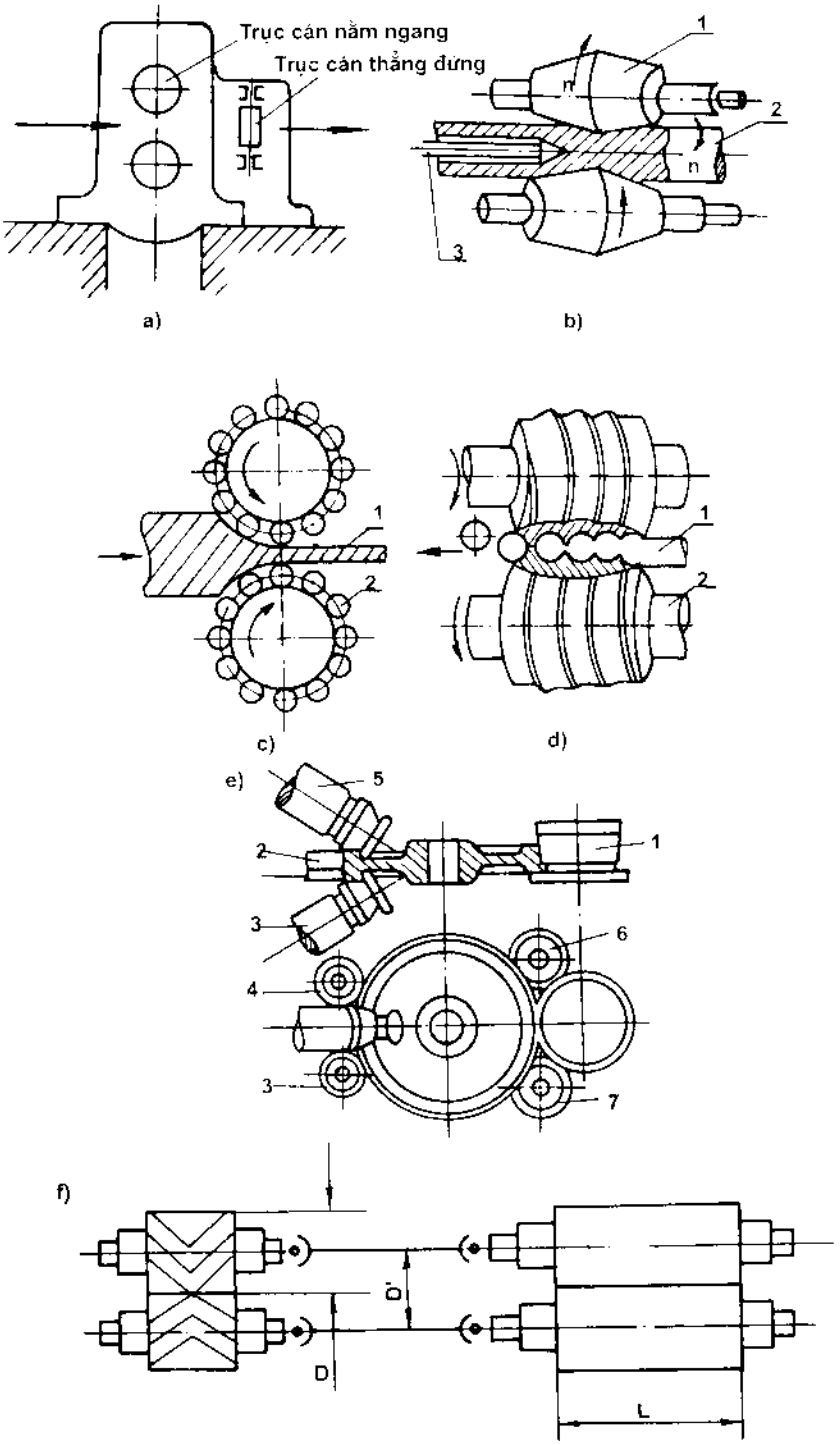
II. KẾT CẤU CỦA MÁY CÁN

1. Sơ đồ động của máy cán

Ở đây, sẽ nghiên cứu một số sơ đồ động học của máy cán 2 trục đảo chiều, 2 trục không đảo chiều, máy cán 3 trục, v.v...

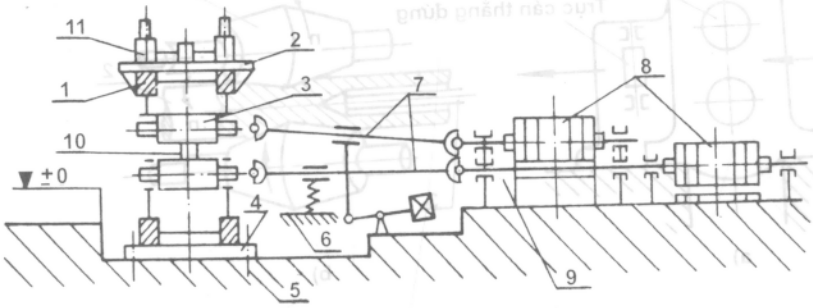
Sơ đồ của máy cán 2 trục đảo chiều (hình 1.17)

Đặc điểm của máy này là thường mỗi động cơ điện một chiều chỉ dẫn động quay cho một trục cán, sau mỗi lần cán động cơ điện đảo chiều quay ngược lại, máy không dùng hộp giảm tốc và bánh răng truyền lực.



Hình 1.16. *Sơ đồ nguyên lý trên các máy cán:*

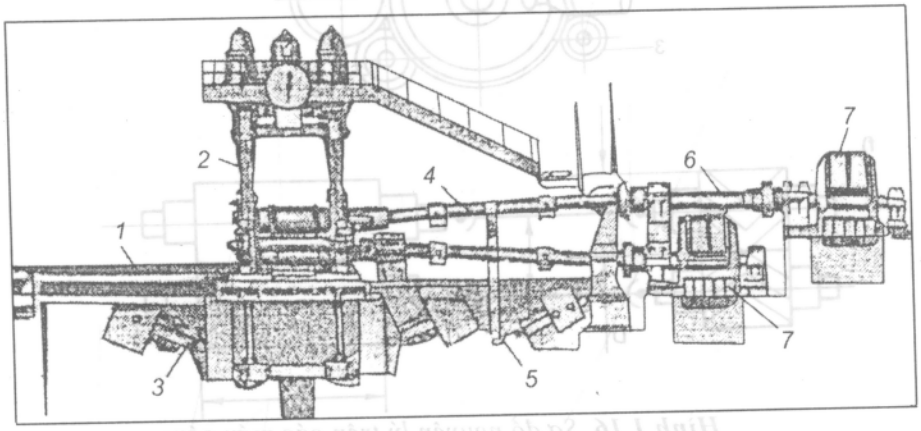
a) Máy cán vạn năng; b) Máy cán nghiêng: 1- trục cán; 2- vật cán; 3- lõi tựa; c) Máy cán hành tinh: 1- vật cán; 2- trục cán; d) Máy cán bi: 1- vật cán; 2- trục cán; e) Máy cán bánh xe lửa: 1- trục cán chính; 2 và 3- trục ép vào; 4 và 5- trục ép bên trong; 6 và 7- trục định hướng; f) Trục bánh răng chữ V và trục cán.



Hình 1.17. *Sơ đồ động máy cán phá hai trục đảo chiều:*
1- khung giá cán; 2- bệ đỡ trục vít me; 3- trục cán; 4- đế dưới; 5- bulông nền; 6- lò xo đỡ trục nối; 7- trục khớp nối vạn năng; 8- động cơ điện một chiều; 9- trục trung gian; 10- vật cán; 11- trục vít me điều chỉnh lượng ép.

Trục cán có đường kính D = 850 ÷ 1300 *mm*, phổ biến nhất là loại trục có D = 1150 *mm*. Động cơ điện có công suất từ 3700 ÷ 5800 *kW*, năng suất máy rất lớn từ 1 ÷ 3 triệu *tấn/năm*.

Nhìn vào hình 1.17 dễ dàng nhận thấy, khi hai động cơ 8 quay thì chuyển động quay được truyền tới hai trục cán 3 bởi trục khớp nối vạn năng 7, khi trục cán 3 quay thì kim loại được cán. Vật cán 10 có hình dáng và kích thước tuỳ thuộc vào lỗ hình trục cán và bộ phận điều chỉnh lượng ép 11. Số vòng quay của động cơ từ 0÷60÷120 *vg/ph* hoặc 0÷70÷140*vg/ph* và 0÷80÷160*vg/ph*. Máy được bố trí ở những khu liên hợp luyện kim lớn và hiện đại (xem hình 1.32). Ngày nay người ta



Hình 1.18. *Máy cán phá 2 trục đảo chiều ∅1150*
1- bộ phận lắp đặt thay trục; 2- khung giá cán (thân máy cán); 3- đối trọng cân bằng trục trên; 4- trục khớp nối vạn năng; 5- trục lò xo cân bằng đỡ trục nối vạn năng; 6- trục truyền động khớp nối đĩa; 7- động cơ điện.

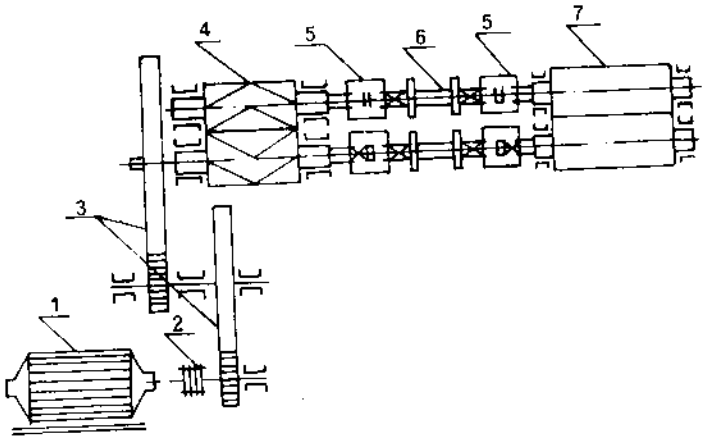
không dùng các loại máy cán này để sản xuất phôi thép cán nữa mà dùng phương pháp đúc cán liên tục để sản xuất các loại phôi thỏi, phôi ống và phôi tấm. Phương pháp này kinh tế hơn, thiết bị gọn nhẹ hơn, năng suất cao và có trình độ tự động hoá cao (xem hình 1.23, 1.33 và 1.24, 1.34).

Sơ đồ động của máy cán 2 trục không đảo chiều

Đặc điểm của máy này là dùng động cơ điện xoay chiều để dẫn động trục cán, động cơ không đổi chiều quay sau mỗi lần cán, máy có đầy đủ các bộ phận như hộp giảm tốc, hộp hộp bánh răng truyền lực (hình 1.19). Đây là loại máy rất thông dụng và phổ biến, có đường kính trục cán từ 50 ÷ 850 *mm*. Công suất của động cơ từ 4,5 *kW* đến hàng nghìn *kW* và số vòng quay của động cơ thường là 960 *vg/ph* hoặc 1440 *vg/ph*. Máy này thường dùng để cán kim loại hình tấm và các vật liệu phi kim loại.

Nguyên tắc làm việc của máy như sau:

Khi động cơ 1 quay thì khớp nối 2 truyền chuyển động quay đến hộp giảm tốc 3. Bánh răng chữ V 4 dưới chuyển động quay và làm bánh răng chữ V trên cùng chuyển động, các chuyển động quay được truyền đến trục cán 7 qua ổ nối và trục nối 6.

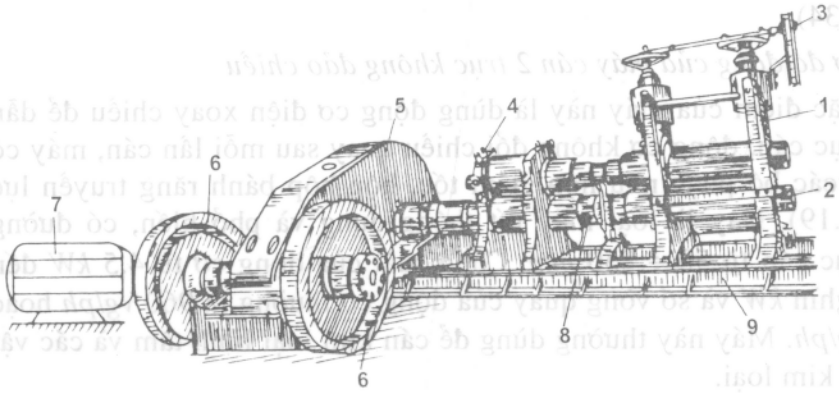


Hình 1.19. *Sơ đồ động máy cán hai trục không đảo chiều*

1- động cơ; 2- khớp nối; 3- bộ bánh răng hộp giảm tốc; 4- cặp bánh răng truyền lực chữ V; 5- ổ nối vuông; 6- trục nối; 7- trục cán.

Một số cơ sở sản xuất của ta không dùng hai bánh răng chữ V để làm nhiệm vụ chia mômen quay mà thường dùng hai bánh răng thẳng bằng nhau lắp côngxôn ở cuối trục cán 7. Cách này đơn giản, dễ chế

tạo nhưng lực cán không khoẻ, sản phẩm cán ra có kích thước không chính xác và khi cán tấm mỏng gặp rất nhiều khó khăn, khi cán tấm cực mỏng thì máy không cán được.



Hình 1.20. *Hình phối cảnh của máy cán hai trục không đảo chiều*

1- thân giá cán; 2- trục cán; 3- cơ cấu điều chỉnh lượng ép; 4- hộp bánh răng truyền lực; 5- hộp giảm tốc; 6- bánh đà; 7- động cơ; 8- trục ổ nối; 9- đế máy.

Sơ đồ động của máy cán ba trục:

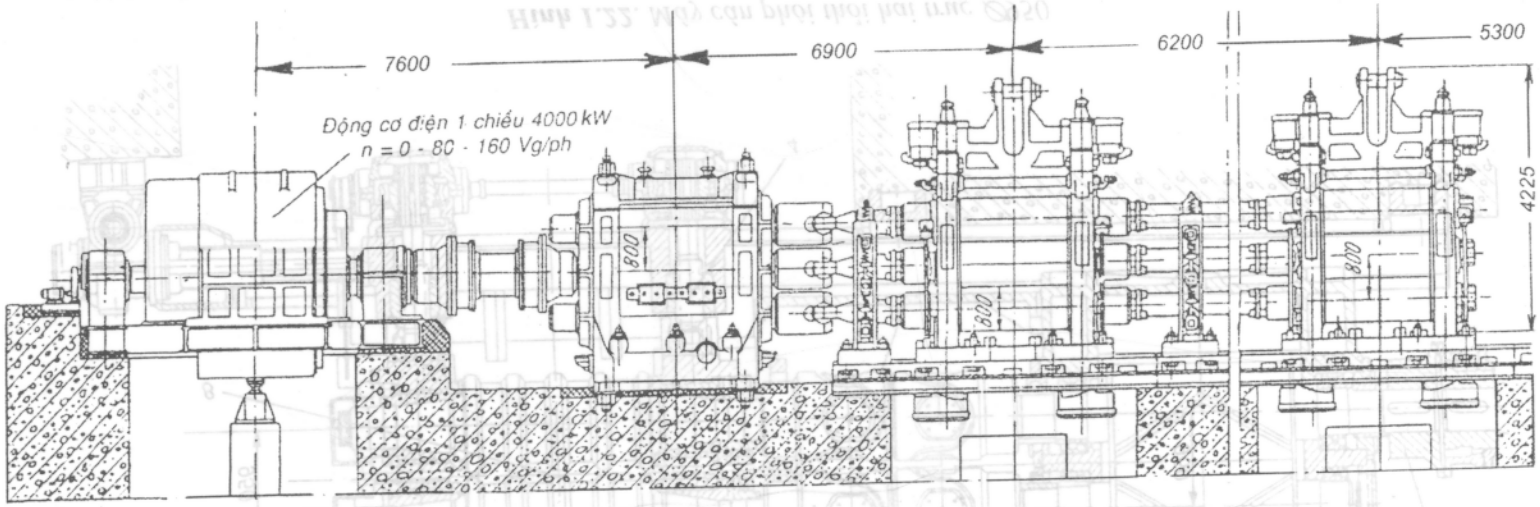
Máy cán 3 trục ra đời năm 1864. Máy có hai loại: loại có 2 trục to và trục giữa nhỏ dùng để cán tấm, còn loại có 3 trục bằng nhau thì dùng để cán phôi, cán hình và thường được dùng làm nhiệm vụ cán phá trong dây chuyền công nghệ (hình 1.25 và 1.28). Tại nhà máy luyện cán thép Gia Sàng, Thái Nguyên có máy cán phôi 3 trục D = 530 *mm*, xưởng cán Lưu Xá, Thái Nguyên có máy cán phôi 3 trục D = 650 *mm*. Máy cán phôi 3 trục dùng để sản xuất ra các phôi thỏi loại nhỏ có tiết diện ngang từ (60 × 60) *mm* ÷ (180 × 180) *mm*.

Hiện nay thường dùng công nghệ đúc cán liên tục để sản xuất phôi cán kích thước như trên. Phôi đúc cán liên tục phổ biến có tiết diện từ (120 × 120) đến (140 × 140) *mm*.

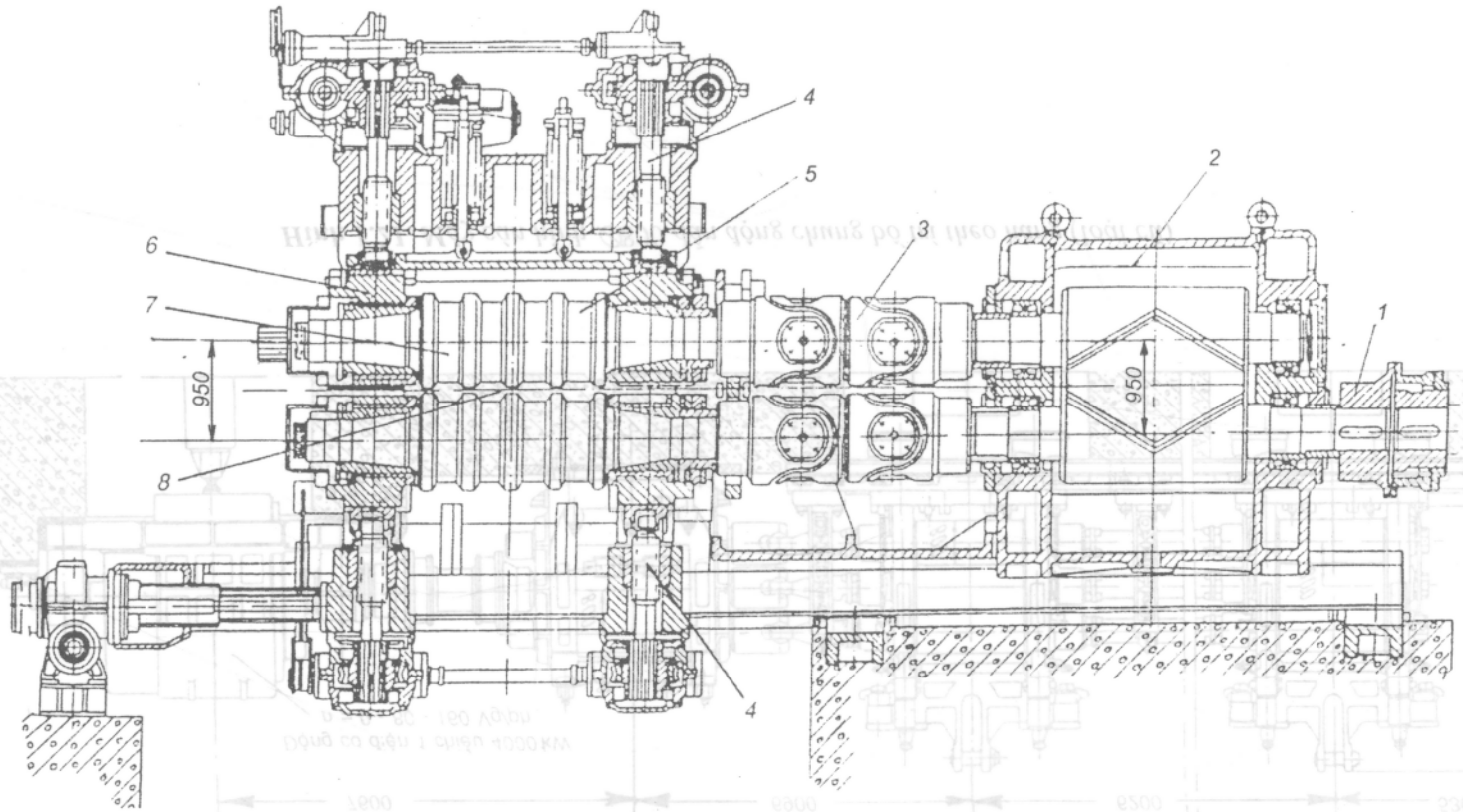
Nguyên tắc làm việc của máy cán ba trục (hình 1.26) như sau:

Khi động cơ 1 quay thì hộp giảm tốc 5 cũng quay nhờ khớp nối 2 và 4. Hộp giảm tốc 5 truyền chuyển động quay tới hộp bánh răng 6. Hộp này bố trí ba bánh răng chữ V có kích thước bằng nhau. Trục khớp nối vạn năng 7 truyền chuyển động quay tới ba trục cán 8 và trục làm nhiệm vụ cán kim loại.

Máy cán phôi 3 trục thường được dùng ở những khu liên hợp luyện kim cỡ vừa và nhỏ. Người ta có thể bố trí máy theo sơ đồ mặt bằng hình 1.35.

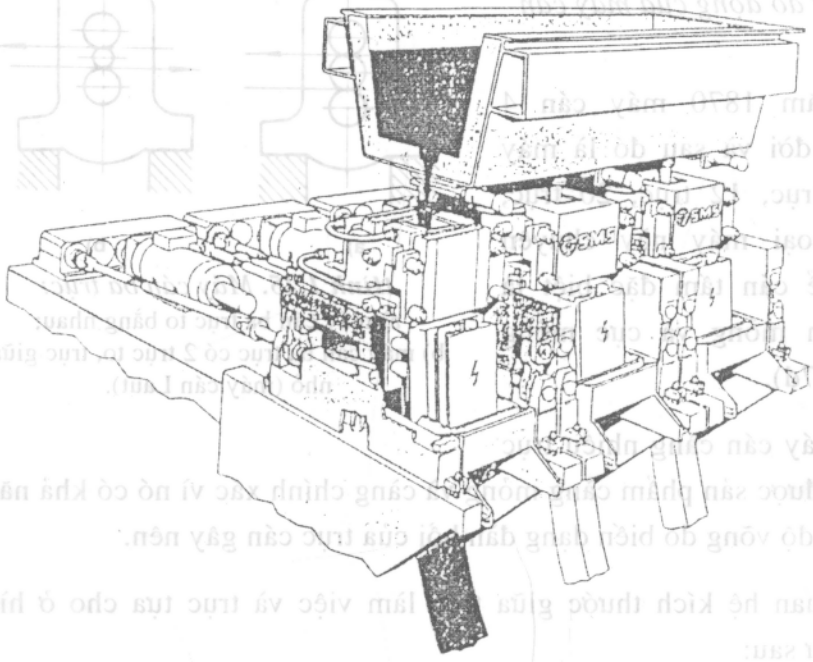


Hình 1.21. *Máy cán hình ∅800 dẫn động chung bố trí theo hàng (loại cũ)*

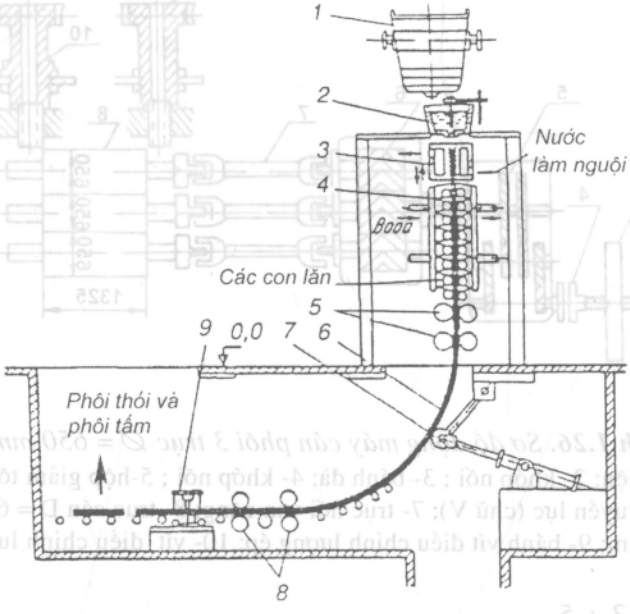


Hình 1.22. *Máy cán phôi thỏi hai trục ∅950*

1- khớp nối đĩa; 2- hộp truyền lực (hộp chia mômen); 3- trục khớp nối máy cán; 4- trục vít me điều chỉnh lượng ép (trên và dưới); 5- rãnh trục cán; 6- khung giá cán; 7- trục cán; 8- lỗ hình cán thép.



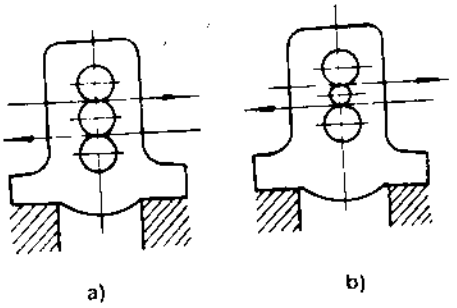
Hình 1.23. *Sơ đồ máy đúc cán phôi thép 3 dòng*



Hình 1.24. *Sơ đồ nguyên lý máy đúc cán thép phôi thỏi và phôi tấm liên tục*
1- gầu rót kim loại lỏng (thép nóng chảy); 2- bể chứa và điều tiết kim loại khi đúc; 3- thùng kết tinh và bộ phận làm nguội kim loại bằng nước; 4- hệ thống làm nguội bằng nước lần thứ 2; 5- con lăn dẫn; 6- thỏi đúc liên tục; 7- con lăn đỡ; 8- các con lăn ép cán và dẫn hướng; 9- máy cắt phân đoạn phôi.

Sơ đồ động của máy cán 4 trục

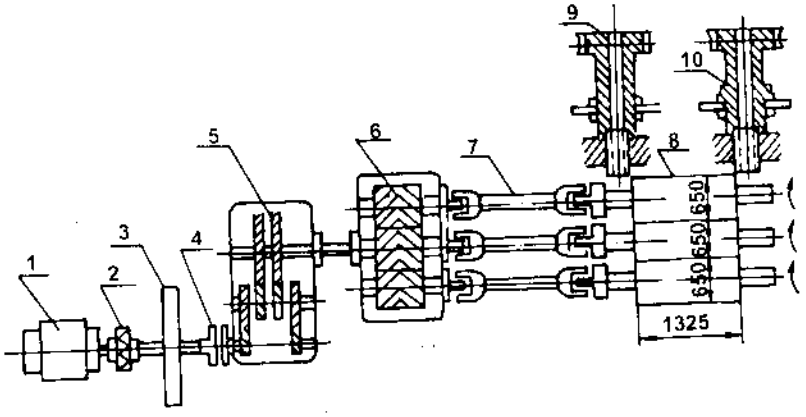
Năm 1870 máy cán 4 trục ra đời và sau đó là máy cán 6 trục, 12 trục, 20 trục, v.v... Loại máy này chuyên dùng để cán tấm đặc biệt là cán tấm mỏng và cực mỏng (hình 1.7d).



Hình 1.25. *Máy cán ba trục:*
a) máy cán ba trục to bằng nhau;
b) máy cán ba trục có 2 trục to, trục giữa nhỏ (máy cán Laut).

Máy cán càng nhiều trục thì cán được sản phẩm càng mỏng và càng chính xác vì nó có khả năng khử hết độ võng do biến dạng đàn hồi của trục cán gây nên.

Quan hệ kích thước giữa trục làm việc và trục tựa cho ở hình 1.27 như sau:



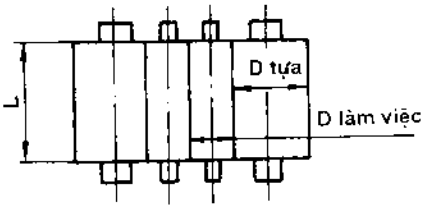
Hình 1.26. *Sơ đồ động máy cán phôi 3 trục ∅ = 650 mm*
1- động cơ điện; 2- khớp nối ; 3- bánh đà; 4- khớp nối ; 5-hộp giảm tốc; 6- hộp bánh răng truyền lực (chữ V); 7- trục nối vạn năng; 8- trục cán D = 650 mm, L = 1325 mm; 9- bánh vít điều chỉnh lượng ép; 10- vít điều chỉnh lượng ép.

$$\frac{L}{D_{lv}} = 3 \div 5$$

$$\frac{L}{D_{tựa}} = 1,5 \div 2,5$$

$$\frac{D_{tựa}}{D_{lv}} = \frac{(500 \div 1200)\,mm}{(250 \div 550)\,mm}$$

L - chiều dài bề mặt làm việc của trục cán. $D_{tựa}$- đường kính trục tựa; D_{lv} - đường kính trục làm việc.



Hình 1.27. *Quan hệ kích thước trục làm việc và trục tựa trong máy cán 4 trục.*

Hai trục nhỏ của máy cán 4 trục đặt ở giữa trục tiếp cán kim loại gọi là trục làm việc, còn 2 trục to là trục tựa, trục làm việc được dẫn động từ động cơ còn trục tựa quay nhờ ma sát giữa trục làm việc và trục tựa. Hình 1.30 cho thấy sơ đồ động của máy cán 4 trục D = 225/700 có chiều dài bề mặt làm việc của trục L = 800 *mm*.

Máy cán 4 trục có thể làm việc theo phương pháp đảo chiều quay sau mỗi lần cán (hình 1.29 và 1.31) hoặc không đảo chiều quay của trục mà chuyển phôi (cuộn) từ phía sau ra phía trước máy để cán tiếp tục.

Một số sơ đồ bố trí mặt bằng máy cán (hình 1.32, 1.35 và 1.14).

Hình 1.34 là sơ đồ dây chuyền cán thép và sản phẩm của nó.

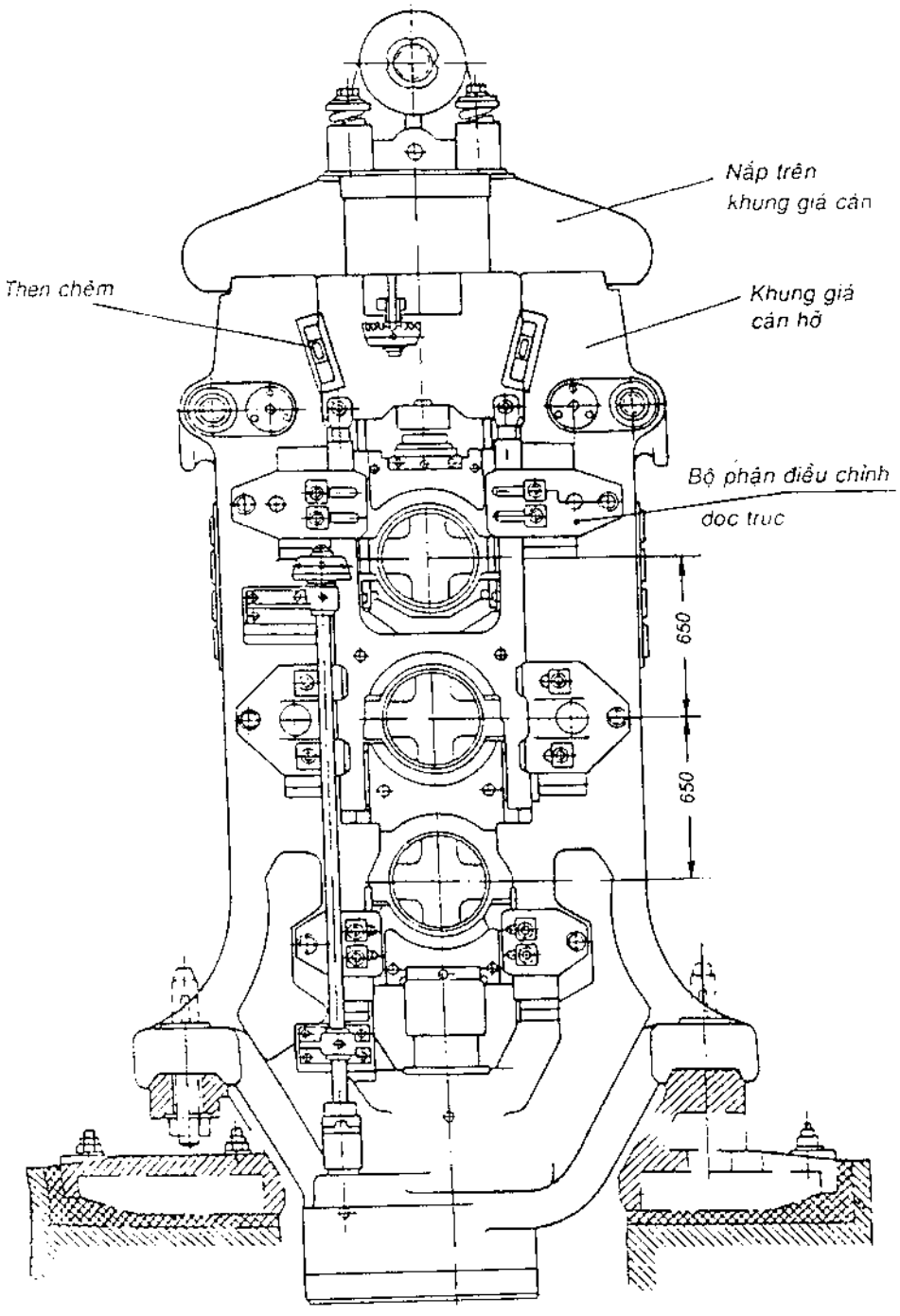
2. Các bộ phận chính của máy cán (hình 1.36)

Như phần giới thiệu về máy cán đã trình bày: các bộ phận chính của máy cán bao gồm:

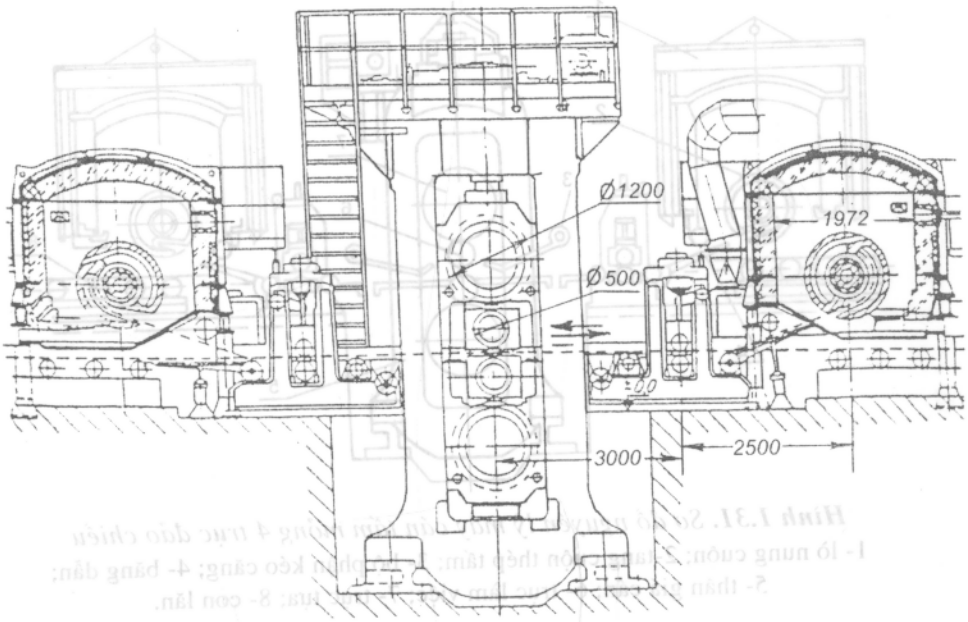
I- Nguồn động lực; II- Bộ phận truyền động; III- Giá cán.

a) Nguồn động lực

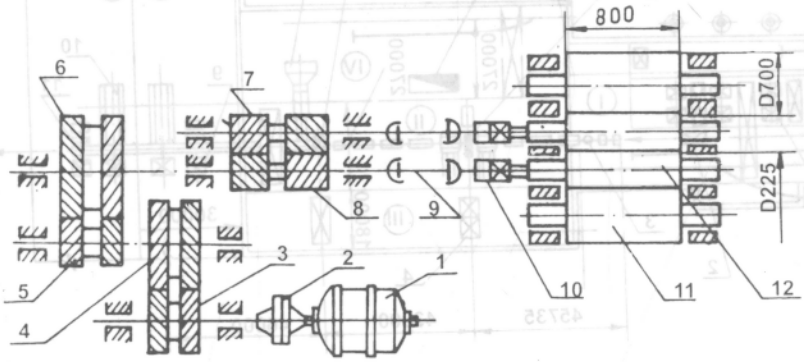
Ngày nay máy cán không phải dùng ngựa kéo hoặc máy hơi nước nữa mà hoàn toàn dùng các loại động cơ điện. Động cơ được dùng rộng rãi là loại động cơ điện xoay chiều vì dễ chế tạo, giá thành rẻ và thiết bị điều khiển không phức tạp.



Hình 1.28. *Khung giá cán kiểu hở dùng cho máy cán hình 3 trục ∅650.*

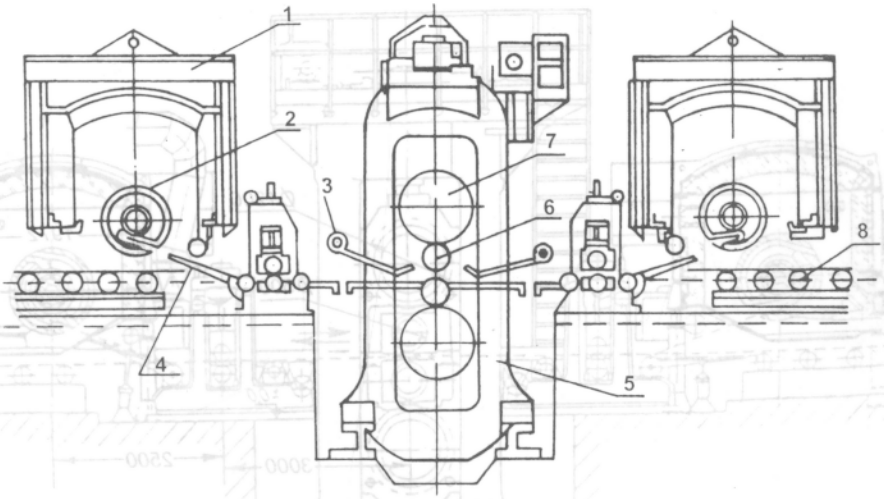


Hình 1.29. *Máy cán tấm nóng 4 trục 500/1200 × 1800 đảo chiều có cuộn trong lò*



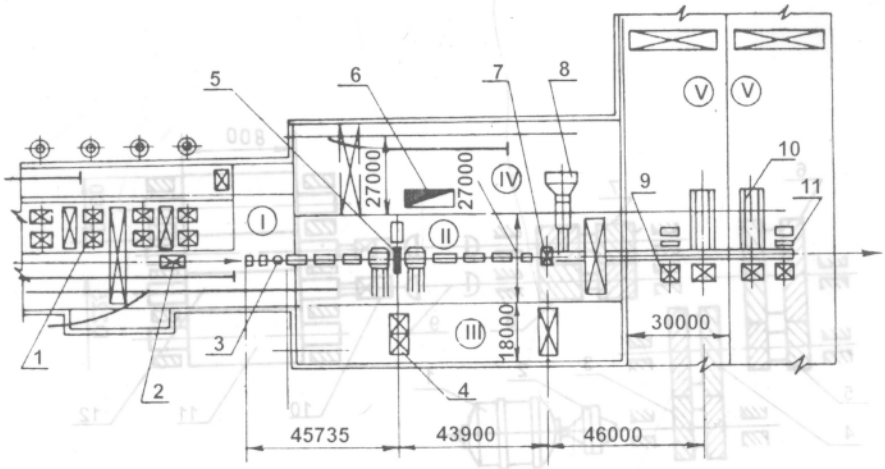
Hình 1.30. *Máy cán 4 trục đảo chiều*

1- động cơ; 2- khớp nối ; 3, 4, 5, 6- các bánh răng của hộp giảm tốc; 7, 8- bánh răng chữ V của hộp truyền lực; 9- trục nối; 10- ổ nối vuông; 11- trục tựa D = 700 mm; 12- trục làm việc D = 225 mm, L = 800 mm - chiều dài làm việc.



Hình 1.31. *Sơ đồ nguyên lý máy cán tấm mỏng 4 trục đảo chiều*

1- lò nung cuộn; 2-tang cuộn thép tấm; 3- bộ phận kéo căng; 4- băng dẫn; 5- thân giá cán; 6- trục làm việc; 7- trục tựa; 8- con lăn.

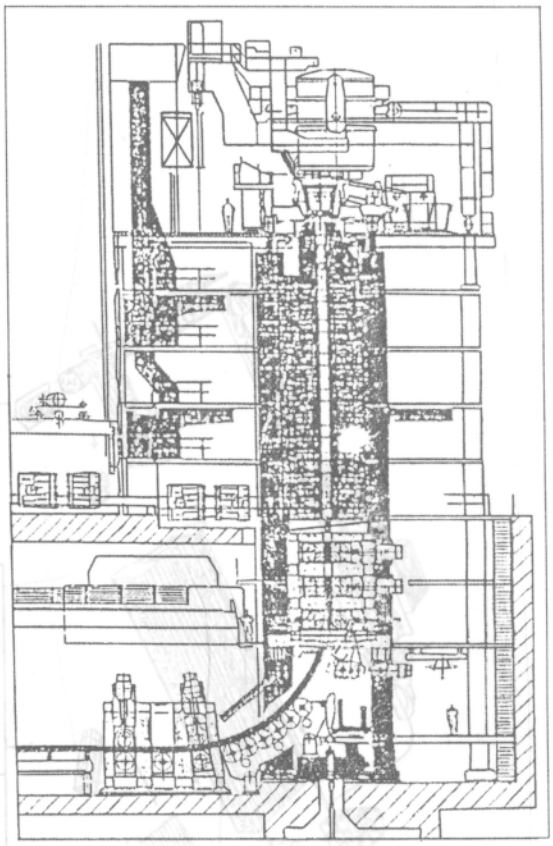


Hình 1.32. *Mặt bằng bố trí thiết bị máy cán phôi 1150 mm*

I- gian lò nung; II- gian máy cán; III- gian động lực; IV- gian chứa thép vụn; V- gian tinh chỉnh (kho chứa) phôi.

1- lò giếng; 2- xe chở thỏi; 3- bàn quay đầu; 4- động cơ điện; 5- giá cán 1150 mm; 6- hố chứa vẩy sắt; 7- máy cắt 1600 tấn; 8- băng tải để phôi cắt; 9- máy đẩy; 10- thiết bị làm nguội sản phẩm; 11- máy xếp phôi.

Các động cơ không đồng bộ 3 pha, đồng bộ 3 pha có rô to lồng sóc hay dây quấn đều dùng được trong máy cán. Các máy cán cỡ nhỏ đang sử dụng ở các hợp tác xã và các xí nghiệp thường có công suất từ 7 ÷ 100 *kW*. Nhà máy sắt tráng men - nhôm Hải Phòng có phân xưởng đúc cán nhôm có máy cán với 3 giá cán D = 450 *mm*, L = 800 *mm*, truyền động chung bằng một động cơ có công suất là 185 *kW*. Nhà máy luyện cán thép Gia Sàng, Thái Nguyên có động cơ máy cán 1000 *kW* và Xưởng cán Lưu Xá có động cơ máy cán là 2000 *kW*. Đó là động cơ lớn nhất cho máy cán mà nước ta có. Tính năng kỹ thuật và công suất của động cơ điện 3 pha giới thiệu ở bảng 1.6 và 1.8. Động cơ điện 1 chiều giới thiệu ở bảng 1.7.



Hình 1.33. *Máy đúc cán phôi thỏi và phôi tấm liên tục*

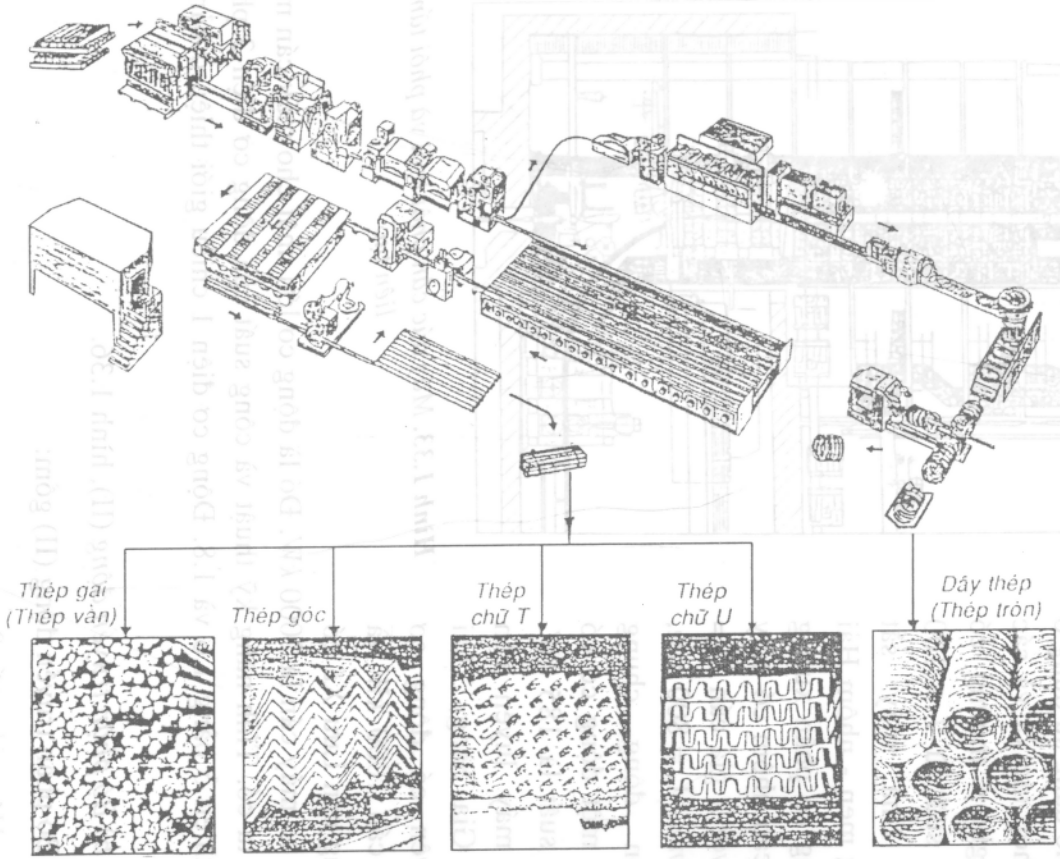
b) Bộ phận truyền động (II), hình 1.36.

Bộ phận truyền động (II) gồm:

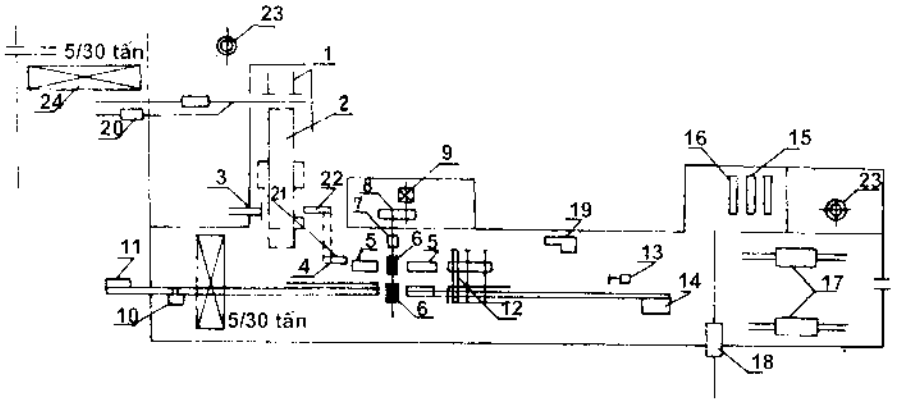
- Hộp giảm tốc 3.

- Hộp chia mômen 9 (hộp bánh răng truyền lực).

- Các chi tiết nối 5 và 8 là trục khớp nối vạn năng và trục khớp nối hoa mai.

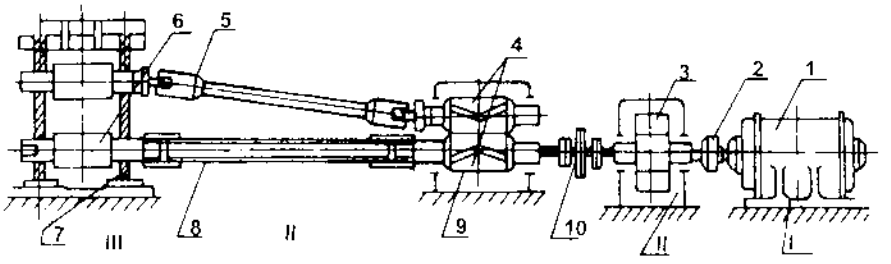


Hình 1.34. *Sơ đồ một dây chuyền sản xuất của máy cán thép và một số sản phẩm cán.*



Hình 1.35. *Sơ đồ bố trí mặt bằng máy cán phôi 3 trục D = 650 mm.*

1- máy đẩy phôi vào lò; 2- lò nung liên tục; 3- máy tống phôi ra lò; 4- bàn quay đầu; 5- bàn nâng hạ; 6- giá cán phôi 3 trục D = 650; 7- hộp bánh răng chữ V; 8- hộp giảm tốc; 9- động cơ; 10- máy cắt phế phẩm; 11- bàn chứa phế phẩm; 12- máy kéo phôi cán; 13- máy cưa nóng; 14- sàn chứa phôi; 15- bể rửa axit; 16- bể làm sạch; 17- lò nhiệt luyện; 18- xe đẩy; 19- máy tiện trục cán; 20- xe chở thỏi đúc vào lò nung; 21- đường ra lò của lò nung; 22- máy vận chuyển; 23- ống khói; 24- cầu trục.

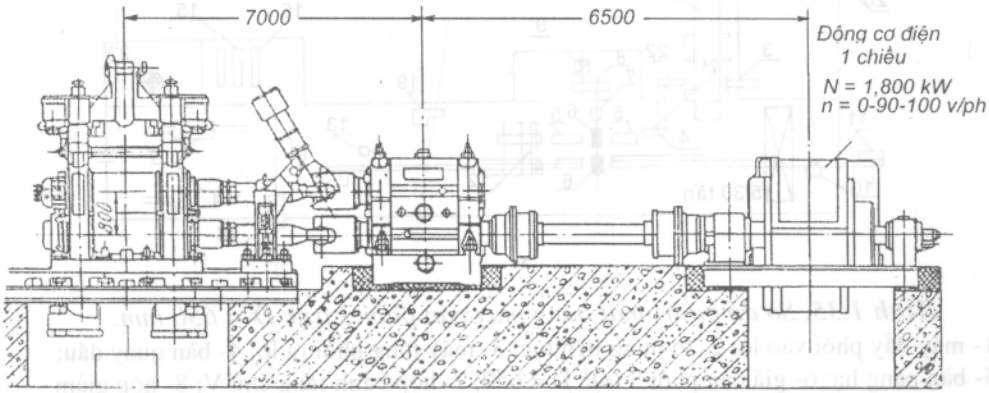


Hình 1.36. *Các bộ phận của máy cán 2 trục*

(I) Nguồn động lực (động cơ điện); (II) Bộ phận truyền động; (III) Giá cán.
1- động cơ điện; 2- khớp nối ; 3- hộp giảm tốc; 4- bánh răng chữ V;
5- trục khớp nối vạn năng; 6- trục cán; 7- thân giá cán; 8- trục khớp nối hoa mai;
9- hộp bánh răng truyền lực; 10- khớp nối .

Hộp giảm tốc là bộ phận cần thiết trong máy cán. Tất cả các máy cán dùng động cơ điện xoay chiều đều phải có hộp giảm tốc, (trừ trường hợp máy cán được dẫn động bằng động cơ điện 1 chiều). Một số cơ sở cán trong nước thường dùng loại hộp giảm tốc hai cấp do chúng ta tự chế tạo. Trong trường hợp tỉ số truyền của một hộp giảm tốc không đạt yêu cầu công nghệ cán có thể ghép 2 hộp giảm tốc hoặc làm thêm bộ truyền đai lắp vào đầu ra của động cơ và đầu trục vào của hộp giảm tốc để giảm một lần nữa theo yêu cầu.

Việc chọn hộp giảm tốc không những phải phù hợp với các tỉ số truyền thiết kế mà còn phải phù hợp với công suất máy cán, (xem tài liệu [10]).



Hình 1.37. Giá cán tinh hai trục ∅800

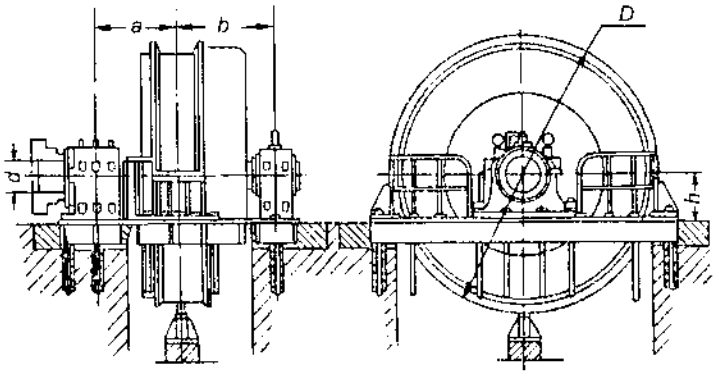
***Bảng 1.6.* Một số động cơ điện ba pha thường dùng**

Kí hiệu động cơ	Công suất, *kW*	Tốc độ, *vg/ph*	Cường độ dòng điện, *A*		Hiệu suất (%)	Hệ số cosφ	Khởi động định mức
			220 *V*	380 *V*			
J31-2	1,0	2850	3,9	2,26	78,5	0,86	6,0
J32-2	1,7	2850	6,3	3,64	81,5	0,87	6,0
J41-2	2,8	2870	10	5,80	83,5	0,88	6,0
J42-2	4,5	2870	15,8	9,15	85,0	0,88	7,0
J51-2	7,0	2890	24,0	13,8	86,0	0,90	7,0
J52-2	10,0	2890	33,6	19,4	87,0	0,90	7,0
J61-2	14,0	2910	47,0	27,5	87,5	0,91	5,5
J62-2	20,0	2910	66,0	38,0	88,3	0,91	6,0
J71-2	28,0	2920	92,0	53,0	89,0	0,91	5,0
J72-2	40,0	2920	129,0	74,5	89,6	0,91	5,5
J81-2	55,0	2930	177,0	102,0	90,1	0,91	5,0
J82-2	75,0	2930	239,0	138,0	90,6	0,91	5,5
J91-2	100,0	2950	315,0	182,0	91,5	0,91	6,0
J92-2	125,0	2950	338,0	224,0	92,0	0,92	6,5
J31-4	0,6	1420	2,8	1,6	74,0	0,76	5,5
J32-4	1,0	1420	4,25	2,45	78,5	0,79	5,5
J41-4	1,7	1430	6,	3,9	81,5	0,82	6,0
J42-4	2,8	1430	10,5	6,1	83,5	0,84	6,0
J51-4	4,5	1440	16,4	9,5	85,0	0,85	6,5
J52-4	7,0	1440	25,0	14,5	86,0	0,856	6,5
J61-4	10,0	1450	34,4	19,9	86,8	0,88	5,5
J62-4	14,0	1450	47,8	27,6	87,55	0,88	6,0
J71-4	20,0	1450	67,5	39,0	88,5	0,88	5,5
J72-4	28,0	1450	93,0	54,0	89,5	0,88	6,0

Tiếp bảng 1.6

Kí hiệu động cơ	Công suất, *kW*	Tốc độ, *vg/ph*	Cường độ dòng điện, *A*		Hiệu suất (%)	Hệ số cosφ	Khởi động định mức
			220 *V*	380 *V*			
J81-4	40,0	1460	133,0	77,0	89,5	0,89	5,5
J82-4	55,0	1460	180,0	104,4	90,15	0,89	6,5
J91-4	75,0	1460	246,0	142,0	90,6	0,89	5,5
J92-4	100,0	1460	320,0	185,0	91,0	0,90	5,5
J072-6	14,0	980	49,0	28,3	87,5	0,85	6,0
J073-6	20,0	980	69,5	40,0	88,5	0,86	6,5
J082-6	28,0	980	94,5	54,5	89,0	0,88	6,0
J083-6	40,0	980	132	76,0	90,1	0,89	6,0
J092-6	55,0	980	178	109	91,0	0,89	6,0
J093-6	75,0	980	239	138	91,5	0,90	6,5
JQ61-6	7,0	960	27	15,5	85,0	0,81	4,5
JQ62-6	10,0	960	37	21,5	86,0	0,80	5,0
JQ71-6	14,0	970	50	29,0	86,5	0,83	5,5
JQ72-6	20,0	970	71	41,0	87,5	0,84	6,0
JQ81-6	28,0	975	97	56,0	88,5	0,85	6,0
JQ82-6	40,0	975	136	79,0	89,5	0,86	6,5
JQ91-6	55,0	980	183	106,0	90,5	0,87	6,0
JQ92-6	75,0	980	243	141,0	91,5	0,87	6,5
JQ61-8	4,5	730	19,0	11,0	82,5	0,74	5,0
JQ62-8	7,0	730	28,6	16,5	84,0	0,76	5,0
JQ71-8	10,0	730	39,0	22,5	85,0	0,78	5,0
JQ72-8	14,0	730	52,5	30,5	86,5	0,79	5,5
JQ81-8	20,0	730	74,5	43,0	87,5	0,80	5,5
JQ82-8	28,0	730	102,0	59,0	88,5	0,81	6,0
JQ91-8	40,0	730	143,0	82,5	89,5	0,81	5,5
JQ92-8	55,0	730	195,0	113,0	90,5	0,81	6,0
JQ062-4	10	1460	34,5	20,0	86,5	0,87	7,0
JQ063-4	14	1460	47,5	27,5	87,5	0,87	7,5
JQ072-4	20	1460	67,5	39,0	88,0	0,87	7,0
JQ073-4	28	1460	94	54,0	89,0	0,87	7,5
JQ082-4	40	1470	132	76,5	90,0	0,88	7,0
JQ083-4	55	1470	180	104	9,5	0,88	7,5
JQ093-4	75	1470	238	138	91,5	0,89	7,0
JQ094-4	100	1470	320	185	91,5	0,89	7,5
JQ094-6	75	985	240	139	91,5	0,89	9,0
JQ094-8	55	735	194	112	90,5	0,82	7,0
YR200-	2000	594	338	224	90,5	0,88	7,0
-10-173	2000	495	338	224	91,5	0,88	7,0

Bảng 1.7. **Một số động cơ điện một chiều thường dùng trong các máy cán thép và cán kim loại của Liên bang Nga**



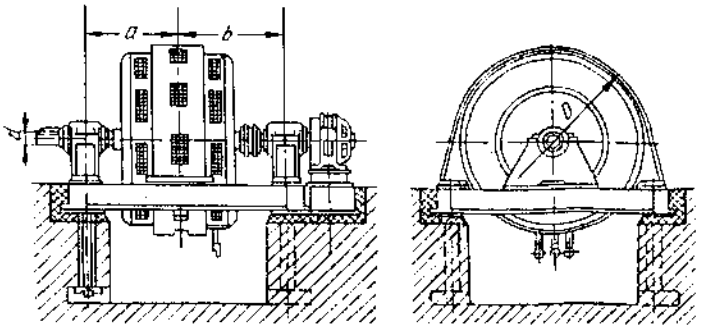
Ký hiệu loại động cơ	Công suất (mã lực)	Mômen (T.m)	Tốc độ vòng, n (vg/ph)	Tốc độ cực đại, n_{max} (vg/ph)	$\left[\frac{M_{qt}}{M_{dm}}\right]$	Mômen bánh đà ($T.m^2$)	Trọng lượng (Tấn)	Kích thước (mm)				
								a	b	D	d	h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
МП-7500-60	7500	89,6	60	120	2,5	275	144	2100	2100	4350	700	900
МП-7000-50	7000	100	50	120	2,5	385	148	1900	1900	5200	700	900
МП-6200-80	6200	55,6	80	160	2,5	260	108	1550	1800	5100	600	800
МП-5000-110	5000	32,5	110	220	2,5	160	700	1300	1500	5600	500	800
МП-4000-40	4000	71,6	40	80	2,5	240	121	1700	1850	4350	600	900
МП-3100-75	3100	29,6	75	150	2,5	165	85	1030	1300	4780	460	900
МП-2500-80	2500	22,5	80	160	2,5	62	63	1500	1800	3060	450	600
МП-2500-125	2500	14,3	125	225	2,5	44	48	1300	1600	3060	400	500
МП-1800-200	1800	6,45	200	360	2,5	15	24	1000	1100	2580	280	600
МП-1700-400	1700	3,05	400	750	2,5	6,5	19	900	1200	2174	260	600
МП-1500-300	1500	3,57	300	600	2,5	6,5	19	900	1200	2174	260	600
МП-1200-400	1200	2,15	400	750	2,5	2,0	13	950	1050	1876	200	600
МП-1000-530	1000	1,35	530	1000	2,5	0,9	11	900	1100	1494	180	600
МП-735-750	735	0,7	730	1500	2,1	0,6	8	590	1198	1360	130	600
МП-600-300	600	1,43	300	600	2,5	1,05	11	900	1100	1500	180	600
МП-500-280	500	1,28	280	750	2,5	1,0	10	910	1010	1500	180	600
МП-350-450	350	0,55	450	900	2,1	0,45	6	800	900	1345	140	600
МП-250-400	250	0,45	400	800	2,0	0,385	5,7	600	900	1346	120	600
МП-1200-400	1150	2,1	400	750	-	2	13	950	1250	1890	200	600
2МП-8700-60	2x4350	105	60	120	2,5	220	176	2x1800	2100	4100	700	900
МП-3500-30	3500	83,5	30	60	2,5	270	135	2100	1900	4350	700	900
МП-3000-100	3000	21,4	100	200	2,5	165	57	1500	1650	2670	450	600
2МП-700-600	2x6500	155	60	100	-	275	333	-	-	-	-	-

Tiếp bảng 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
МП-6000-50	6250	90	50	120	-	385	-	-	-	-	-	-
МП-5700-100	5700	41	100	200	-	960	78	1300	1500	4300	300	800
МП-5200-80	5200	46	80	100	-	-	130	-	-	-	-	-
МП-1700-400	1580	2,8	400	750	-	6,5	19	900	1225	2174	260	600
МП-1500-300	1385	3,3	300	600	-	6,5	19	900	1225	2174	260	600
Ký hiệu loại động cơ	Công suất (kW)	Mômen (T.m)	n (vg/ph)	$\left[\frac{M_{qt}}{M_{dm}}\right]$	Mômen bánh đà (T.m²)	Trọng lượng (Tấn)	Kích thước (mm)					
							a	b	d	D	h	
ПБК-250/145	4600	64,0	70/120	2,5	135	150	2700	2200	600	3640	850	
ПБК -215/65	2000	15,6	125/300	2.25	37,22	55	1550	1300	360	3250	600	
ПБК -180/95	1840	17,95	100/275	2.25	29	-	-	-	-	-	-	
ПБК -120/70	1600	3,9	400/650	2,25	32,7	54	1550	1300	360	3655	600	
ПБК -120/70	1600	3,9	400/650	2,25	3,7	24	1450	1250	260	2080	600	
ПБК -180/65	1100	10,7	100/220	-	16,6	39	1200	1300	360	2870	600	
ПБК -120/55	550	4,5	120/300	-	3,1	18,5	1050	1150	170	1150	600	
ПБК -180/45	100	9,0	75/150	-	14	30	1100	1100	300	2710	600	
2ПБК -285/120	4560	57	80/180	-	185	136	-	-	-	-	-	
2ПБК -215/65	2x2000	2x16,3	120/300	2,0	-	-	-	-	-	-	-	
2ПБК -215/65	2x2300	2x15	150/390	2.0	-	-	-	-	-	-	-	
2ПБК -215/40	2x2000	2x10,2	190/480	2,0	-	-	-	-	-	-	-	
ПБК -215/55	3200	12.47	250/420	2.25	32,7	54	1550	1300	360	3655	600	
ПБК -250/160	3320	65,0	50/120	2,5	154	178	2700	2200	600	3850	850	
ПБК -285/45	2100	22,8	90/180	2.5	83,5	71	1900	1250	450	4250	850	
ПБК -180/45	1200	5,85	200/500	2.25	14	30	1130	900	300	2870	600	

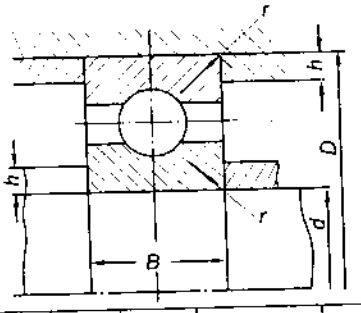
M_{qt} - mômen quá tải; M_{dm} - mômen định mức

Bảng 1.8. **Một số động cơ điện xoay chiều của Liên bang Nga dùng trong máy cán**



Ký hiệu động cơ	Công suất (kW)		Tốc độ (vg/ph)	Mômen bánh đà T.m²	Trọng lượng (Tấn)	Kích thước (mm)			
	Định mức	Khi cosφ=0,8				a	b	d	D
321-7/6	1000	750	1000	0,48	5,5	700	800	130	1500
322-7/6	1550	1170	1000	1,05	8,6	800	950	160	1800
322-8/6	1800	1370	1000	1,15	9,1	800	950	160	1800
322-12/6	2500	1920	4000	1,55	11,4	900	1050	180	1800
322-16/6	3500	2700	1000	1,95	13,6	1000	1150	200	1800
323-7/8	2000	1500	750	3,15	12,3	750	850	180	2100
323-11/8	3000	2300	750	4,35	15,4	850	950	200	2100
323-14/8	4000	3050	750	5,25	17,9	925	1025	220	2100
323-18/8	5000	3850	750	6,45	21,2	1025	1125	250	2100
323-10/10	2500	1900	600	4,43	14,2	800	900	200	2100
324-8/10	3500	2670	600	8,94	19,9	900	950	220	2750
324-10/10	4400	3380	600	10,6	23,2	950	1000	250	2750
324-12/10	5250	4050	600	12,2	25,8	1000	1050	250	2750
324-16/10	7000	5400	600	15,5	31,7	1100	1150	280	2750
324-20/10	8500	6550	600	18,8	38,1	1200	1250	300	2750
324-12/12	4500	3450	500	14,1	26,6	1000	1050	250	2750
324-15/12	5750	4420	500	16,9	31,3	1100	1150	280	2750
324-18/12	7000	5400	500	19,7	36,3	1150	1200	300	2750
324-12/16	3400	2600	375	15,9	27,1	950	1050	280	2750
324-12/20	2600	1970	300	18,0	26,7	830	950	250	2750

Bảng 1.9. Ổ bi cầu dùng cho máy cán



Ký hiệu ổ bi	d	D	B	r	h (min)	Hệ số làm việc	Tải trọng cho phép kG	Số vòng quay giới hạn (vg/ph)	Trọng lượng (kG)
1 000 820	100	125	13	1,5	3	24 000	1350	4000	0,39
1 000 821+	105	130	13	1,5	3	29 000	1600	4000	0,44
1 000 822+	110	140	16	1,5	3	40 000	2300	4000	0,6
1 000 824+	120	150	16	1,5	3	44 000	2500	3000	0,68
1 000 826	130	165	18	2	3,5	47 000	2700	3000	0,98
1 000 828+	140	175	18	2	3,5	50 000	3000	3000	1,07
1 000 830+	150	190	20	2	3,5	69 000	4100	2500	1,43
1 000 832+	160	200	20	2	3,5	70 000	4250	2500	1,5
1 000834+	170	215	22	2	3,5	86 000	5200	2500	2
1 000 836+	180	225	22	2	3,5	89 000	5400	2000	2,1
1 000 838	190	240	24	2,5	4,5	91 000	5700	2000	2,7
1 000 840	200	250	24	2,5	4,5	94 000	5900	2000	2,9
1 000 844	220	270	24	2,5	4,5	96 000	6100	1600	3,1
1 000 848	240	300	28	3	5	133 000	8600	1600	4,8
1 000 852	260	320	28	3	5	137 000	9000	1600	5,2
1 000 856	280	350	33	3	5	166 000	11 000	1300	7,7
1 000 860	300	380	38	3,5	6	218 000	15 000	1300	11
1 000 864+	320	400	38	3,5	6	230 000	17 000	1300	11,8
1 000 920	100	140	20	2	3,5	45 000	3100	4000	0,9
1 000 921+	105	145	20	2	3,5	60 000	3100	4000	1,0
1 000 922+	110	150	20	2	3,5	62 000	3200	4000	1,1
1 000 924+	120	165	22	2	3,5	74 000	3900	3000	1,4
1 000 926+	130	180	24	2,5	4,5	90 000	4900	3000	1,8
1 000 928+	140	190	24	2,5	4,5	94 000	5100	3000	2,0
1 000 930	150	210	28	3	5	98 000	5600	2500	2,6
1 000 932+	160	220	28	3	5	100 000	6000	2500	2,8
1 000 934+	170	230	28	3	5	116 000	7000	2500	3,2
1 000 936+	180	250	33	3	5	140 000	9000	2000	4,8
1 000 938	190	260	33	3	5	145 000	9100	2000	5,2
1 000 940	200	280	38	3,5	6	175 000	10 000	2000	7,2
1 000 944+	220	300	38	3,5	6	180 000	11 000	1600	8,0
1 000 948+	240	320	38	3,5	6	186 000	13 000	1600	8,2
1 000 952	260	360	46	3,5	6	249 000	17 000	1600	13,7
1 000 956+	280	380	46	3,5	6	280 000	19 000	1300	15
1 000 960	300	420	56	4	7	350 000	26 000	1300	21
1 000 964+	320	440	56	4	7	360 000	28 000	1300	23

Tiếp bảng 1.9

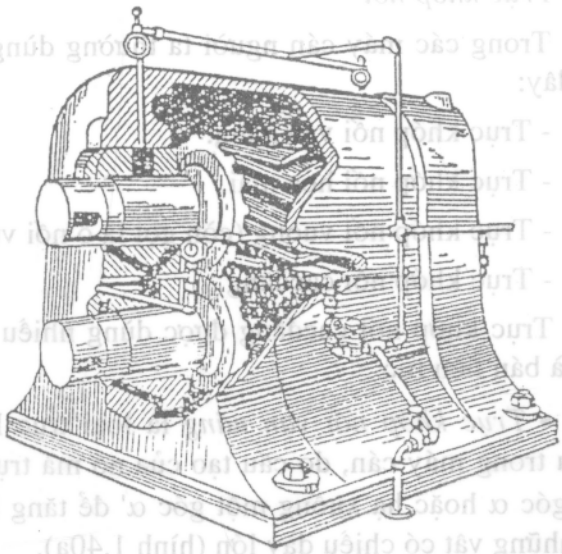
Ký hiệu ổ bi	d	D	B	r	h (min)	Hệ số làm việc	Tải trọng cho phép kG	Số vòng quay giới hạn (vg/ph)	Trọng lượng (kG)
120+	100	150	24	2,5	4,5	76 000	4000	4000	1,25
121+	105	160	26	3	5	86 000	4700	4000	1,6
122+	110	170	28	3	5	104 000	6000	3000	2,1
124+	120	180	28	3	5	104 000	6000	3000	2,4
126+	130	200	33	3	5	120 000	7100	3000	3,7
128	140	210	33	3	5	125 000	7500	2500	3,9
130+	150	225	35	3,5	6	152 000	9400	2500	5
132+	160	240	38	3,5	6	170 000	11 000	2500	6,2
134+	170	260	42	3,5	6	194 000	12 000	2500	7,7
136+	180	280	46	3,5	6	226 000	15 300	2000	10
138	190	290	46	3,5	6	240 000	16 700	2000	11,5
140+	200	310	51	3,5	6	250 000	17 000	2000	13,5
144	220	340	56	4	7	280 000	19 000	1600	18
148+	240	360	56	4	7	310 000	22 000	1600	20
152	260	400	65	5	9	380 000	28 000	1300	29
156+	280	420	65	5	9	400 000	30 000	1300	31
160	300	460	74	5	9	450 000	35 000	1000	45
164+	320	480	74	5	9	460 000	38 000	1000	48
220+	100	180	34	3,5	6	136 000	7700	3000	3,2
221+	105	190	36	3,5	6	152 000	8700	3000	3,8
222+	110	200	38	3,5	6	164 000	9700	3000	4,4
224+	120	215	40	3,5	6	182 000	11 000	3000	6,0
226+	130	230	40	4	7	182 000	11 000	2500	7,5
228+	140	250	42	4	7	182 000	11 000	2500	9
230+	150	270	45	4	7	230 000	14 000	2500	11,3
232+	160	290	48	4	7	280 000	19 000	2000	14,0
234+	170	310	52	5	9	280 000	19 000	2000	16,5
236+	180	320	52	5	9	320 000	22 000	1600	17,5
238+	190	340	55	5	9	340 000	25 000	1600	20,6
240	200	360	58	5	9	340 000	25 000	1600	24
244+	220	400	65	5	9	340 000	26 000	1600	36,5
320+	100	215	47	4	7	210 000	12 500	3000	7,2
321+	105	225	49	4	7	230 000	14 000	2500	8,3
322+	110	240	50	4	7	260 000	16 000	2500	9,8
324+	120	260	55	4	7	270 000	17 000	2500	14
326+	130	280	58	5	9	290 000	19 000	2500	18
328+	140	300	62	5	9	320 000	21 000	2000	22
330+	150	320	65	5	9	350 000	24 000	2000	26

Bánh răng chữ V và hộp bánh răng truyền lực (hình 1.37 ÷ 1.39).

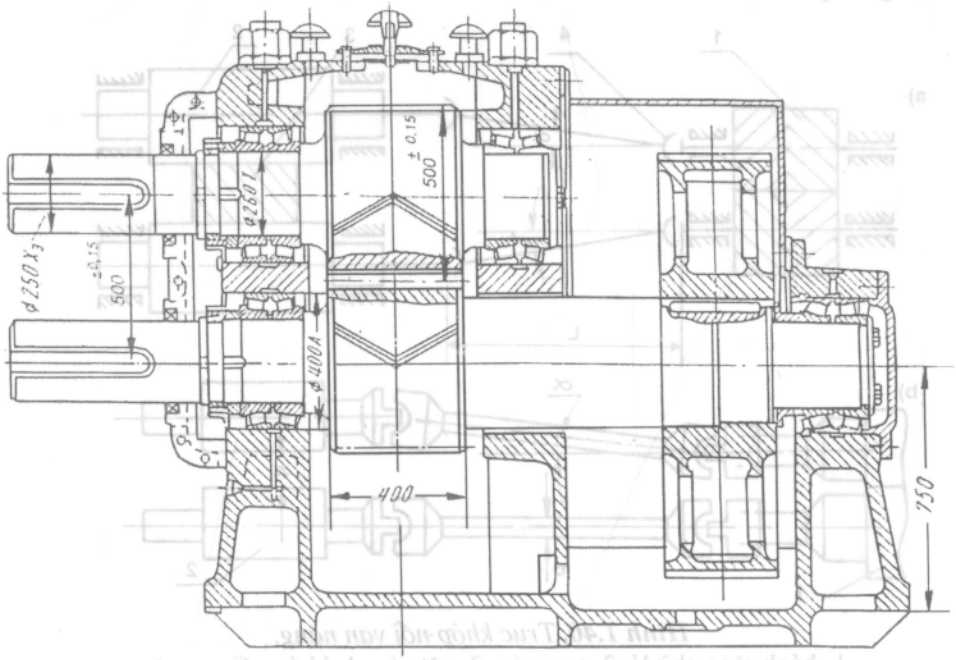
Trong bộ truyền lực của máy cán người ta dùng bánh răng chữ V để truyền chuyển động quay cho hai trục cán. So với bánh răng răng thẳng và răng nghiêng thì bánh răng chữ V có các ưu điểm sau: truyền lực khoẻ,

chịu tải rất lớn, chuyển động rất êm, khử được lực chiều trục, v.v...

Trong các máy cán thí nghiệm của Bộ môn Cán kim loại, khoa Luyện kim, trường Đại học Bách khoa Hà Nội, máy cán của Nhà máy văn phòng phẩm Hồng Hà và trong máy cán của Công ty Cơ điện Trần Phú Hà Nội đều sử dụng bánh răng chữ V theo kiểu ghép hai bánh răng nghiêng.



Hình 1.38. Hộp truyền lực dẫn động bằng bánh răng chữ V răng nghiêng



Hình 1.39. Hộp chia mômen (hộp truyền lực) ∅500

Trục khớp nối

Trong các máy cán người ta thường dùng bốn loại trục khớp nối sau đây:

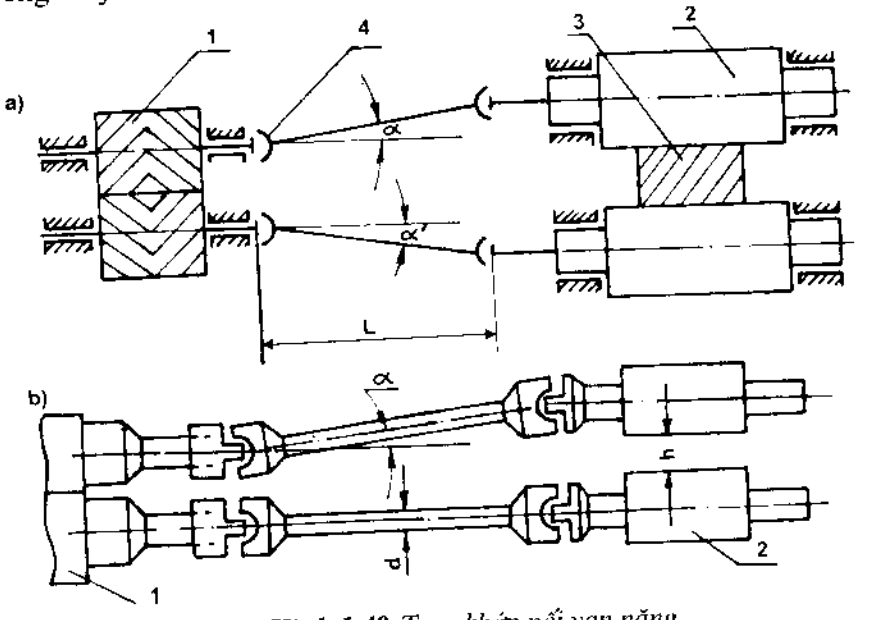
- Trục khớp nối vạn năng.
- Trục khớp nối hoa mai.
- Trục khớp nối vuông (còn gọi là ổ nối vuông).
- Trục khớp nối cacđăng.

Trục khớp nối cacđăng được dùng nhiều trong các máy cán liên tục và bán liên tục.

• *Trục khớp nối vạn năng* là loại trục khớp nối được sử dụng nhiều trong máy cán, do cấu tạo của nó mà trục có khả năng nâng lên một góc α hoặc hạ xuống một góc α' để tăng khe hở giữa trục cán và cán những vật có chiều dày lớn (hình 1.40a).

Thông thường người ta chỉ làm cơ cấu nâng trục khớp nối lên một góc α (hình 1.40b). Việc hạ trục khớp nối xuống một góc α' là khó khăn vì vậy trục khớp nối dưới thường thẳng.

Hình 1.42 giới thiệu sơ đồ truyền động trục khớp nối vạn năng trong máy cán.



Hình 1.40. *Trục khớp nối vạn năng.*

1- bánh răng chữ V; 2- trục cán; 3- vật cán; 4- khớp nối vạn năng:
α- góc nâng trục cán; α'- góc hạ trục cán; d- đường kính trục khớp nối;
h- chiều cao nâng hạ trục cán.

Trục cán được nâng lên nhiều hay ít phụ thuộc vào chiều dài L của trục nối và góc nâng α (hình 1.40a): h = L.tgα.

Các máy cán phôi hai trục đảo chiều, không đảo chiều và các máy cán tấm hai trục thường có loại trục khớp nối này. Trục nối có khi làm rất dài, $L_{(max)} = 9.000$ *mm*.

Trục khớp nối vạn năng ít dùng cho các máy cán cỡ nhỏ, vì chiều cao nâng trục không cần lớn và lại việc chế tạo nó rất khó khăn, yêu cầu chính xác cao, giá thành đắt.

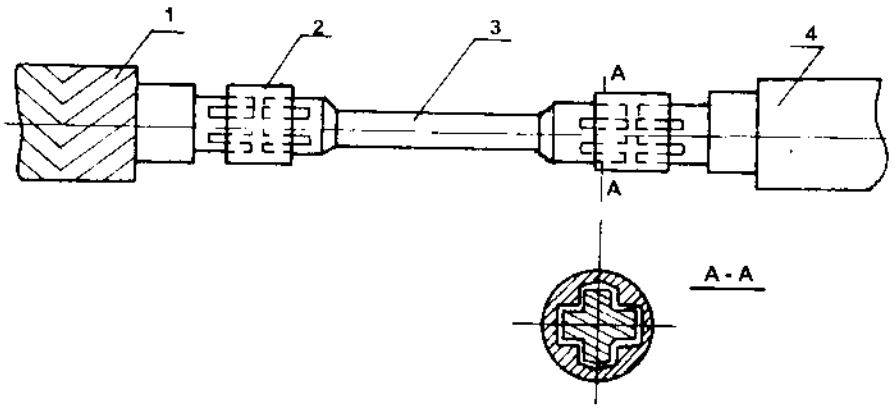
Vật liệu chế tạo trục khớp nối vạn năng là thép 45, 20X, 40X v.v...

Việc tính toán, thiết kế, chế tạo trục khớp nối vạn năng có thể tham khảo tài liệu [1].

• *Trục khớp nối hoa mai* (có khi gọi là ổ nối, ống nối hoa mai). Trục khớp nối hoa mai có cấu tạo đơn giản, không cần độ chính xác cao, dễ chế tạo và góc nâng α không cần lớn lắm, nó được dùng rộng rãi ở các máy cán hình, máy cán tấm và máy cán cỡ nhỏ phi tiêu chuẩn (hình 1.41). Chúng ta hãy xem lại hình 1.36 thấy trục khớp nối hoa mai được bố trí ở dưới vì:

- Không cần hạ một góc α' vì trên đã có trục khớp nối vạn năng làm nhiệm vụ nâng trục cán trên.

- Dễ chế tạo hơn trục khớp nối vạn năng và giá thành hạ.



Hình 1.41. *Trục khớp nối hoa mai*

1- bánh răng chữ V; 2- ổ nối hoa mai; 3- trục nối hoa mai; 4- trục cán.

Vật liệu làm ổ nối hoa mai là gang có kí hiệu СЧ15-32 với $(\sigma_k) = 50\ N.mm^2$. Ổ này thường được chế tạo bằng phương pháp đúc.

Việc tính toán, thiết kế khớp nối hoa mai có thể tham khảo theo các tài liệu [1] và [8].

• *Trục khớp nối vuông* là loại trục khớp nối thường được dùng nhiều nhất trong tất cả các máy cán cỡ nhỏ phi tiêu chuẩn, trong các máy cán thí nghiệm và các máy cán cỡ nhỏ hỗn hợp vừa cán hình vừa cán tấm, v.v... ,(hình 1.43).

Các máy cán có đường kính trục từ 50 ÷ 200 *mm* thì việc dùng khớp nối vuông là hợp lý và tốt nhất vì:

- Dễ chế tạo, giá thành rẻ.

- Truyền lực khoẻ, chịu tải lớn.

- Chuyển động tương đối êm.

Vật liệu chế tạo có thể là thép cacbon hoặc thép hợp kim thường. Góc nâng trục α tương đối nhỏ vì vậy loại trục khớp nối này không dùng trong các máy cán phá và cán phôi.

Tính toán thiết kế khớp nối này cũng dựa vào các tài liệu [1] và [8] như khớp nối hoa mai. Hiện nay nhiều máy cán mini còn tận dụng trục khớp nối cacđăng của ôtô để dẫn động trục cán.

• *Trục khớp nối cacđăng*

Đây là trục có kết cấu đơn giản, gọn, truyền lực khoẻ, êm do đó được dùng cho các máy cán hình cỡ nhỏ, liên tục và bán liên tục.

c) *Giá cán*

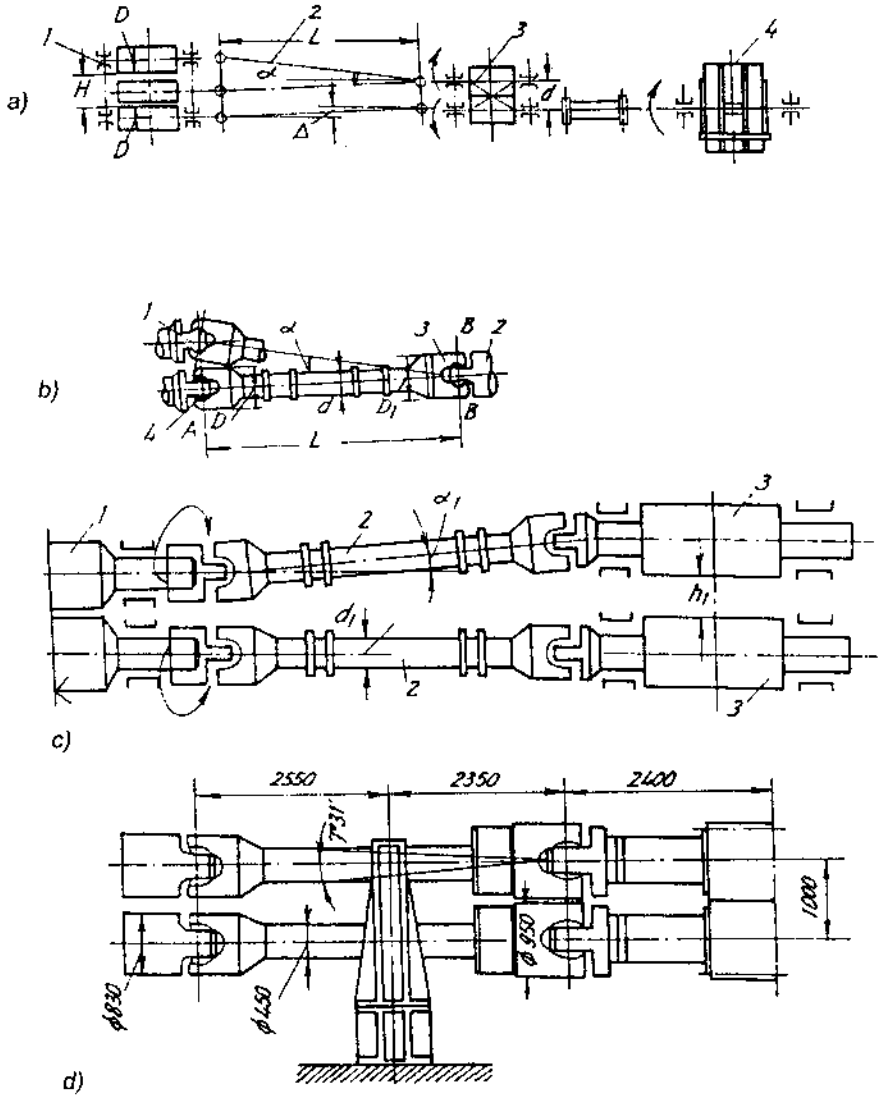
- *Thân giá cán* là chi tiết lớn đóng vai trò quan trọng trong toàn bộ giá cán. Mọi chi tiết khác của giá cán như: trục cán, gối đỡ trục cán, cơ cấu điều chỉnh lượng ép và các cơ cấu dẫn hướng, v.v... đều được lắp đặt trên nó. Trong quá trình cán, lực cán tác dụng lên trục cán và truyền vào thân giá cán rồi được truyền vào bệ móng máy, cho nên thân giá cán đòi hỏi phải có độ bền cao, độ biến dạng ít, độ cứng vững cao. Có những thân giá cán nặng đến 10 *tấn*, 100 *tấn* và nặng hơn thế nữa.

Thân giá cán được chế tạo bằng hai phương pháp đúc hoặc hàn ghép từng tấm kim loại.

Vật liệu chế tạo thường là thép 35Л ÷ 55Л, có $[\sigma_B] = 60\ N/mm^2$.

Thân giá cán có 2 kiểu: kín và hở (hình 1.46 và 1.49).

Việc dùng thân giá cán kiểu nào phụ thuộc vào đặc điểm của máy; yêu cầu về công nghệ cán và lắp ráp máy, v.v...



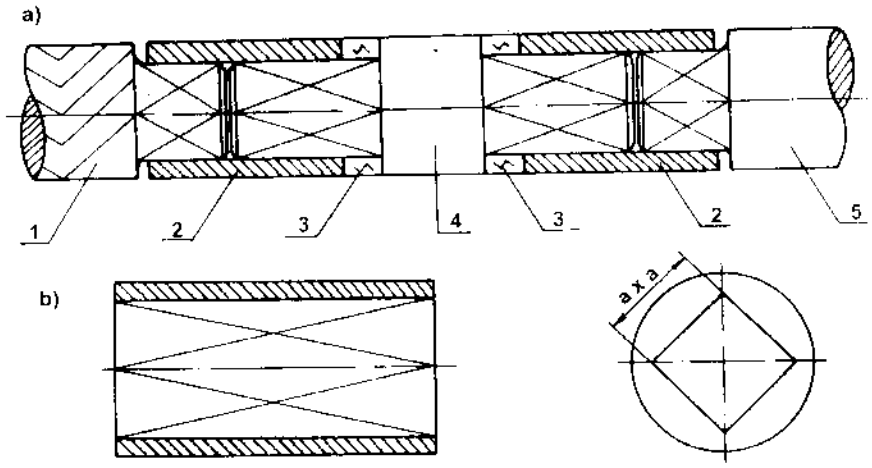
Hình 1.42. *Trục khớp nối vạn năng:*

a) sơ đồ truyền động trục khớp nối vạn năng trong máy cán: 1- trục cán; 2- trục khớp nối vạn năng; 3- trục truyền lực; 4-động cơ điện một chiều.

b) trục khớp nối vạn năng khi làm việc: 1- trục cán được nâng lên một góc α; 2- trục truyền lực phía hộp chia mômen; 3- trục khớp nối vạn năng; 4- trục khớp nối khi α = 0.

c) trục khớp nối vạn năng khi chạy không tải: 1- hai trục truyền lực từ hộp chia mômen (còn gọi là hộp truyền lực); 2- hai trục khớp nối vạn năng; 3- trục cán; α_1 - góc nâng.

d) thiết bị đỡ trục khớp nối vạn năng bằng thuỷ lực trên máy cán tấm 4 trục 2800.



Hình 1.43. a) Sơ đồ lắp ráp trục nối vuông
1- bánh răng chữ V; 2- khớp nối; 3- gỗ đệm; 4- trục nối vuông; 5- trục cán.
b) Khớp nối vuông.

Tính nghiệm bền thân giá cán kiểu kín (còn gọi là khung giá cán kiểu kín), hình 1.44 và hình 1.45.

Khi làm việc dưới tác dụng của lực cán P thì ở góc khung giá cán xuất hiện các mômen siêu tĩnh M_o và mômen cán M_1. Khi đó thanh ngang chịu uốn và thanh dọc chịu kéo.

- Tính nghiệm bền thanh ngang theo điều kiện uốn:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u} \le [\sigma_u] \qquad (1.a)$$

Ta có $$M_u = M_1 - M_o = \frac{pl_1}{4} - \frac{pl_1}{8} \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{l_2}{l_1} \cdot \frac{I_1}{I_2}} \right)$$

$$W_u = \frac{b_1 . a_1^2}{4}$$

Đối với thép hợp kim tốt $[\sigma_u] = (14 \div 15)$ kG/mm^2;

Đối với thép cacbon $[\sigma_u] = (12 \div 13)$ kG/mm^2;

Thay các giá trị của M_u và W_u vào công thức (1.a), tính σ_u nếu nó nhỏ hơn hoặc bằng $[\sigma_u]$ là được.

trong đó:

I_1 - mômen quán tính tiết diện thanh ngang.

I_2 - mômen quán tính tiết diện thanh đứng.

$$I_1 = \frac{a_1.(b_1)^3}{12} \; ; \; I_2 = \frac{a_2.(b_2)^3}{12} \qquad (mm^4)$$

Các thông số khác xem hình 1.44 và 1.45.

a_1, b_1, a_2, b_2 - các cạnh của tiết diện của thanh ngang và đứng.

- Tính nghiệm bền thanh đứng theo σ_k:

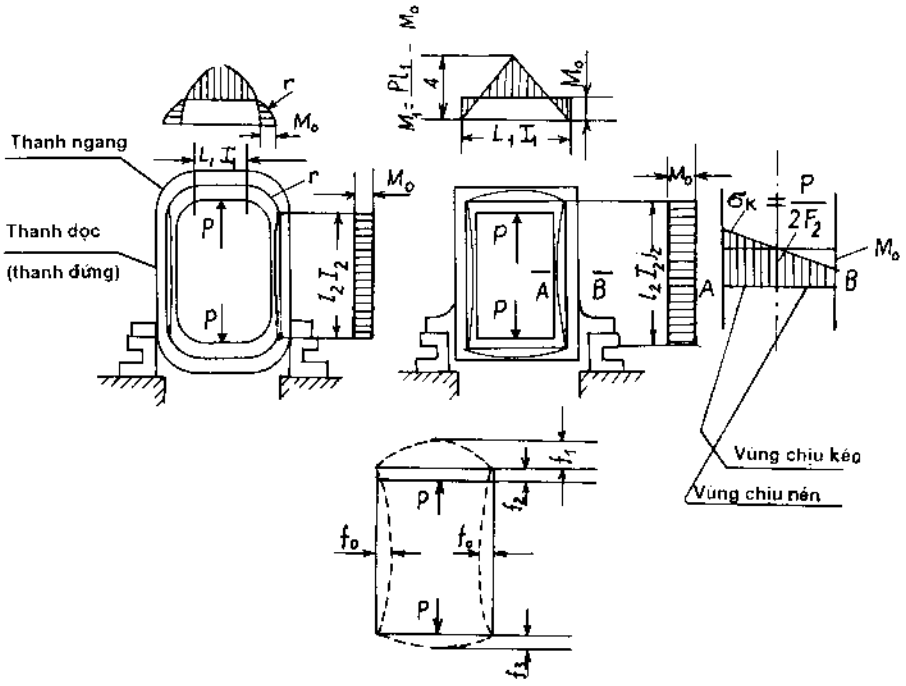
$$\sigma_k = \left(\frac{P}{2F_2} + \frac{M_0}{W_u} \right) \leq [\sigma_k] \qquad (1.b)$$

trong đó: F_2 - diện tích mặt cắt thanh đứng bằng a_2b_2

$$W_u = \frac{b_2.(a_2)^2}{4}$$

$[\sigma_k]$ cho phép của thép thường bằng (8 ÷ 12) kG/mm^2 . Khi σ_k được tính ra nếu $\sigma_k \leq [\sigma_k]$ là được.

Ngoài chịu uốn và kéo ra khung còn bị võng, vì vậy phải tính độ võng f của các thanh khi làm việc. Độ võng này phải nhỏ hơn hoặc bằng độ võng cho phép.



Hình 1.44. *Biểu đồ mômen và độ võng khung giá cán do lực cán P và M_o gây ra.*

- Tính độ võng thanh ngang (hình 1.44):

$$f = f_1 + f_2 + f_3 \le [f]$$

$$f \le (0{,}03 \div 0{,}5)\ mm \text{ khi cán nguội.} \qquad (1.c)$$

$$f \le (0{,}5 \div 1{,}0)\ mm \text{ khi cán nóng.}$$

Kết hợp lý thuyết và thực tế người ta đã tính:

$$f_1 = \frac{pl_2}{2EF_2}\ (mm)$$

$$f_2 = \left(\frac{pl_1}{6} - M_o\right) \cdot \frac{l_1^2}{4EI_1}\ (mm)$$

$$f_3 = \frac{1{,}2pl_1}{4GF_1}\ (mm)$$

trong đó:

E - môđun đàn hồi của vật liệu, $E = 2.10^5\ N/mm^2 = 2.10^4\ kG.mm^2$.

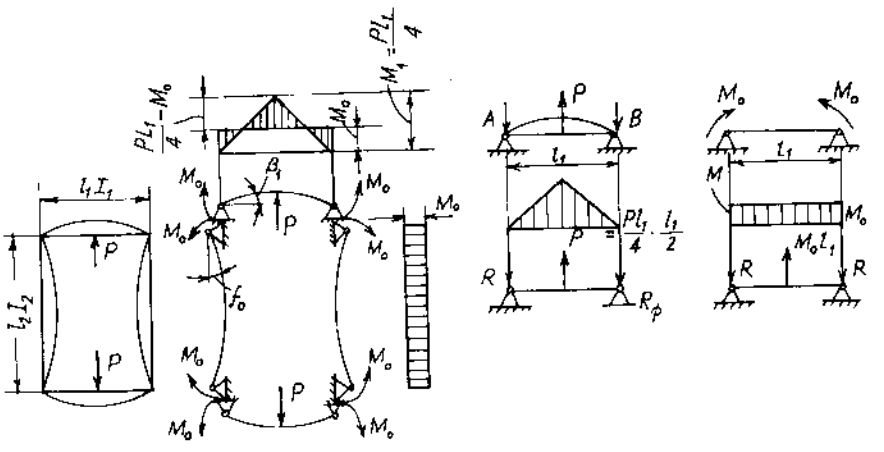
G - môđun trượt, $G \approx \frac{3}{8}E = 0{,}75.10^5\ N/mm^2 = 7500\ kG/mm^2$.

P - lực cán, $P = P_{max}$ (kG).

(xem Chương II, phần IV, mục 1).

I_1, I_2 - mômen quán tính của thanh ngang và thanh đứng (mm^2).

F_1, F_2 - diện tích mặt cắt ngang của thanh ngang và thanh đứng (mm^2).



Hình 1.45. *Sơ đồ lực và mômen tác dụng lên khung giá cán kiểu kín.*

M_o - mômen siêu tĩnh (*kG.m*)

$$M_o = \frac{pl_1}{8}\left(\frac{1}{1+\frac{l_2}{l_1}\cdot\frac{I_1}{I_2}}\right) \quad (kG.m) \qquad (1.d)$$

[f] - độ võng cho phép:

[f] = (0,3 ÷ 0,5) *mm* khi cán thép nguội.

[f] = (0,5 ÷ 1,0) *mm* khi cán thép nóng.

- Tính độ võng f_0 thanh dọc (còn gọi là thanh đứng, hình 1.44).

$$f_o = M_o \cdot \frac{(l_2)^2}{8EI_2} \le [f] \qquad (mm)$$

$$= \frac{pl}{8}\left(\frac{1}{1+\frac{l_2}{l_1}\cdot\frac{I_1}{I_2}}\right)\frac{(l_2)^2}{8EI_2} \le [f] \qquad (mm)$$

$$= \frac{pl_1(l_2)^2}{64EI_2}\left(\frac{1}{1+\frac{l_2}{l_1}\cdot\frac{I_1}{I_2}}\right) \le [f] \qquad (mm) \qquad (1.f)$$

trong đó:

[f] lấy giống như đối với thanh ngang.

M_o, F_1, F_2, I_1, I_2, G, p, v.v... xem phần tính f_1, f_2, f_3.

l_1, l_2 - chiều dài của thanh ngang và thanh đứng (hình 1.44, 1.45 và 1.46).

Ví dụ 1:

Tính nghiệm bền khung giá cán cho máy cán tấm nóng 4 trục (500/1.500 × 2.500) có chiều rộng sản phẩm là 2500 *mm* và lực cân bằng 1750 *tấn* (hình 1.46).

1. Tính nghiệm bền cho thanh ngang tại mặt cắt AA

Thanh ngang chịu uốn, vì vậy tính nghiệm bền theo σ_u:

$$\sigma_{u(AA)} = \frac{M_{u(AA)}}{W_{u(AA)}} \le [\sigma_u] \qquad (*1)$$

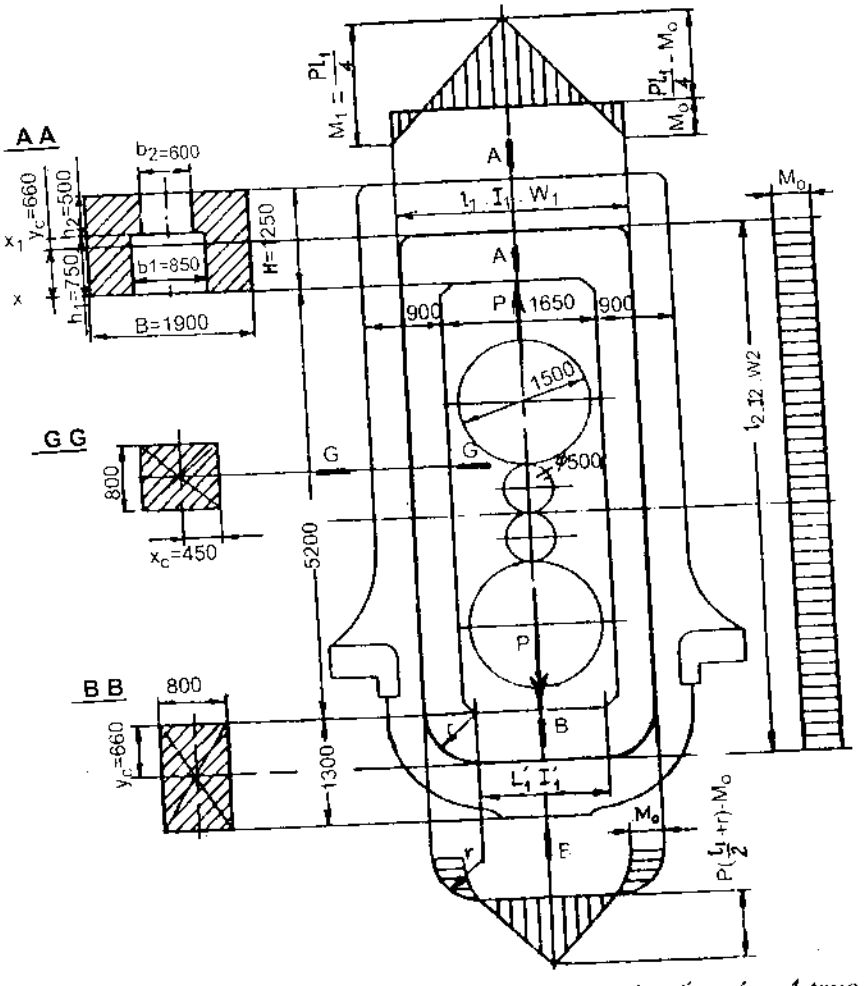
Tại AA: $M_{u(AA)} = M_u - M_o$ (*2)

$$W_{u(AA)} = \frac{I_{(AA)}}{y_C} = \frac{I_1}{y_C} \quad (*3)$$

y_C - trọng tâm tại mặt cắt AA được tính như sau:

$$y_c = \frac{\left[F_1 \cdot \frac{H}{2} - F_2 \cdot \frac{h_1}{2} - F_3\left(h_1 + \frac{h_2}{2}\right)\right]}{F_1 - F_2 - F_3} =$$

$$= \frac{\left[F_1 \cdot \frac{H}{2} - F_2 \cdot \frac{h_1}{2} - F_3\left(h_1 + \frac{h_2}{2}\right)\right]}{BH - b_1 h_2 - b_2 h_2} = 660\ mm$$



Hình 1.46. Các thông số hình học của khung giá cán tấm nóng 4 trục 2500.

$I_{(AA)} = I'_1 - I'_2 - I'_3$ (I'_1, I'_2, I'_3 là mômen quán tính ở các tiết diện mặt cắt AA).

$$I'_1 = \frac{BH^3}{12} + a^2F = BH.\frac{H^2}{12} + BH\left(y_c - \frac{H}{2}\right)^2 = 0{,}312\ m^4$$

$$I'_2 = \frac{b_1h_1^3}{12} + a_1^2F = b_1h_1.\left[\frac{(0{,}75)^2}{12} + (0{,}285)^2\right] = 0{,}0816\ m^4$$

$$I'_3 = \frac{b_2h_2^3}{12} + a_2^2F = b_2h_2.\left[\frac{(0{,}5)^2}{12} + (0{,}34)^2\right] = 0{,}0411\ m^4$$

Thay các giá trị: I_{AA} và y_C vào biểu thức (*3), ta có:

$$W_{u(AA)} = \frac{0{,}312 - 0{,}0816 - 0{,}0411}{0{,}66} = 0{,}29\ m^3 \qquad (*4)$$

$$M_{u(AA)} = M_u - M_o = \frac{pl_1}{4} - \frac{pl_1}{8}\left(\frac{1}{1 + \frac{l_2}{l_1}.\frac{I_1}{I_2}}\right) \qquad (*5)$$

Từ mặt cắt GG ta có:

$F_{(2)} = B_2H_2 = 0{,}8.0{,}9 = 0{,}72\ m^2$

Mômen quán tính:

$$I_{(2)} = \frac{B_2(H_2)^3}{12} = \frac{B_2H_2(H_2)^2}{12} = 0{,}72\frac{(0{,}9)^2}{12} = 0{,}484\ m^4$$

$y_{C(2)} = 0{,}45\ m$

và $$W_{u(2)} = \frac{I_{(2)}}{y_{C(2)}} = \frac{0{,}0486}{0{,}45} = 0{,}108\ m^3$$

Tương tự cách tính ấy tại mặt cắt BB, ta có:

$F_{(1)} = 1{,}04\ m^2$; $I_{(1)} = 0{,}1464\ m^4$; và $W_{u(1)} = 0{,}242\ m^3$

$$M_u = \frac{pl_1}{4} = \frac{1750.2{,}55}{4} = 1.120\ \textit{tấn.m}$$

$$M_0 = \frac{pl_1}{8}\left(\frac{1}{1 + \frac{I_{(2)}}{I_{(1)}}.\frac{I_1}{I_2}}\right) = \frac{1750.2{,}55}{8}\left(\frac{1}{1 + \frac{0{,}1464}{0{,}0486}.\frac{6{,}510}{2{,}55}}\right) = 142\ \textit{tấn.m}$$

Vậy $M_{u(AA)} = M_u - M_o = 1.120 - 142 = 978$ *tấn.m*

Thay các giá trị đã tính được vào công thức (*1) ta được:

$$\sigma_{u(AA)} = \frac{978\ tấn.m}{0,29\ m^3} = \frac{0,00337\ tấn}{mm^2} = 3,37\ kG/mm^2$$

Như vậy: $3,37\ kG/mm^2 < [\sigma_u] = (12 \div 15)\ kG/mm^2$

Kết luận: thanh ngang đủ bền làm việc tốt.

2. Tính nghiệm bền thanh ngang tại mặt cắt BB.

Thanh ngang chịu uốn nên tính nghiệm bền theo $\sigma_{u(BB)}$:

$$\sigma_{u(BB)} = \frac{M_{u(BB)}}{W_{u(Bb)}} = \frac{1120 - 142}{0,8.(1,3)^2} = 4,05\ kG/mm^2 < [\sigma_u]$$

3. Tính nghiệm bề thanh đứng tại tiết diện GG.

Tại đây thanh đứng chịu kéo nên tính nghiệm bền theo σ_k:

$$\sigma_k = \frac{P}{2F_2} + \frac{M_o}{W_{x(2)}} = \frac{1750}{2.0,72} + \frac{142}{0,108} = 2,52\ kG/mm^2$$

$[\sigma_k] = (8 \div 12)\ kG/mm^2$; vậy $\sigma_k < [\sigma_k]$

Kết luận: thanh đứng đủ bền, làm việc tốt.

4. Tính độ võng khung giá cán

Độ võng thanh ngang f:

$$f = f_1 + f_2 + f_3 < [f] = 0,5 \div 1,0\ mm$$

$$f_1 = \frac{pl_2}{EF_2} = \frac{1.750\ tấn \times 6.510\ mm}{2.10^4\ kG/mm^2.0,72\ m^2} = 0,376\ mm$$

$$f_2 = \frac{(l_1)^2}{4EI_1}\left(\frac{pl_1}{6} - M_o\right) = ... = 0,26\ mm$$

$$f_3 = \frac{1,2pl_1}{2GF_1} = ... = 0,34\ mm$$

$$f = 0,376 + 0,26 + 0,34 = 0,976\ mm < 1,0\ mm$$

Tương tự ta tính được độ võng thanh đứng f_o:

$$f_o < [f] = (0,5 \div 1,0)\ mm$$

Kết luận: f và f_o đều nhỏ hơn độ võng [f]. Như vậy toàn bộ khung giá cán đủ bền làm việc tốt.

• *Nghiệm bền khung (thân) giá cán kiểu hở.*

Thân giá cán kiểu hở được dùng nhiều trong các máy cán thép hình khi sản phẩm không cần độ chính xác cao vì nó dễ gia công chế tạo, lắp ráp. Tính nghiệm bền thân giá cán kiểu hở có khác kiểu kín đôi chỗ, còn thì giống nhau.

Khác ở chỗ là khi cán, dưới tác dụng của lực cán P thì 2 thanh đứng của máy cán bị uốn kéo cong vào trong. Lúc này xuất hiện 2 lực T chống uốn cho 2 thanh đứng (hình 1.50). Độ lớn của lực T phụ thuộc vào khe hở A giữa mặt phẳng thanh đứng và gối đỡ trên máy cán.

$$T = \frac{\frac{yl_1^3}{8} - \frac{\Delta j_1}{C}}{C\left(l_1 + \frac{2}{3}C\frac{j_1}{j_2}\right)} \quad (T;\ kN) \qquad (1.g)$$

Khi đó mômen uốn có độ lớn như sau:

$M_0 = T.C$ (T.m; kN.m) (1.h)

Ví dụ 2:

Tính nghiệm bền khung giá cán thép đúc kiểu hở khi cán nóng thép hình với các thông số cho ở hình 1.47.

$P_{cán\ max} = 64{,}56$ T

• Các thông số thanh ngang:

$l_1 = 970$ *mm*	$d = 440$ *mm*	$b_2 = 150$ *mm*
$l_2 = 2.360$ *mm*	$b = 480$ *mm*	$h = 400$ *mm*
$c = 250$ *mm*	$b_1 = 210$ *mm*	$h_1 = 270$ *mm*
		$h_2 = 130$ mm

• Thanh đứng có:

$H_2 = 450$ *mm* $B_2 = 650$ *mm*

1. Tính nghiệm bền uốn cho thanh ngang mặt cắt AA của khung giá cán.

Thay các thông số vào các công thức tính độ bền uốn ta có:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u} \le [\sigma_u]\ ; \quad [\sigma_u] = (6 \div 8)\ kG/mm^2 \text{ cho thép đúc.}$$

$$W_u = \frac{I_{AA}}{Y_{AA}}$$

$$Y_{AA} = \frac{\frac{bh.h}{2} - \frac{b_1h_1.h_1}{2} - b_2h_2(h + \frac{h_2}{3})}{bh - b_1h_1 - b_2h_2}$$

$$Y_{AA} = \frac{\frac{480.400.400}{2} - \frac{210.270.270}{2} - 150.130(400 + \frac{130}{3})}{480.400 - 210.270 - 130.150} = 192mm = 0{,}192m$$

$$I_1 = I_{AA} = I_1 - I_2 - I_3$$

$$I_1 = \frac{bh^3}{12} - \frac{b_1(h_1)^3}{12} - \frac{b_2(h_2)^3}{12} = \frac{0,48(0,4)^3}{12} - \frac{0,21(0,27)^3}{12} - \frac{0,15(0,13)^3}{12}$$

$$I_1 = 0,00256\ m^4 - 0,000345\ m^4 - 0,000257\ m^4$$

$$W_u = \frac{I_{AA}}{Y_{AA}} = \frac{0,001958}{0,192} \approx 0,0102\ m^3$$

$$M_1 = \frac{64,36.0,970}{4} = 15,607\ T.m$$

$$I_2 = \frac{B_2(H_2)^3}{12} = \frac{0,45(0,65)^3}{12} = 0,000102\ m^4$$

$$M_o = \frac{64,36.0,970}{8} \quad \frac{1}{1 + \frac{0,000257}{0,000102} \cdot \frac{2,36}{0,970}} = 1,014\ T.m$$

$$\sigma_u = \frac{14,551\,(T.m)}{0,0102\ m^3} = 0,00142\ T/m^2 = 1,42\ kG/mm^2$$

$1,42\ kG/mm^2 < [8]\ kG/mm^2$

Kết luận: thanh ngang làm việc tốt, đủ bền.

2. Tính nghiệm bền kéo cho thanh đứng.

$$\sigma_k = \frac{P}{2F_2} + \frac{M_o}{W_2} = \frac{64,36}{2(0,45.0,65)} + \frac{1,014}{[0,45(0,65)^2]/6}$$

$\sigma_k = 430\ T/m^2 = 0,43\ kG/mm^2 < [6]\ kG/mm^2$

Kết luận: thanh đứng làm việc tốt, đủ bền.

3. Tính nghiệm bền độ võng khung giá cán

Ta có:

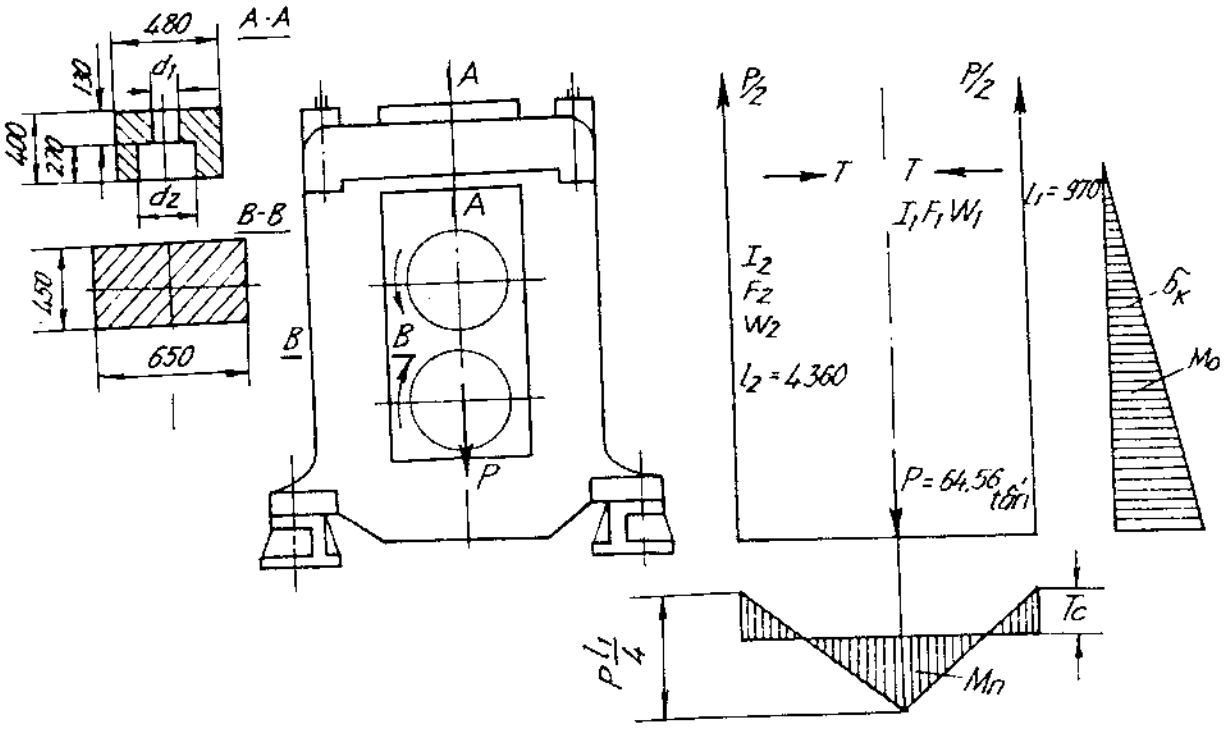
$f_1 = \frac{Pl_2}{2EF_2}$ thay bằng số ta được $f_1 = 0,3463\ mm$

$f_2 = \frac{l_1}{4EI_1}\left(\frac{Pl_1}{6} - M_o\right)$ thay bằng số ta được $f_2 = 0,02939\ mm$

$f_3 = \frac{1,2Pl_1}{2GF_1}$ thay bằng số ta được $f_3 = 0,4884\ mm$

$f = f_1 + f_2 + f_3 = 0,864\ mm < [f] = 1,0\ mm$

Kết luận: khung giá cán đủ bền.



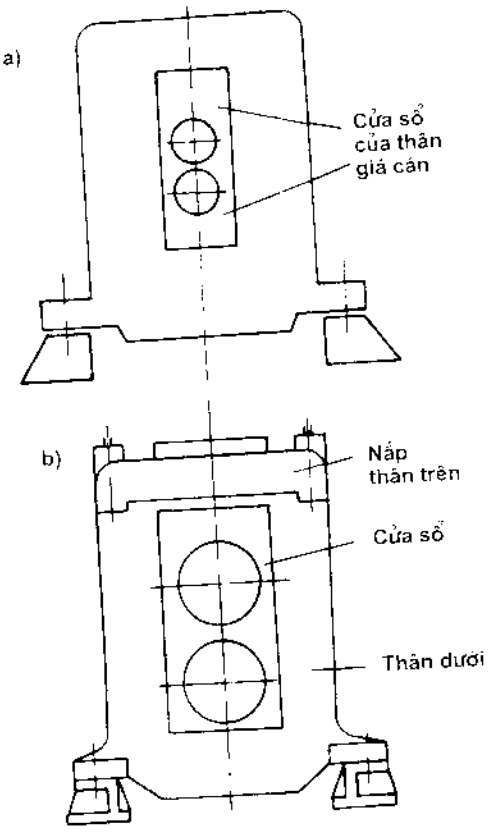
Hình 1.47. Tính nghiệm bền khung giá cán kiểu hở theo ví dụ 2.

d) Trục cán.

Trục cán là chi tiết làm biến dạng kim loại để tạo ra hình dáng và kích thước theo yêu cầu. Có hai loại trục cán thông dụng là trục cán hình và trục cán tấm. Ngoài ra còn có các loại trục cán mang tính chất chuyên dùng như trục cán ren, trục cán bi, trục cán ống, v.v...

Trục cán hình dùng để cán các loại thép hình có tiết diện phức tạp như dầm thép chữ I, chữ U, chữ T, ray cầu trục, ray xe lửa, ray tàu điện... (hình 1.51a).

Trục cán tấm dùng để cán các loại thép tấm dày, dày vừa, mỏng và cực mỏng, cán tấm các kim loại màu và hợp kim như đồng, nhôm, kẽm... (hình 1.51b).



Hình 1.48. *Thân giá cán*
1- kiểu kín; 2- kiểu hở

• *Các kích thước cơ bản của trục cán tấm (hình 1.52).*

Mối quan hệ giữa các kích thước đó ta có thể lấy theo tỉ lệ như sau:

Đối với máy cán 2 trục, 3 trục:

$$\frac{L}{D}\begin{cases} = (2,2 \div 2,7) \text{ cho máy cán phá.} \\ = (1,6 \div 2,5) \text{ cho máy cán hình.} \\ = (2,2 \div 2,8) \text{ cho máy cán tấm.} \end{cases}$$

Đối với máy cán 4 trục:

$$\frac{L}{D}\begin{cases} = (3 \div 5) \text{ cho trục làm việc.} \\ = (1,5 \div 2,5) \text{ cho trục tựa.} \end{cases}$$

Đối với máy cán dùng ổ đỡ trượt thì đường kính cổ trục chọn như sau:

$d = (0,55 \div 0,63)D$ cho trục cán hình.

$d = (0,7 \div 2,5)D$ cho trục cán tấm.

Đối với máy cán dùng ổ lăn thì đường kính cổ trục d lấy bằng đường kính trong của ổ bi được chọn.

Chiều dài l của cổ trục cán thường lấy bằng đường kính cổ trục d (l = d), hình 1.52.

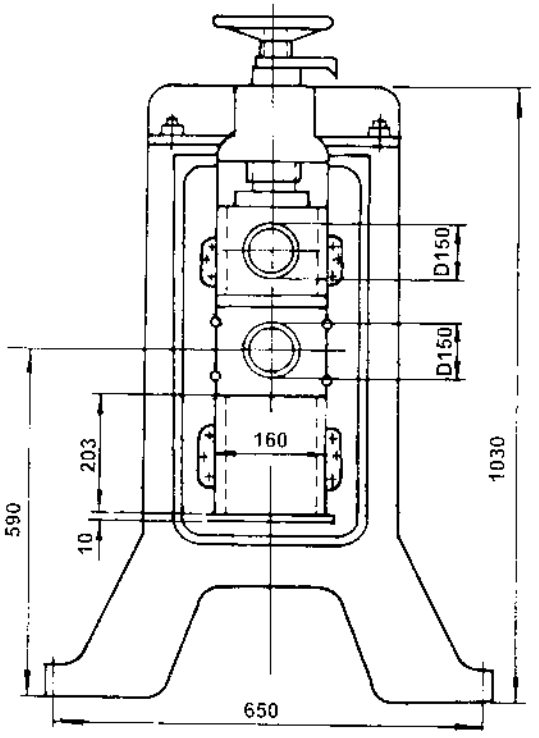
Bán kính lượn r = 0,1d.

Đường kính làm việc của trục cán D có thể lấy theo kinh nghiệm như sau: đối với máy cán tấm mỏng và băng mỏng:

$$D = 2000 \cdot h_{(min)}$$

trong đó:

$h_{(min)}$ - chiều dày của sản phẩm nhỏ nhất, *mm*.



***Hình 1.49**. Thân giá cán kiểu hở và các kích thước của nó.*

Lực tác dụng lên trục cán và cổ trục cán có thể tính theo hai công thức kinh nghiệm sau:

$$P_{(trục)} = \frac{0,4D^3[\sigma_u]}{a - b/2} \qquad (2.a)$$

trong đó:

$P_{(trục)}$ - áp lực cho phép tác dụng lên trục cán (*N* hoặc *kG*).

D- đường kính trục cán, *mm*.

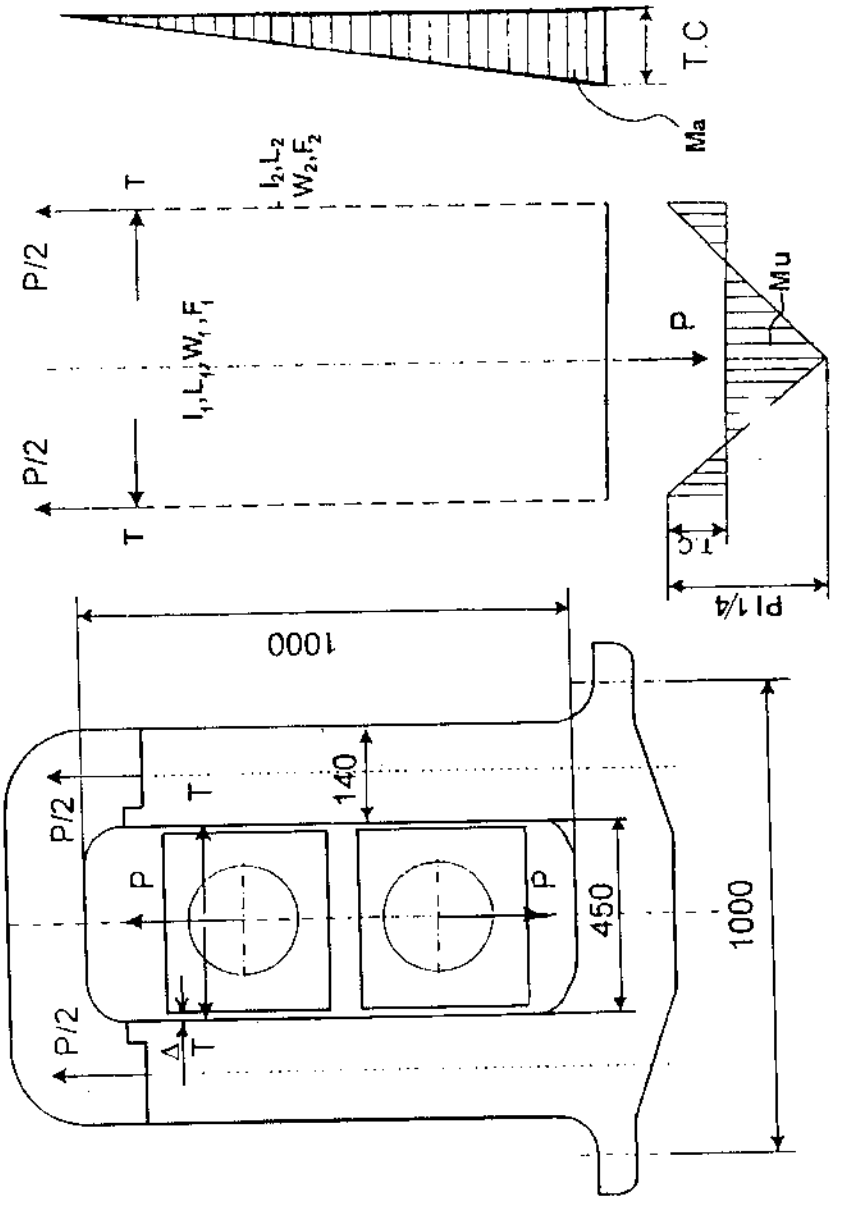
a- chiều dài tính từ điểm giữa hai cổ trục cán, *mm*.

b- chiều rộng của băng kim loại đang cán, *mm*, (hình 1.52).

$[\sigma_u]$ - giới hạn bền uốn cho phép của vật liệu làm trục cán.

Có thể chọn $[\sigma_u]$ = 70 N/mm^2 (7 kG/mm^2) cho trục bằng gang; $[\sigma_u]$ = 120 N/mm^2 (12 kG/mm^2) cho trục bằng thép.

$$P_{(cố)} = \frac{0{,}1d^3(\sigma_u)}{c-r} \qquad (2.b)$$



Hình 1.50. Lực và mômen tác dụng lên khung giá cán kiểu hở khi cán.

Trong đó:

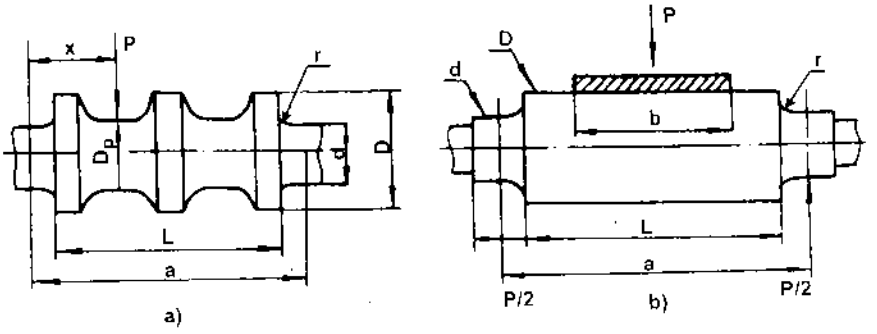
$P_{(cổ)}$ - áp lực cho phép tác dụng lên trục cán (*N* hoặc *kG*).

d - đường kính cổ trục cán, *mm*.

c - khoảng cách từ tâm (giữa) cổ trục cán đến mép ngoài bề mặt làm việc của trục cán. Thường lấy c = 1/2*l* (hình 1.52).

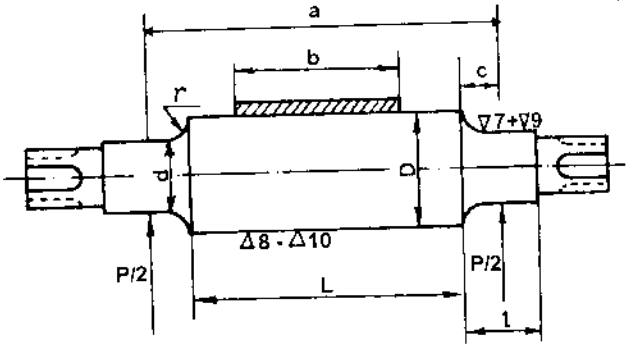
r- bán kính lượn ổ trục.

Vật liệu chế tạo trục cán thường là gang biến trắng, gang hợp kim và các loại thép hợp kim như 40X, 9XC, 50XH, 60XH, 65HM v.v... Độ cứng của trục cán sau khi tôi phải đạt từ 58 ÷ 65 RC.



Hình 1.51. *Trục cán*

a) trục cán hình; b) trục cán tấm.



Hình 1.52. *Trục cán tấm:*

D- đường kính trục, *mm*; L- chiều dài bề mặt trục làm việc, *mm*; d- đường kính cổ trục cán, *mm*; l- chiều dài cổ trục cán, *mm*; r- bán kính lượn cổ trục cán, *mm*.

+ *Tính nghiệm bền trục cán hình (hình 1.53).*

Khi làm việc, trục cán hình sẽ bị một lực cán P_{max} tác dụng lên trục (giả sử như hình 1.53, tại lỗ hình thứ nhất). Lúc này thân trục cán chịu uốn, cổ trục chịu uốn và xoắn, đầu nối trục chỉ chịu xoắn thuần tuý.

** Tại thân trục cán:*

Tính nghiệm bền theo điều kiện uốn.

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u} = \frac{P.x(1-\frac{x}{a})}{0,1D^3} \le [\sigma_u] \qquad (3.a)$$

trong đó:

P - lực cán lớn nhất, $P = P_{max}$ (*kG*).

D - đường kính làm việc của trục cán (*mm*).

x, a - các khoảng cách điểm đặt lực P và phản lực R_1, R_2 (*mm*).

(R_1, R_2 - các phản lực tại cổ trục cán khi có lực cán P tác dụng).

** Tại cổ trục cán:*

Tính nghiệm bền theo σ_{td}:

$$\sigma_{td} = \sqrt{3(\tau_x)^2 + (\sigma_u)^2} \le [\sigma_u] \text{ (đối với trục thép)} \qquad (3.b)$$

$$\sigma_{td} = 0,375\sigma_u + 0,625\sqrt{(\sigma_u)^2 + 4(\tau_x)^2} \le [\sigma_u] \text{ (đối với trục gang)}$$

trong đó:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u} = \frac{Pl}{0,4d^3}\left[\frac{kG}{mm^2}\right] \qquad (3.c)$$

$$\tau_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_x}{0,2d^3}\left[\frac{kG}{mm^2}\right]$$

d - đường kính cổ trục cán

l - chiều dài cổ trục cán

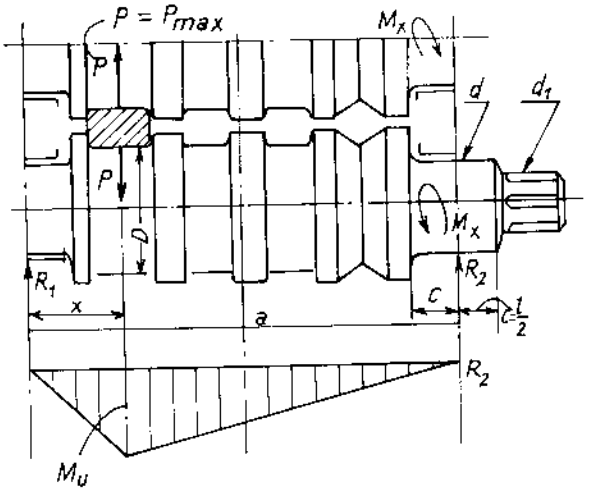
M_x - mômen xoắn truyền từ động cơ đến.

- Đối với thép:

$$[\sigma_{td}] = (35 \div 50)\frac{kG}{mm^2}$$

- Đối với gang:

$$[\sigma_{td}] = (35 \div 40)\frac{kG}{mm^2}$$



Hình 1.53. *Lực tác dụng lên trục cán và biểu đồ mômen uốn khi cán thép hình.*

** Tại đầu nối trục cán.*

Ở đây trục chỉ chịu xoắn thuần tuý:

$$\tau_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_x}{0,2d_1^3} \le [\tau_x] \qquad (3.d)$$

+ *Tính nghiệm bền trục cán tấm* (hình 1.54).

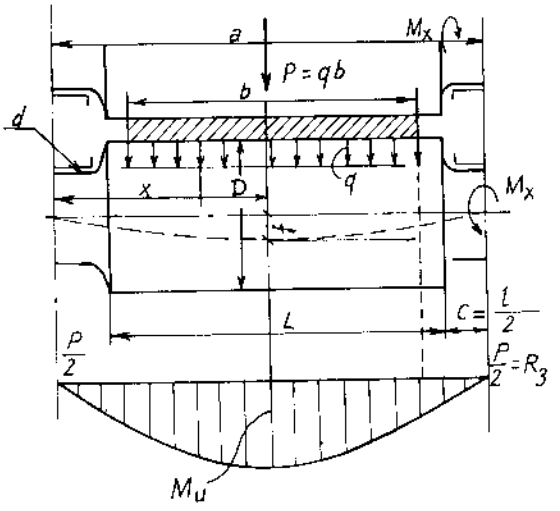
* *Tại thân trục cán:* chịu uốn, nghiệm bền theo σ_u.

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u} = \frac{\frac{P}{4}(1-\frac{b}{2})}{0{,}1D^3} \le [\sigma_u] \qquad (3.e)$$

* *Tại cổ trục và đầu nối trục:*

Tính nghiệm bền như trục cán hình.

+ *Tính nghiệm bền độ võng trục cán* (hình 1.54).



Hình 1.54. *Lực tác dụng lên trục cán và biểu đồ mômen uốn khi cán thép tấm.*

Khi cán, trục cán bị võng với độ võng f so với đường tâm trục ban đầu. Nếu cán với lực quá tải, độ võng f quá lớn và lớn hơn độ võng cho phép [f] thì trục cán dễ bị gãy gây ra sự cố và không an toàn cho thiết bị, vì vậy cần phải tính f:

$$f = f_1 + f_2 \le [f] \ \ (mm) \qquad (3.f)$$

trong đó:

[f] - độ võng cho phép: khi cán nguội: [f] = (0,05 ÷ 0,3) *mm* ; khi cán nóng: [f] = (0,3 ÷ 1,0) *mm*

$$f_1 = \frac{P}{384EJ_1}\left[8a^3 - 4ab^2 + b^3 + 64c^3\left(\frac{I_1}{I_2} - 1\right)\right] \ (mm)$$

$$f_2 = \frac{P}{\pi GD^2}\left[a - \frac{b}{2} + 2c\left(\frac{D^2}{d^2} - 1\right)\right] \ (mm)$$

a, b, c - các kích thước trên hình 1.54.

D- đường kính làm việc của trục cán (*mm*).

d- đường kính cổ trục

E- môđun đàn hồi của vật liệu $E = 2.10^4\ kG/mm^2$.

G - môđun trượt, $G \approx \frac{3}{8}E = 7500\ kG/mm^2$.

I_1 - mômen quán tính ở thân trục, $I_1 = \frac{\pi D^4}{64}$.

I_2 - mômen quán tính ở cổ trục, $I_2 = \frac{\pi d^4}{64}$.

$\pi = 3,14$.

Ghi chú:

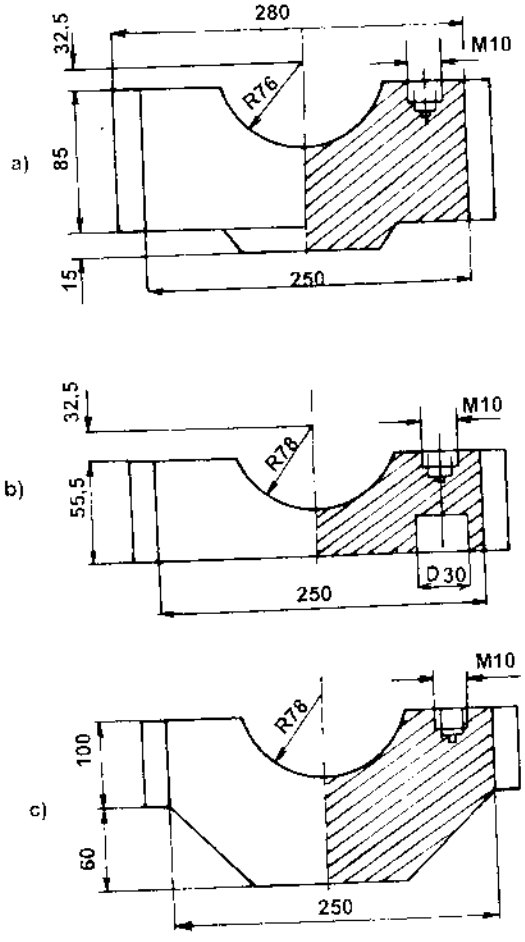
1. thông thường $f_2 = (0,1 \div 0,4)f_1$.

2. trong trường hợp vật liệu làm trục cán đều là thép hợp kim tốt thì:

$$E = 2,15.10^5 N = 2,15.10^4 kG/mm^2 = 21500\ kG/mm^2.$$

3. trong trường hợp này môđun trượt G là :

$$G \approx \frac{3}{8}E = 0,82.10^5 N/mm^2 = 8200\ kG/mm^2$$



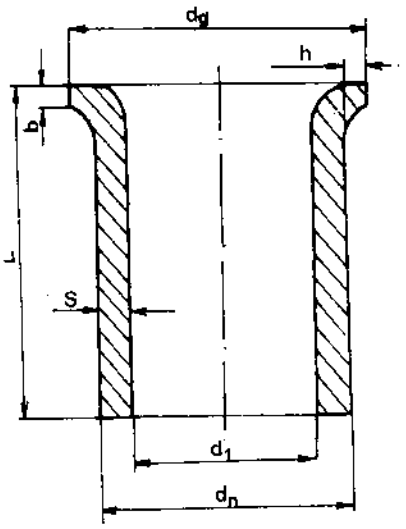
Hình 1.55. *a) nửa gối đỡ trên của trục trên; b) nửa gối đỡ dưới của trục trên và nửa gối đỡ trên của trục dưới; c) nửa gối đỡ dưới của trục dưới máy cán D = 200 mm.*

Gối đỡ và ổ đỡ của trục cán.

Trục cán được đặt trên thân giá cán và quay được nhờ gối đỡ và ổ đỡ trục. Bề mặt cổ trục nơi lắp vào ổ gối đỡ chịu ma sát rất lớn vì chịu lực lớn.

Gối đỡ trục thường làm bằng hai nửa ghép lại: nửa gối đỡ trên và nửa gối đỡ dưới, cũng có khi được đúc liền thành một khối. Trong quá

trình làm việc, trục cán dưới thường được cố định cho nên nửa dưới của gối đỡ dưới đặt trực tiếp vào thân giá cán. Giữa nửa gối đỡ trên của trục dưới và gối đỡ dưới của trục trên có cơ cấu lò xo nâng trục (việc nâng trục còn dùng đối trọng hoặc dùng phương pháp thuỷ lực) còn nửa trên của gối đỡ trên thì tỳ vào vít nén. Hình 1.55 cho chúng ta thấy một kiểu gối đỡ trục của máy cán hai trục D = 200 *mm*. Vật liệu chế tạo gối đỡ thường là thép đúc 35Л ÷ 45Л hoặc bằng gang.



Hình 1.56. *Các kích thước của ổ trượt (bạc lót).*

Ổ đỡ trục là bộ phận trực tiếp đỡ trục cán, là nơi chịu tác dụng của các lực đặt trên trục. Nhờ có ổ trục mà trục cán có một vị trí xác định trong máy và quay quanh một trục tâm đã định. Các máy cán thường dùng hai loại ổ đỡ: ổ lăn và ổ trượt. Ổ trượt hay dùng bạc lót, còn ổ lăn hay dùng vòng bi. Ổ trượt được dùng nhiều vì chịu lực va đập tốt, ổ trượt còn làm việc tốt trong các môi trường nước và môi trường ăn mòn khác.

Bề mặt ổ luôn tiếp xúc với cổ trục cán cho nên ổ phải làm bằng vật liệu có hệ số ma sát thấp như đồng thanh, babit 83, bakêlit, v.v... Nhà máy luyện cán thép Gia Sàng đã dùng gỗ nghiến thay bạc lót ổ bakêlit. Ổ trượt thường được làm hai nửa trên và dưới để dễ tháo lắp và được ghép chặt vào hai nửa gối đỡ trên và dưới. Các kích thước của ổ đỡ (còn gọi là bạc lót, hình 1.56,) được tính như sau:

Chiều dày: $S = (0{,}035 \div 0{,}05)d + 2{,}5$ *mm*

Trong đó:

d- đường kính cổ trục cán

Chiều dài: L = l (là chiều dài cổ trục cán), *mm*.

Chiều rộng của gờ: b = 1,2.S, *mm*.

Chiều cao của gờ: h = 0,6.S, *mm*.

Đường kính trong của ổ bằng đường kính cổ trục cán $d_t = d$.

Đường kính ngoài của ổ: $d_n = d_t + 2S$, *mm*.

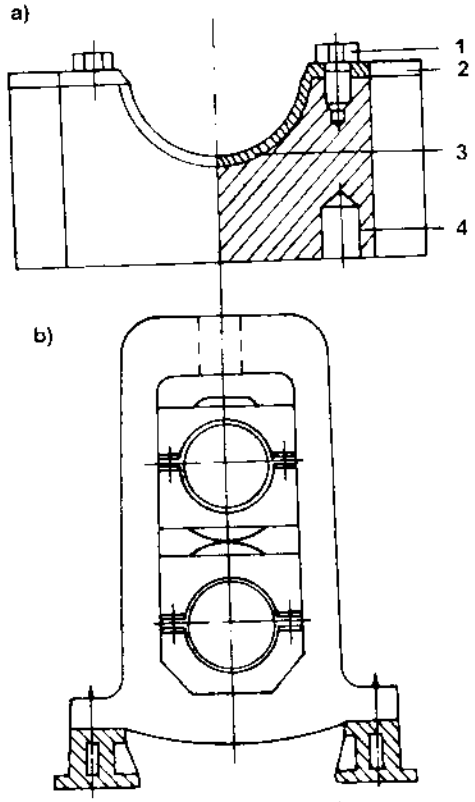
Đường kính phần có gờ: $d_g = d_n + 2h$, *mm*.

Vật liệu làm bạc lót ổ đỡ phải bảo đảm điều kiện sau:

$$[P] \geq P_{max}$$

[P] - áp lực cho phép của vật liệu làm bạc lót.

P_{max} - áp lực lớn nhất tác dụng lên bạc lót.



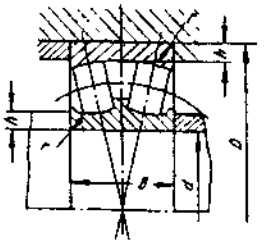
Hình 1.57. *a) lắp bạc lót (ổ đỡ) vào gối trục;*
1- vít cấy; 2- tấm giữ bạc lót;
3- bạc lót; 4- gối đỡ trục cán;
b) lắp bạc và gối đỡ trục vào thân giá cán.

Với các loại bacbit Б83 và Б89 ta có [P] = 25 N/mm^2; đồng thanh БрС30 có [P] = 20 N/mm^2; hợp kim nhôm ACM có [P] = 20 N/mm^2, v.v... Hình 1.57a là một kiểu lắp ghép ổ đỡ vào gối trục và hình 1.57b: ổ đỡ gối trục vào thân giá cán.

Ổ đũa dùng trong máy cán thép thường là ổ bi đũa một dãy, hai dãy hoặc ba dãy. Chúng được chế tạo theo tiêu chuẩn, bảng 1.9 và 1.10.

Việc thiết kế, tính toán, chọn ổ lăn hoặc ổ trượt, có thể dựa vào các tài liệu [1]; [8] và [9].

Bảng 1.10. Vòng bi (ổ đũa) dùng trong máy cán thép



Kí hiệu ổ đũa	d	D	B	r	h (min)	Hệ số làm việc	Tải trọng cho phép (kG)	Trọng lượng (kG)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3 003 136	180	280	74	3,5	6	790 000	56 000	1000	17
3 003 138	190	290	75	3,5	6	840 000	61 000	1000	19
3 003 140	200	310	82	3,5	6	970 000	70 000	800	24
3 003 144	220	340	90	4	7	1 150 000	90 000	800	30
3 003 148+	240	360	92	4	7	1 350 000	96 000	600	35
3 003 152	260	400	104	5	9	1 150 000	120 000	600	50
3 003 156+	280	420	106	5	9	1 800 000	127 000	600	63
3 003 160	300	460	118	5	9	2 000 000	147 000	500	75
3 003 164+	320	480	121	5	9	2 100 000	157 000	500	81
3 003 168	[illegible]	520	133	6	11	2 500 000	200 000	400	105
3 003 1[illegible]	360	540	134	6	11	2 600 000	220 000	400	112
3 0[illegible]	380	560	135	6	11	2 700 000	230 000	400	120
3 0[illegible]	400	600	148	6	11	3 300 000	244 000	300	154
3 003 184	420	620	150	6	11	3 350 000	270 000	300	160
3 003 188	440	650	157	8	14	3 500 000	300 000	250	180
3 003 192+	460	680	163	8	14	4 000 000	320 000	250	220
3 003 196+	480	700	165	8	14	4 200 000	350 000	200	225
30 031/500	500	720	167	8	14	4 300 000	370 000	200	230
Loại thường									
3520+	100	180	46	3,5	6	340 000	21 500	2000	5,2
3522+	110	200	53	3,5	6	420 000	27 000	2000	7,4
3524+	120	215	58	3,5	6	520 000	32 500	2000	9,3
3526+	130	230	64	4	7	630 000	39 500	1600	11,2

Tiếp bảng 1.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3528+	140	250	68	4	7	730 000	44 000	1600	14,5
3530+	150	270	73	4	7	800 000	50 000	1300	18,5
3532+	160	290	80	4	7	980 000	60 000	1300	23
3534+	170	310	86	5	9	1 070 000	68 000	1300	29
3536+	180	320	86	5	9	1 160 000	72 000	1000	30
3538+	190	340	92	5	9	1 260 000	80 000	1000	37
3540+	200	360	98	5	9	1 440 000	89 000	1000	45
3544+	220	400	108	5	9	1 660 000	110 000	800	65
3548	240	440	120	5	9	1 850 000	115 000	600	83
3552	260	480	130	6	11	2 300 000	130 000	600	109
3556+	280	500	130	6	11	2 600 000	170 000	600	125
3560	300	540	140	6	11	2 900 000	190 000	500	143
3564	320	580	150	6	11	3 300 000	220 000	500	175
3568	340	620	165	8	14	3 800 000	250 500	500	200
3572	360	650	170	8	14	4 000 000	280 500	500	250
3576	380	680	175	8	14	4 200 000	300 500	400	277
3580	400	720	185	8	14	4 500 000	330 500	400	332
Loại phi tiêu chuẩn									
3003 732+	160	270	86	3,5	6	900 000	60 000	1000	21
3003 744+	220	370	120	5	9	1 700 000	114 000	600	55
3003 748+	240	400	128	5	9	1 750 000	120 000	600	66
3003 752+	260	440	144	5	9	2 500 000	164 000	600	95
3003 756+	280	460	146	6	11	2 570 000	166 000	600	100
3003 764+	320	580	208	6	11	4 800 000	305 000	400	250
3003 780+	400	650	200	8	14	5 000 000	350 000	300	265
3003 792+	460	760	240	10	18	6 300 000	478 000	250	450
3003 796+	480	870	310	10	18	8 900 000	550 000	200	820
30 031/530+	530	780	185	8	14	5 100 000	393 000	200	300
40 038/750+	750	920	170	6	11	5 300 000	426 000	200	250
Loại đặc biệt phi tiêu chuẩn									
3734+	170	250	60	3,5	6	530 000	40 000	1000	10
3738+	190	280	67	3,5	6	700 000	50 000	1000	15,6
3736+	280	410	98	5	9	1 500 000	107 000	600	47
3760+	300	440	165	5	9	1 750 000	130 000	500	58
3768+	340	500	120	6	9	2 200 000	160 000	400	82,5
3780+	400	590	142	6	11	3 100 000	228 000	300	145
37/680+	680	920	153	8	14	4 800 000	390 000	200	323

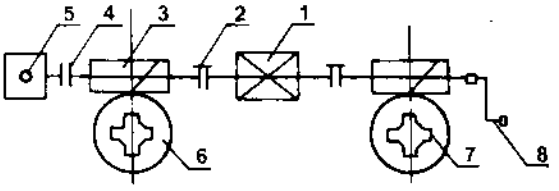
Vít nén và cơ cấu điều chỉnh lượng ép.

Để làm giảm chiều dày của vật cán dùng hai vít nén. Vít điều chỉnh lên xuống được và tỳ vào gối đỡ trên của trục cán. Hai vít nén và một số thiết bị dẫn động của chúng tạo nên cơ cấu điều chỉnh lượng ép: điều chỉnh bằng động cơ điện và điều chỉnh bằng tay.

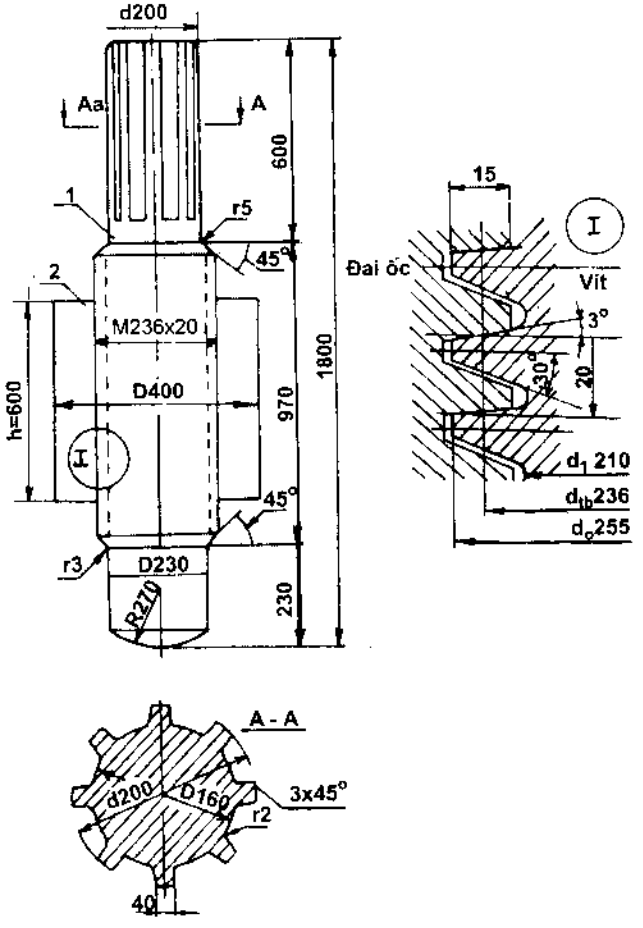
Các máy cán năng suất cao, có khoảng điều chỉnh lên xuống lớn và ở các máy cán lớn người ta thường dùng phương pháp điều chỉnh bằng động cơ điện. Sơ đồ động của phương pháp điều chỉnh đó được thể hiện ở hình 1.58.

Nguyên lý điều chỉnh như sau:

Động cơ điện 1 quay làm cho hai bánh vít 6



Hình 1.58. *Sơ đồ động của cơ cấu điều chỉnh lượng ép bằng động cơ điện.*
1- động cơ điện; 2- khớp nối; 3- trục vít;
4- khớp nối; 5- thiết bị đo và điều khiển;
6- bánh vít; 7- vít nén; 8- tay quay điều chỉnh.



Hình 1.59. *Vít me*
1- vít nén; 2- đai ốc.

quay nhờ khớp nối 2 và trục vít 3. Bánh vít 6 quay làm cho hai vít nén 7 ghép lỏng với hai bánh vít quay và làm cho chúng chuyển động lên xuống dễ dàng. Vít nén đứng vững được trên thân giá cán là nhờ có đai ốc được lắp chặt vào thân giá cán và được cố định.

Hình 1.59 cho thấy hình dáng và kích thước của vít nén với đai ốc trên máy cán D = 650 *mm*.

Điều chỉnh lượng ép bằng tay thường dùng ở các máy nhỏ có năng suất thấp. Khi ấy vít nén được điều chỉnh lên xuống bằng cách dùng cờ lê to để quay. Đầu vít nén khi ấy không cấu tạo then hoa nữa mà có tiết diện vuông hoặc 6 cạnh để dễ chế tạo và dễ vặn bằng cờ lê (hình 1.60).

Vật liệu chế tạo vít nén là thép 40X, 40XH có $[\sigma_B] = 150\ N/mm^2$. Đai ốc chế tạo bằng đồng thanh Л63, Л68, hoặc БрОФ10-1.

Việc thiết kế, chế tạo vít nén dựa vào các tài liệu [1] và [8].

Nếu biết đường kính cổ trục cán thì chọn đường kính vòng chia của trục vít me có ren hình thang (hình 1.59):

$$d_{(tb)} = (0{,}55 \div 0{,}62)d\ (mm)$$

trong đó: d - đường kính cổ trục cán (*mm*), xem hình 1.51, tra bảng hoặc tính toán ta sẽ có kích thước d_1 và d_o là đường kính chân ren và đỉnh ren.

Khi đó mũ ốc lồng (đai ốc) để lắp trục vít me gá vào giá cán có kích thước là:

$$D = (1{,}5 \div 1{,}8)d_{th}\ (mm)$$

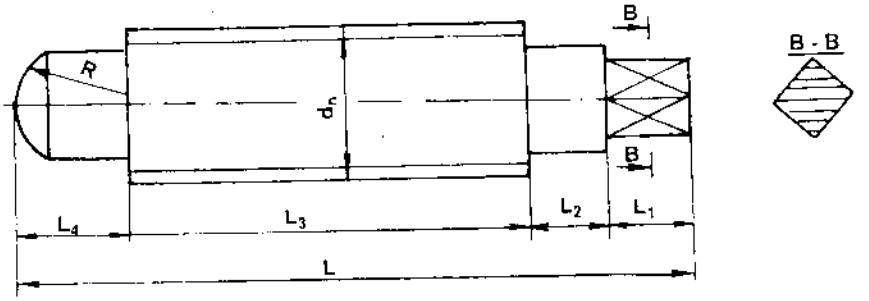
$$h = (0{,}95 \div 1{,}1)D\ (mm)$$

Nếu biết lực cán ($P_{c)\ mà}$ chưa tính toán được các kích thước D và d của trục cán thì ta tính d_{tb} của vít me theo công thức:

$$d_{tb} \geq \sqrt{\frac{P}{\pi[\sigma_k]}}\ (mm)$$

trong đó: $P \approx \frac{P_{cán}}{2} \approx \frac{P_c}{2}$; $\pi = 3{,}14$

$[\sigma_k]$ - độ bền kéo cho phép của vật liệu làm trục vít, $[\sigma_k] = (12 \div 15)\ kG/mm^2$

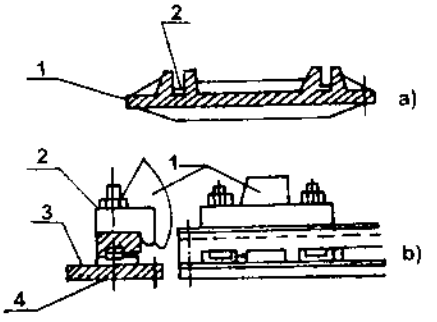


Hình 1.60. Vít nén dùng cho máy cán cỡ nhỏ, điều chỉnh lượng ép bằng tay.

III. NHỮNG CHÚ Ý KHI LẮP RÁP VÀ VẬN HÀNH MÁY CÁN

1. Móng máy cán

Giá cán được lắp vào bệ máy cán, bệ máy cán được lắp vào móng máy bằng các bulông nền. Móng máy cán phải đảm bảo các yêu cầu về chịu lực và chịu va đập. Trong quá trình làm việc lực cán và những va đập khác được móng máy hoàn toàn hấp thụ. Móng máy cán thường được làm bằng bêtông hoặc bêtông cốt thép. Các kích thước của móng máy cán phụ thuộc vào trọng lượng và kích thước của máy cán. Hình 1.61 giới thiệu bệ máy thường dùng đối với một số máy cán nhỏ, vật liệu là gang đúc hoặc thép đúc.



Hình 1.61. *a) bệ máy cán:*
1- lỗ bắt bulông nền; 2- rãnh bắt bulông với khung giá cán;
b) lắp khung giá cán vào bệ máy cán:
1- khung giá cán; 2- bulông giá cán; 3- bulông nền; 4- bệ máy cán.

Khi lắp giá cán vào bệ máy và bệ máy vào móng máy ta có thể kiểm tra độ bền của các bulông nền theo công thức (3.g):

$$[\sigma_{Bbulông}] = \frac{4Q}{\pi d^2} \leq [\sigma_B] \qquad (3.g)$$

trong đó:

Q-lực chịu kéo của một bulông nền khi máy cán làm việc, N hoặc *kG*.

d- đường kính của bulông nền, *mm*.

$[\sigma_B]$ - giới hạn bền cho phép của vật liệu làm bulông (thép CT2, CT3 có $[\sigma_B] = (70 \div 80)\ N/mm^2 = (7 \div 8)\ kG/mm^2$.

2. Những điểm cần chú ý khi lắp máy và vận hành máy cán

Việc lắp ráp máy cán cũng như các máy khác nói chung là phải bảo đảm an toàn tuyệt đối về người và thiết bị. Phải tuân theo qui định, qui phạm lắp ráp máy, theo sự chỉ đạo của cán bộ chuyên môn trực tiếp chỉ huy.

Cần chú ý những điểm sau:

+ Đối với máy cán không dùng thêm bộ truyền đai thì trục tâm của các trục dẫn động từ trục cán đến động cơ, đặc biệt là từ phía sau hộp truyền lực đến động cơ, phải nằm trên cùng một mặt phẳng (hình 1.62).

+ Các máy có dùng thêm bộ truyền đai lắp ở đầu ra của trục động cơ và đầu vào của hộp giảm tốc thì cần chú ý đến khả năng điều chỉnh được độ căng đai trong quá trình làm việc của máy, nếu trong bản thiết kế máy chưa có cơ cấu căng đai.

+ Khi máy lắp ráp xong phải cho máy chạy không tải một thời gian để kiểm tra lại các thiết bị điện, hộp giảm tốc và các chi tiết khác. Đặc biệt là kiểm tra trục cán, trục khớp nối, các bulông lắp ghép, v.v... Chạy không tải làm cho các bạc lót trục được mòn đều với cổ trục để máy sau này làm việc êm và cán chính xác. Trước khi mở máy chạy thử cần chú ý không để bất kỳ một vật gì rơi vào khe hở giữa hai trục cán.

+ Sau một thời gian chạy không tải và chạy thử phải kiểm tra lại tất cả các thông số kỹ thuật của máy cán. Nếu các thông số kỹ thuật bảo đảm thì mới đưa máy vào sản xuất.

3. Chế độ và dầu bôi trơn máy cán

Bôi trơn nhằm các mục đích sau: giảm ma sát, chống mài mòn, tăng tuổi thọ của các chi tiết, giảm tiêu hao điện, tăng năng suất.

Máy cán cũng như các máy khác cần có dầu mỡ bôi trơn và chế độ

bôi trơn hợp lý để đạt được các mục đích trên.

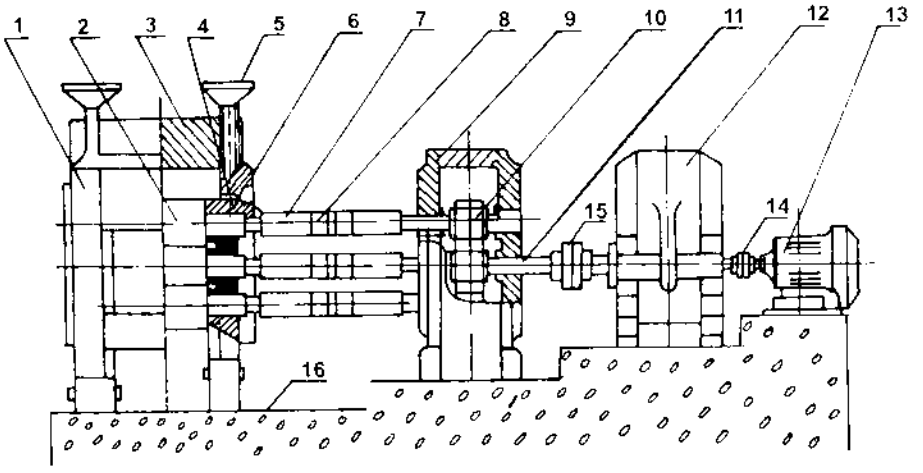
Vật liệu bôi trơn cần phải lựa chọn sao cho khi máy làm việc phải luôn luôn hình thành và duy trì một màng dầu mỏng bám vào bề mặt các chi tiết tại những nơi tiếp xúc như ổ trục và ngõng trục, các khớp nối, ổ nối, v.v...

Các loại dầu, mỡ bôi trơn thường ở dạng lỏng như dầu khoáng vật, dầu công nghiệp; ở dạng đặc như mỡ công nghiệp, mỡ động thực vật hay ở dạng rắn như parafin, than chì,...

Khi chọn dầu, mỡ bôi trơn cần chú ý tới các tính chất cơ bản sau:

+ Độ nhớt: độ nhớt càng cao thì chất lượng bôi trơn càng tốt. Dầu khoáng vật có độ nhớt tăng cùng với sự tăng của áp lực.

+ Nhiệt độ cháy: ở nhiệt độ này dầu mỡ bôi trơn bị bốc hơi và dễ cháy.



Hình 1.62. *Lắp ráp máy cán để trục tâm các trục nằm trong một mặt phẳng.*
1- thân giá cán; 2- trục cán; 3- nắp trên thân giá cán; 4- gối đỡ trục và bạc lót trục; 5- vít nén điều chỉnh lượng ép; 6- cốc an toàn; 7 và 8- trục khớp nối hoa mai; 9- vỏ hộp bánh răng chữ V; 10- bánh răng chữ V; 11- trục dẫn động bánh răng chữ V; 12- hộp giảm tốc; 13- động cơ điện; 14 và 15- khớp nối trục; 16- móng máy cán.

+ Nhiệt độ đông đặc: tại nhiệt độ đó tính bôi trơn của dầu mỡ kém, tính chảy loãng tạo thành lớp màng mỏng bôi trơn trên bề mặt chi tiết không còn nữa, tổn thất dầu lớn, v.v..., đặc biệt là khi ở nhiệt độ thấp.

+ Tạp chất cơ học làm ảnh hưởng tới tuổi thọ của các chi tiết máy và chất lượng bôi trơn của nó. Ở dầu mỡ bôi trơn có chất lượng cao, tạp chất cơ học không được lớn hơn 0,007%.

+ Độ tro đặc trưng cho sự tồn tại của chất không cháy được trong dầu, mỡ bôi trơn, dầu mỡ công nghiệp. Độ tro cho phép là 0,007%.

Độ cốc hoá được biểu thị thành phần trăm (%) trọng lượng cốc của các loại dầu mỡ với loại dầu mỡ bôi trơn đem phân tích thí nghiệm. Bảng 1.11 giới thiệu một số loại dầu mỡ bôi trơn của Liên Xô (cũ).

Bảng 1.12 giới thiệu một số tính chất cơ lý của dầu, mỡ bôi trơn của hãng BP của Công ty Petrolimex.

***Bảng 1.11.* Một số tính chất cơ lý của dầu, mỡ bôi trơn máy cán thường dùng ở Liên Xô (cũ)**

Cơ lý tính	Dạng bên ngoài và màu sắc	Tạp chất cơ học % (không lớn hơn)	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Nhiệt độ đông đặc (°C)	Nơi bôi trơn
Dầu mỡ công nghiệp УТЛ ГОСТ 3257-53	Đen da lươn đến màu vàng	0	-	-	Ổ trục, gối đỡ, hệ thống bơm thụt
Dầu mỡ công nghiệp УП2 ГОСТ 6708-53	Đặc quánh Đen da lươn đến màu vàng	0,25	-	-	Cổ trục, ngõng trục lắp hở
Dầu công nghiệp Mỡ công nghiệp ГОСТ 6480-53	-	0	285	-10	Ổ ma sát lỏng Ổ nối trục, truyền động nặng
Dầu mỡ xilanh ГОСТ 1841-51	-	0,007	215	+5	Truyền động nặng, bánh vít - - trục vít
Dầu mỡ công nghiệp ГОСТ 1840-51	-	0	112	-25	Máy là, máy mài, trục khớp nối

Bảng 1.12. **Một số tính chất cơ lý của dầu, mỡ bôi trơn BP của Công ty Petrolimex**

Cơ lý tính / Tên gọi và kí hiệu	Tỷ trọng ở 15°C (kG/l)	Điểm chớp cháy (°C)	Độ nhớt ở 40°C (Cst)	Độ nhớt ở 100°C (Cst)	Điểm đông đặc (°C)	Trị số kiềm tổng mg KOH/g	Màu sắc	Nơi dùng
Dầu BP-ENERGOL-GR-XP68	0,888	224	65,3	8,55	-24	-	nâu vàng	1
Dầu BP-ENERGOL-GR-XP100	0,901	224	96,0	11,10	-24	-	nâu vàng	
Dầu BP-ENERGOL-HD40	0,897	240	-	140	-9	-	nâu vàng	2
Dầu BP-ENERGOL-HL10	0,861	162	9,5	2,5	-45	0,2	nâu vàng	3
Dầu BP-ENERGOL-HL15	0,869	174	15,0	3,32	-33	0,2	nâu vàng	
Dầu BP-ENERGOL-HLP100	0,880	240	105,0	105	-24	0,2	nâu vàng	
Dầu BP-HDX-30	0,894	227	123	11,5	-12	0,6	nâu vàng	4
Dầu BP-HDX-40	0,897	230	179	15	-9	0,6	nâu vàng	
Dầu BP-HDX-50	0,903	230	281	20	-9	0,6	nâu vàng	5
Dầu BP-ENERGOL-HP5	0,843	124	4,6	-	-12	0,1	nâu vàng	
Dầu BP-ENERGOL-HP10	0,61	139	9,9	2,6	-21	0,1	nâu vàng	
Dầu BP-ENERGOL-DS3-103	0,923	224	-	12,1	-	10	nâu vàng	
Dầu BP-ENERGOL-DS3-104	0,924	224	-	15,2	-	10	nâu vàng	
Dầu PLC-BRAKE-FLUID-DOT3	1,040	> 100	1459 (ở 40°C)	1,5	-	-	nâu vàng	6
Dầu SUPERTRANS	-	-	8,5	18,5 (ở 20°C)	-45	0,02	nâu đen nâu đen	7
Mỡ PB-ENERGREASE-L2HM	-	-		-	190	-		
Mỡ PB-ENERGREASE-L2-M	-	-		-	190	-		
Mỡ PB-ENERGREASE-LS2	-	-		-	190	-		
Mỡ PB-ENERGREASE-LS3	-	-		-	190	-		
Mỡ PB-ENERGREASE-L-EP1	-	-		-	190	-		
Mỡ PB-ENERGREASE-L-EP2	-	-		-	190	-		

1- Hộp số, hộp giảm tốc, hộp truyền lực; 2- Các loại động cơ ôtô; 3- Máy thuỷ lực, thuỷ khí;
4- Cacte ôtô các loại; 5- Máy dầu; 6- Các loại phanh dầu; 7- Các loại biến thế.

Chương II

CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN ĐẶC TRƯNG CHO CÔNG NGHỆ CÁN

Căn cứ vào đặc trưng biến dạng của vật cán và cách bố trí trục cán mà quá trình cán có thể chia làm ba dạng: cán dọc (sản phẩm là thép tấm, thép hình), cán ngang, cán tạo ống không hàn, cán nghiêng (cán ngang xoắn).

Trong khuôn khổ sách này chỉ nói đến các thông số đặc trưng cho quá trình cán dọc. Các lý thuyết về cán dọc, cán ngang và cán nghiêng xem các tài liệu [5] và [14].

I. VÙNG BIẾN DẠNG VÀ CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG CHO VÙNG BIẾN DẠNG KHI CÁN DỌC

1. Khái niệm

Cán dọc là quá trình làm biến dạng kim loại một cách liên tục giữa hai trục cán. Nhờ có hai trục cán 2 quay ngược chiều nhau và nhờ có ma sát tiếp xúc mà vật cán 1 (hình 2.1) biến dạng và đi ra phía trước (bản thân vật cán không tự chuyển động).

2. Vùng biến dạng

Khi cán, hai trục cán quay liên tục ngược chiều nhau. Nhờ ma sát tiếp xúc vật cán được ăn liên tục vào trục cán và biến dạng. Sau biến dạng chiều dày vật cán 1 (hình 2.1) giảm dần, chiều dài tăng lên, chiều rộng cũng tăng lên chút ít và hình dáng của vật cán thay đổi.

Vùng biến dạng là vùng kim loại biến dạng dẻo nằm trong phạm vi tác dụng của trục cán. Vùng ABCD (hình 2.1) là vùng biến dạng.

3. Các thông số đặc trưng cho vùng biến dạng (hình 2.1)

Người ta gọi α là góc ăn kim loại là góc tạo bởi cung tiếp xúc AB (hoặc chuyển động) giữa bề mặt trục cán và kim loại. Máy cán khác nhau, sản phẩm cán khác nhau thì α sẽ khác nhau.

Cung AB = CD = l là chiều dài cung tiếp xúc hay chiều dài của vùng biến dạng.

Góc $\gamma = \widehat{IOB}$ là góc trung hoà, tại đó vận tốc cán của kim loại bằng vận tốc của trục cán ($v_{kl} = v_1$).

h_1, h_2 - chiều cao của vật cán trước và sau khi biến dạng.

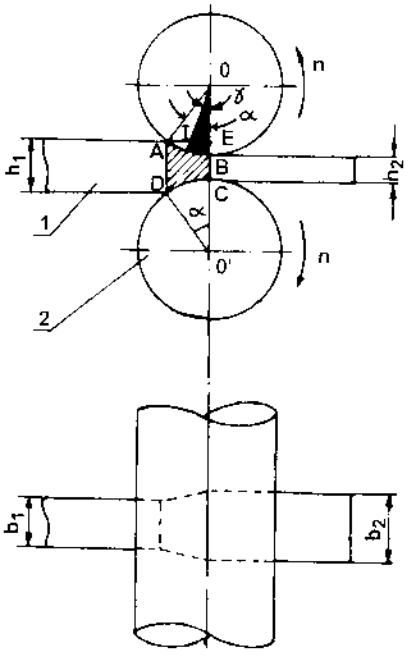
b_1, b_2 - chiều rộng của vật cán trước và sau khi biến dạng.

l_1, l_2 - chiều dài của vật cán trước và sau khi biến dạng.

Lượng ép của kim loại

Lượng ép tuyệt đối (Δh) là hiệu số chiều cao của vật cán trước và sau khi biến dạng. Lượng ép tuyệt đối được biểu thị bằng công thức:

$$\Delta h = h_1 - h_2 \, (mm) \qquad (2.1)$$



Hình 2.1. *Sơ đồ vùng biến dạng của kim loại khi cán*
1- vật cán; 2- trục cán.

Lượng ép tương đối ε là tỉ số giữa lượng ép tuyệt đối và chiều dày ban đầu của vật cán tính theo %. Lượng ép tương đối được biểu thị bằng công thức:

$$\varepsilon = \frac{h_1 - h_2}{h_1} 100 \ (\%) \qquad (2.2)$$

Mối quan hệ giữa Δh, α và l từ hình 2.2. ta thấy:

$$\frac{\Delta h}{2} = \frac{h_1}{2} = \frac{h_2}{2} = BE$$

Mà $BE = OB - OE = R - R\cos\alpha = R(1 - \cos\alpha) = 2R\sin^2\frac{\alpha}{2}$

Vì α quá nhỏ nên:

$$\sin\frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2} \quad \text{do đó} \quad BE = \frac{2R\alpha^2}{4}$$

Suy ra:

$$\frac{\Delta h}{2} = \frac{2R\alpha^2}{4} \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}} = \sqrt{\frac{2(h_1 - h_2)}{D}} \ rad \qquad (2.3)$$

$\Delta h = h_1 - h_2$ (h_1 - chiều cao vật cán trước khi cán).

Qua (2.3) có thể nhận thấy: góc ăn α (rad) tỉ lệ thuận với Δh và tỉ lệ nghịch với đường kính trục cán D.

Ta lại có:

$$\overset{\frown}{AB} = R.\alpha = l = \frac{D}{2}.\alpha = l$$

Thay α từ (2.3) vào công thức trên ta có:

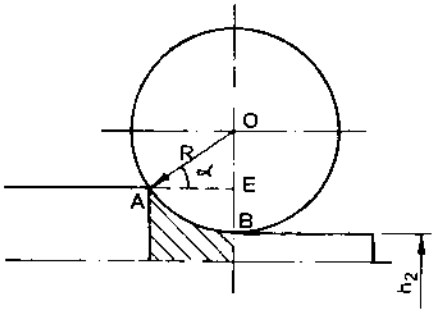
$$l = \sqrt{\frac{D}{2}\Delta h} = \sqrt{R\Delta h}\ mm \qquad (2.4)$$

Nhận xét tương tự là chiều dài cung tiếp xúc l tỉ lệ thuận với D và Δh.

Lượng gãn rộng là hiệu số chiều rộng của vật cán sau khi cán và trước khi cán. Lượng giãn rộng được biểu thị bằng công thức:

$$\Delta b = b_2 - b_1,\ mm \qquad (2.5)$$

Người ta còn đưa ra khái niệm lượng giãn rộng tương đối và hệ số giãn rộng, v.v... nhưng thực tế ít dùng đến. Trong thiết kế lỗ hình trục cán phải tính Δb một cách chính xác. Cho đến nay có hàng chục công thức tính lượng giãn rộng Δb khác nhau và rất chính xác. Ta có thể dùng công thức của Baxtino để tính lượng giãn rộng:



Hình 2.2. *Quan hệ giữa Δh, α và l*

$$\Delta b = 1{,}15\frac{\Delta h}{2h_1}\left(\sqrt{R\Delta h} - \frac{\Delta h}{2f}\right)\ mm \qquad (2.6)$$

trong đó:

Δh- lượng ép tuyệt đối;

R- bán kính trục cán;

f- hệ số ma sát, f = (1,05 - 0,0005t);

t- nhiệt độ vật cán;

h_1- chiều cao ban đầu của vật cán.

Việc tính toán Δb có thể tham khảo các tài liệu [4]; [5]; [6]; [11] và [12].

Hệ số giãn dài khi cán

Hệ số giãn dài (μ) hay hệ số kéo dài là tỉ số giữa chiều dài sau khi cán l_2 và trước khi cán l_1:

$$\mu = \frac{l_2}{l_1} \tag{2.7}$$

μ luôn luôn lớn hơn 1 vì l_2 luôn luôn lớn hơn l_1.

Quan hệ giữa μ (hệ số giãn dài) và ε (lượng ép tương đối).

Trong lý thuyết cán ta có định luật thể tích kim loại không đổi trong suốt quá trình cán. Điều này chúng ta hãy công nhận, nghĩa là đối với sản phẩm có n lần cán thì thể tích (V) của kim loại luôn luôn không đổi và:

$$V_1 = V_2 = V_3 = \dots V_{n-2} = V_{n-1} = V_n = \text{hằng số.}$$

Ta đều biết:

Thể tích = (diện tích tiết diện) × (chiều dài).

Vậy:

$$\begin{aligned} V_1 = F_1 l_1 = V_2 = F_2 l_2 = V_3 = F_3 l_3 = \dots = \\ = V_{n-2} = F_{n-2} l_{n-2} = V_{n-1} = F_{n-1} l_{n-1} = V_n = F_n l_n \end{aligned} \tag{2.8}$$

Từ (2.8) ta có:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{F_2}{F_3} = \frac{l_3}{l_2} = \dots = \frac{F_{n-2}}{F_{n-1}} = \frac{l_{n-1}}{l_{n-2}} = \frac{F_{n-1}}{F_n} = \frac{l_n}{l_{n-1}}$$

Ta lại có:

$$\left.\begin{aligned} F_1 = b_1 h_1 \\ F_2 = b_2 h_2 \end{aligned}\right\} \tag{2.9}$$

b_1, h_1 - chiều rộng và dày của vật cán lần một.

b_2, h_2 - chiều rộng và dày của vật cán lần thứ hai.

Từ (2.8) và (2.9) có: $\dfrac{b_1 h_1}{b_2 h_2} = \dfrac{l_2}{l_1} = \mu$

Nếu trong quá trình cán mà chiều rộng vật cán không thay đổi ($b_1 \approx b_2$) thì:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{l_2}{l_1} = \mu$$

suy ra $$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{\mu} \qquad (2.10)$$

Từ (2.2) và (2.10) ta có:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_1}.100\% = \frac{h_1 - h_2}{h_1}.100\% = (1 - \frac{h_2}{h_1}).100\% = (1 - \frac{1}{\mu}).100\%$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{1}{\mu} \qquad (2.11)$$

Qua (2.10) và (2.11) ta nhận thấy rõ ràng μ luôn luôn > 1 và ε tỉ lệ thuận với μ. Nghĩa là lượng ép tương đối càng lớn thì hệ số kéo dài cũng càng lớn và ngược lại.

Cách tính số lần cán n

Theo định nghĩa của hệ số giãn dài ta có:

$$\mu_{tổng} = \frac{l_n}{l_o} = \frac{F_o}{F_n} \qquad (2.12)$$

trong đó:

$\mu_{tổng}$ - hệ số giãn dài tổng cộng của vật cán sau n lần cán;

l_n, l_o - chiều dài của vật cán sau n lần cán và chiều dài phôi cán ban đầu;

F_o, F_n - diện tích tiết diện của phôi cán ban đầu và của thành phẩm sau n lần cán.

Từ (2.12) ta có thể viết:

$$\mu_{tổng} = \frac{F_o}{F_1} \cdot \frac{F_1}{F_2} \cdot \frac{F_2}{F_3} \cdots \frac{F_{n-2}}{F_{n-1}} \cdot \frac{F_{n-1}}{F_n}$$

$$\mu_{tổng} = \mu_1.\mu_2.\mu_3.\mu_{n-1}.\mu_n \qquad (2.13)$$

trong đó: $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_{n-1}, \mu_n$ là hệ số giãn dài của lần cán thứ 1, 2, 3, ..., (n-1), n. Vì μ có trị số khác nhau nên để tiện tính toán người ta đã đưa ra khái niệm về *hệ số giãn dài trung bình* và được kí hiệu là μ_{tb}:

$$\mu_{tb} = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_{n-1} + \mu_n}{n} \qquad (2.14)$$

Kết hợp (2.12), (2.13) và (2.14) ta có:

$$\frac{F_o}{F_n} = \mu_{tổng} = \underbrace{\mu_{tb}.\mu_{tb}.\mu_{3tb}.\mu_{tb}}_{n\ lần} = (\mu_{tb})^n$$

Lôgarit hoá hai vế ta được:

$$\lg F_o - \lg F_n = n \lg \mu_{tb}$$

Vậy: $$n = \frac{\lg F_o - \lg F_n}{\lg \mu_{tb}} \qquad (2.15)$$

Qua (2.15) ta thấy: nếu biết được tiết diện ngang ban đầu của phôi cán, tiết diện sản phẩm và biết được hệ số giãn dài trung bình thì tính được ngay số lần phải cán (lấy tròn số, không lấy số thập phân).

Từ lý thuyết và thực tế sản xuất người ta lập bảng 2.1. xác định các hệ số giãn dài trung bình tương ứng với các sản phẩm và lỗ hình khi cán.

Bảng 2.1. **Phân phối hệ số giãn dài trung bình (μ_{tb}) cho một số sản phẩm cán**

Thứ tự	Loại sản phẩm	Loại lỗ hình	μ_{tb}
1	Có tiết diện ngang đơn giản (tròn, vuông, dẹt, chữ nhật, tam giác, bầu dục)	Cán tinh	1,10 ÷ 1,15
		Chữ nhật - vuông	1,15 ÷ 1,30
		Thoi - vuông	1,25 ÷ 1,60
		Bầu dục - vuông	1,20 ÷ 1,80
2	Có tiết diện phức tạp (ray và các dầm U, I, T)	Cán tinh- cán thô	1,10 ÷ 1,20
			1,30 ÷ 1,40

II. ĐIỀU KIỆN VẬT CÁN ĂN VÀO TRỤC KHI CÁN DỌC

1. Điều kiện để vật cán ăn vào trục

Khi dùng một ngoại lực đưa vật cán vào hai trục cán đang quay ngược chiều nhau, tại thời điểm vật cán tiếp xúc với hai trục cán, thành phần lực ma sát nằm ngang T_x phải lớn hơn thành phần áp lực pháp tuyến nằm ngang N_x mới bảo đảm cho vật cán ăn vào trục. Nếu $T_x < N_x$ thì vật cán không ăn vào trục được và quá trình cán không thể xảy ra (hình 2.3).

Nếu $2T_x > 2N_x$

nghĩa là:

$T_x > N_x$ (a)

thì vật cán ăn vào trục.

Ta có: $N_x = N\sin\alpha$

$T_x = T\cos\alpha$.

Mặt khác:

$T = Nf$ (b)

trong đó: f - hệ số ma sát.

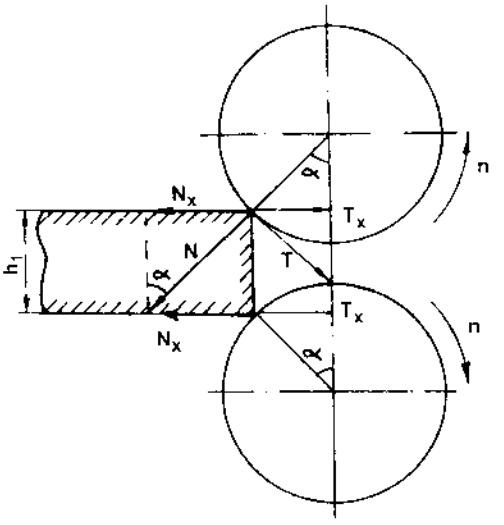
Kết hợp (a) và (b) ta có:

$N f\cos\alpha > N\sin\alpha$

Suy ra: $f > \dfrac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$

hay

$f > tg\alpha$



Hình 2.3. *Sơ đồ phân bố lực khi vật cán tiếp xúc với trục cán.*

Vì α quá bé nên $tg\alpha \approx \alpha$ và $f > \alpha$.

Kết hợp với công thức (2.3) ta được:

$$f > \sqrt{\frac{\Delta h}{R}}$$

vậy $\Delta h < Rf^2$ (2.16)

Từ (2.16) rút ra kết luận:

Để vật cán tự ăn vào trục phải bảo đảm điều kiện lượng ép tuyệt đối nhỏ hơn bán kính trục cán nhân với bình phương hệ số ma sát. Hệ số ma sát f ghi ở bảng 2.2.

Bảng 2.2. **Hệ số ma sát khi cán (f)**

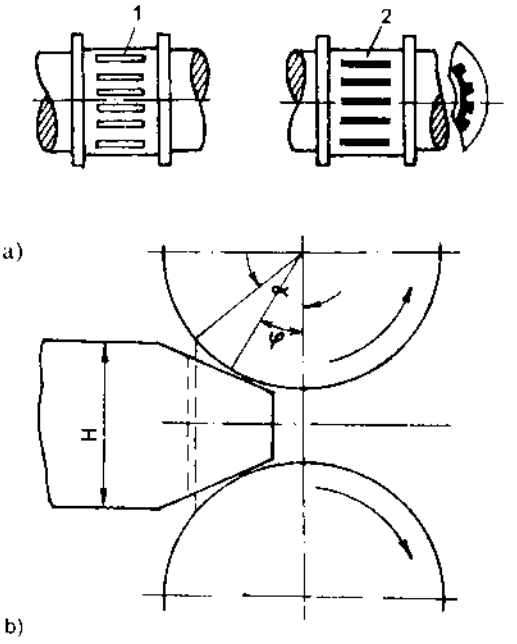
Trạng thái cán	Loại trục cán	f
Cán nóng	Trục có gờ, rãnh	0,45 ÷ 0,62
	Trục cán hình	0,36 ÷ 0,47
	Trục cán tấm	0,27 ÷ 0,36
Cán nguội	Trục có độ bóng bình thường	0,09 ÷ 0,18
	Trục có độ bóng ∇10 ÷ ∇1 2	0,03 ÷ 0,09

2. Các phương pháp làm cho vật cán dễ ăn vào trục khi cán dọc

Từ thực tế sản xuất và bằng thực nghiệm, người ta thấy: bề mặt trục cán xù xì thì vật cán dễ ăn vào trục, bề mặt trục cán nhẵn bóng và có dầu thì vật cán khó ăn vào trục. Muốn vật cán dễ ăn vào trục thì ta giảm lượng ép Δh v.v...

Mục đích làm vật cán dễ ăn vào trục là để tăng năng suất cán, thao tác thuận lợi, máy khởi động êm khi vật cán ăn vào trục và an toàn cho thiết bị,... , người ta đã dùng các phương pháp sau:

- Tạo các gờ hoặc khoét rãnh trên bề mặt trục cán (hình 2.4a). Phương pháp này hay dùng cho máy cán lớn để sản xuất phôi và chỉ cán với các lần cán thô ban đầu. Mục đích để tăng lượng ép (Δh) dẫn đến tăng năng suất. Ở các giá cán tinh người ta không dùng loại trục này.



Hình 2.4.
a) tạo gờ và rãnh trên bề mặt trục cán.
1- trục cán có rãnh chìm; 2- trục cán có gờ;
b) dập bẹp đầu vật cán.

- Đập bẹp đầu phôi cán (hình 2.4b). Phương pháp này dùng nhiều trong cán tấm để tạo cho lượng Δh ban đầu bé hơn lượng Δh cần cán, để tăng năng suất và an toàn thiết bị v.v... Phương pháp này cũng chỉ dùng cho những lần cán thô ban đầu.

III. HIỆN TƯỢNG VƯỢT TRƯỚC VÀ HIỆN THƯỢNG TRỄ KHI CÁN DỌC

Từ thực tế đã chứng minh được tại vùng biến dạng của kim loại khi cán dọc tốc độ của vật cán ra khỏi trục V_h luôn luôn lớn hơn tốc độ của trục cán V và tốc độ của vật cán khi ăn vào trục V_H luôn luôn nhỏ hơn tốc độ của trục cán V. Nghĩa là tại điểm kim loại tiếp xúc với trục cán cho đến *tiết diện trung hoà* (hình 2.5) ta luôn có:

$$V_H < V$$

và từ *tiết diện trung hoà* theo hướng vật cán ra khỏi trục ta luôn có:

$V_h > V$

Tại *tiết diện trung hoà* ta có:

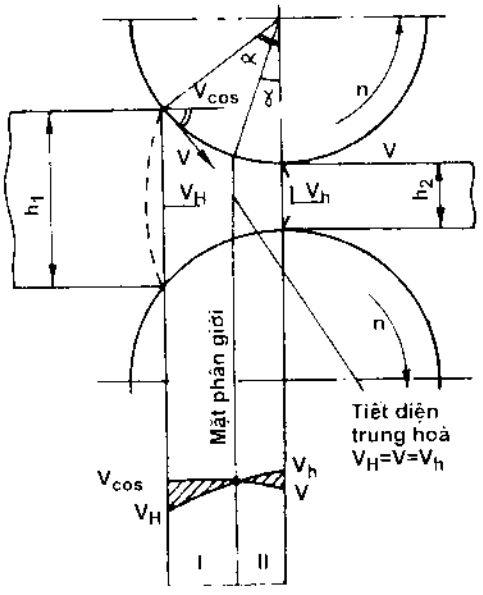
$$V_H = V = V_h \qquad (2.17)$$

Hiện tượng mà tại vùng biến dạng của kim loại có $V_h > V$ là *hiện tượng vượt trước*.

Vùng có tốc độ kim loại $V_h > V$ là vùng vượt trước (vùng II, hình 2.5).

Hiện tượng mà tại vùng biến dạng của kim loại có $V_h < V$ là *hiện tượng trễ*.

Vùng có tốc độ của kim loại $V_H < V$ là vùng trễ (vùng I, hình 2.5).



Hình 2.5. *Hiện tượng vượt và trễ.*
1- vùng trễ; 2-vùng vượt trước.

Tiết diện có góc trung hoà γ mà tại đó $V_H = V = V_h$ gọi là tiết diện trung hoà. Mặt chia đôi hai vùng trễ và vùng vượt trước gọi là phân giới (hình 2.5). Lượng vượt trước của kim loại nhiều hay ít được đặc trưng bởi công thức:

$$S_h = \frac{V_h - V}{V_h} \cdot 100\% \qquad (2.18)$$

S_h - lượng vượt trước tính bằng %;

V_h - tốc độ của kim loại đi ra khỏi trục;

V - tốc độ của trục cán: $V = \frac{\pi D.n}{60}$ *m/s*

D - đường kính trục cán, *mm*;

n - số vòng quay của trục trong một phút, *vg/ph*.

Thực tế trong cán kim loại ta thấy:

$$S_h = 3\% \div 6\%$$

nghĩa là:

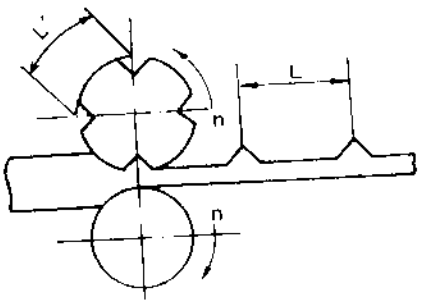
$$V_h = V + V.S_h = V(1 + S_h).$$

Ứng dụng thực tế của hiện tượng vượt trước

* Đối với cán thép chu kỳ:

Thép chu kỳ là những loại thép cán có hình dáng và kích thước lặp lại theo chu kỳ (hình 2.6).

Nếu thép chu kỳ có chiều dài là L thì trên trục cán phải tạo hình đó có chiều dài là L' sao cho luôn luôn có L' < L, khi đó mới cán được thép chu kỳ có chiều dài L (hình 2.6).



Hình 2.6. *Cán thép chu kỳ.*

Và $$L' = \frac{L}{1+S_h} \qquad (2.19)$$

L' - chiều dài của cung tạo trên khoảng cách hai tâm lỗ hình trục cán;

L - chiều dài theo thiết kế của thép chu kỳ (sản phẩm);

S_h - lượng vượt trước (nếu L' = L thì không bao giờ cán hép có chiều dài L mà luôn có chiều dài lớn hơn L vì có lượng trước S_h).

* Đối với cán liên tục (mục 2 chương I) thì phải bảo đảm điều kiện sau:

$$F_1.V_1(1 + S_{h1}) = F_2.V_2(1 + S_{h2}) = F_3.V_3(1 + S_{h3}) = ... =$$
$$... = F_{n-1}.V_{n-1}(1 + S_{h(n-1)}) = F_n.V_n(1 + S_{hn}) = \text{hằng số} \qquad (2.20)$$

trong đó:

$F_1 ... F_n$ - tiết diện ngang của vật cán tại các giá cán;

$S_{h1}, S_{h2} ... S_{h(n-1)}, S_{hn}$ - lượng vượt trước của kim loại tại các giá cán 1, 2, 3, ... n-1 và n;

$V_1, V_2, ... V_{n-1}, V_n$ - tốc độ vật cán tại các giá cán (1 ÷ n).

Nếu không bảo đảm điều kiện (2.20) thì vật cán khi cán liên tục dễ bị đứt hoặc bị chùng làm cho quá trình cán không liên tục và xảy ra sự cố, v.v...

IV. LỰC CÁN, MÔMEN CÁN, CÔNG SUẤT ĐỘNG CƠ VÀ NĂNG SUẤT CÁN

1. Lực cán

Lực cán P còn gọi là áp lực toàn phần của kim loại tác dụng lên trục cán (hình 2.7).

Áp lực toàn phần của kim loại tác dụng lên trục cán tính theo công thức:

$$P = P_{tb}.F \quad MN(T) \tag{2.21}$$

trong đó:

P_{tb} - áp lực đơn vị hay áp lực trung bình, N/mm^2, kG/mm^2;

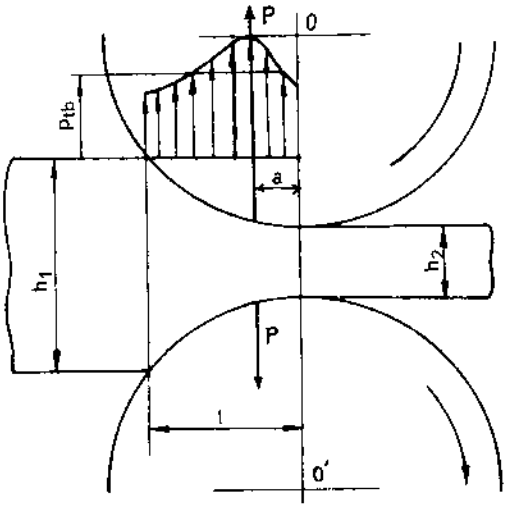
F - diện tích tiếp xúc giữa kim loại và trục cán, (mm^2) và được tính theo công thức:

$$F = b_{tb}.l = \frac{b_1 + b_2}{2}\sqrt{R\Delta h} \tag{2.22}$$

b_{tb} - chiều rộng trung bình của vật cán, *mm*;

b_1, b_2 - chiều rộng của vật cán trước và sau cán, *mm*;

l - chiều dài cung tiếp xúc, *mm*.



Hình 2.7. *Áp lực của kim loại tác dụng lên trục cán.*

Cho đến nay, chưa có một công thức lý thuyết nào hoàn chỉnh để tính P_{tb}. Tất cả các tác giả đều đưa ra công thức tính P_{tb} bằng thực nghiệm. Mặt khác đối với công nghệ cán nóng, cán nguội, các các loại thép khác nhau và kim loại khác nhau đều có P_{tb} khác nhau. Để tính P_{tb} chính xác và phù hợp với trạng thái cán và kim loại được cán có thể tham khảo các tài liệu [1], [5], [9], [10], [11], [12].

Dưới đây là một trong các công thức tính áp lực trung bình cho

cán thép:

$$P_{tb} = P_o.K_f \quad (N/mm^2, kG/mm^2) \tag{2.23}$$

P_o - áp lực riêng có lợi;

K_f - hệ số kể tới ảnh hưởng của trở kháng hình thức bên ngoài.

Khi nhiệt độ cán của thép lớn hơn nhiệt độ: (t_c^o-575°C), nghĩa là: ($t_c^o > t_{ch}^o$ - 575°C) thì:

$$P_o = \frac{t_{ch}^o - (t_c^o + 75^o)}{1500^o}\sigma_B \tag{2.24}$$

Khi nhiệt độ cán của thép nhỏ hơn nhiệt độ (t_c^o-575°C), nghĩa là: ($t_c^o < t_{ch}^o$- -575°C) thì:

$$P_o = \left(\frac{t_{ch}^o - t_c^o}{1000^o}\right)^2 \sigma_B \tag{2.25}$$

t_{ch}^o - nhiệt độ nóng chảy của thép;

σ_B - được xác định theo đồ thị hình 2.8.

t_c^o - nhiệt độ khi cán thép.

$$K_f = 1 + f\left(\frac{2\sqrt{R\Delta h}}{h_1 + h_2} - 1\right) \tag{2.26}$$

f - hệ số ma sát giữa bề mặt trục cán và kim loại, xem bảng 2.2;

h_1, h_2 - chiều dày trước và sau cán;

$\sqrt{R\Delta h}$ - chiều dài vùng biến dạng.

Kết hợp (2.23) ÷ (2.26) ta có:

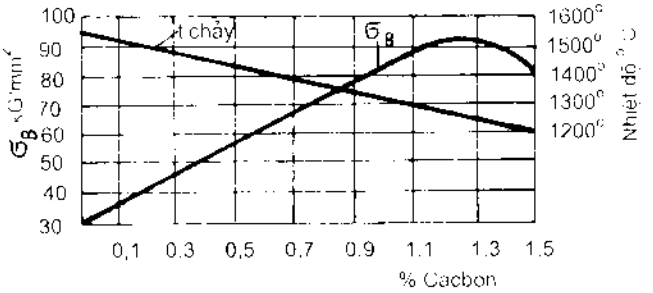
- Khi $t_c^o > (t_{ch}^o$ - 575°C) thì:

$$P_{tb} = \sigma_B\left[\frac{t_{ch}^o - (t_c^o + 75^o)}{1500^o}\right]\left[1 + f\left(\frac{2\sqrt{R\Delta h}}{h_1 + h_2} - 1\right)\right] \tag{2.27}$$

- Khi $t_c^o < (t_{ch}^o - 575^oC)$ thì:

$$P_{tb} = \sigma_B\left[\left(\frac{t_{ch}^o - t_c^o}{1000^o}\right)^2\right]\left[1 + f\left(\frac{2\sqrt{R\Delta h}}{h_1 + h_2} - 1\right)\right] \qquad (2.28)$$

Công thức kinh nghiệm (2.27) và (2.28) tính toán rất đơn giản và tương đối chính xác có thể dùng cho cán tấm và cán hình. Thay công thức (2.27) hoặc (2.28) và (2.22) vào công thức (2.21) ta sẽ tính được lực cán.



Hình 2.8. *Quan hệ giữa* t_{ch}^o, σ_B *và % cacbon*

Tính được áp lực của kim loại tác dụng lên trục cán thì mới kiểm tra được độ bền trục cán khi làm việc, mới tính được mômen cán và công suất cần thiết của động cơ dẫn động máy cán.

Dưới đây là một vài công thức tính áp lực trung bình của các tác giả khác:

+ *Công thức của tác giả Êkelun* thường dùng tính khi cán thép hình:

$$P_{tb} = (1 + m)(2k + \eta U) \ \ (kG/mm^2) \qquad (2.29)$$

trong đó:

m - hệ số xét đến ảnh hưởng của ma sát tiếp xúc:

$$m = \frac{(1{,}6f\sqrt{R\Delta h} - 1{,}2\Delta h)}{(h_1 + h_2)}$$

f - hệ số ma sát khi cán (xem bảng 2.2);

R - bán kính làm việc của trục cán, (*mm*);

Δh - lượng ép tuyệt đối

h_1, h_2 - chiều dày trước và sau khi cán, (*mm*);

k - trở kháng biến dạng tĩnh:

$$2k = (14 - 0{,}1t)(1{,}4 + C + Mn + 0{,}3Cr);$$

t - nhiệt độ cán tại lần tính toán;

C, Mn, Cr – hàm lượng phần trăm (%) của các nguyên tố hợp kim đó trong thép;

η - hệ số dính, còn gọi là độ nhớt;

U - tốc độ biến dạng (1/s):

$$U = \varepsilon\frac{v}{l} = \frac{2v.\sqrt{\frac{\Delta h}{R}}}{h_1 + h_2}$$

ε - lượng ép tương đối;

v - tốc độ cán;

l - chiều dài cung tiếp xúc;

+ *Công thức của tác giả Korolev:*

$$P_{tb} = \frac{2k}{\varepsilon\delta}\left[\left(\frac{l}{l-\varepsilon}\right)^{\frac{\delta-1}{2}} - \left(1-\frac{\varepsilon}{2}\right)\right] (kG/mm^2) \qquad (2.30)$$

Công thức này được dùng khi tính toán cho cán thép tấm.

trong đó:

$$2k = 1{,}15\sigma_s$$

σ_s - giới hạn chảy của kim loại;

ε - lượng ép tương đối;

$$\delta = \frac{2fl}{\Delta h} \text{ hoặc } \delta = \frac{2fl_l}{\varepsilon h_1} = \left(\frac{2-\varepsilon}{2}\right) = \frac{fl_l}{h_{tb}}$$

f, l, Δh, h_1, h_2 ... xem ở công thức (2.29).

h_{tb} - chiều dày trung bình, $h_{tb} = \frac{h_1 + h_2}{2}$ (*mm*).

Quan hệ giữa 2k và P_{tb}:

$$\frac{P_{tb}}{2k} = \frac{e^m - 1}{m} \text{ (e là số Nơbe, e = 2,171828)}$$

$$m = \frac{2f\sqrt{R\Delta h}}{(h_1 + h_2)};\ 2k = 1{,}15\sigma_s$$

2. Mômen cán và các mômen khác sinh ra khi cán

Mômen cán (M_c) do lực cán sinh ra và tính theo công thức sau, (hình 2.7):

$$M_c = 2P.a \quad (MN.m; T.m) \tag{2.31}$$

P - lực cán.

a - cánh tay đòn (xem hình 2.7):

$a = (0,45 \div 0,5)l = (0,45 \div 0,5)\sqrt{R\Delta h}$ đối với cán nóng.

$a = (0,35 \div 0,45)l = (0,35 \div 0,45)\sqrt{R\Delta h}$ đối với cán nguội.

Mômen ma sát (M_{ms}) gồm mômen do lực cán sinh ra tại trục cán (M_{ms1}) và mômen ma sát tại các chi tiết quay (M_{ms2}).

Mômen ma sát được tính:

$$M_{ms} = M_{ms1} + M_{ms2} \tag{2.32}$$

trong đó:

$$M_{ms1} = P.f'.d \tag{2.33}$$

P - lực cán (*N*, *kG*);

d - đường kính cổ trục cán, *mm*;

f' - hệ số ma sát của ổ đỡ cổ trục cán. Hệ số ma sát f' được ghi ở bảng 2.3.

Bảng 2.3. **Hệ số ma sát ổ đỡ f'**

Loại ổ đỡ trục cán	f'
Ổ đỡ ma sát lỏng	0,003 ÷ 0,0005
Ổ đỡ ma sát nửa lỏng	0,006 ÷ 0,01
Ổ bi	0,003 ÷ 0,005
Ổ trượt (có 2 loại):	
- loại trục làm bằng thép	0,04 ÷ 0,1
- loại trục làm bằng sứ	0,005 ÷ 0,01

$$M_{ms2} = (0,08 \div 0,12)(M_c + M_{ms1}) \tag{2.34}$$

Mômen không tải (M_o) sinh ra để thắng trọng lượng của các chi tiết quay khi máy chạy không tải. Mômen không tải thường bằng 3 ÷ 6% mômen cán:

$$M_o = (3 \div 6)\% \, M_c \tag{2.35}$$

Mômen động (M_d) = 0 khi cán không có sự tăng, giảm tốc độ.

$M_{đ} = \pm\frac{GD^2}{375}.\frac{dn}{dt}$ là khi cán có sự tăng và giảm tốc độ. Lấy dấu (+) khi tăng tốc, dấu (−) khi giảm tốc.

trong đó:

$\frac{dn}{dt}$ - gia tốc góc của trục cán;

GD^2 - mômen của tất cả các chi tiết dẫn động máy cán sinh ra được chuyển về bánh đà.

3. Tính toán công suất động cơ

Công suất động cơ khi cán được tính theo công thức:

$$N_{đc} = M_{tđc}.\omega_{đc} \text{ (}kW\text{ hoặc mã lực; } 1kW = 1{,}36 \text{ mã lực)}$$
$$= n.M_{tđc} / 0{,}975,\ kW \qquad (2.36)$$

trong đó:

$M_{tđc}$ - mômen tĩnh trên trục động cơ:

$$M_{tđc} = \left[\frac{M_c + M_{ms1} + M_{ms2} + M_o}{\eta_t.i}\right] \pm M_d \qquad (2.37)$$

M_c - mômen cán (mômen làm cho kim loại biến dạng);

M_{ms1}, M_{ms2} - mômen ma sát tại cổ trục cán và tại các chi tiết quay;

M_o - mômen không tải;

$+M_d$ - khi tăng tốc;

$-M_d$ - khi giảm tốc;

η_t - hệ số truyền động hữu ích của máy thường bằng 0,85 ÷ 0,93:

$$\eta_t = \eta_1.\eta_2.\eta_3$$

η_1 = 0,95 ÷ 0,95 (hệ số truyền động hữu ích của hộp giảm tốc);

η_2 = 0,92 ÷ 0,95 (hệ số truyền động hữu ích của hộp bánh răng chữ V);

η_3 = 0,99 (hệ số truyền động hữu ích của trục khớp nối);

i - tỉ số truyền từ động cơ tới trục cán:

$$i = \frac{n_{dc}}{n_t} = \frac{\omega_{dc}}{\omega_t}$$

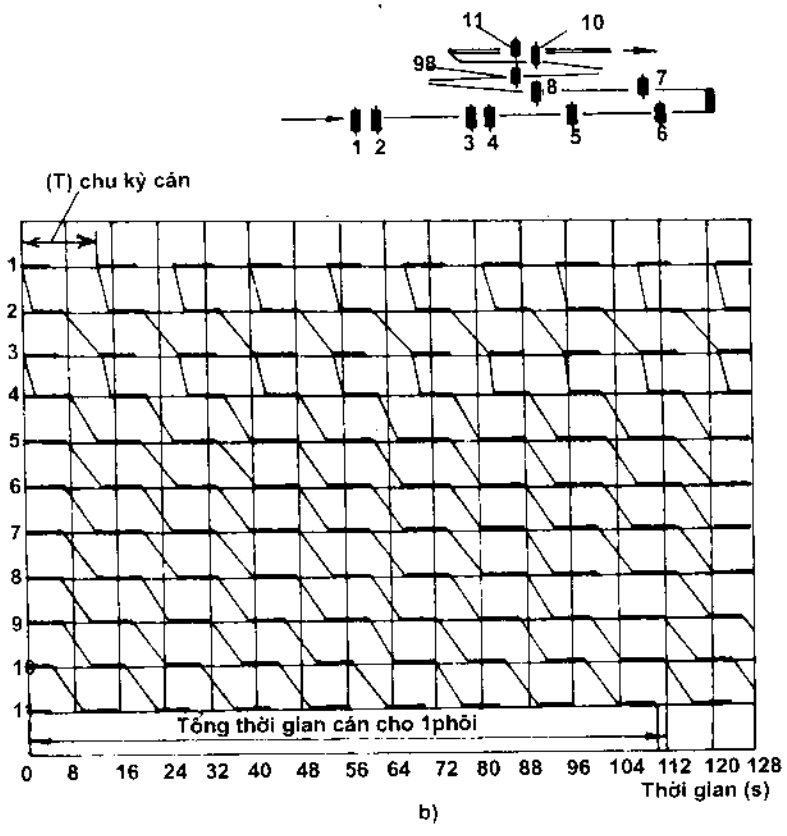
n_{dc}, n_t - tốc độ quay của động cơ và trục cán (*vg/ph*).

ω_{dc}, ω_t - vận tốc góc của động cơ và trục cán (*1/s*).

Sau khi tính được N_{dc} theo (2.36) thì tra bảng và chọn động cơ cần thiết cho máy cán theo điều kiện sau:

$$N_{dc} = [N] \ kW \tag{2.38}$$

[N] - công suất cho phép thực tế của động cơ.



Hình 2.9. *Biểu đồ Atmet (tính chu kỳ cán cho máy cán hình với 11 giá cán bố trí kiểu bàn cờ).*

Hình 2.10 là biểu đồ Atmet tính chu kỳ cán cho máy cán hình liên tục 250, 12 giá cán.

Năng suất cán cho tất cả các máy cán được tính theo:

- Năng suất giờ (*Tấn/h*)

- Năng suất năm (*Tấn/năm*)

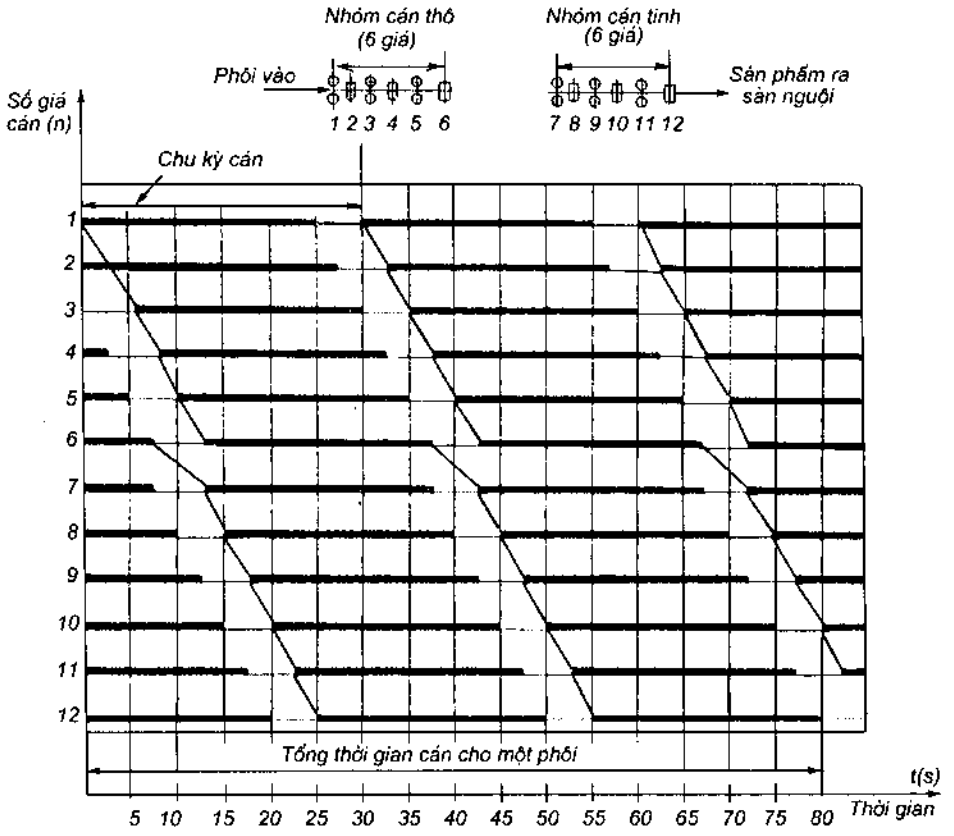
a) *Năng suất giờ, A, T/h* được tính:

$$A = \frac{3600.G}{T} (Tấn/h) \qquad (2.39)$$

trong đó:

G - trọng lượng phôi cán (*Tấn*);

T - chu kỳ cán (*s*).



Hình 2.10. *Biểu đồ Atmet tính chu kỳ cán cho máy cán hình liên tục 250 với 12 giá cán.*

Chu kỳ cán được xác định bằng thời gian bắt đầu cán từ phôi thứ nhất tới khi bắt đầu cán phôi thứ hai. Chu kỳ cán được ông Atmet người Nga xây dựng thành biểu đồ để tính toán và biểu đồ được mang tên ông.

b) Năng suất năm: (*Tấn/năm*)

$$A = \frac{3600.G}{T} k\eta t \quad (\textit{Tấn/năm}) \tag{2.40}$$

k - hệ số tiêu hao kim loại, k = 0,90 ÷ 0,95;

t - thời gian làm việc trong một năm. Thông thường một năm làm việc 300 ngày, ngày làm 3 ca, mỗi ca 8h. Như vậy một năm làm việc là t = 7200h.

η - hệ số sử dụng máy, η = 0,90 ÷ 0,95.

Chương III

KHÁI NIỆM VỀ CÁN NÓNG, CÁN NGUỘI, CÁN HÌNH VÀ CÁN TẤM

Trong ngành gia công kim loại bằng áp lực người ta quy ước: gia công nóng là gia công kim loại ở nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ kết tinh lại. Gia công nguội là gia công kim loại ở nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ kết tinh lại.

Cán kim loại cũng tuân theo qui ước ấy.

I. CÁN NÓNG KIM LOẠI

1. Nhiệt độ nung kim loại trước khi cán

Muốn cán nóng bất cứ một kim loại nào đều phải nung, việc nung kim loại đến nhiệt độ cán rất quan trọng, nó quyết định năng suất và chất lượng của sản phẩm cán.

Mục đích nung kim loại trước khi cán là: tăng tính dẻo, giảm trở kháng biến dạng, vì vậy mà gia công sẽ dễ dàng. Nung phôi trước khi cán còn làm giảm lực cán, hạ thấp lượng tiêu hao điện, tăng tuổi thọ làm việc cho trục cán và các thiết bị của máy cán, làm cho thành phần hoá học của phôi được đồng đều, tăng được lực ép v.v... dẫn tới năng suất cao, chất lượng sản phẩm tốt. Vì vậy phải xác định được nhiệt độ nung thích hợp cho từng loại thép, từng loại kim loại.

Nếu nhiệt độ nung phôi quá cao thì phôi bị cháy hoặc quá nhiệt... dẫn tới phế phẩm nhiều.

Nếu nhiệt độ nung quá thấp thì tính dẻo của kim loại kém, trở kháng biến dạng lớn... dẫn tới chất lượng sản phẩm xấu - đó là chưa kể tới việc không bảo đảm an toàn cho thiết bị.

Từ thực tế sản xuất kết hợp với lý thuyết ta có công thức kinh nghiệm để xác định nhiệt độ nung tối ưu của kim loại là:

$$T_{nung} = T_{chảy} - (200 + 250)^oC \qquad (3.1)$$

trong đó $T_{chảy}$ - nhiệt độ nóng chảy của từng kim loại và hợp kim (^oC).

Đối với thép người ta nung ở nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ T_{nung} ở (3.1) một ít để tránh hiện tượng thoát cacbon và cháy, nhằm đảm bảo chất

lượng của thép và tăng chất lượng sản phẩm. Nhiệt độ nung của một số thép và nhiệt độ cháy của chúng cho ở bảng 3.1. Ngoài các dụng cụ đo nhiệt độ nung của thép người ta còn nhận biết nhiệt độ của thép qua màu sắc khi nung (xem bảng 3.2)

***Bảng 3.1* Nhiệt độ nung và nhiệt độ cháy của một số thép**

Loại thép (% C + nguyên tố hợp kim)	Nhiệt độ kết thúc nung, °C	Nhiệt độ cháy, °C
% C = 1,5	1050	1150
% C = 1,1	1080	1180
Thép cacbon % C = 0,9	1120	1280
% C = 0,8	1180	1280
% C = 0,5	1250	1350
% C = 0,2	1320	1470
% C = 0,1	1350	1490
65Г	1250	1350
Thép lò xo 60C2	1250	1350
Thép chứa niken (Ni = 3%)	1250	1370
Thép Ni - Cr (niken crôm)	1250	1370
Thép Cr - V (crôm vanadi)	1250	1350
Thép gió (P9; P18)	1280	1380
Thép Cr - Ni (ostenit)	1280	1380
(C = 0,1%; Ni = 9%; Cr = 18%)	1300	1420

Qua bảng 3.1 ta nhận thấy nhiệt độ nung của thép là:

$$T_{nung} = T_{cháy} + (100 + 150)\ ^{o}C \qquad (3.2)$$

Chất lượng nung kim loại trước khi cán tốt hay xấu phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: thiết bị nung, chế độ nung, tốc độ nung, thời gian nung... Vấn đề này có thể tham khảo ở các tài liệu [10]; [12]; [13] và [14].

2. Nhiệt độ cán

Nói tới nhiệt độ cán kim loại là phải nói tới nhiệt độ bắt đầu cán và khoảng nhiệt độ cán mà tại đó biến dạng dẻo của kim loại là tốt nhất và lớn nhất, kim loại biến dạng theo hình thù và kích thước như yêu cầu nhanh nhất, tốt nhất và có chất lượng cao nhất.

Mỗi kim loại và hợp kim của nó có nhiệt độ cán nóng khác nhau. Ví dụ, kẽm có nhiệt độ cán nóng tốt nhất từ 150 ÷ 200 °C; nhôm từ 350 ÷ 400 °C; thép IIIX15 từ 1040 ÷ 1200 °C, v.v...

Bảng 3.2 **Cách nhận biết nhiệt độ của thép khi nung qua màu sắc**

Màu sắc	Nhiệt độ tương ứng °C	Màu sắc	Nhiệt độ tương ứng °C
Vàng tươi rơm	225	Nâu đậm	650
Vàng đậm rơm	235	Nâu	700
Vàng nâu rơm	245	Nâu nhạt	750
Nâu	255	Hung hung	800
Tím nhạt	265	Hồng đậm	850
Tím đậm	275	Hồng chín	900
Chàm	285	Hồng tươi	950
Xanh lục	295	Hồng nhạt	1.000
Xanh nước biển	330	Vàng da cam	1.050
Xám	400	Vàng	1.100
Xám đen	450	Vàng tươi	1.200
Tối sẫm	500	Trắng	1.300
Tối xám	550	Trắng sáng	1.400 (bắt đầu chảy)
Tối hơi xám	600	Sáng chói	1.500 (chảy)

Nhiệt độ bắt đầu cán được xác định bằng công thức kinh nghiệm sau:

$$T_{cán} = T_{nung} - \Delta T, (^oC) \qquad (3.3)$$

trong đó:

T_{nung} - được xác định theo (3.1) hoặc (3.2).

ΔT - khoảng giảm nhiệt độ từ lò nung tới giá cán đầu tiên của phôi cán.

So với các kim loại và hợp kim khác thì thép được dùng để cán nóng nhiều nhất.

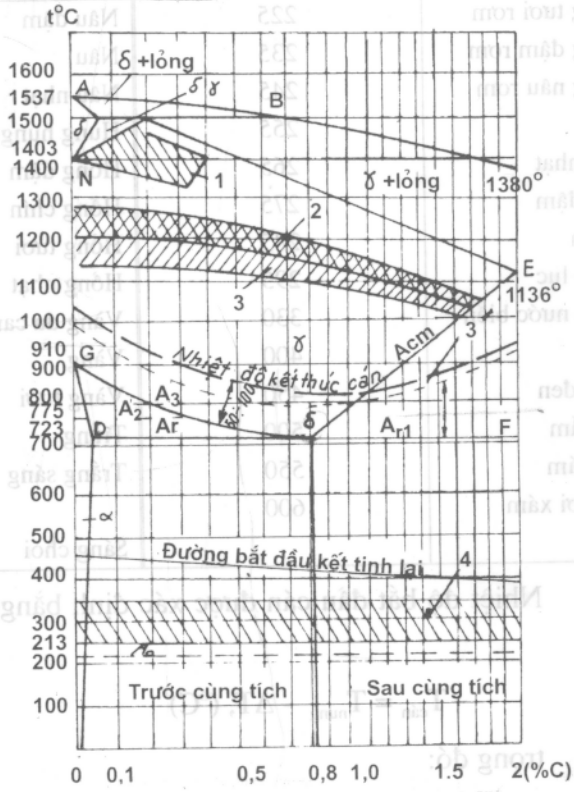
Người ta đã xây dựng được giản đồ biểu diễn các vùng nhiệt độ cán của thép dựa vào thành phần cacbon có trong thép trên giản đồ trạng thái Fe - C (hình 3.1).

Như vậy nếu biết được thành phần hoá học của cacbon có trong thép, tra theo giản đồ hình 3.1 ta sẽ có các khoảng nhiệt độ gia công khi cán nóng.

3. Nhiệt độ khi kết thúc cán

Mỗi kim loại phải kết thúc cán ở nhiệt độ qui định trong vùng nhiệt độ cho phép, không được kết thúc cán ở nhiệt độ tuỳ tiện. Vì nhiệt độ kết thúc cán cũng quyết định tới tổ chức tế vi của kim loại; tới cơ, lý tính của sản phẩm từ đó quyết định tới chất lượng sản phẩm cán. Nhiệt độ kết thúc cán của kẽm tốt nhất là ở 110°C; nhôm khoảng 300°C; thép CT45 khoảng 870 ÷ 900°C.

Đối với thép người ta chia ra hai trường hợp (xem giản đồ Fe-C hình 3.1).



Hình 3.1 Các vùng nhiệt độ gia công thép trên giản đồ trạng thái Fe-C.

1- vùng nhiệt độ hàn; 2- vùng nhiệt độ nung; 3- vùng nhiệt độ cán; 3'- vùng nhiệt độ kết thúc cán; 4- vùng giòn.

Nhiệt độ kết thúc cán cho thép trước cùng tích

Nhiệt độ kết thúc cán phải nằm cách đường GS (A_3) một khoảng từ (100 ÷ 150°C) nhưng cách từ (50 ÷ 100°C) thì tốt nhất. Thực tế cho thấy rằng nếu kết thúc cán ở nhiệt độ cao hơn thì độ hạt của sản phẩm lớn dẫn đến cơ, lý tính của sản phẩm giảm, nếu kết thúc cán ở nhiệt độ thấp hơn thì xảy ra hiện tượng biến cứng lớn, độ giãn dài kém, năng suất thấp và sản phẩm không tốt, ngoài ra còn có thể xảy ra sự cố về thiết bị.

Nhiệt độ kết thúc cán cho thép sau cùng tích

Nhiệt độ này phải cao hơn đường SF (Ar_1) từ 100 ÷ 150°C. Thực tế cho thấy rằng đối với thép cacbon dụng cụ nếu nhiệt độ kết thúc cán

nhỏ hơn đường (Ar_1) thì sẽ sinh ra các hiện tượng gãy, nứt, ... vì sản phẩm bị graphit hoá do cacbon tập trung lại trong thép.

II. CÁN NGUỘI KIM LOẠI

1. Những đặc điểm khi cán nguội kim loại

Quá trình cán kim loại ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ kết tinh lại của chúng gọi là cán nguội. Trong cán nguội nhiệt độ 20°C là nhiệt độ chuẩn cho tất cả các kim loại. Sở dĩ như vậy vì trong cán nguội không có khoảng nhiệt độ cán tối ưu để kim loại đạt các tính năng kỹ thuật như ở cán nóng. Nhiệt độ cán không ảnh hưởng tới trở kháng biến dạng, tính dẻo của kim loại,... hoặc có ảnh hưởng thì cũng không đáng kể.

Khi cán nguội phải tiến hành ủ sơ bộ hoặc ủ trung gian kim loại và hợp kim nhiều lần nhằm làm giảm tính biến cứng trên bề mặt, giảm ứng suất dư bên trong, tăng tính dẻo v.v... của chúng để cán ra sản phẩm có chất lượng tốt với năng suất cao.

Việc bôi trơn giữa bề mặt tiếp xúc kim loại và trục cán là một việc không thể thiếu được. Bôi trơn làm tăng năng suất, nâng cao chất lượng sản phẩm nhờ giảm nhiệt độ của trục cán và vật cán sinh ra do ma sát. Chất bôi trơn thường là các loại dầu thực vật, dầu công nghiệp và các loại mỡ.

Lượng ép khi cán nguội nhỏ hơn rất nhiều so với cán nóng, nhưng lực cán có khi lại lớn, năng lượng tiêu hao cao, độ biến cứng trên bề mặt kim loại tăng nhanh và rất lớn.

Muốn sản phẩm có chất lượng tốt, bề mặt bóng đẹp không bị xây sát thì phải làm sạch bề mặt kim loại trước khi cán. Có nhiều phương pháp làm sạch bề mặt kim loại như: bào, phay, mài, tẩy, rửa bằng axit, đánh bóng bề mặt, v.v....

2. Những sản phẩm cán, kéo nguội

Các sản phẩm cán nguội hầu hết là loại thép tấm mỏng có chiều dày nhỏ hơn 2 mm, các loại thép tấm cực mỏng, các băng kim loại màu và hợp kim. Sở dĩ phải cán nguội là vì phôi ban đầu của các sản phẩm này có khối lượng và kích thước quá bé nếu đem nung dễ bị cháy, đặc biệt là thép. Khi nung chẳng những dễ cháy mà vảy sắt tạo ra rất nhiều cũng ảnh hưởng tới chất lượng bề mặt của sản phẩm. Mặt khác phải tiến hành cán nguội để tạo cho bề mặt sản phẩm có bề mặt bóng đẹp và sạch sẽ.

Đối với các loại dây thép có đường kính nhỏ hơn 6 mm và các dây kim loại khác như đồng, nhôm... người ta không cán mà kéo nguội qua các khuôn kéo.

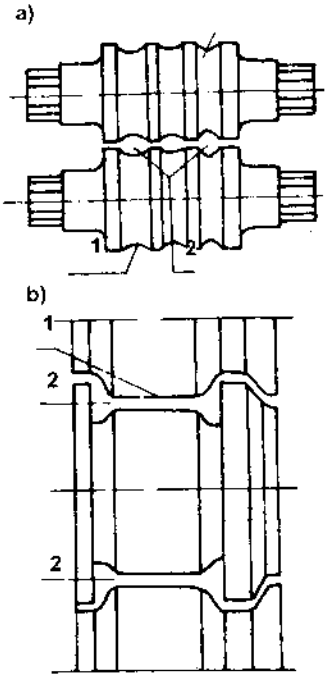
Đối với các loại ống nhỏ (thường đường kính nhỏ hơn 6 mm) người ta cũng tiến hành kéo nguội. Nước ta có cơ sở kéo ống nguội tại Nhà máy y cụ số 2 (Gò Đầm, Bắc Thái trước đây). Ở đây người ta kéo từ các loại phôi ống ϕ20, ϕ10 thép không gỉ 1X18H9T và 1X18H10T thành ống ϕ2, ϕ1 và ϕ0,5 mm để làm kim tiêm.

III. CÁN HÌNH

Quá trình cán dùng các trục cán có khoét lỗ hình để tạo ra các sản phẩm có tiết diện ngang là tròn, vuông, tam giác, lục lăng, chữ I, chữ U, v.v... gọi là cán hình. Thép hình các loại là sản phẩm chủ yếu của cán hình.

Lỗ hình trục cán (còn gọi là khuôn cán) có khoảng trống hình học tạo nên bởi hai rãnh cán của hai trục cán đứng đối diện nhau (hình 3.2)

Rãnh cán là phần bề mặt trục cán đã tiện hoặc khoét bỏ đi một phần bề mặt trục theo hình đặc biệt.



Hình 3.2. *Lỗ hình trục cán*
a) Lỗ hình vuông và tròn trên máy cán hai trục; b) Lỗ hình cán thép chữ I trên máy cán hai trục:1- rãnh cán; 2- lỗ hình trục cán.

1. Phân loại lỗ hình trục cán

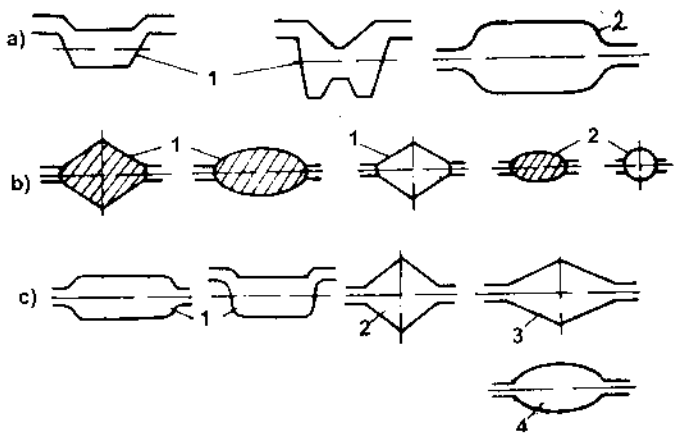
Có hai loại lỗ hình: lỗ hình kín và lỗ hình hở.

Lỗ hình kín là loại lỗ hình mà khe hở (còn gọi là khe sáng) giữa hai trục cán không nằm trùng với đường tâm của lỗ hình (hình 3.3a-1).

Lỗ hình hở là loại lỗ hình mà khe hở giữa hai trục cán nằm trùng với đường tâm của lỗ hình (hình 3.3a-2).

Về mặt công nghệ, người ta chia ra làm: lỗ hình cán thô, lỗ hình trước tinh, lỗ hình cán tinh. Một máy cán thường có hai hệ thống lỗ hình: hệ thống lỗ cán thô và hệ thống lỗ cán tinh.

Lỗ cán thô (hình 3.3b-1) là loại lỗ hình làm cho vật cán bị biến dạng mãnh liệt về tiết diện ngang, về hình dáng và kích thước để gần giống sản phẩm đã định. Nhiều lỗ hình thô gộp lại thành hệ thống lỗ hình cán thô.



Hình 3.3. *Một vài loại lỗ hình*

a) 1 - lỗ hình kín (lỗ hình cán thô thép chữ I), 2- lỗ hình hở;
b) hệ thống lỗ hình cán thép tròn: 1- hệ thống lỗ hình cán thô; 2- hệ thống lỗ hình cán tinh (2 lỗ hình cuối).
c) 1- lỗ hình chữ nhật; 2- lỗ hình vuông; 3- lỗ hình thoi; 4- lỗ hình bầu dục (ôvan).

Lỗ hình cán tinh (hình 3.3b - 2) là loại lỗ hình làm cho vật cán đạt tới hình dáng và kích thước thật của sản phẩm. Lỗ hình cán tinh bao giờ cũng là lỗ hình cuối cùng. Giá cán tinh chỉ bố trí lỗ hình cán tinh. Lỗ hình cán tinh kết hợp với một hay hai lỗ hình đứng trước nó làm thành hệ thống lỗ hình cán tinh. Các lỗ hình đứng trước lỗ hình cán tinh gọi là lỗ hình trước tinh.

2. Một vài hệ thống hình thường dùng để cán thép

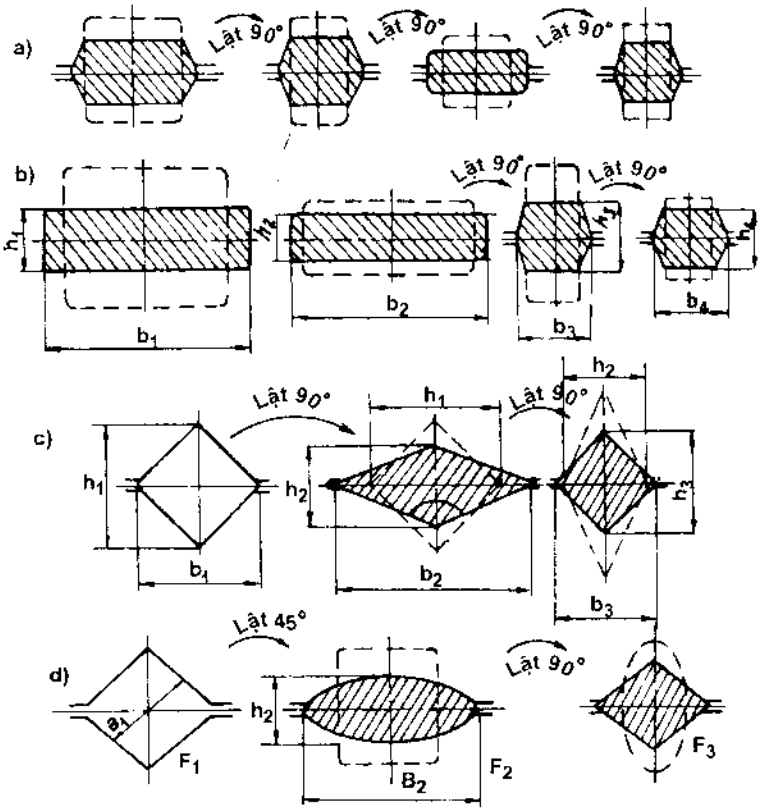
Hệ thống lỗ hình hộp (chữ nhật - vuông, hình 3.4a).

Hệ thống lỗ hình này được dùng rất rộng rãi để cán các loại thép tròn, vuông, chữ nhật, thép bản, thậm chí cả đối với thép hình phức tạp. Vật cán trong hệ thống lỗ hình này có lượng ép bằng nhau trên toàn bộ chiều rộng của vật cán, mức biến dạng đồng đều. Hệ số kéo dài lớn làm cho năng suất cán cao.

Hệ thống lỗ hình ép chữ nhật - vuông xen kẽ với trục phẳng (hình 3.4b).

Ở hệ thống này người ta thường bố trí trục cán phẳng để ép phôi cán tiết diện chữ nhật, còn lỗ hình vuông thì tạo ra bởi các rãnh cán trên hai trục cán. Khi cán trên hệ thống lỗ hình hỗn hợp chữ nhật - vuông có trục phẳng này có thể rút ngắn được một số lần cán và một số lần lật phôi, do đó có thể nâng được năng suất cán. Tuy nhiên dùng hệ thống lỗ hình

ép hai lần vật cán theo hướng này, dẫn đến bề mặt bị xây xát, bị xước có khi bị các vết nứt tế vi, v.v...



Hình 3.4. *Các hệ thống lỗ hình cán tinh thép vuông.*
a- hệ thống lỗ hình hộp (chữ nhật - vuông)
b- hệ thống lỗ hình hộp chữ nhật - vuông xen kẽ trục phẳng.
c- hệ thống lỗ hình ép thoi - vuông (vuông - thoi)
d- hệ thống hình ép (ôvan - vuông)

Hệ thống lỗ hình ép vuông - thoi và thoi - vuông (hình 3.4c)

Hệ thống lỗ hình nầy được dùng nhiều trong máy cán phôi liên tục và các máy cán liên tục khác. Ưu điểm của nó là vật cán ăn vào lỗ hình rất ổn định, hệ số kéo dài lớn, vật cán biến dạng nhanh do đó năng suất cao (hình 3.4c)

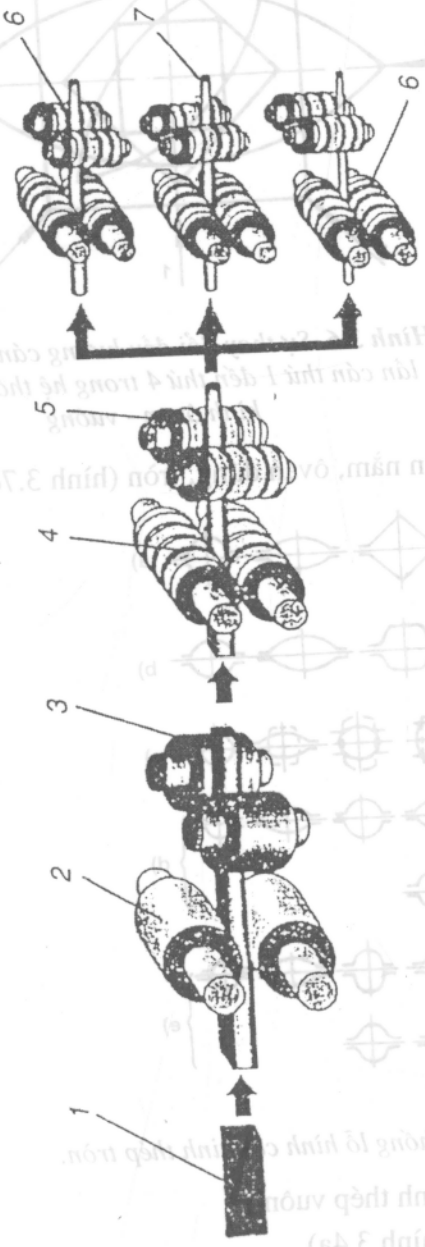
Hệ thống lỗ hình ép ôvan - vuông (hình 3.4d)

Đây là hệ thống lỗ hình chính được dùng rộng rãi trong các máy cán hình cỡ nhỏ. Ưu điểm của nó là:

-Vật cán được biến dạng tới mức tối đa.

- Các gờ mép và các mặt của vật cán luôn luôn được thay đổi trong quá trình cán do đó làm nhiệt độ của vật cán đồng đều (hình 3.6).

- Ít phế phẩm.



Hình 3.5. *Sơ đồ cán thép tròn trên máy cán hình trung bình và nhỏ.*

1 - phôi thép (thép thỏi);
2. - trục cán đặt nằm ngang;
3. - trục cán đặt thẳng đứng;
4. - trục cán có lỗ hình bố trí nằm ngang;
5 - trục cán có lỗ hình bố trí thẳng đứng;
6.- lỗ hình trục cán;
7.- sản phẩm cán (thép tròn);

Hệ thống lỗ hình cán hình thép tròn (hình 3.7).

Để cán thép tròn có thể dùng một trong các hệ thống lỗ hình sau:

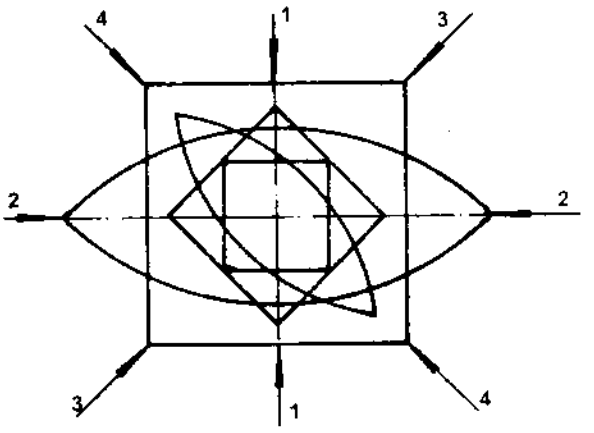
Hệ thống lỗ hình vuông - ôvan - tròn (hình 3.7a).

Hệ thống lỗ hình hộp vuông - ôvan - tròn (hình 3.7b).

Hệ thống lỗ hình vuông - phẳng, ôvan đứng - ôvan nằm – tròn (hình 3.7c).

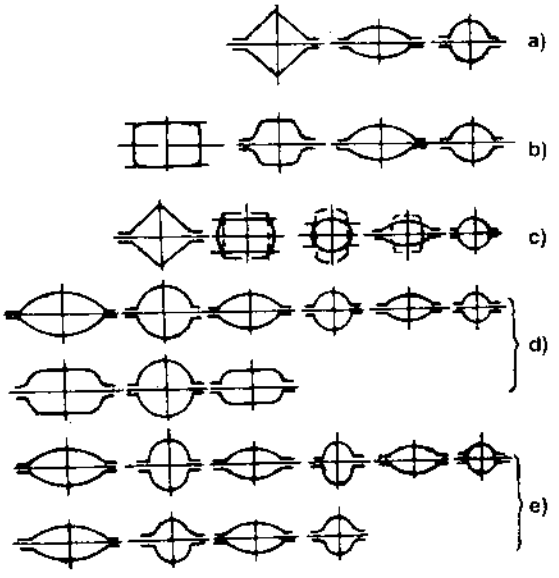
Hệ thống lỗ hình vạn năng (hình 3.7d).

Hệ thống lỗ hình tròn - ôvan - tròn (hình 3.7d).



Hình 3.6. *Sự thay đổi đều hướng cán các mặt từ lần cán thứ 1 đến thứ 4 trong hệ thống lỗ cán hình ôvan - vuông*

Hệ thống lỗ hình ôvan nằm, ôvan đứng, tròn (hình 3.7c).



Hình 3.7. *Các hệ thống lỗ hình cán tinh thép tròn.*

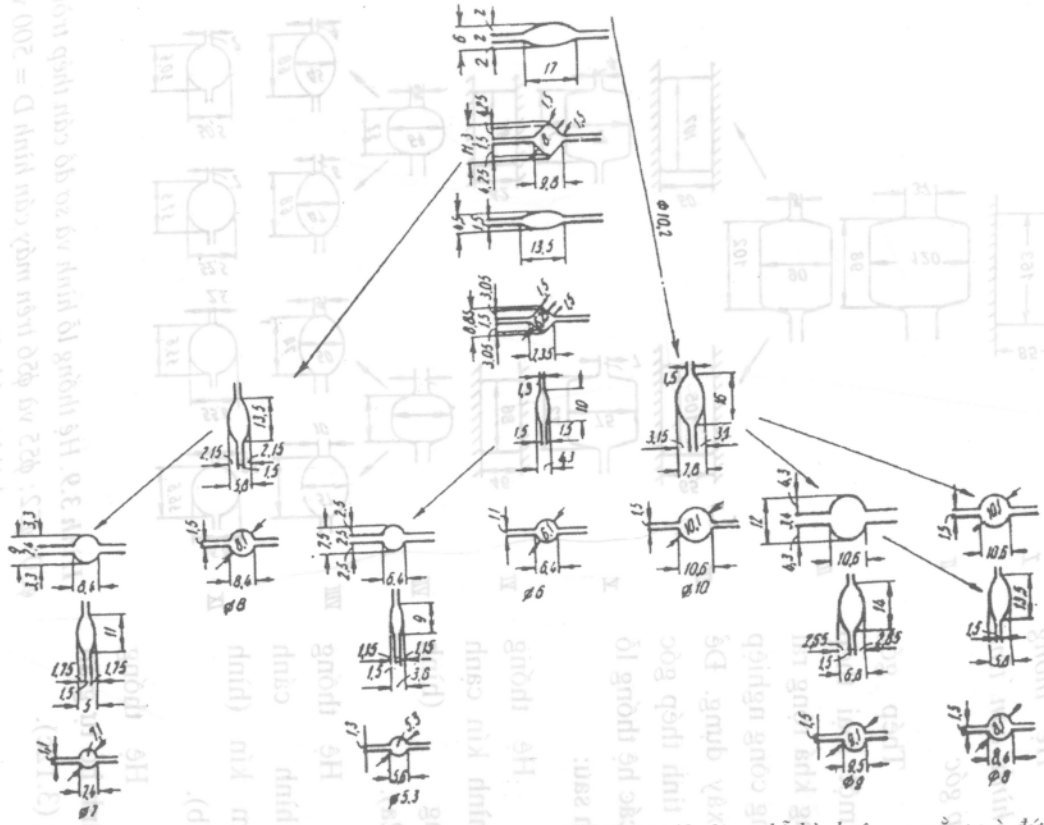
Hệ thống lỗ hình cán tinh thép vuông.

Hộp chữ nhật - vuông (hình 3.4a).

Hộp thoi - vuông (hình 3.4c).

Hộp ôvan - vuông (hình 3.4d).

Hộp sáu cạnh (hoặc vuông)...



***Hình 3.8**. Hệ thống hình cán tinh thép tròn ϕ5,3; ϕ7; ϕ8 và ϕ9 dùng lỗ hình ôvan nằm và đứng.*

Hình 3.5 là sơ đồ cán thép tròn trên máy cán hình trung bình và nhỏ. Hình 3.8 ÷ 3.11 là hệ thống lỗ hình cán thép tròn.

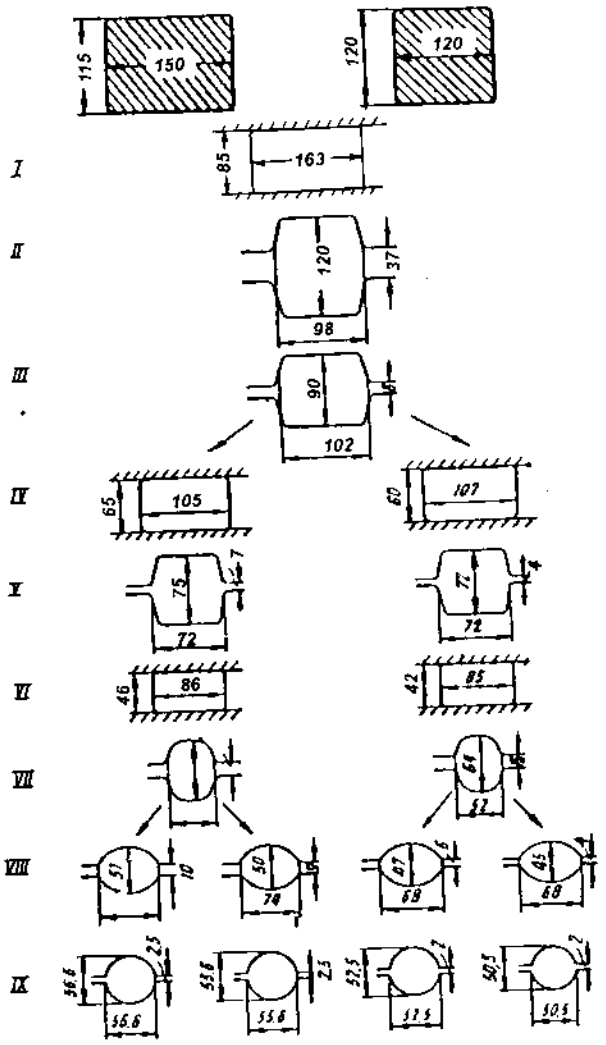
Hệ thống lỗ hình cán tinh thép góc

Thép góc là một loại thép dùng khá rộng rãi trong công nghiệp và xây dựng. Để cán tinh thép góc có các hệ thống lỗ hình sau:

Hệ thống lỗ hình kín cạnh thẳng (hình 3.12a).

Hệ thống lỗ hình cánh bướm kín (hình 3.12b).

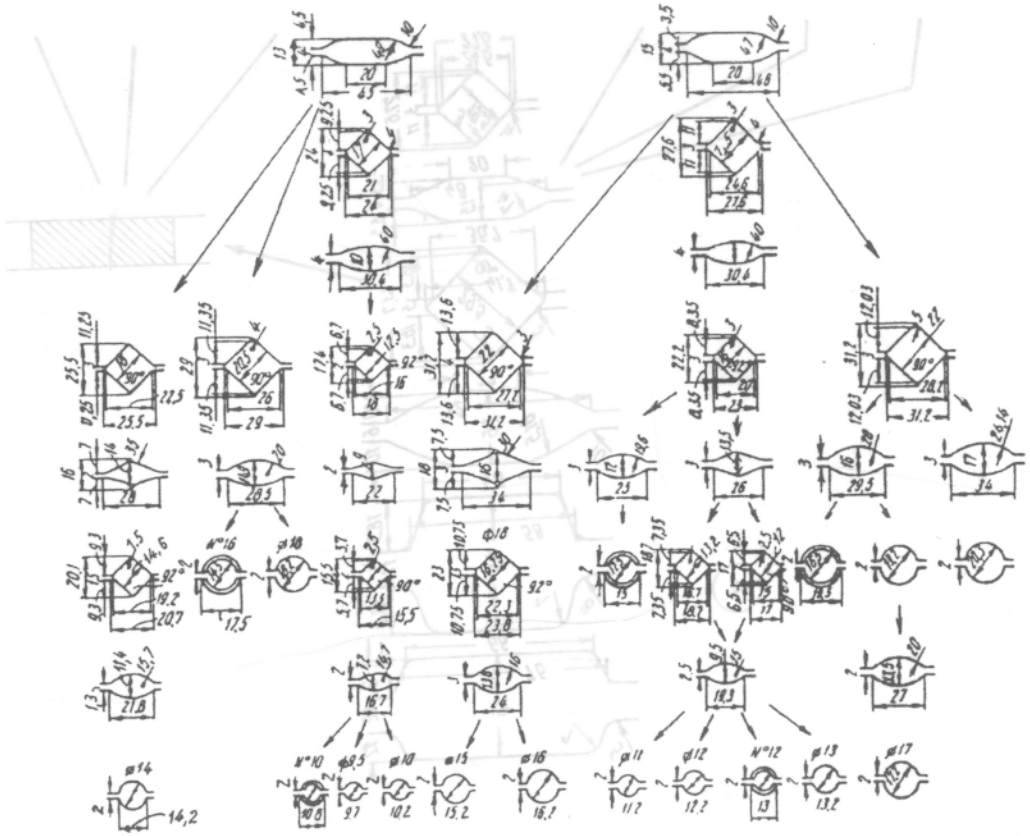
Hệ thống lỗ hình hở tự giãn rộng (3.12c).



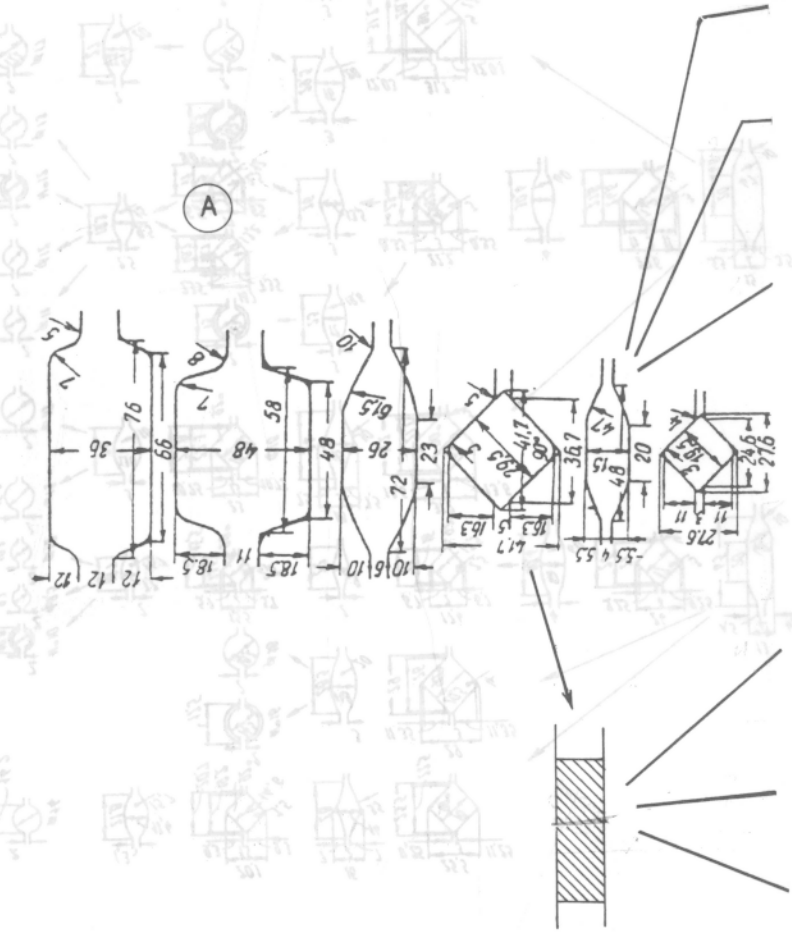
***Hình 3.9**. Hệ thống lỗ hình và sơ đồ cán thép tròn $\phi 50$; $\phi 52$; $\phi 55$ và $\phi 56$ trên máy cán hình D = 500 với phôi ban đầu là vuông hoặc chữ nhật.*

Khi cán thép góc có cạnh không bằng nhau (chữ L), người ta vẫn dùng các hệ thống lỗ hình trên, nhưng hai cạnh không cân đối và không bằng nhau.

Hình 3.13. và 3.14 giới thiệu cho chúng ta một vài hệ thống lỗ hình cán tinh (cánh bướm) cán thép góc và thép chữ L cỡ nhỏ thường dùng.

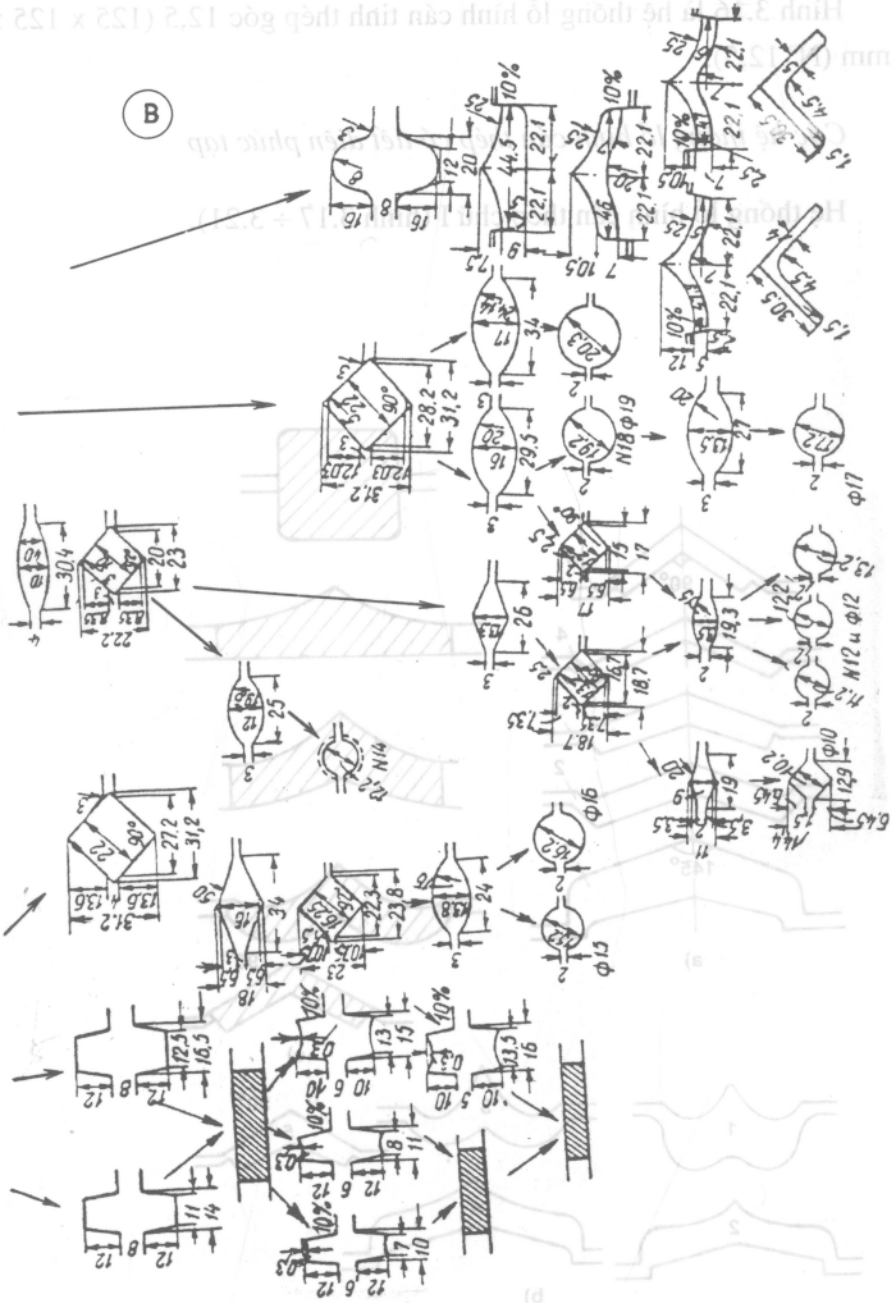


Hình 3.10. *Sơ đồ cán và một vài hệ thống lỗ hình cán tinh (lỗ hình dùng chung) để cán các loại sản phẩm thép tròn và thép vằn.*



***Hình 3.11**. Sơ đồ cán và hệ thống lỗ hình cán các loại thép tròn, thép vằn, thép bản, thép vuông và thép góc từ phôi vuông ban đầu có tiết diện (58 x 58) ÷ (66 x 66) mm trên máy cán hình 250*

(A) Hệ thống lỗ hình cán thô dùng chung.
(B) Các hệ thống lỗ hình cán tinh các loại thép khác nhau.

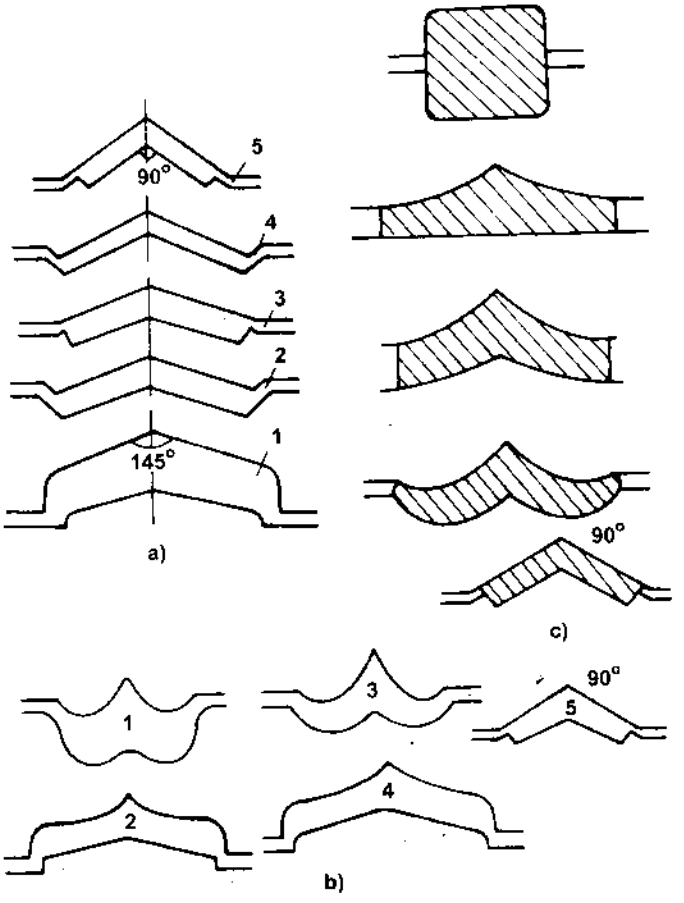

B
N14
N18 ф19
N12 и ф12
ф16
ф15
ф17
ф10

Hình 3.15 thể hiện các kích thước của hệ thống lỗ hình cán thép chữ L cỡ lớn.

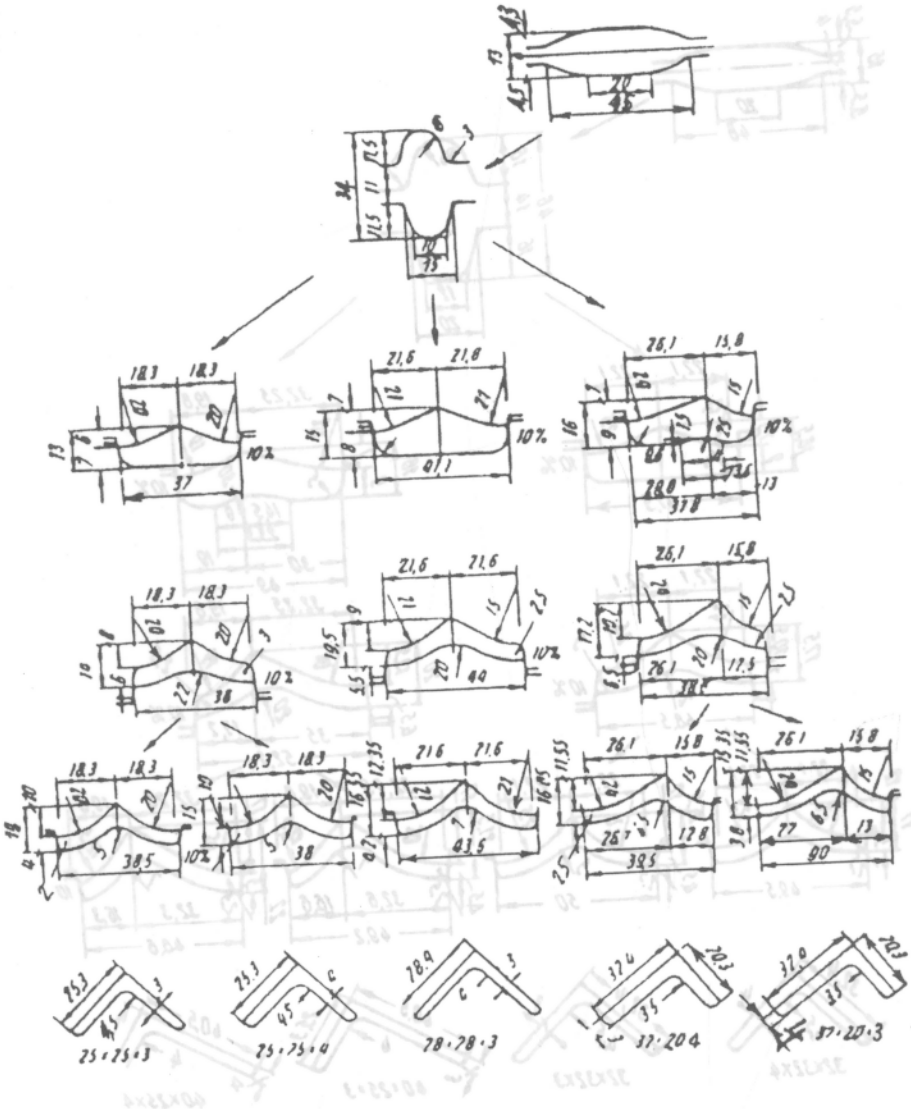
Hình 3.16 là hệ thống lỗ hình cán tinh thép góc 12,5 (125 x 125 x 10) mm (N° 12,5).

Các hệ thống lỗ hình cán thép có tiết diện phức tạp

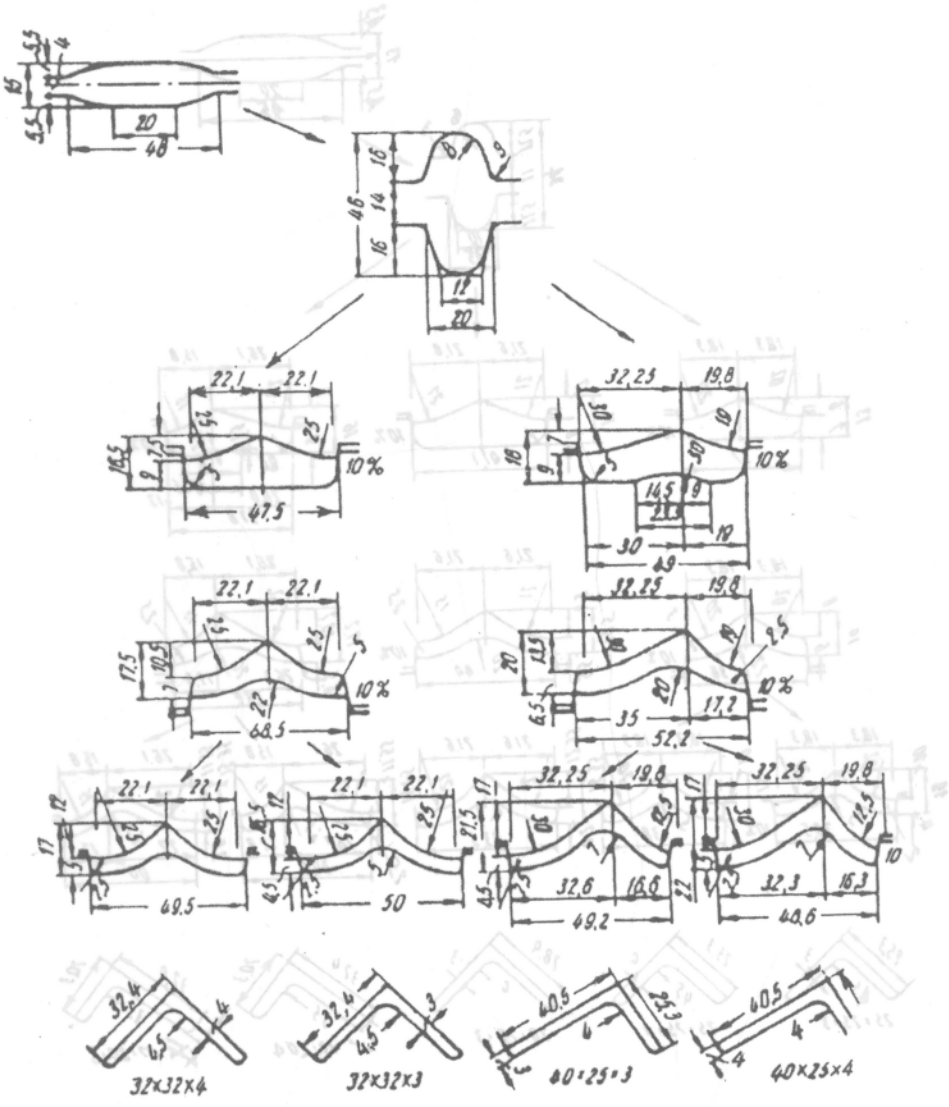
Hệ thống lỗ hình cán thép chữ I (hình 3.17 ÷ 3.21).



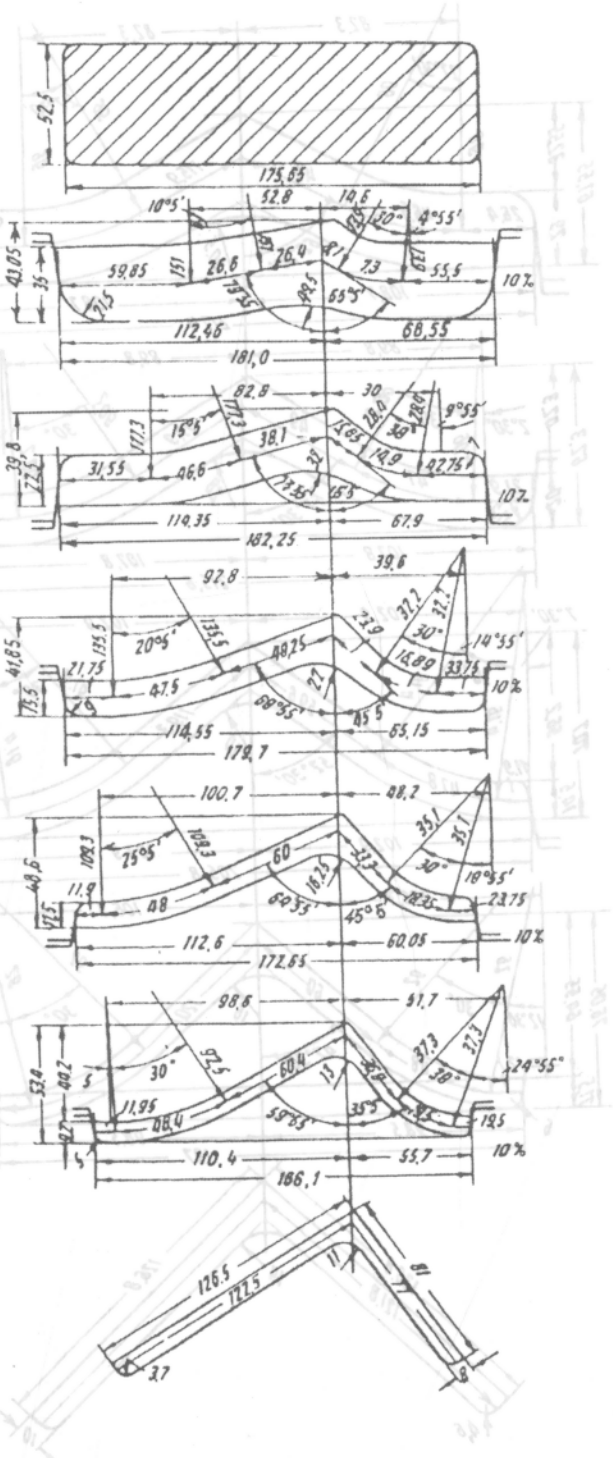
Hình 3.12. *Hệ thống (từ 1 ÷ 5) lỗ hình cán tinh thép góc.*



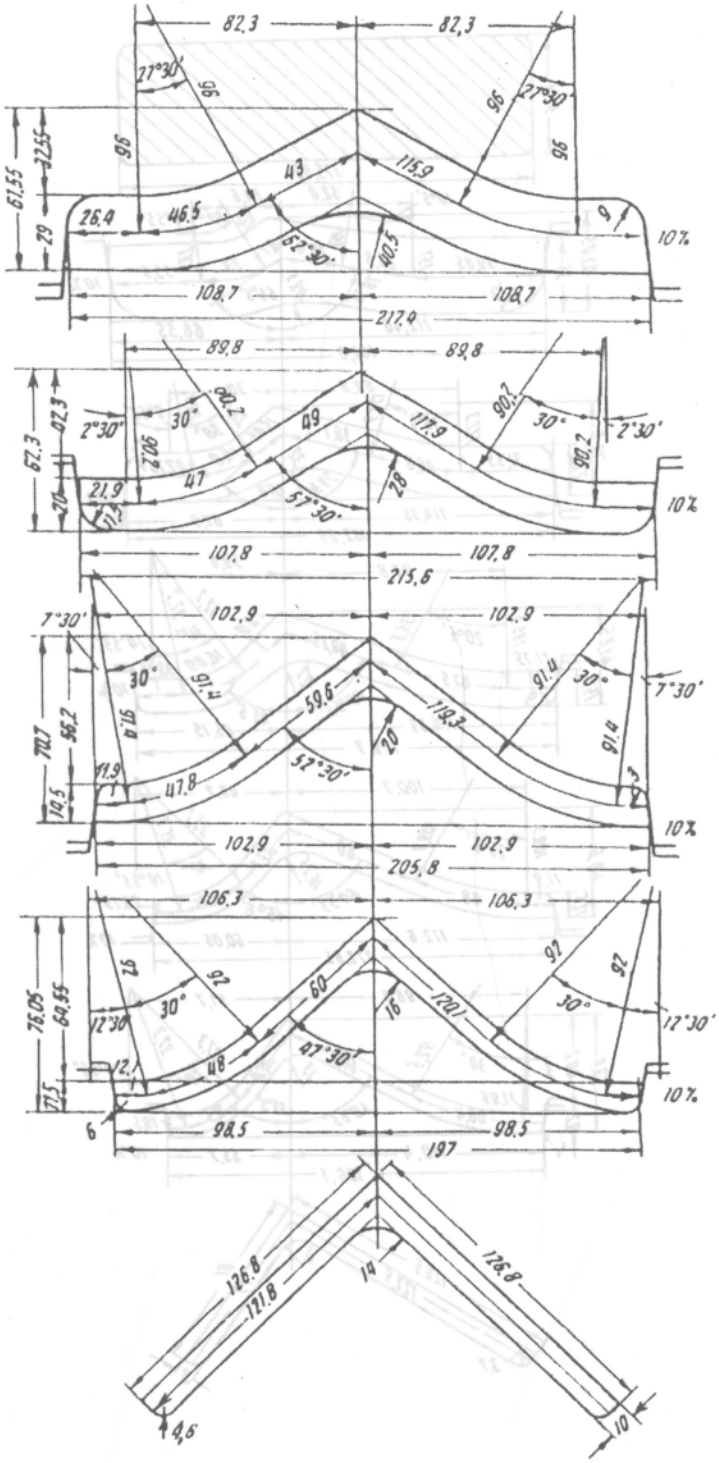
Hình 3.13. *Vài hệ thống lỗ hình cán tinh thép góc số 2,5; 2,8; thép chữ L 32 ×20×4 (mm) và 32 ×40 ×3 (mm).*



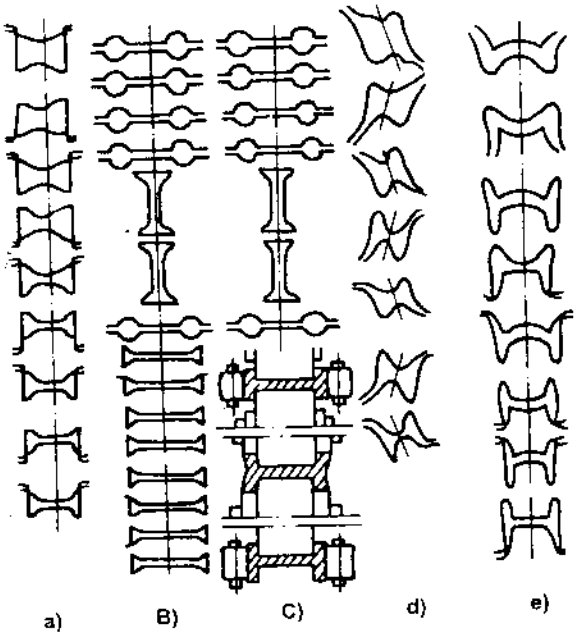
Hình 3.14. *Hệ thống lỗ hình cán tinh thép góc 3,2 và thép chữ L 40 × 25 × 3 (mm) và 40 × 25 × 4 (mm)*



***Hình 3.15**. Hệ thống lỗ hình cán tinh thép chữ L loại: 125 x 80 x 8 (mm)*



Hình 3.16. *Hệ thống lỗ hình cán tinh thép góc số 12,5 (125 x 125 x 10) mm (N° 12,5)*

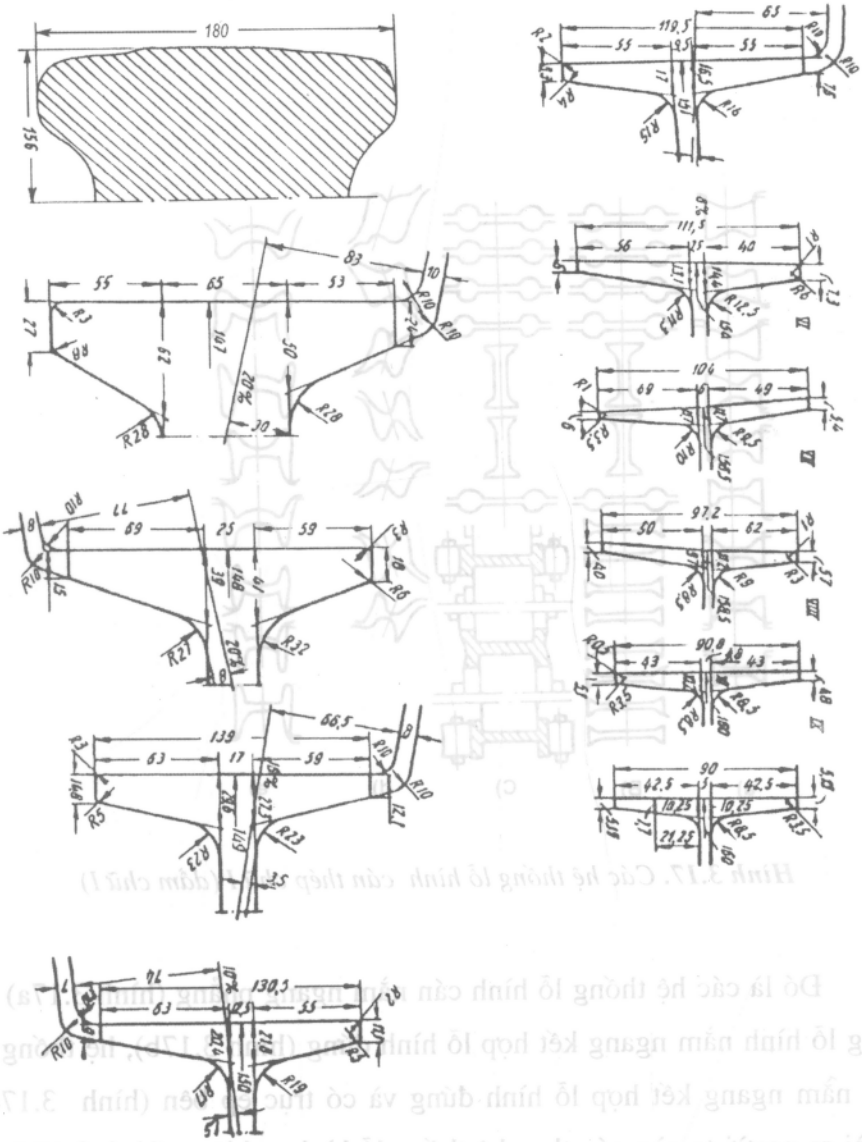


Hình 3.17. *Các hệ thống lỗ hình cán thép chữ I (dầm chữ I)*

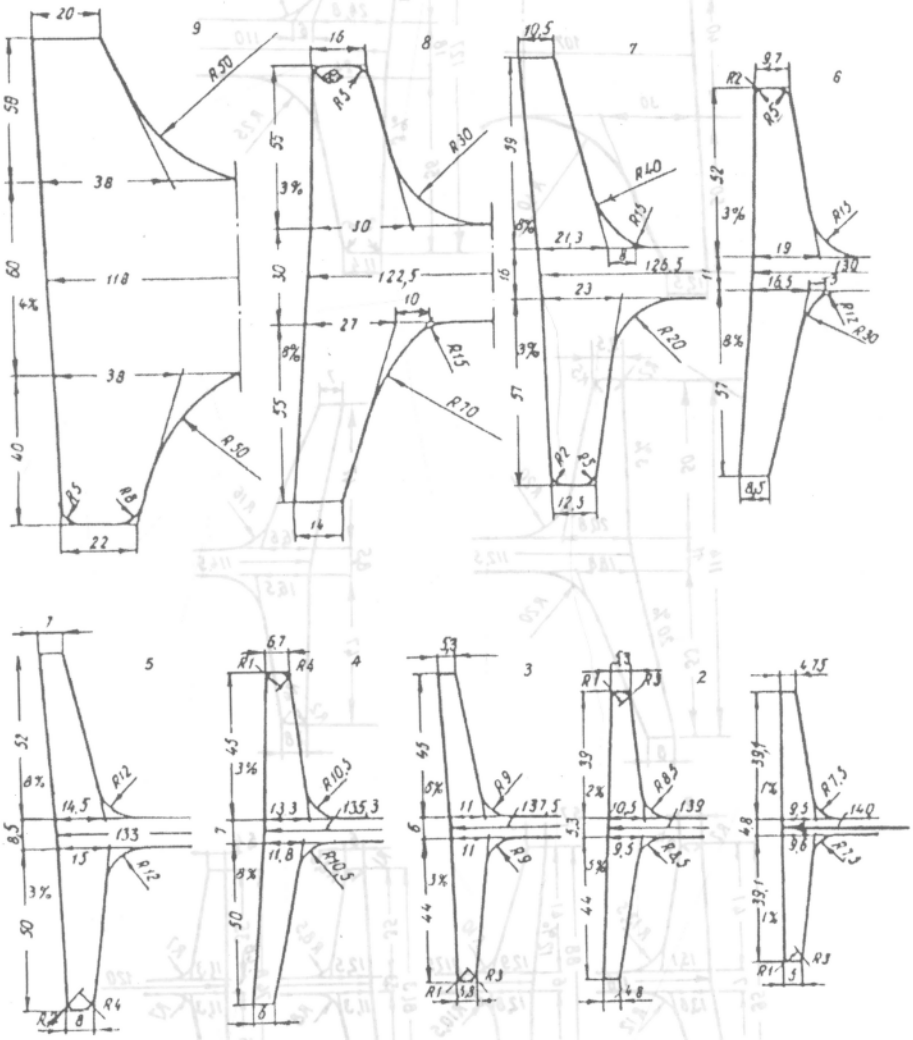
Đó là các hệ thống lỗ hình cán nằm ngang phẳng (hình 3.17a) hệ thống lỗ hình nằm ngang kết hợp lỗ hình đứng (hình 3.17b), hệ thống lỗ hình nằm ngang kết hợp lỗ hình đứng và có trục ép bên (hình 3.17c). Ngoài ra người ta còn cán theo hệ thống lỗ hình nghiêng (hình 3.17d) và hệ thống lỗ hình lưng cong (hình 3.17e)

Hệ thống lỗ hình cán thép chữ U (hình 3.22).

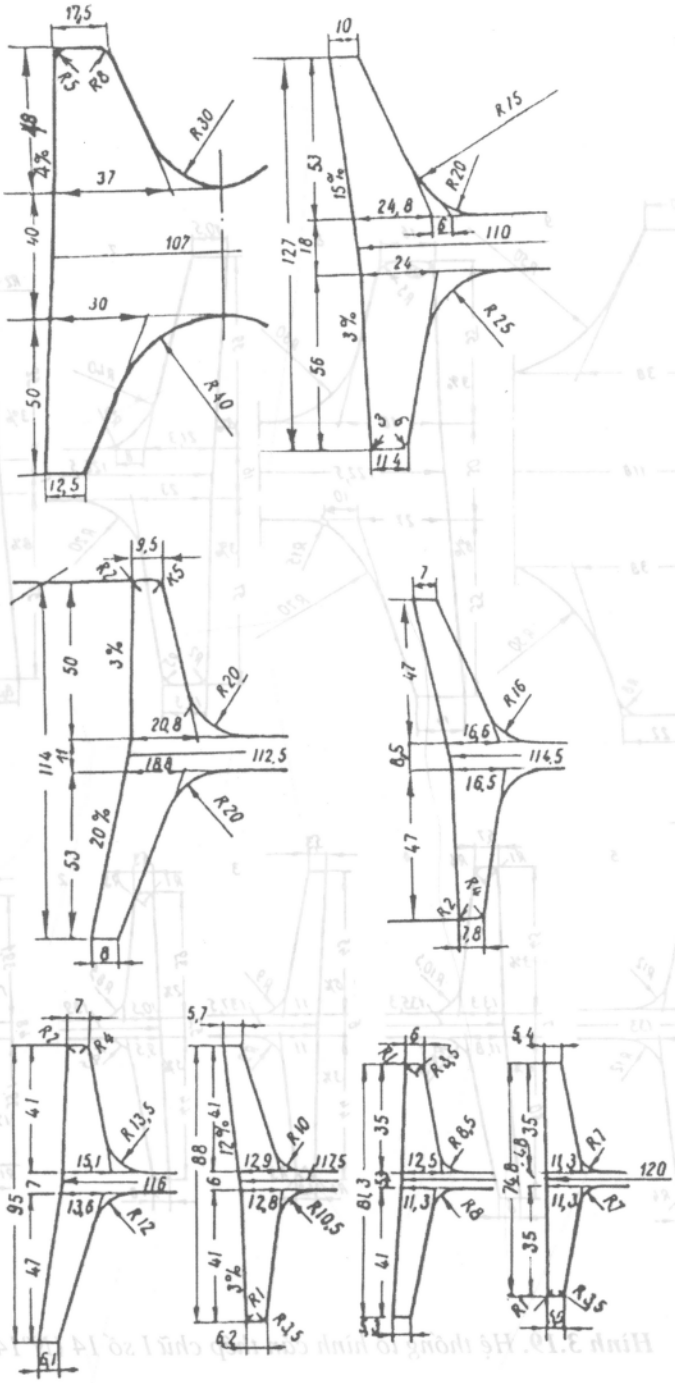
Hệ thống lỗ hình nằm ngang phẳng (hình 3.24a) còn gọi là hệ thống lỗ hình cán thép chữ I (giống hình 3.17a).



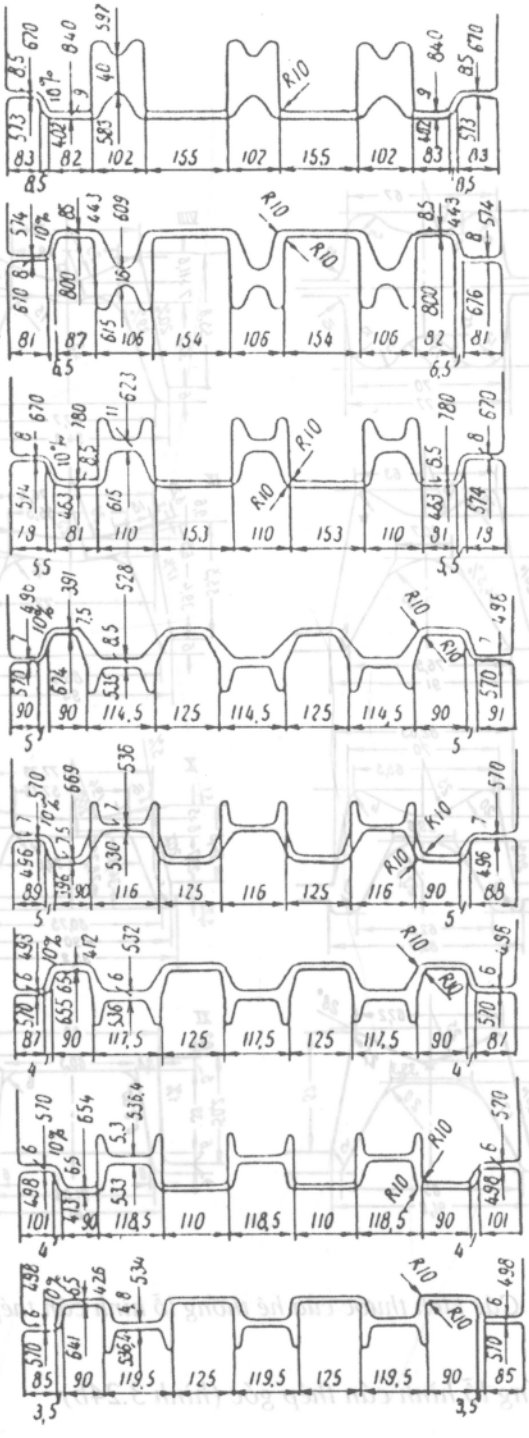
Hình 3.18. *Các kích thước lỗ hình cán thép chữ I số 16 (N°16)*



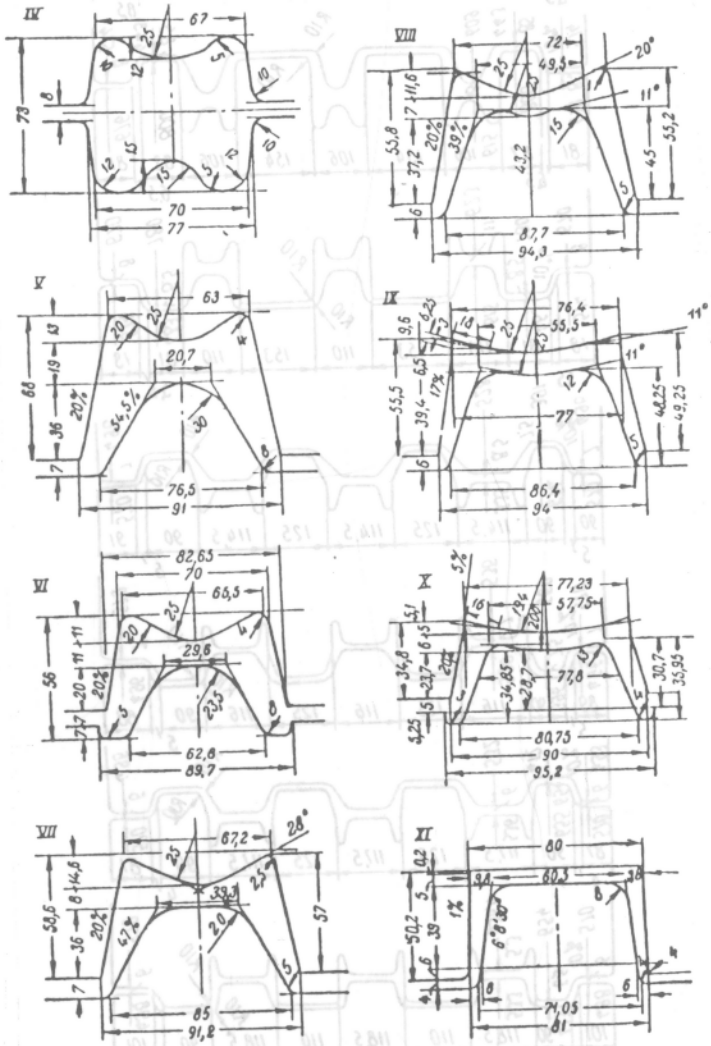
Hình 3.19. *Hệ thống lỗ hình cán thép chữ I số 14 (N°14)*



***Hình 3.20**. Hệ thống lỗ hình cán thép chữ I số 12 (N^{0}12) trên máy cán D = 500*



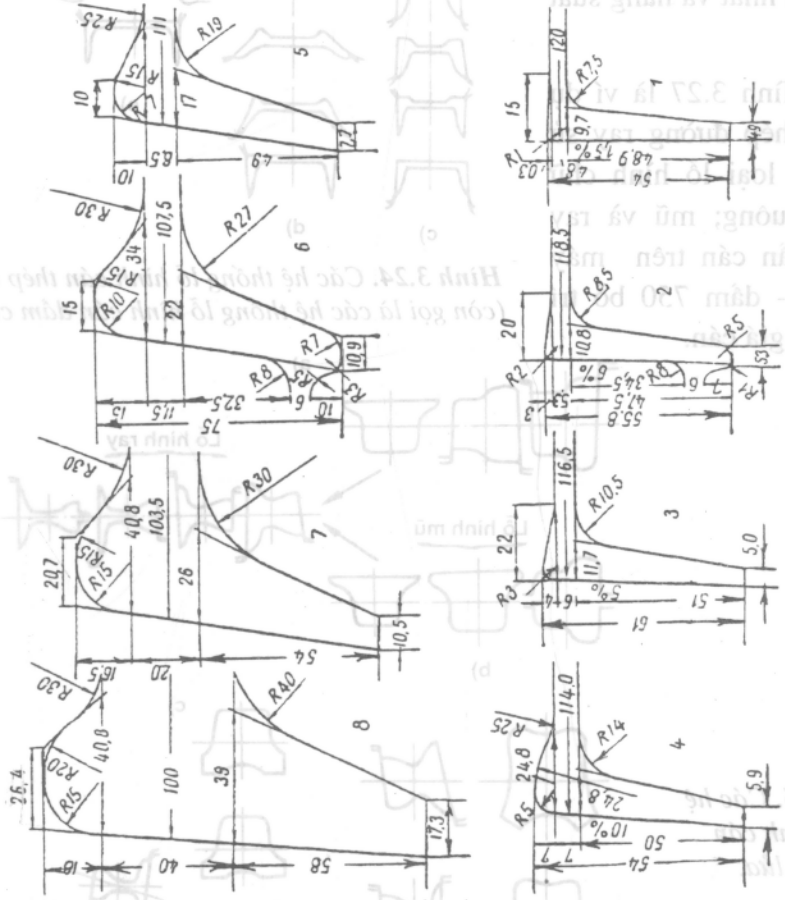
Hình 3.21. *Bố trí lỗ hình cán thép chữ I số 12 trên trục máy cán hình D = 500.*



Hình 3.22. *Các kích thước của hệ thống lỗ hình cán thép chữ U 8 (N°8)*

Hệ thống lỗ hình cán thép góc (hình 3.24b).

Hệ thống lỗ hình lưng cong (hình 3.24c). Hệ thống này giống hệ thống lỗ hình chữ I (hình 3.17e).



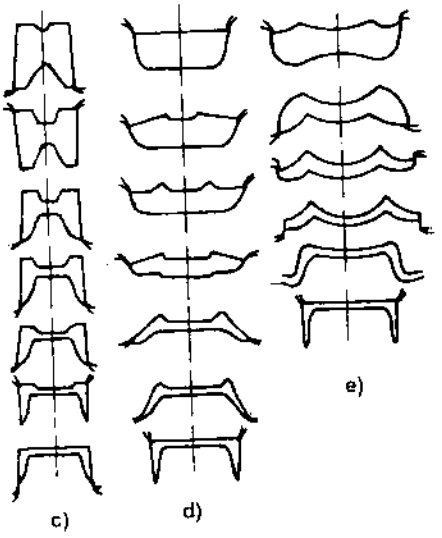
Hình 3.23. *Hệ thống lỗ hình cán thép chữ U số 12 (N°12)*

Hệ thống lỗ hình cán thép ray xe lửa (hình 3.25).

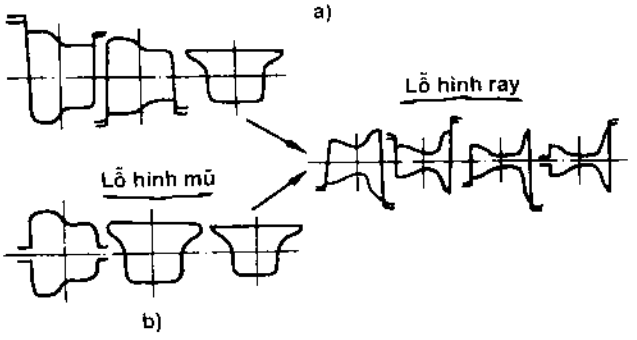
Người ta thường dùng hệ thống lỗ hình cán ray phẳng (hình 3.25a, b) và hệ thống lỗ hình ray nghiêng (hình 3.25c) hệ thống lỗ hình này thường có từ 3 ÷ 4 lỗ hình mũ và từ 5 ÷ 7 lỗ hình cán ray. Hình 3.26 là hệ thống lỗ hình cán ray xe lửa số 50.

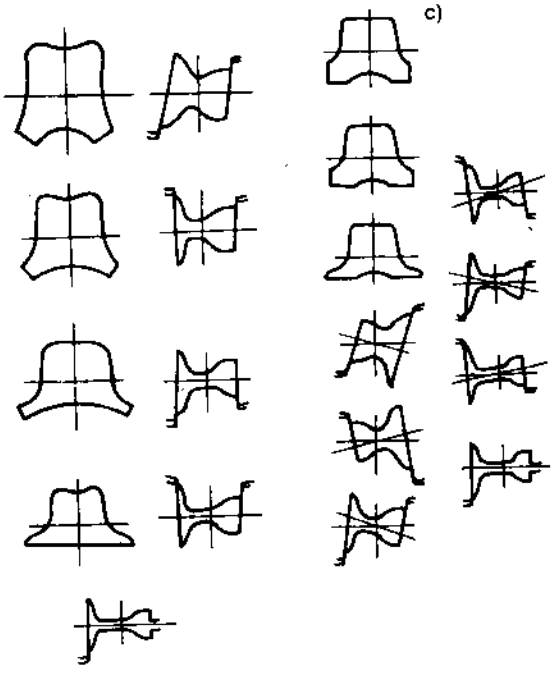
Khi cán các loại dầm chữ I, chữ U và ray từ những thỏi đúc lớn, người ta thường cán kết hợp nhiều lỗ hình với nhau một cách hợp lý nhất, chất lượng tốt nhất và năng suất cao.

Hình 3.27 là ví dụ về cán thép đường ray sử dụng ba loại lỗ hình chữ nhật - vuông; mũ và ray với 12 lần cán trên máy cán ray - dầm 750 bố trí hai hàng giá cán.

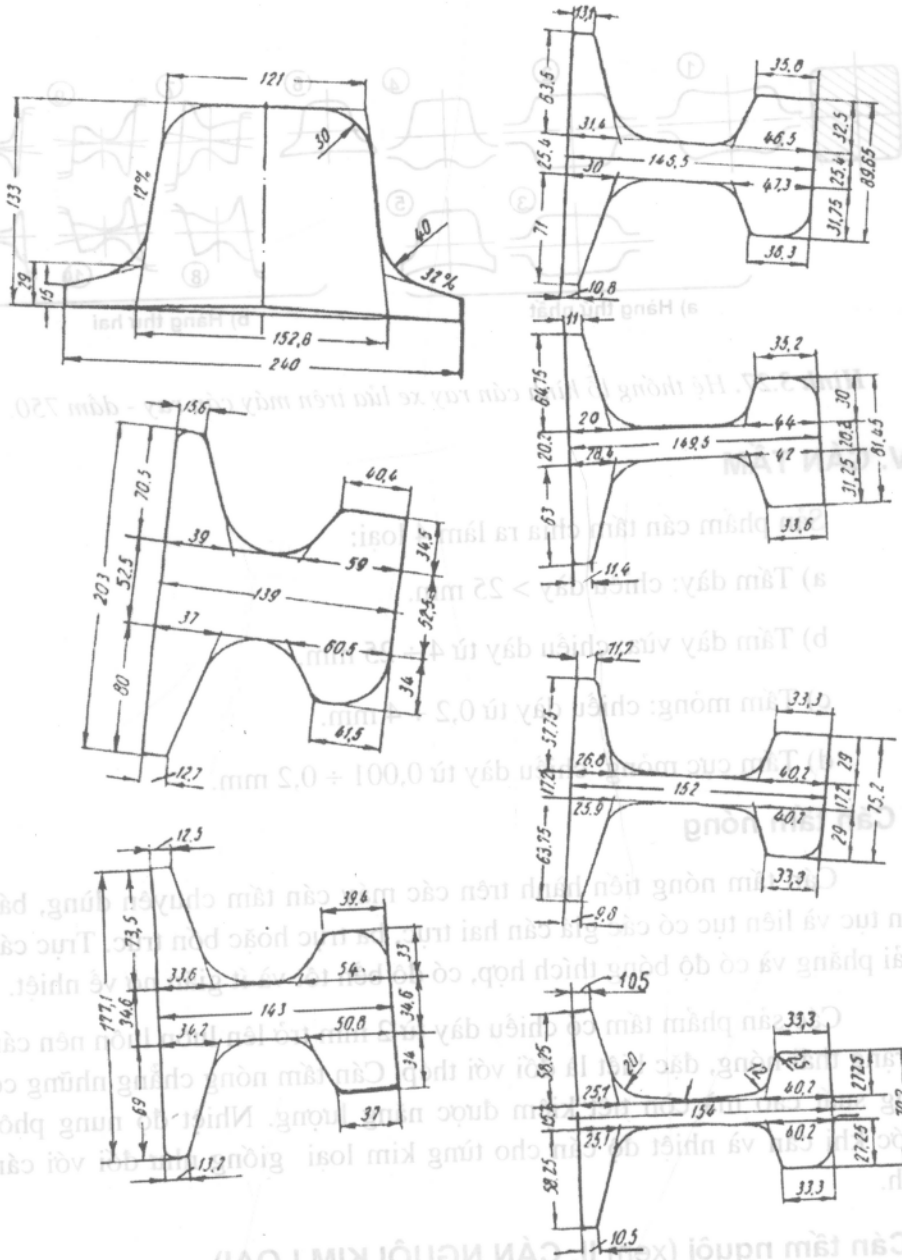


Hình 3.24. *Các hệ thống lỗ hình cán thép chữ U (còn gọi là các hệ thống lỗ hình cán dầm chữ U).*

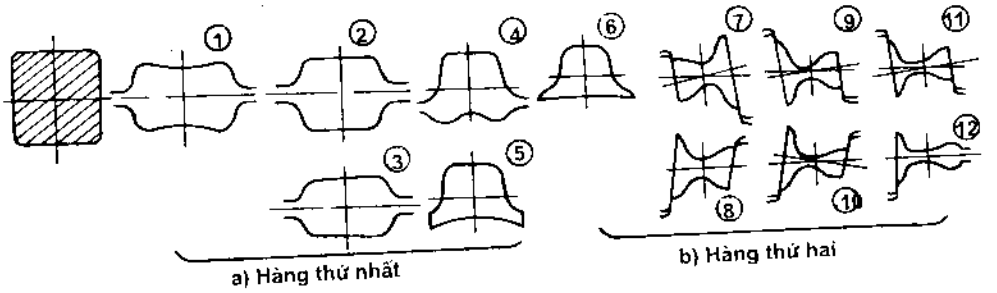




Hình 3.25. *Các hệ thống lỗ hình cán thép ray xe lửa.*



Hình 3.26. *Hệ thống lỗ hình cán tinh thép đường ray xe lửa số 50 (N°50).*



Hình 3.27. *Hệ thống lỗ hình cán ray xe lửa trên máy cán ray - dầm 750.*

IV. CÁN TẤM

Sản phẩm cán tấm chia ra làm 4 loại:

a) Tấm dày: chiều dày > 25 mm.

b) Tấm dày vừa: chiều dày từ 4 ÷ 25 mm.

c) Tấm mỏng: chiều dày từ 0,2 ÷ 4 mm.

d) Tấm cực mỏng: chiều dày từ 0,001 ÷ 0,2 mm.

1. Cán tấm nóng

Cán tấm nóng tiến hành trên các máy cán tấm chuyên dùng, bán liên tục và liên tục có các giá cán hai trục, ba trục hoặc bốn trục. Trục cán phải phẳng và có độ bóng thích hợp, có độ bền tốt và ít giãn nở về nhiệt.

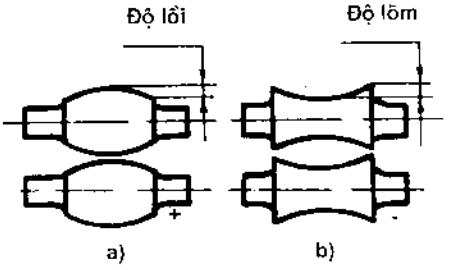
Các sản phẩm tấm có chiều dày từ 2 mm trở lên luôn luôn nên cán ở trạng thái nóng, đặc biệt là đối với thép. Cán tấm nóng chẳng những có năng suất cao mà còn tiết kiệm được năng lượng. Nhiệt độ nung phôi trước khi cán và nhiệt độ cán cho từng kim loại giống như đối với cán hình.

2. Cán tấm nguội (xem II. CÁN NGUỘI KIM LOẠI)

Trong thực tế các loại tấm mỏng và cực mỏng có chiều dày nhỏ hơn. 2 mm thường cán ở trạng thái nhiệt độ bình thường. Quá trình cán này gọi là cán tấm nguội. Cán tấm nguội được tiến hành trên các máy cán tấm. Số lượng trục cán ở mỗi giá cán thường là 4 trục, 6 trục hoặc nhiều hơn.

Sản phẩm tấm nguội có bề mặt bóng đẹp, kích thước chiều dày chính xác, tính dập tốt.

Khi cán tấm nguội có thể nâng cao tốc độ cán để tăng năng suất.



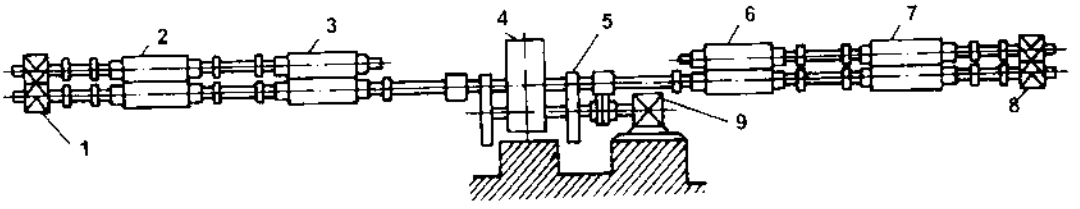
Hình 3.28. *Trục cán tấm*
a) trục lồi; b) trục lõm.

Tuỳ thuộc vào độ biến dạng của thép cán mà ủ trung gian hay ủ trước khi cán, nhằm khử bỏ ứng suất dư và hiện tượng biến cứng. Lực cán khi cán nguội rất lớn vì vậy phải bôi trơn bằng dầu khoáng vật, dầu thực vật hoặc các hỗn hợp bôi trơn khác.

Trong cán tấm thường dùng hai loại trục cán như ở hình 3.28. Loại trục lồi dùng cho các máy cán tấm nóng dày, dày vừa (trục cán được làm nguội bằng nước) và cho máy cán tấm mỏng, cực mỏng ở trạng thái nguội. Loại trục lõm dùng cho các máy cán tấm mỏng ở trạng thái nóng.

Độ lồi, lõm của trục cán thường từ 0,02 ÷ 0,05 mm (không vượt quá 0,08 mm).

Hình 3.29 giới thiệu một loại máy cán tấm mỏng ở trạng thái nóng có các giá cán bố trí theo hàng. Máy gồm giá cán hai trục không đảo chiều, được dẫn động chung bằng một động cơ.



Hình 3.29. *Sơ đồ động và cách bố trí thiết bị máy cán tấm mỏng ở trạng thái nóng có các giá cán bố trí theo hàng:*
1, 8- hộp bánh răng chữ V; 2, 3, 6, 7 - giá cán ; 4 - hộp giảm tốc; 5- bánh đà; 9- động cơ điện.

Máy này có hàng trăm năm nay, tuy nhiên đối với chúng ta nó vẫn có những giá trị tham khảo nhất định. Phân xưởng cán đúc nhôm tấm của Nhà máy sắt - tráng men - nhôm Hải Phòng có máy cán nhôm tấm hoàn toàn giống máy này (chỉ thiếu giá cán thứ 2 và hộp bánh răng chữ V được bố trí vào giữa hai giá cán). Máy cán nhôm tấm ở Nhà máy sắt - tráng men - nhôm, Hải Phòng là máy sản xuất tấm kim loại có chiều rộng lớn nhất hiện nay ở nước ta (rộng 600 mm).

Xem thêm về cán tấm và băng kim loại ở các tài liệu [3]; [7]; [9]; [10] và [12].

Chương IV

CÁN THÉP CACBON

I. PHÂN LOẠI THÉP CACBON

+ Theo thành phần hoá học thép cacbon được phân ra như sau:

Thép cacbon thấp - thành phần cacbon nhỏ hơn 0,25% (C % < 0,25%).

Thép cacbon trung bình - thành phần cacbon từ 0,25% ÷ 0,6% (C% = 0,25 ÷ 0,6%).

Thép cacbon cao - thành phần cacbon lớn hơn 0,6% (C% > 0,6%).

+ Theo công dụng có:

Thép cacbon kết cấu bao gồm các thép cacbon thấp và trung bình có hàm lượng cacbon từ 0,1 ÷ 0,5% (C% = 0,1 ÷ 0,5%).

Thép cacbon dụng cụ là thép cacbon có hàm lượng cacbon từ 0,5 ÷ 1,7% (C% = 0,5 ÷ 1,7%).

Các mác quen thuộc của các loại thép trên là thép xây dựng CT1 ÷ CT7, thép CT15, CT35, CT45,..., thép dụng cụ Y7, Y8, Y9, Y10, Y12, v...v.

Bảng 4.1 và 4.2 cung cấp một vài thông số kỹ thuật và thành phần hoá học của một số nguyên tố có trong thép thông thường.

Bảng 4.1 *Các thông số kỹ thuật và thành phần hoá học của thép cacbon thấp và trung bình dùng trong xây dựng*

Ký hiệu thép	σ_B	σ_S	δ (%)	ψ (%)	C (%)	Mn (%)	Si (%)	S (%)	P (%)
CT0	< 32	-	18	22	<0,23	-	-	0,060	0,070
CT1	32-40	-	28	33	0,10	0,42	0,10	0,055	0,045
CT2	34-42	19-22	26	31	0,12	0,42	0,10	0,055	0,045
CT3	38-47	22-24	22	26	0,18	0,52	0,21	0,055	0,045
CT4	42-52	24-26	20	24	0,22	0,52	0,21	0,055	0,045
CT5	50-62	26-28	16	20	0,32	0,65	0,26	0,065	0,045
CT6	60-72	30-31	12	14	0,44	0,65	0,26	0,058	0,045
CT7	≥ 70	-	8	10	0,56	0,70	0,26	0,055	0,045

σ_B - giới hạn bền của kim loại (kG/mm^2; N/mm^2).

σ_S - giới hạn chảy của kim loại (kG/mm^2; N/mm^2).

δ - độ giãn dài tương đối.

ψ - độ co thắt tỷ đối.

II. NHIỆT ĐỘ NUNG VÀ CÁN NÓNG THÉP CACBON

1. Nhiệt độ nung và cán nóng thép cacbon kết cấu

Đối với bất cứ loại thép cacbon kết cấu nào (bao gồm thép cacbon thấp và trung bình), đều xác định được khoảng nhiệt độ nung phôi và khoảng nhiệt độ cán thép theo giản đồ hình 3.1. Nếu biết được hàm lượng cacbon có trong thép, ta tra theo giản đồ cho thép trước cùng tích để tìm khoảng nhiệt độ cần thiết đó . Hàm lượng cacbon có trong thép càng thấp thì nhiệt độ nung và cán càng cao. Trên giản đồ, ta thấy phạm vi của nhiệt độ nung và cán đối với thép này rất rộng. Nhiệt độ nung từ 1190 ÷ 1280°C, và nhiệt độ kết thúc cán nằm trong khoảng từ 900 ÷ 950°C. Trong phạm vi nhiệt độ cán nói trên thép cacbon kết cấu có trở kháng biến dạng nhỏ nhất, tính dẻo tốt nhất do đó rất dễ biến dạng khi cán.

Để sản phẩm có chất lượng bề mặt cao, cơ, lý tính tốt v.v... chúng ta cần kết hợp công nghệ cán thích hợp với hệ thống lỗ hình chuẩn xác. Ngoài ra phải chú ý tới nhiệt độ kết thúc cán và chế độ làm nguội của sản phẩm sau khi cán.

Bảng 4.2 *Bảng các thông số kỹ thuật và thành phần hoá học của một vài loại thép cacbon và hợp kim*

Ký hiệu thép	σ_B	σ_S	δ%	ψ%	HB	C%	Mn%	Si%	S%	P%	Ni%	Cr%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	32	18	31	55	137	0,1	0,50	0,27	0,04	0,04	0,25	0,15
20	40	24	25	55	156	0,2	0,50	0,27	0,04	0,04	0,25	0,25
30	48	28	20	50	179	0,3	0,65	0,27	0,04	0,04	0,25	0,25
40	57	32	17	45	217	0,4	0,65	0,27	0,04	0,04	0,25	0,25
50	63	35	13	40	241	0,5	0,65	0,27	0,04	0,04	0,25	0,25
60	65	37	10	35	255	0,6	0,65	0,27	0,04	0,04	0,25	0,25
70	67	39	8	30	269	0,7	0,65	0,27	0,04	0,04	0,25	0,25
20Г	43	25	22	40	197	0,2	0,85	0,27	0,04	0,04	0,25	0,25
30Г	55	29	15	45	217	0,3	0,85	0,27	0,04	0,04	0,25	0,25
40Г	60	33	14	45	229	0,4	0,85	0,27	0,04	0,04	0,25	0,25
50Г	65	37	11	40	255	0,5	0,85	0,27	0,04	0,04	0,25	0,25
60Г	70	38	9	35	269	0,6	0,85	0,27	0,04	0,04	0,25	0,25
70Г	80	42	7	30	269	0,7	0,85	0,27	0,04	0,04	0,25	0,25

2. Nhiệt độ nung và cán thép cacbon dụng cụ

Đặc điểm của thép này là hàm lượng cacbon cao, tính dẻo kém. Mặt khác tính dẻo của thép lại hạ thấp theo sự giảm của nhiệt độ . Khoảng nhiệt độ nung và khoảng nhiệt độ cán của thép này có nhỏ hơn và đòi hỏi khắt khe hơn so với thép cacbon kết cấu. Nếu nung phôi ở nhiệt độ cao và thời gian nung kéo dài so với nhiệt độ và thời gian cho phép thì lượng thoát cacbon khi nung sẽ rất lớn, dẫn đến giảm chất lượng của thép. Nhiệt độ nung của thép này thường từ 1070 ÷ 1150°C, nhiệt độ cán 1050 ÷1100°C và phải kết thúc cán ở nhiệt độ từ 800 ÷ 850 °C.

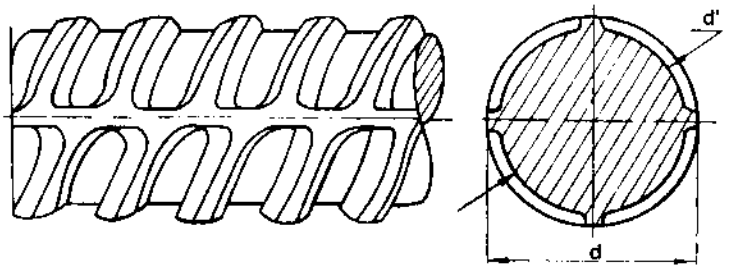
III. CÁN NÓNG THÉP HÌNH TỪ THÉP CACBON

Thép cacbon, đặc biệt là thép cacbon kết cấu được cán nóng với nhiều dạng hình khác nhau như: thép tròn, thép vuông, chữ nhật, lục lăng, tam giác, v.v.... và các dầm chịu lực như: dầm chữ I, chữ U, chữ T, v.v....Những lý thuyết cơ bản về cán dọc, khoảng nhiệt độ cán và kết thúc cán tối ưu, kết cấu một số lỗ hình thường dùng, v.v..., tất cả những vấn đề ấy chỉ là tiền đề ban đầu. Công việc chính của quá trình cán nóng thép hình là tính toán và thiết kế lỗ hình cho trục cán và xây dựng một số công nghệ cán thích hợp. Dưới đây là một vài phương pháp cán các loại thép đó.

1. Cán thép tròn

Thép tròn được cán ra thành các sản phẩm có kích thước từ 6 ÷ 250 mm. Đến nay rất nhiều tác giả đã đưa ra các phương pháp cán và tính toán khác nhau nhưng xét cho cùng đều tuân theo các nguyên tắc sau đây:

+ Việc tính toán và thiết kế lỗ hình cán đều dựa vào thực nghiệm và kinh nghiệm của từng nhà máy, từng quốc gia trên cơ sở của lý thuyết chung về cán thép và công nghệ cán thép.

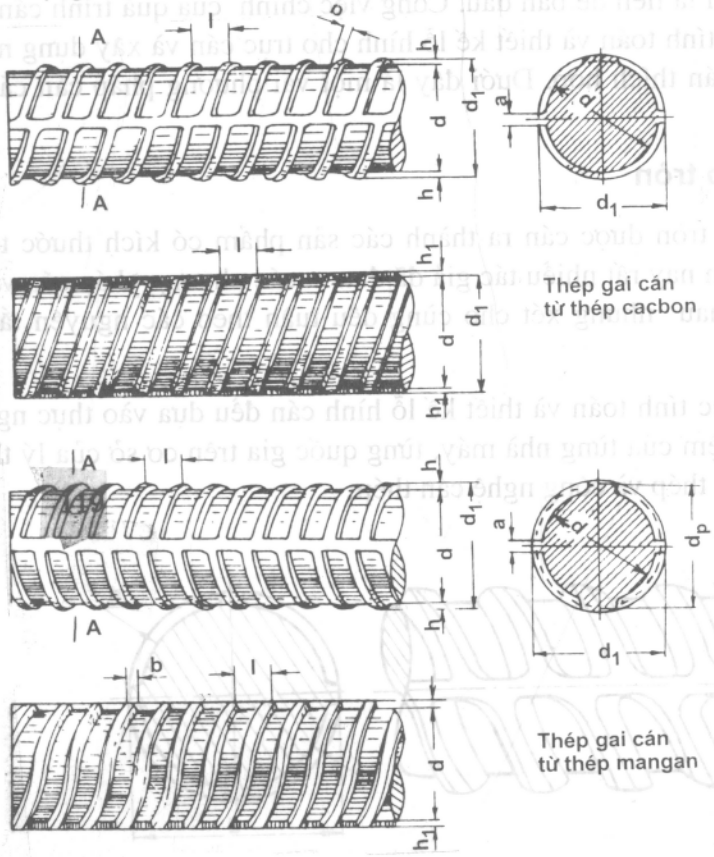


Hình 4.1. *Thép vằn (còn gọi là thép gai)*

+ Hầu hết các sản phẩm cán được tính toán và thiết kế ngược hướng cán, nghĩa là tính toán từ lỗ hình cán tinh tới lỗ hình trước tinh, rồi lỗ hình trung gian và cuối cùng tới phôi cán ban đầu (xem phần III, chương III và hình 3.7).

+ Tính toán và thiết kế lỗ hình thuận hướng cán, nghĩa là bắt đầu đi từ các kích thước của phôi cán ban đầu cho tới các lỗ hình trung gian và tới lỗ hình tinh để cán ra sản phẩm.

Thép tròn có hai loại: thép tròn thông thường và thép vằn (dùng nhiều trong xây dựng, hình 4.1). Thép tròn có đường kính từ $\phi 6 \div \phi 10$ mm, xuất xưởng ở dạng cuộn: $> \phi 10$ mm xuất xưởng ở dạng bó hoặc thanh; $\phi 12 \div 20$ xuất xưởng dạng bó, $> \phi$ 22 mm xuất xưởng dạng thanh. Sản phẩm xuất xưởng dưới các dạng như vậy là theo tiêu chuẩn sản phẩm cán của mỗi nước. Mặt khác để sản phẩm được vận chuyển dễ dàng bằng các phương tiện giao thông thép gai có đường kính từ $\phi 10 \div \phi 90$ xuất xưởng ở dạng thanh (xem hình 4.2 và 4.3).



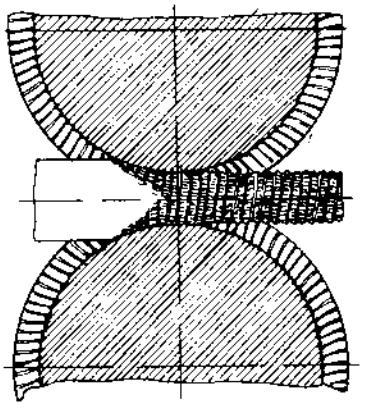
Hình 4.2. Kích thước thép gai tiêu chuẩn

Để bảo đảm chất lượng sản phẩm đúng với tiêu chuẩn nhà nước, có một số yêu cầu công nghệ khi sản xuất như sau:

- Phôi cán ban đầu không có khuyết tật như nứt, xước, vảy sắt, v.v....

Nhiệt độ nung phôi, nhiệt độ cán và kết thúc cán phải đúng qui định (phôi không bị cháy hoặc quá nhiệt khi nung).

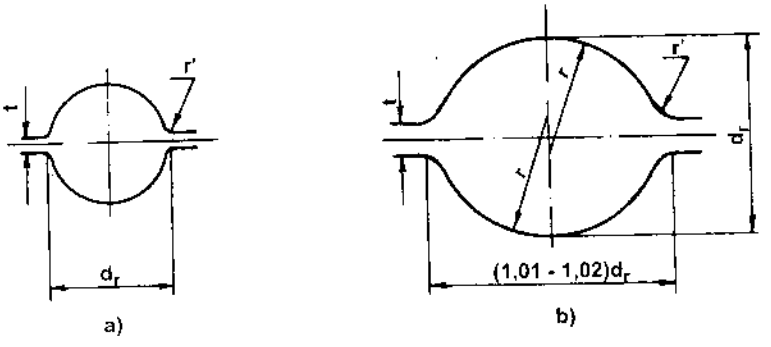
- Hệ số kéo dài (μ) hoặc lượng ép (Δh) phải thích hợp với từng lần cán.



***Hình 4.3**. Sơ đồ cán thép gai (vằn).*

- Tính toán các kích thước của từng lỗ hình phải chính xác, đặc biệt là hệ thống lỗ hình tinh bao gồm lỗ hình cán tinh và các lỗ hình trước tinh.

Tay hãy tính toán các kích thước của hệ thống lỗ hình (hình 3.7) dùng để cán tinh thép tròn .



***Hình 4.4.** Lỗ hình cán tinh của thép tròn*

a) $\phi \leq 30$ mm; b) $\phi > 30$ mm; $r' = (3 \div 5)$mm; $r = \frac{d_r}{2}$ mm.

Lỗ hình cán tinh.

Tất cả các thép tròn có đường kính từ 6 ÷ 30 mm thì lỗ hình cán tinh của nó có hình dạng và kích thước đúng như sản phẩm ở trạng thái

nóng (hình 4.4a):

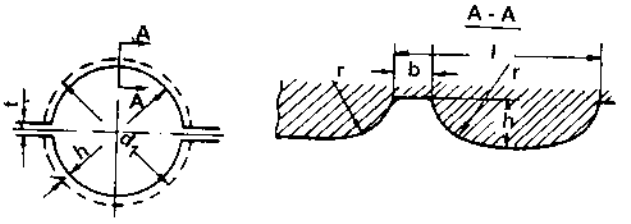
$$d_r = (1{,}012 \div 1{,}015)\ d,\ mm \qquad (4.1a)$$

trong đó:

d_r - đường kính của lỗ hình cán tinh.

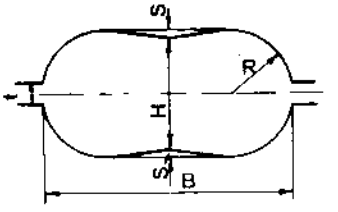
d - đường kính tiêu chuẩn của thép tròn ở trạng thái nguội, mm (theo tiêu chuẩn nhà nước Liên Xô trước đây).

Thép tròn có đường kính lớn hơn 30 mm thì lỗ hình cán tinh của nó có hình dạng và kích thước như 4.4b).



Hình 4.5. Lỗ hình cán tinh thép gai.

Đường kính của thép tròn ở trạng thái nóng có chiều ngang lớn hơn chiều cao từ 1 ÷ 2% là vì: khi vật cán nguội thì độ co ngót về chiều ngang lớn hơn độ co ngót về chiều cao từ 1 ÷ 2%. Cấu tạo lỗ hình cán tinh như vậy sẽ thu được thép tròn đều, đẹp và đúng kích thước. Các kích thước lỗ hình tinh lấy như sau:



Hình 4.6. Lỗ hình ôvan trước tinh

$$\left.\begin{aligned} d_t &= (1{,}012 + 1{,}015)d,\ mm \\ t &= (0{,}008 + 0{,}011)D,\ mm \end{aligned}\right\} \qquad (4.1b)$$

trong đó:

t- khe hở của trục cán (có tài liệu ký hiệu là S).

D- đường kính trục cán, mm.

Hình 4.5 là lỗ hình cán tinh thép gai.

Bảng 4.3. *Quan hệ các kích thước của lỗ hình ôvan và lỗ hình vuông trước tinh của thép tròn.*

Đường kính thép tròn d, mm	Tỉ số giữa lỗ hình ôvan trước tinh và tinh		Cạnh của lỗ hình vuông trước lỗ hình ôvan (a), mm
	(h/d)	(b/h)	
5 ÷ 7	0,69 – 0,78	2,35-2,50	a = d
7 ÷ 9	0,75 – 0,85	1,75-2,10	a = d
9 ÷ 11	0,80-0,85	0,67-1,80	a = d + (0,25 ÷ 0,5)
12 ÷ 15	0,80-0,87	1,60-1,70	a = d + 1
16 ÷ 20	0,87-0,90	1,50-1,60	a = d + 2
21 ÷ 25	0,90-0,92	1,47-1,50	a = d = 3
26 ÷35	0,92-0,94	1,47-1,50	a = d + (4 ÷ 7)
36 ÷ 40	0,90	1,40-1,50	a = d + (8 ÷ 12)
42 ÷ 50	0,91	1,4	a = d + (12 ÷ 15)
52 ÷ 60	0,92	1,4	a = d + (12 ÷ 15)
65 ÷ 80	0,92	1,4	a = d + (12 ÷ 15)

Lỗ hình ôvan trước tinh và lỗ hình vuông trước trước tinh.

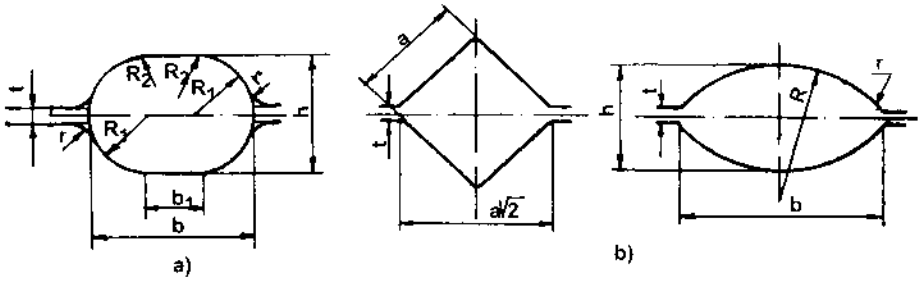
Đối với thép tròn $\phi = 6 \div 80$ mm tốt nhất dựa vào bảng 4.3 để tìm các kích thước của lỗ hình ôvan và lỗ hình vuông trước tinh. Bảng này do ông A. P. Vinôgradov người Nga đưa ra. Theo ông để cán được thép tròn có kích thước chính xác và chất lượng tốt thì phải chọn lỗ hình ôvan trước tinh có hình dáng gần như tròn với tỉ số chiều rộng của lỗ hình và chiều cao của lỗ hình (B/H) là nhỏ nhất (hình 4.6).

Mặt khác chọn lỗ hình ôvan sao cho vật cán từ lỗ hình vuông ăn vào lỗ hình ôvan được dễ dàng. Dựa vào cơ sở tính toán khoa học và thực nghiệm ông đã đưa ra bảng 4.3 này. Biết kích thước của sản phẩm sẽ tính được các kích thước của lỗ hình ôvan và vuông trước tinh.

Bảng 4.4 cho biết quan hệ kích thước lỗ hình ôvan trước tinh và tinh khi cán thép gai.

***Bảng 4.4**. Kích thước lỗ hình trước tinh và tinh khi cán thép gai (hình 4.5 và 4.6)*

Mác thép gai	Lỗ hình tinh (mm)		Lỗ hình ôvan trước tinh (mm)				
	Đường kính trong	Đường kính ngoài	Chiều cao (H)	Chiều rộng (B)	Khe hở trục cán (t)	Bán kính lượn (R)	Độ lõm (S)
10	9,3	11,3	8,5	17	2	4	-
12	11	13,5	10	20	3	5	-
14	13	15,5	12	22	3	6	-
16	15	18,0	14,5	24	3	7,5	-
18	17	20,0	15	26	3	8,5	-
20	19	22,0	18	30,5	3	9	0,5
22	21	24,0	19	35	3	12	0,5
25	24	27,0	23	40	3	12	0,5
28	26,5	30,5	26	45	4	12	0,5
32	30,5	34,5	28	53	4	18,5	0,5
36	34,5	39,5	35	58,5	5	21	0,5
40	38,5	43,5	36	64	5	23	0,5
45	43	49,5	37	72	6	26	0,5
50	48	54,0	38	90	8	24	0,5
55	53	59,0	41	95,5	8	28	0,5
60	58	64,0	48	96	11	28	0,5
70	68	74,0	58	115	12	38	0,5
80	77,5	83,5	66	133	13	50	0,5
90	87,5	93,5	77	154	19	65	0,5
Lỗ hình thứ (n-1) tính ngược với hướng cán .							



***Hình 4.7**. Lỗ hình trước tinh khi cán thép tròn*

a) lỗ hình ôvan trước tinh khi cán thép tròn $\phi \geq 50$ mm .

b) lỗ hình vuông và ôvan trước tinh.

Đối với thép tròn có $\phi \geq 80$ mm thì lỗ hình ôvan trước tinh cấu tạo có dạng khác với lỗ hình thông thường (xem hình 4.7a).

Hình 4.8 cho cấu tạo một số lỗ hình khi cán thép vằn.

Lỗ hình ôvan thường có các ưu điểm sau đây:

- Kim loại được điền đầy khi đưa vật cán từ lỗ hình ôvan sang lỗ

hình tinh tròn. Sản phẩm sau khi cán tại lỗ hình tinh tròn có kích thước chính xác, hình dáng đẹp, chất lượng cao.

- Lỗ hình cán tinh tròn ít bị mài mòn ở hai phía trên và dưới vì lượng ép nhỏ và vật cán sau khi qua hình ôvan này đã gần tròn, vì vậy tuổi thọ của lỗ hình được tăng lên (hình 4.9).

- Vật cán dễ dàng ăn vào lỗ hình tinh, do đó rút ngắn được thời gian chạy thử lỗ hình, thử trục và những việc điều chỉnh khác.

Các kích thước của lỗ hình ôvan trước tinh (hình 4.7a) được ghi ở bảng 4.5.

Nếu lỗ hình ôvan thông thường (như hình trước tinh hình 4.7b) thì các kích thước được tính như sau:

$$R_{(ôvan)} = \frac{b^2 + (h-t)^2}{4(h-t)} mm$$

trong đó:

b - chiều dài hình ôvan (mm)

h- chiều cao hình ôvan (mm)

t- khe hở trục cán (mm), t = (0,008 ÷ 0,012)D (có tài liệu ký hiệu khe hở trục cán là S).

Ở đây:

D - đường kính làm việc của trục cán, mm

Khi biết h, b, t thì tính được diện tích hình ôvan:

$$F_{(ôvan)} = bt + \frac{2}{3}b(h-t)(mm^2)$$

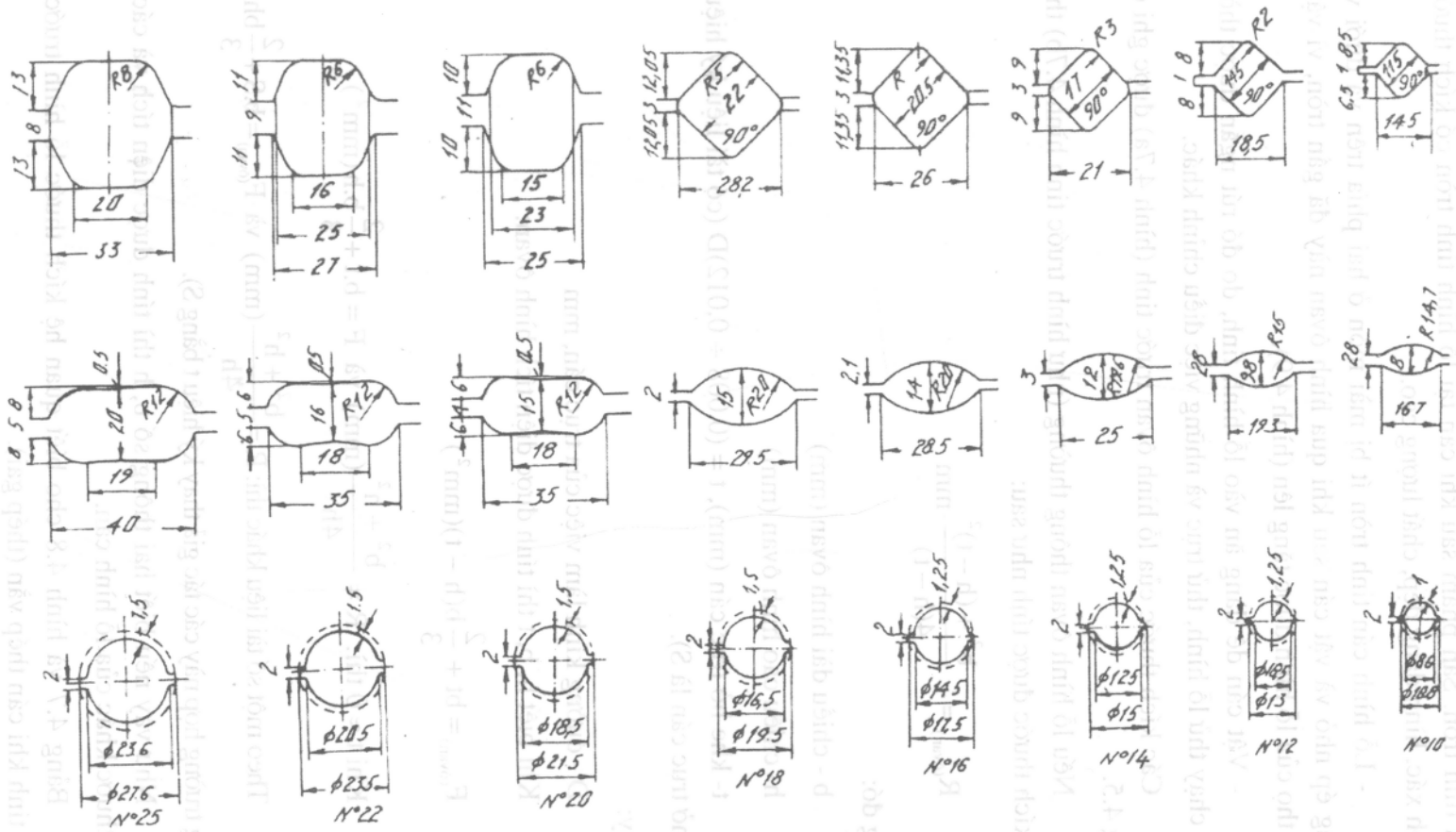
Khi $t \approx 0$ thì: $R = \frac{b^2 + h^2}{4h}(mm)$ và $F = b.t + \frac{2}{3}b.h(mm^2)$

Theo một số tài liệu khác thì: $R = \frac{b^2 + h^2}{4h}(mm)$ và $F_{(ôvan)} = b.S + \frac{2}{3}bh$

(trong trường hợp này các tác giả thay ký hiệu t bằng S).

Như vậy nếu biết hai thông số b, h thì tính được diện tích và các kích thước khác của lỗ hình cán.

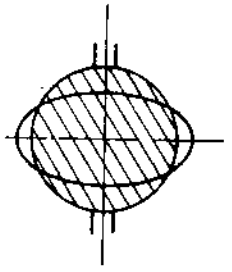
Bảng 4.7 và hình 4.8 cho biết quan hệ kích thước lỗ hình trước trước tinh khi cán thép vằn (thép gai).



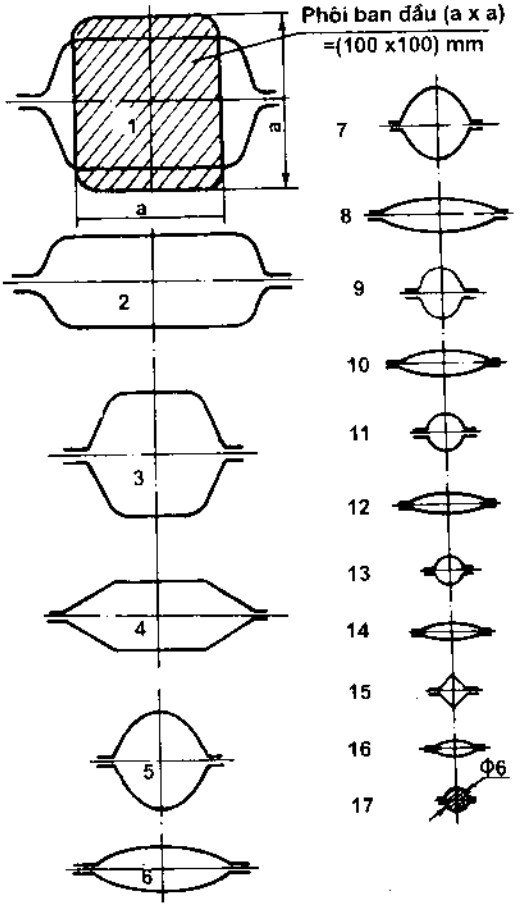
Hình 4.8. Lỗ hình tinh, trước tinh và trước trước tinh cho một số thép gai.

***Bảng 4.5**. Các kích thước của lỗ hình ôvan trước tinh cho thép tròn có $\phi \geq 50$ mm*

Đường kính thép tròn (d) mm	h, mm	b_1, mm	R_1, mm	R_2, mm	r^1, mm	t, mm
50÷60	1,26d	(0,5÷0,53)d	0,5d	8 ÷ 10	6	6 ÷ 8
65 ÷80	1,26d	(0,48÷0,52)d	0,5d	10 ÷ 12	6	8
85÷115	1,26d	(0,46÷0,48)d	0,5d	13 ÷15	6 ÷ 8	8 ÷ 10
120 ÷150	1,2d	(0,4÷0,44)d	0,5d	15 ÷ 18	6 ÷ 8	10 ÷ 12
Thép tròn ϕ = 50÷ 80 mm có thể sử dụng cả 2 lỗ ôvan trước tinh (hình 4.7).						



***Hình 4.9.** Vật cán ôvan ăn vào lỗ hình cán tinh thép tròn*



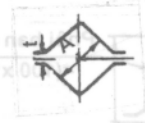
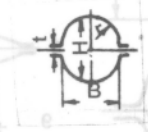
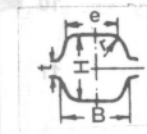
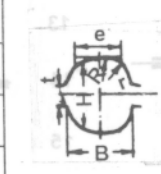
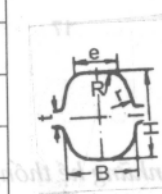
***Hình 4.10.** Một trong những hệ thống lỗ hình cán thép tròn ϕ6 trên máy cán hình cỡ nhỏ 250 mm.*

Các lỗ hình cán thô và trung gian còn lại có thể sử dụng các hệ thống lỗ hình hộp chữ nhật - vuông; thoi - vuông - sáu cạnh; bầu dục đứng - bầu dục tròn, v.v...

Hình 4.10 giới thiệu một hệ thống lỗ hình cán thép tròn ϕ6 từ phôi vuông ban đầu có kích thước (100 x 100) mm trên máy cán hình cỡ nhỏ 250. Hệ thống gồm 17 lỗ hình, với 17 lần cán. Hệ lỗ hình cán tinh gồm các hình vuông - bầu dục tròn thứ 15, 16 và 17. Hệ lỗ hình cán thô và trung gian gồm các loại lỗ hình chữ nhật, vuông, 6 cạnh, ôvan đứng và ôvan nằm từ thứ 1 đến thứ 14.

Việc thiết kế , tính toán chế độ ép và các kích thước của các lỗ hình khác rất phức tạp, đòi hỏi tính chính xác cao, do sự hạn chế của sách nên chúng tôi không trình bày ở đây. Có thể xem thêm ở các tài liệu [4]; [6]; [11] và [12].

***Bảng 4.6**. Lỗ hình trước lỗ hình ôvan trước tinh khi cán thép gai (thép vằn)*

Mác thép gai	Lỗ hình trước trước tinh*	mm A	mm H	mm B	mm r	mm t	mm e	mm R	mm r_1
10		12,5	-	-	-	-	-	-	-
12		14,5	-	-	-	-	-	-	-
14		17,0	-	-	-	-	-	-	-
16		19,5	-	-	-	-	-	-	-
14		-	18,2	15,2	7,5	3	-	-	-
16		-	22,0	18,0	8,5	3	-	-	-
18		-	25,0	20,0	9,5	3	-	-	-
20		-	28,0	22,0	10,5	3	-	-	-
20		-	31,0	25,0	6,0	11	15	-	-
22		-	31,0	27,0	7,0	9	16	-	-
25		-	34,0	30,0	8,0	10	18	-	-
28		-	41,0	36,6	8,0	13	22	-	-
32		-	46,0	40,0	8,0	10	27	-	-
36		-	56,0	42,0	8,0	18	29	-	-
40		-	61,0	49,0	10,0	19	34	-	-
45		-	69,0	58,0	10,0	17	40	-	-
50		-	73,0	62	10	18	35	-	41
55		-	73,0	62	10	32	35	-	41
60		-	88,0	72	10	24	38	90	53
70		-	110	72	10	24	38	90	53
80		-	125	93	25	43	48,5	120	87
90		-	142	99	30	54	49,5	60	85

***Ghi chú**: Lỗ hình thứ (n - 2) tính theo ngược hướng cán.

Bảng 4.7 giới thiệu một vài tính năng kỹ thuật của thép tròn trơn và thép gai.

Bảng 4.7. Tính năng kỹ thuật thép xây dựng từ ϕ 10 đến ϕ25 qua cán nóng của Việt Nam, Liên Xô (cũ) và Nhật Bản.

Loại thép	Tính chất cơ lý (N/mm^2)	Tiêu chuẩn Việt Nam	Tiêu chuẩn Liên Xô cũ)	Tiêu chuẩn Nhật Bản
		TCVN 1650-85 CT3(AI)	ГОСТ 380-71 CT3 (AI)	JIS - G-3112 SR 235
Tròn trơn	- Giới hạn chảy	Min 240	235 ÷ 245	Min 235
	- Độ bền đứt	Min 380	370 ÷ 480	380 ÷ 520
	- Độ dãn dài tương đối	Min 25	Min 25	Min 20 ÷ 24
Thép gai (vằn)	Tính chất cơ lý (N/mm^2)	TCVN 1651-85 CT5 (AII)	ГОСТ 5781-82 CT5(AII)	JIS - G-3112 SD 295A
	- Giới hạn chảy	Min 300	Min 294	Min 295
	- Độ bền đứt	Min 500	Min 490	440 ÷ 600
	- Độ dãn dài tương đối	Min 19	Min 19	Min ÷ 18
Min: nhỏ nhất				

2. Cán thép vuông

Thép vuông được cán ra với kích thước (a x a) từ phôi có các kích thước (5 x 5) mm ÷ (150 x 150) mm. Thép vuông có hai loại: loại sắc cạnh có kích thước từ (5 x 5) mm ÷ (50 x 50) mm, loại không sắc cạnh (có bán kính lượn) có kích thước từ (50 x 50) mm ÷ (150 x 150) mm. Vì vậy mà lỗ hình cán thép vuông cũng có hai loại: sắc cạnh (hình 4.11a) và không sắc cạnh (hình 4.11b).

Yêu cầu kỹ thuật đối với thép vuông là 4 cạnh thẳng bằng nhau, 2 đường chéo bằng nhau. Vì vậy mà công việc thiết kế lỗ hình trục cán phải chuẩn xác, đặc biệt là khi tính lượng giãn rộng (Δb), mặt khác khe hở giữa hai trục cán (S) cũng rất bé từ (1 ÷ 5) mm và hệ số kéo dài cũng phải chọn bé.

Có các hệ thống lỗ hình cán thép vuông sau:

Hệ thống lỗ hình chữ nhật - vuông.

Hệ thống lỗ hình thoi - vuông.

Hệ thống lỗ hình bầu dục - vuông.

Hệ thống lỗ hình sáu cạnh - vuông.

Trong đó hệ thống lỗ hình thoi - vuông được sử dụng nhiều nhất vì: vật cán ăn vào lỗ hình rất ổn định, kích thước sản phẩm chính xác; chất lượng cao. Lỗ hình trước tinh để cán thép vuông bao giờ cũng là lỗ

hình thoi.

Khi thiết kế lỗ hình cán tinh thép vuông (hình 4.11) cần chú ý các điểm sau:

Cạnh vuông $a_r = (1,012 \div 1,015)a$. Trong đó a là cạnh của thép vuông tiêu chuẩn (ГОСТ) ở trạng tháo nguội. Còn góc ở đỉnh và đáy của lỗ hình α luôn luôn lớn hơn 90°, $\alpha = 90^o30' \div 91^o$ để khi nguội thép co về chiều ngang nhiều hơn chiều đứng (như đã nói ở thép tròn) và các góc sẽ còn đúng 90°.

Đối với thép vuông không sắc cạnh (có bán kính lượn) thì dựa vào qui cách của sản phẩm mà chọn bán kính lượn r thích hợp. Thực tế:

$r/a = 0,1 \div 0,2$

Chiều cao h của lỗ, $h = 1,41a_r$, mm

Chiều rộng b của lỗ hình, $b = 1,42a_r$, mm

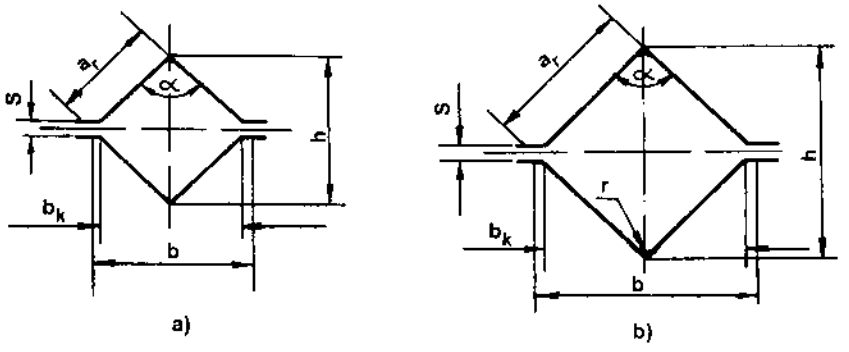
b > h là vì khi nguội thép co chiều rộng nhiều hơn co chiều cao.

Khe hở $S = (0,008 \div 0,012)D$

(D - đường kính trục cán, thực tế S chỉ nên ở khoảng từ $1 \div 5$mm).

$b_k = b - S$, mm.

Diện tích lỗ hình thoi trước tinh và lỗ hình vuông trước tinh có thể tính theo các công thức kinh nghiệm sau (hình 4.12):



Hình 4.11. *Lỗ hình cán tinh thép vuông*

a) lỗ hình cán tinh thép vuông sắc cạnh

b) lỗ hình cán tinh théo vuông không sắc cạnh.

$F_3 = F_1 . \mu_3$ (4.2)

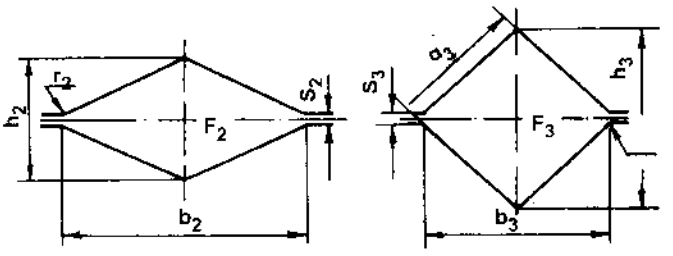
F_3, F_1 - diện tích lỗ hình thứ ba và lỗ hình tinh thứ nhất, mm^2.

$F_1 = a_r^2$

$\mu_3 = 1,23 \div 1,5$.

Từ đó ta tính được cạnh hình vuông trước tinh a_3:

$a_3 = \sqrt{F_3}$, mm (4.3)



Hình 4.12. Lỗ hình thoi và vuông trước tinh.

Các kích thước chiều rộng b_2 và chiều cao h_2 của lỗ hình thoi trước tinh được xác định như sau:

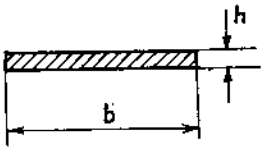
$$\left.\begin{aligned} h_2 &= 1,8.a_1 - 0,39.a_3, mm \\ b_2 &= 1,95.a_1 - 0,54.a_3, mm \end{aligned}\right\} \quad (4.4)$$

Khe hở trục cán t và bán kính lượn r tính theo công thức (4.1a, b).

Việc tính toán chế độ ép, các kích thước của lỗ hình cán thô và cán trung gian tham khảo ở các tài liệu đã nói trong phần **1. Cán thép tròn**.

3. Cán thép dẹt (thép bản)

Thép dẹt có chiều dày h = (4 ÷ 60) mm (hình 4.13) và chiều rộng b = (12 ÷ 200) mm, (loại chiều dày < 4 mm hầu hết phải cán nguội). Sản phẩm xuất xưởng của thép dẹt là ở dạng cuộn hoặc dạng bó.



Hình 4.13. Tiết diện ngang thép dẹt.

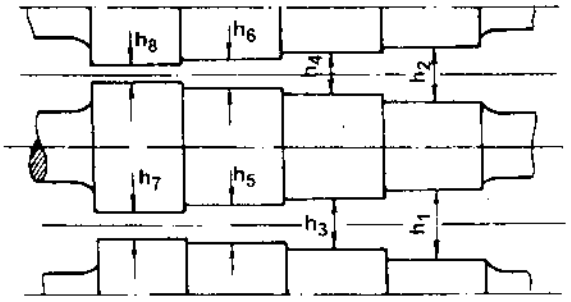
Thép dẹt dùng làm phôi ban đầu để sản xuất ống hàn, vành bánh xe v.v... Đối

với thép dẹt lò xo như 60C2; 55Г; 65Г; ... ; dùng làm nhíp ôtô, tàu hoả, toa xe, v.v...

Yêu cầu kỹ thuật đối với thép dẹt là:

- Chiều dày (h) đều, hai mặt bên phẳng.

- Chiều rộng (b) đúng dung sai cho phép.



Hình 4.14. *Trục phẳng có bậc dùng để cán thép dẹt trên máy cán hình 2÷3 trục.*

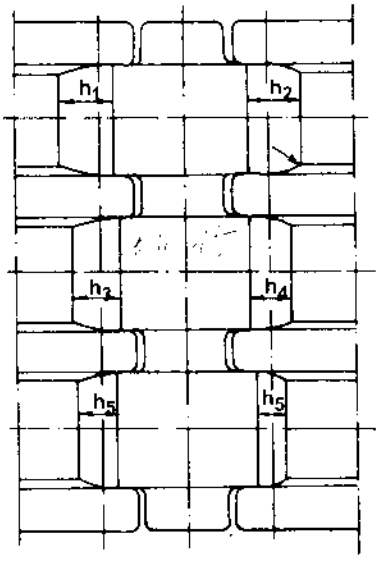
Thép dẹt được cán theo ba phương pháp sau:

- Cán trên lỗ hình trục phẳng và trục có bậc tạo lỗ hình trên máy cán hình 3 trục và 2 trục (hình 4.14).

- Cán trong lỗ hình kín trên máy cán 3 trục (hình 4.15).

- Trên máy cán liên tục hoặc máy cán chuyên dùng chỉ cán thép dẹt bằng các lỗ hình kín, phẳng xen kẽ và lỗ hình đứng, nằm xen kẽ (hình 4.16).

Thép dẹt có chiều dày lớn và chiều rộng b < 100 mm thường được cán trong lỗ hình tạo bởi trục phẳng có bậc (hình 4.14).



Hình 4.15. *Lỗ hình kín dùng để cán thép dẹt trên máy cán hình 3 trục.*

Thép dẹt có chiều dày nhỏ và chiều rộng lớn thì nên cán trong lỗ hình kín (hình 4.15). Khi tính toán lấy r = (0,1 ÷ 0,2)h và lấy độ nghiêng của đáy lỗ hình thô từ (3 ÷5)%, lỗ hình tinh từ (1 ÷ 2)%.

Phương pháp cán theo hệ thống lỗ hình trên hình 4.16 có các ưu điểm sau:

- Cán được các thép dẹt có kích thước khác nhau.

- Lượng ép lớn, vảy sắt bong ra hoàn toàn khi cán do đó bề mặt sản phẩm bóng đẹp.

- Cạnh biên của thép dẹt thẳng, đẹp. Sản phẩm có kích thước chính xác.

Đối với thép dẹt có chiều rộng b < 125 mm thì phôi ban đầu phải có tiết diện hình chữ nhật. Còn đối với sản phẩm có b ≥ 125 mm thì phôi ban đầu cần có tiết diện vuông (a x a). Trong trường hợp đó cạnh vuông a được tính như sau, hình 4.17:

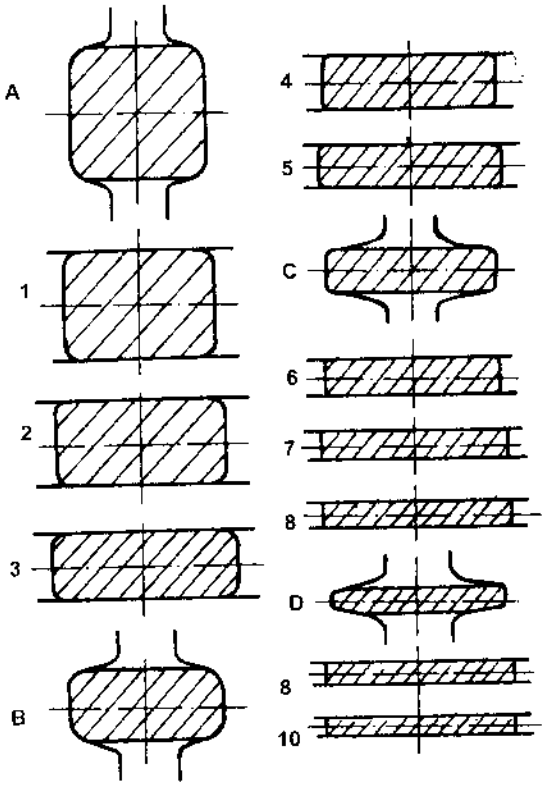
$$a = \frac{b + kh}{1 + k} \qquad (4.5)$$

trong đó:

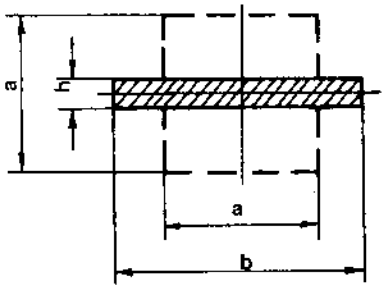
b, h - chiều rộng và dày của sản phẩm, mm.

k - hệ số giãn rộng. Theo thực nghiệm, k = 0,3 ÷ 0,50, k lấy giá trị lớn khi thép dẹt có chiều dày h lớn và chiều rộng b nhỏ.

Số lần cán n tính theo công thức (2.15) chương II. Tính toán



Hình 4.16. *Hệ thống lỗ hình cán thép dẹt trên máy cán liên tục hoặc chuyên dùng: A, B, C, D là 4 lỗ hình tạo bởi 4 giá cán có trục cán đặt thẳng đứng. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 là 10 lỗ hình tạo bởi 10 giá cán có trục nằm ngang.*

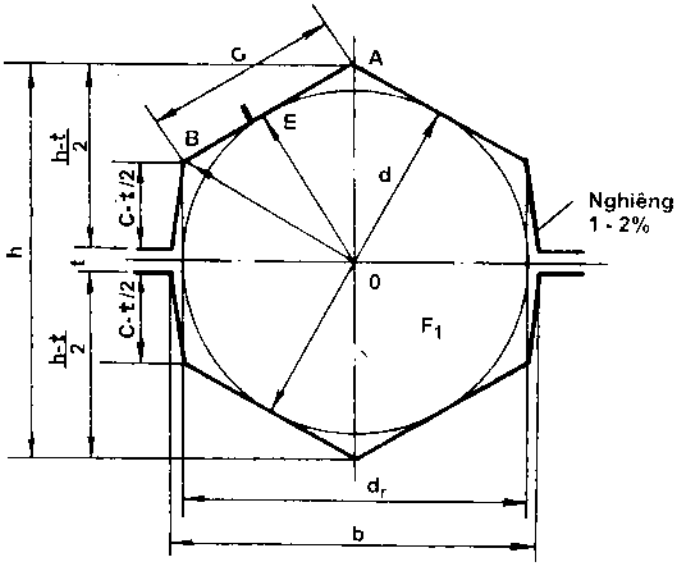


Hình 4.17. *Sơ đồ xác định cạnh a của phôi vuông ban đầu để cán thép dẹt có b ≥125 mm.*

chế độ ép và thiết kế lỗ hình trục cán theo các tài liệu [4]; [6]; [11] và [12].

4. Cán thép 6 cạnh (lục lăng)

Thép lục lăng được dùng nhiều trong chế tạo máy chủ yếu để sản xuất các loại mũ ốc (êcu); xà beng, v.v... Sản xuất thép lục lăng bằng phương pháp cán là kinh tế và năng suất hơn phương pháp rèn, dập.



Hình 4.18. *Các kích thước cấu tạo của lỗ hình cán thép lục lăng.*

Việc tính toán chế độ ép và kích thước các lỗ hình trục cán cũng theo ngược hướng cán, nghĩa là bắt đầu tính từ lỗ hình cán tinh thép lục lăng (hình 4.18).

Các kích thước của lỗ hình 4.18 được tính toán theo kích thước của đường tròn nội tiếp d_r.

c - cạnh của lỗ hình lục lăng:

$$c = \frac{\sqrt{3}}{3} d_r \approx 0{,}577\ d_r,\ \text{mm} \qquad (4.6)$$

$d_r = (1{,}012 \div 1{,}015).d$, mm

(d - đường kính vòng tròn nội tiếp của thép lục lăng ở trạng thái nguội).

h - chiều cao của lỗ hình:

$$h = 1{,}155.d_r,\ \text{mm} \qquad (4.7)$$

b - chiều rộng của lỗ hình:

$$b = d_r + 2\left(\frac{c - t}{2}\right),\ \text{mm} \qquad (4.8)$$

F_1 - diện tích lỗ hình, $F_1 = 0{,}866\ d^2$, mm^2

Các kích thước của lỗ hình trước tinh 6 cạnh dẹt cho trên hình 4.19.

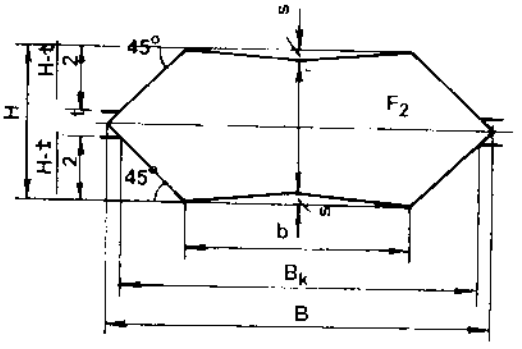
Chiều cao H của lỗ hình tính từ tỉ số H/d của giản đồ hình 4.20.

B - chiều rộng của lỗ hình:

$$B = \frac{F_2}{H} + \frac{1}{2}H\ ,\ mm \qquad (4.9)$$

trong đó:

F_2 - diện tích của lỗ hình thứ 2 (trước lỗ hình tinh):



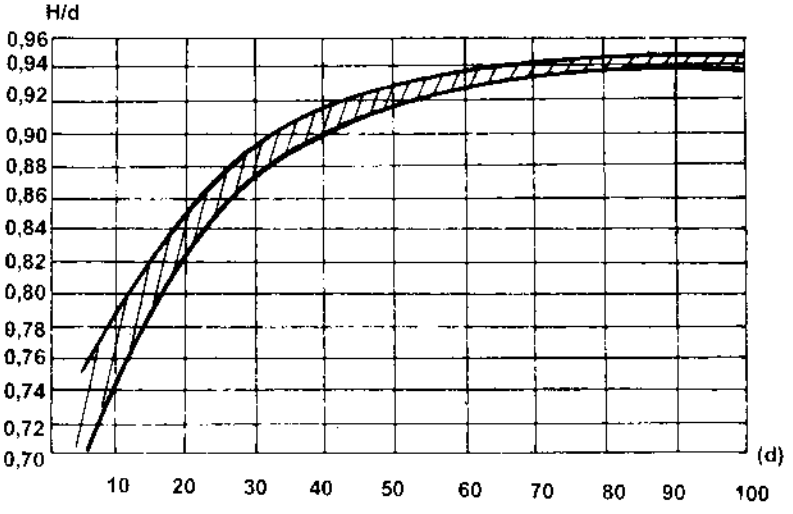
***Hình 4.19**. Cấu tạo của lỗ hình trước tinh 6 cạnh dẹt để cán thép lục lăng.*

$$F_2 = \frac{\sqrt{F_1 F_2}}{\sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2}}}\ ,\ mm^2 \qquad (4.10)$$

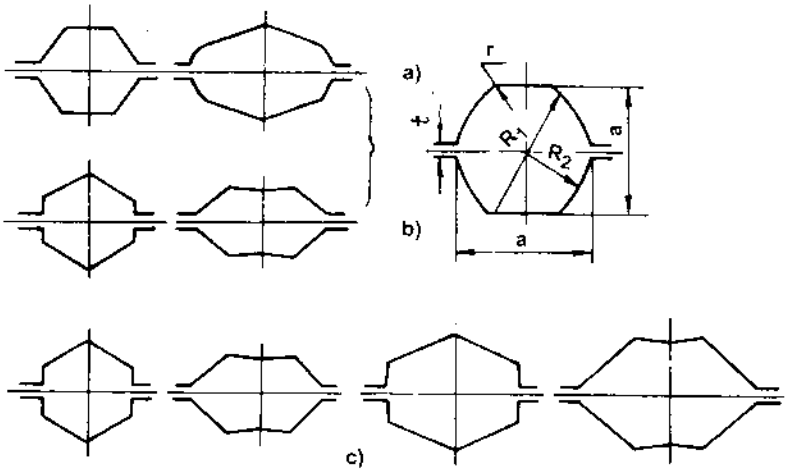
F_3 - diện tích lỗ hình trước lỗ hình tinh

μ_1; μ_2 - hệ số kéo dài của lỗ hình tinh và trước tinh 6 cạnh dẹt.

$$\left.\begin{aligned} B_k &= B - t, mm \\ b &= B - H, mm \end{aligned}\right\} \qquad (4.11)$$



***Hình 4.20**. Giản đồ biểu diễn tỉ số H/d theo đường kính d.*



Hình 4.21. Các hệ thống lỗ hình cán tinh thép lục lăng.

Góc nghiêng hai cạnh bên của lỗ hình thường bằng 45°. Độ võng của lỗ hình S = (0,25 ÷ 1,5) mm.

Hình 4.21 giới thiệu ba hệ thống lỗ hình cán tinh thép lục lăng. Hệ thống 4.21a, b được sử dụng nhiều và rộng rãi hơn, hệ thống 4.21c cán được sản phẩm chính xác, vuông thành, sắc cạnh hơn tuy nhiêu ít được sử dụng.

5. Cán thép góc và các dầm thép hình chữ I, U, T

Thực chất của công việc cán thép hình là thiết kế lỗ hình cho trục cán. Qui trình cán các loại thép trên cũng được tính toán và thiết kế ngược hướng cán nghĩa là tính từ lỗ hình cán tinh sản phẩm tới phôi ban đầu. Hệ thống lỗ hình cán thép góc xem các hình 3.12 ÷ 3.16, cán thép chữ I xem các hình 3.18 ÷ 3.21 và thép chữ U xem các hình 3.22 ÷ 3.24.

Các loại thép này có hình dạng phức tạp, khó cán và chỉ sản xuất được tại các nhà máy cán thép lớn, còn các hợp tác xã và cơ khí địa phương không thể tiến hành cán các loại thép này trong điều kiện của mình. Muốn thiết kế lỗ hình trục cán cho các sản phẩm này có thể tham khảo các tài liệu [4]; [6]; [11] và [12].

IV. CÁN NÓNG THÉP TẤM TỪ THÉP CACBON

Sản phẩm của thép tấm , các máy cán nóng thép tấm, trục cán tấm v.v... đã giới thiệu ở mục IV chương III. Cho đến nay nước ta chưa có cơ sở cán nóng thép tấm, tuy cán tấm nóng không phải thiết kế lỗ hình và tính toán phức tạp như cán hình, cán ống. Vấn đề cơ bản để cán được thép tấm nóng là phải có máy cán và các thiết bị phụ của máy cán, mà các thiết bị phụ này có khi chiếm tới (75 ÷ 90%) tổng trọng lượng thiết bị của xưởng cán. Đối với cán tấm nóng thì việc tính toán chế độ ép cho từng lần cán là công việc quan trọng nhất.

Thép tấm qua cán nóng có chiều dày từ 2 ÷ 60 mm, rộng từ 600 ÷ 4100 mm và được cắt thành từng tấm có chiều dài từ 2000 ÷ 8000 mm. Một số sản phẩm thép tấm dày từ 10 ÷ 20 mm khi xuất xưởng vẫn ở dạng cuộn để dễ vận chuyển và dùng trong công nghiệp đóng tầu thuỷ. Thép tấm dùng đóng tàu lửa, chế tạo nồi hơi, làm cầu, chế tạo xe tăng, v.v... thường ở dạng từng tấm hoặc ở dạng cuộn. Trong phần này sẽ giới thiệu công nghệ và các máy cán tấm mà thế giới đã và đang dùng.

Phôi cán ban đầu là những phôi tấm (phôi phiến) có tiết diện hình chữ nhật hoặc thỏi đúc có trọng lượngt ừ 0,5 ÷ 20 tấn có khi 100 tấn. Sau khi làm sạch thỏi đúc hoặc phôi thì tiến hành nung trong các lò nung liên tục theo chế độ nung thép cacbon (xem hình 3.1). Nhiệt độ bắt đầu và kết thúc cán cũng tuân theo các vùng nhiệt độ ở hình 3.1. Ngày nay với trình độ tự động hoá và cơ khí hoá cao người ta dùng phương pháp đúc cán liên tục để chế tạo ra các phôi tấm dài liên tục với chiều dày từ 50 ÷ 80 mm; rộng từ 1500 ÷ 2000 mm. Công nghệ chế tạo phôi này đang dùng rộng rãi ở các hãng thép: SMS của Đức; VAI của áo, POSCO của Hàn Quốc, KAWASAKI của Nhật và một số hãng thép của Mỹ, Nga... (hình 4.22).

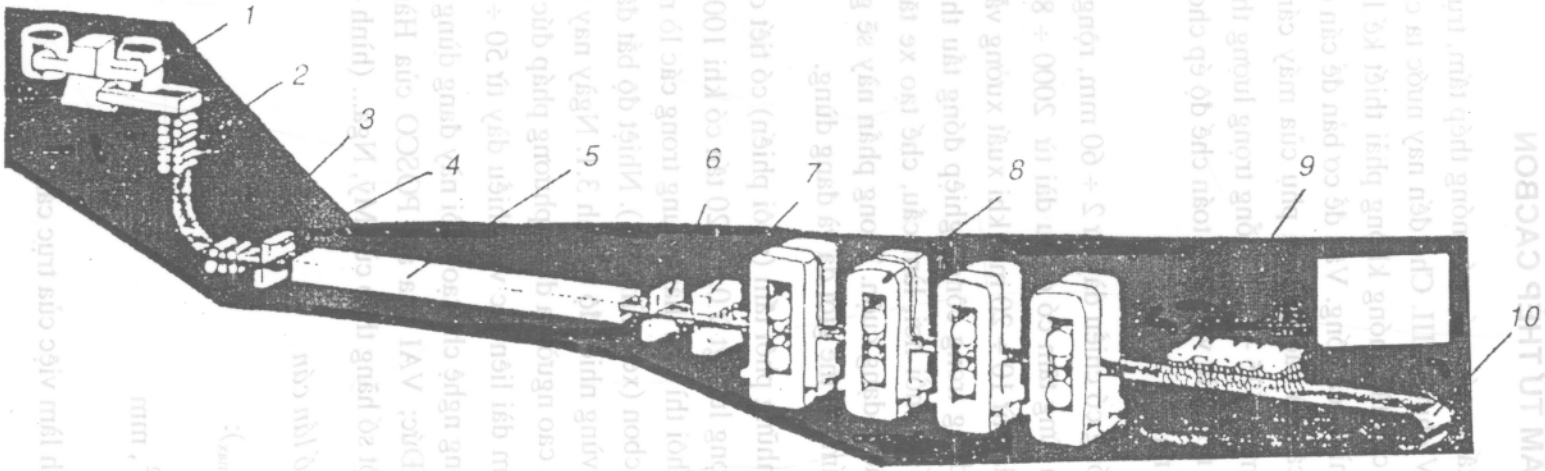
Lượng ép cực đại và số lần cán

Lượng ép cực đại (Δh_{max}):

$$\Delta h_{max} = \frac{D_p}{2}.\alpha^2, \text{ mm} \qquad (4.12)$$

trong đó D_p - đường kính làm việc của trục cán, mm

α - góc ăn (rađian)



***Hình 4.22**. Sơ đồ máy đúc - cán tấm và máy cán tấm liên tục*

1. thùng chứa thép lỏng
2. bộ phận kết tinh
3; 9. con lăn
4; 6. máy cắt
5. lò nung trung gian
7. máy đánh vảy sắt
8. nhóm giá cán 4 trục cán tấm nóng bố trí liên tục
10. thép cuộn sản phẩm

Hoặc theo cách khác có thể tính:

$$\Delta h_{max} = D_p \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+f^2}}\right), \text{ mm} \qquad (4.13)$$

trong đó:

f - hệ số ma sát giữa vật cán và trục cán

Theo tác giả Baxtinov và Ekelun thì f tính như sau:

$$f = K_1 . K_2 . K_3 (1,05 - 0,0005t_o) \qquad (4.14)$$

t_o - nhiệt độ cán.

K_1 - hệ số ảnh hưởng bề mặt trục cán, $K_1 = 1$ nếu trục cán bằng thép, $K_1 = 0,8$ nếu trục cán bằng gang.

K_2 - hệ số ảnh hưởng tốc độ vật cán, K_2 - (xem hình 4.23).

K_3 - hệ số ảnh hưởng các nguyên tố hợp kim có trong thép cán.

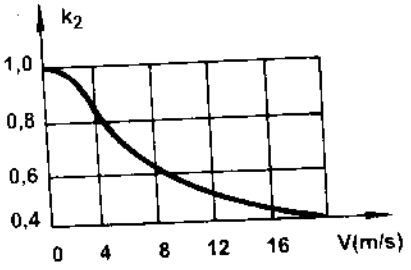
$K_3 = 1$ đối với tất cả thép cacbon , $K_3 = 1,1$ đối với thép gió P18; $K_3 = 1,24 \div 1,3$ đối với thép vòng bi (ШX15, ШX13) và thép có tổ chức pectit - mactenxit (30XMHA); $K_3 = 1,4$ đối với thép có tổ chức austenit (X13H4T9); $K_3 = 1,5$ đối với thép có tổ chức austenit lẫn pherit (1X18 H9T); $K_3 = 1,55$ đối với thép có tổ chức pherit (1X17HA); $K_3 = 1,60$ đối với thép có tổ chức austenit với cacbit (X15H60).

Số lần cán n tính theo công thức (2.15).

Một số máy cán tấm nóng thường dùng.

Máy cán thép tấm dày và dày vừa Lauta là loại máy cán tấm 3 trục có trục giữa nhỏ hơn 2 trục trên và dưới (hình 1.25b). Máy cán này sử dụng nhiều trên thế giới vào những năm cuối thế kỷ 19 và đầu thế kỷ 20. Cho đến nay thì máy cán này hầu như không còn dùng tại các nước có nền công nghiệp tiên tiến nữa.

Ưu điểm của máy là vốn đầu tư ít, xây dựng nhanh (máy chỉ có một giá cán), thích hợp cho những khu liên hợp luyện kim cỡ nhỏ và trung bình. Máy dùng để cán các loại thép tấm có chiều dày h = (4,5 ÷ 30) mm, và rộng (1000 ÷ 2000) mm. Năng suất của máy đạt (230.000 ÷ 500.000) tấn/năm. Chiều dài mặt trục làm việc (2300 ÷ 2350) mm.



Hình 4.23 *Trị số K_2 phụ thuộc vào tốc độ cán*

Để cán những phôi và thỏi đúc to có trọng lượng lớn thành phôi tấm người ta thường đặt trước máy cán Lauta một máy cán phá hai trục đảo chiều. Một số tính năng kỹ thuật và đặc điểm của máy cán tấm Lauta xem ở bảng 4.8.

Quy trình công nghệ cán thép tấm trên máy cán Lauta có thể vắn tắt như sau (hình 4.24).

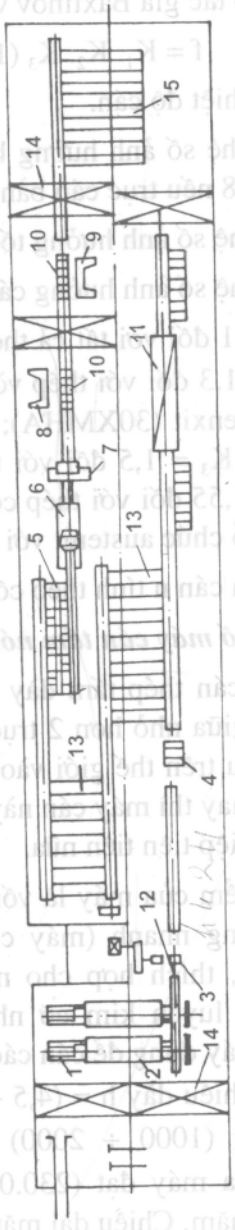
Phôi cán (hoặc thỏi đúc) nung trong lò liên tục (2) đến nhiệt độ 1150 ÷ 1250°C (hình 4.24). Sau đó phôi được tiến hành cán trên giá cán ba trục Lauta (3) (2350 mm). Nhiệt độ bắt đầu cán (1120 ÷ 1180)°C, nhiệt độ kết thúc cán (850 ÷ 900)°C. Lượng ép Δh không được lớn hơn 20 mm cho mỗi lần cán.

Sản phẩm sau cán qua máy là phẳng (4) để ép đều các mặt cho nhẵn bóng, phẳng. Sản phẩm được làm nguội tại sàn làm nguội (13) và sau đó tiến hành cắt đầu, đuôi, cắt tấm, cắt mép... Các công việc cắt, xếp... đều ở nhiệt độ nhỏ hơn 100°C. Tuỳ theo mác thép mà tiến hành các khâu thường hoá, làm nguội chậm sản phẩm sau khi cán.

Hình 4.25 giới thiệu mặt bằng bố trí máy cán tấm nóng bán liên tục 1700.

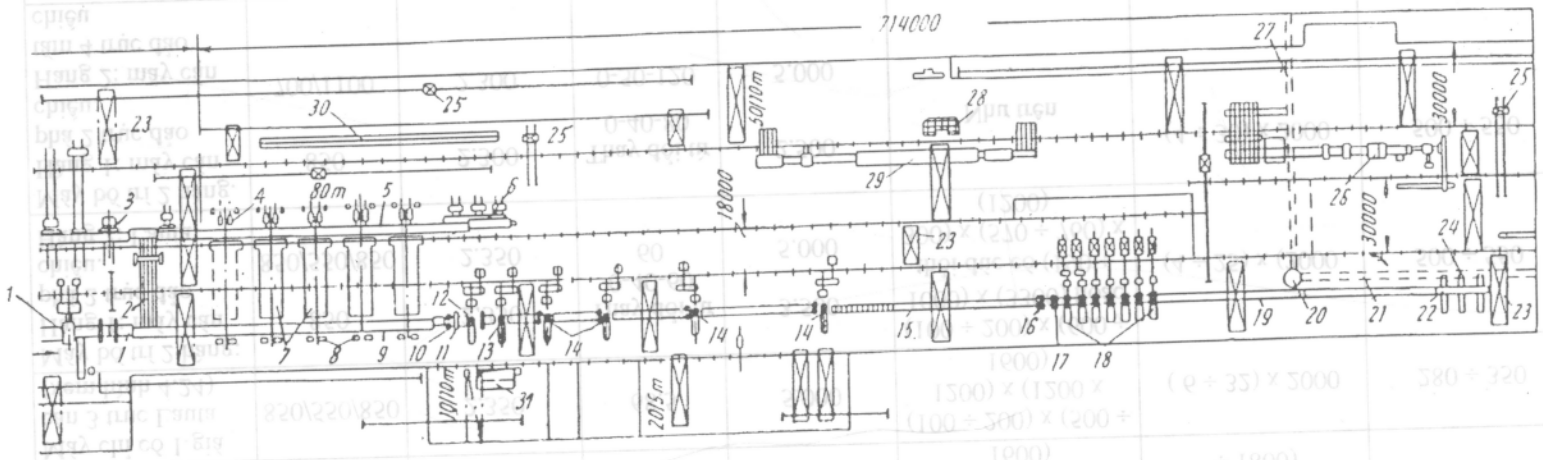
Máy cán tấm nóng bốn trục đảo chiều (xem sơ đồ động học hình 1.31 chương I.

Máy cán tấm nóng bốn trục (2000 ÷ 2500) đảo chiều được dùng khá phổ biến để cán nóng thép tấm dày, vừa và mỏng h = (2,5 ÷ 25)mm. Phôi cho máy cán tấm 4 trục đảo chiều này là sản phẩm của máy cán tấm nóng 2 trục đảo chiều.



Hình 4.24. Mặt bằng bố trí máy cán Lauta (850/550/850) L = 2350 mm.

1- máy tống phôi vào lò; 2- lò nung liên tục; 3- giá cán Lauta 2350 mm; 4 - máy là phẳng ; 5- máy lật thép kiểm tra; 6- máy cắt tấm; 7- máy cắt đầu đuôi (kiểu dao nghiêng); 8, 9 - máy cắt mép (kiểu dao nghiêng); 10- bàn quay dầu; 11- lò thường hoá; 12- bàn nâng hạ; 13- sàn làm nguội; 14 - máy trục, cần trục; 15- sàn chứa sản phẩm.



***Hình 4.25**. Mặt bằng bố trí máy cán tấm nóng bán liên tục 1700*

1. con lăn dẫn sau máy cắt; 2- sàn dẫn phôi tấm; 3- bàn xếp phôi tấm; 4- máy đẩy phôi vào lò; 5- các con lăn vận chuyển phôi; 6- bàn làm nguội phôi; 7- lò nung phôi; 8- cơ cấu làm giản chấn động; 9- đường con lăn dẫn phôi; 10- giá cán trục đứng; 11- máy đánh bong vảy sắt; 12- giá cán thô sau khi đánh bong vảy; 13- giá cán thô 4 trục thứ nhất; 14- nhóm giá cán thô vạn năng 4 trục; 15- con lăn dẫn thép cán; 16- máy cắt bay (phân đoạn); 17- máy đánh vảy sắt trước cán tinh; 18- nhóm giá cán tinh 4 trục; 19- con lăn dẫn sản phẩm; 20. bàn nâng chuyển sản phẩm; 21. bàn chuyển sản phẩm đến máy cuộn; 22- máy cuộn thép; 23. máy trục (cầu trục); 24 . máy tháo dỡ thép cuộn; 25, xe chuyển hàng; 26. máy cắt sản phẩm.; 27- đường vận chuyển sản phẩm vào sàn nguội; 28- máy cắt tấm; 29- lò thường hoá; 30- bàn làm sạch phôi; 31- máy cắt sản phẩm.

***Bảng 4.8**. Một số tính năng kỹ thuật của máy Lauta và máy cán tấm 4 trục*

Kiểu máy	Tính năng của máy				Kích thước phôi ban đầu dày x rộng x dài (h x b x l), mm	Kích thước sản phẩm dày x rộng (h x b) mm	Năng suất năm (1.000 tấn)
	Đường kính trục cán D, mm	Chiều dài bề mặt làm việc của trục cán L, mm	Tốc độ cán (vg/ph)	Công suất động cơ (mã lực)			
Máy chỉ có 1 giá cán 3 trục Lauta	735/500/735	2300	79	2.000	(100 ÷ 120) x (450 ÷ 1000) x (1100 ÷ 1600)	(4,5 ÷ 16) x (1600 ÷ 1800)	230 ÷ 260
Máy chỉ có 1 giá cán 3 trục Lauta (xem hình 4.24)	850/550/850	2.350	68.5	5.000	(100 ÷ 200) x (500 ÷ 1200) x (1200 x 1600)	(6 ÷ 32) x 2000	280 ÷ 350
Máy bố trí 2 hàng: Hàng 1: máy cán phá 2 trục đảo chiều. Hàng 2: Lauta	850 850/550/850	2.350 2.350	Thay đổi từ 0-40-60 60	3.500 5.000	(100 ÷ 200) x (600 ÷ 1000) x (3300) hoặc thỏi đúc có (190 ÷ 300) x (570 ÷ 760) x (1200)	(4 ÷ 25) x (2000	500 ÷ 550
Máy bố trí 2 hàng. Hàng 1: máy cán phá 2 trục đảo chiều. Hàng 2: máy cán tấm 4 trục đảo chiều	850 700/1100	2.300 2.300	Thay đổi từ 0-40-80 0-50-120	2.500 5.000	Như trên	(4 ÷ 30) x 2000	500 ÷ 550
1 kW = 1,36 mã lực							

Hình 4.26 giới thiệu sơ đồ mặt bằng bố trí thiết bị của máy cán 2250, máy bao gồm hai giá, giá cán đầu là giá cán hai trục đảo chiều làm nhiệm vụ cán phá có đường kính trục D = 900 mm, chiều dài bề mặt trục làm việc L = 2500 mm. Động cơ có công suất là 5000 mã lực (1 kW = 1,36 mã lực), có tốc độ thay đổi từ 0 ÷ 50 ÷ 120 vg/ph, giá cán tinh bốn trục đảo chiều có đường kính trục tựa 120 mm, đường kính trục làm việc 550 mm, chiều dài bề mặt làm việc của trục L = 2250 mm. Động cơ có công suất 4500 mã lực, có tốc độ thay đổi từ 0 ÷ 50 ÷ 120vg/ph. Phôi ban đầu nặng từ 0,6 ÷ 4 tấn với kích thước h_o x b_o x l_o = (100 ÷ 250) x (600 ÷ 1500) x (1200 ÷ 1850) mm. Sản phẩm của máy cán là thép tấm có kích thước h x b x l = (4 ÷ 25) x (1100 ÷ 2000) x (8000) mm. Khe hở lớn nhất giữa hai trục làm việc của giá cán bốn trục là 500 mm.

Công nghệ cán được tiến hành như sau (hình 4.26):

Phôi nung trong bốn lò liên tục đến khoảng nhiệt độ (1150 ÷ 1250)°C, sau đó được đưa tới giá cán (4). Trước khi cán ở giá cán (4) phôi được làm sạch bề mặt nhờ phun trực tiếp vào bề mặt kim loại dòng nước có áp lực từ 90 ÷ 100 at nên chất lượng sản phẩm được bảo đảm.

Sau khi tiến hành cán từ 6 ÷ 10 lần tại giá cán thô (4), vật cán được chuyển sang cán ở giá cán tinh (5). Giá cán tinh (5) tiến hành cán từ 5 ÷ 9 lần tuỳ theo kích thước chiều dày của sản phẩm. Các máy là phẳng (6) và (9) có nhiệm vụ là phẳng bề mặt tấm sau khi cán. Các máy cắt đĩa (11) và cắt tấm (12) có nhiệm vụ cắt thép tấm theo kích thước qui định. Sản phẩm được phân loại và đưa đến kho chứa (14).

Ở những nước chưa phát triển có thể dùng các máy cán tấm kiểu ba trục Lauta, máy cán tấm bốn trục một giá cán hoặc kết hợp các giá cán Lauta, hai trục đảo chiều và bốn trục bố trí các giá cán theo hàng (hình 4.26). Tốt nhất là dùng máy cán tấm nóng 1 giá 4 trục có cuộn trong lò nung ở hai đầu giá cán và máy cán tấm nóng 4 trục liên tục.

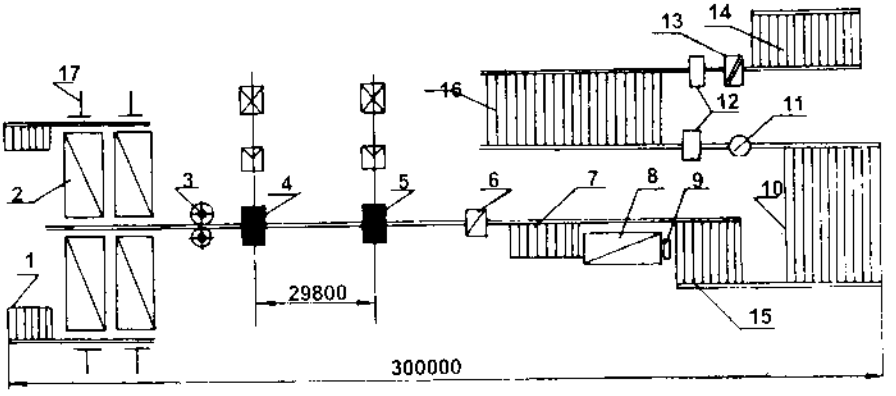
Hình 4.27 là mặt bằng bố trí máy cán nóng liên tục 2500.

Hình 4.28 là mặt bằng bố trí máy cán tấm nóng dầy 4 trục đảo chiều.

Máy cán tấm bán liên tục và liên tục.

Ở các nước có nền công nghiệp tiên tiến thép tấm được cán trên máy cán tấm bán liên tục, liên tục và đúc cán liên tục. Năng suất của những máy cán tấm này đạt từ 1.000.000 ÷ 3.000.000 tấn/ năm. Quá trình cán được cơ khí hoá và tự động hoá hoàn toàn. Máy cán tấm bán liên tục và liên tục thường dùng để cán nóng thép dày, mỏng và cán nguội thép

tấm. Bảng 4.9 sẽ giới thiệu với chúng ta chế độ ép của máy cán tấm hai trục, nhóm giá cán tinh cũng gồm sáu giá cán hai trục. Đường kính của trục cán nhóm giá cán thô là 1100 mm và của nhóm giá cán tinh là 700 mm, giữa hai nhóm giá cán có đặt máy cắt. Phôi ban đầu là phôi tấm dày 180 mm; rộng 1500 mm dài 8000 mm và nặng 17,3 tấn. Sản phẩm thép tấm sau cán là tấm mỏng dày 2,5 mm, rộng 1500 mm.

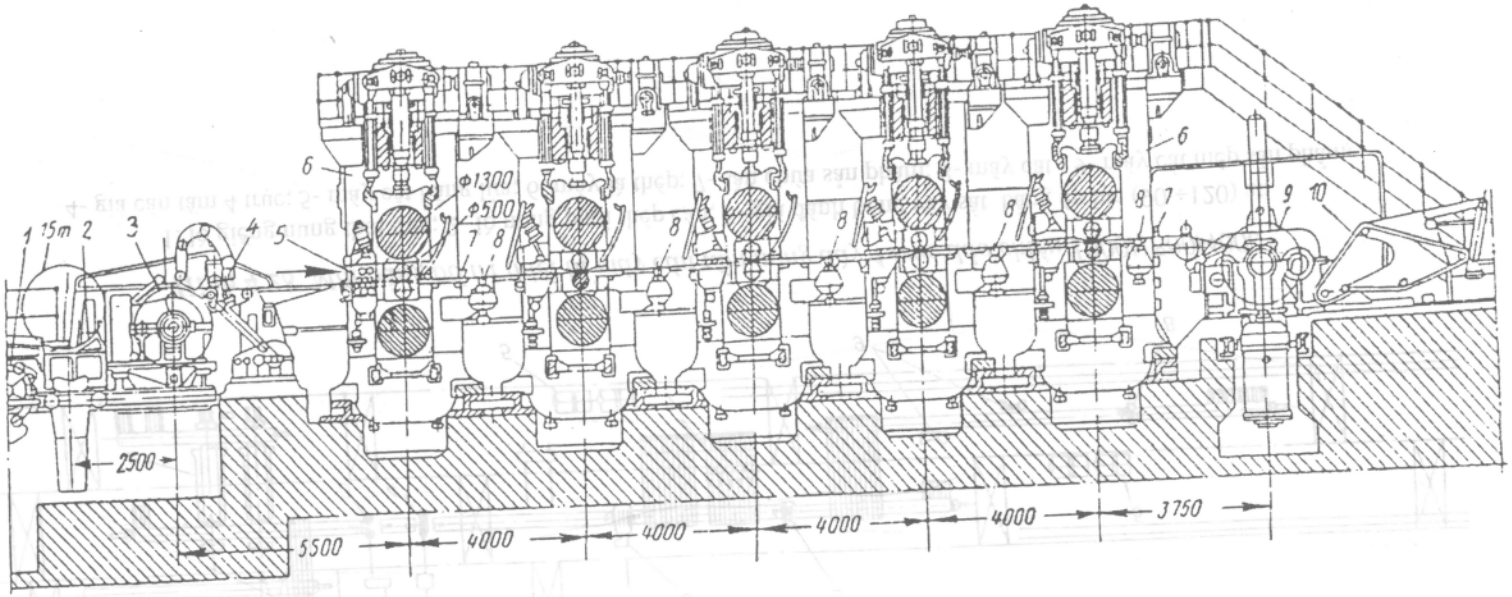


***Hình 4.26**. Mặt bằng bố trí thiết bị máy cán tấm nóng 2250.*

1- sàn chứa phôi; 2- lò nung liên tục; 3- máy làm sạch bề mặt; 4- giá cán thô 2500; 5- giá cán tinh 2250; 6- máy là phẳng; 7- móc sàn vận chuyển; 8- lò thường hoá; 9- máy là phẳng; 10- sàn phân loại; 11- máy cắt đĩa; 12- máy cắt tấm; 13- máy xếp tấm; 14- sàn chứa sản phẩm; 15- sàn làm nguội; 16- sàn chứa sản phẩm; 17- máy tống phôi.

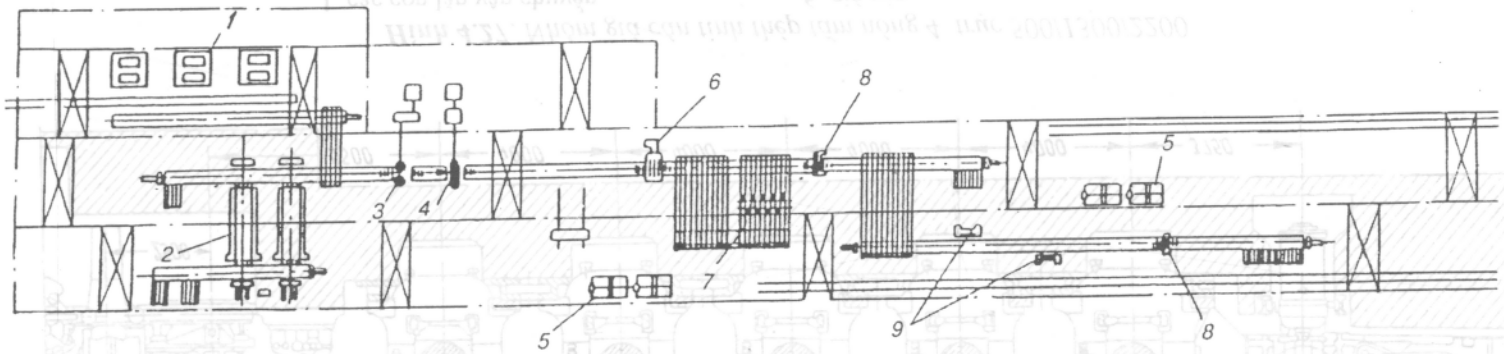
***Bảng 4.9**. Chế độ ép khi cán sản phẩm tấm mỏng: dày 2,5 mm rộng 1500 mm từ phôi tấm dày 180 mm, rộng 1500 mm, dài 8000 mm trên náy cán tấm liên tục 2000*

Nhóm giá cán	Số thứ tự cán	Chiều dày sau cán h, mm	Lượng ép		Góc ăn α (°)	Tốc độ cán m/s
			Δh, mm	ε%		
THÔ	1	152	28	15,6	$12^0 57'$	1,2
	2	117	35	23,0	$14^0 530$	1,2
	3	84	33	28,2	$14^0 04'$	1,9
	4	57	27	32,2	$12^0 43'$	2,5
	5	35	22	38,6	$11^0 29'$	2,7
	6	21	14	40	$9^0 09'$	3,0
Cắt đoạn						
TINH	7	20,6	0,45	1,9	$1^0 56'$	1,4
	8	12,5	8,1	39,3	$8^0 43'$	2,30
	9	8,1	4,4	35,2	$6^0 25'$	3,55
	10	5,4	2,7	33,3	$5^0 02'$	5,32
	11	3,9	1,5	27,8	$3^0 45'$	7,37
	12	3,0	0,9	23,1	$2^0 54'$	9,58
	13	2,5	0,5	16,7	$2^0 10'$	11,50



***Hình 4.27**. Nhóm giá cán tinh thép tấm nóng 4 trục 500/1300/2200*

1. các con lăn vận chuyển
2. bàn tiếp nhận
3. bộ phận tháo dỡ cuộn thép
4. con lăn dẫn băng thép
5. bàn ép dẫn băng thép
6. giá cán
7. máy cắt bay
8. con lăn căng trước sau
9. tang cuộn thép (28 tấn)
10. bộ tháo vận chuyển sản phẩm



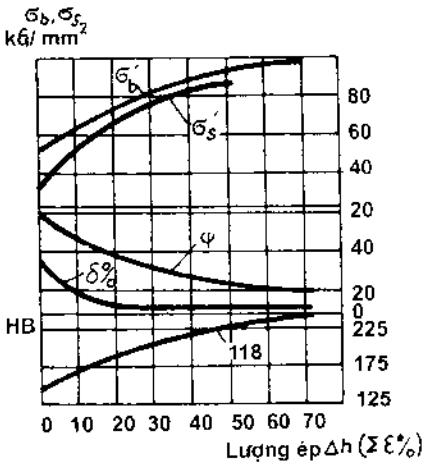
***Hình 4.28**. Mặt bằng bố trí thiết bị máy cán tấm nóng dày 4 trục đảo chiều 1000/1800/4000*

1. lò giếng nung thỏi đúc; 2- lò nung phôi thép cán; 3- giá đánh bóng vảy sắt bằng áp lực (90 ÷120) at; 4- giá cán tấm 4 trục; 5- máy cắt bằng lửa; 6. máy là thép; 7- sàn chứa sản phẩm; 8- máy cắt ; 9- máy cắt mép sản phẩm.

V. CÁN NGUỘI THÉP TẤM TỪ THÉP CACBON

1. Ảnh hưởng của cán nguội đến cơ, lý tính của thép

Cán nguội sẽ làm thay đổi một cách cơ bản tính chất vật lý và cơ học của thép. Người ta tiến hành thí nghiệm kéo và cán mẫu thép nguội trong phòng thí nghiệm và đều thấy chỉ cần một lượng biến đổi không lớn lắm các trị số đặc trưng thì tính chất vật lý và cơ học của thép đã thay đổi khá nhiều. Có thể quan sát sự thay đổi ấy đối với thép cacbon (0,27% C) trên giản đồ hình 4.29.



Hình 4. 29 Sự thay đổi cơ, lý tính của thép cacbon (0,27% C) khi kéo và cán nguội.

Từ giản đồ ta thấy, nếu lượng ép càng tăng, mức độ biến dạng càng tăng thì:

- Giới hạn bền (σ_b) và giới hạn chảy (σ_s) của thép tăng lên đáng kể.

- Độ cứng (HB) của thép cũng tăng lên.

Độ co thắt tỉ đối (Ψ%) và độ dãn dài tương đối (δ%) giảm xuống rất nhiều.

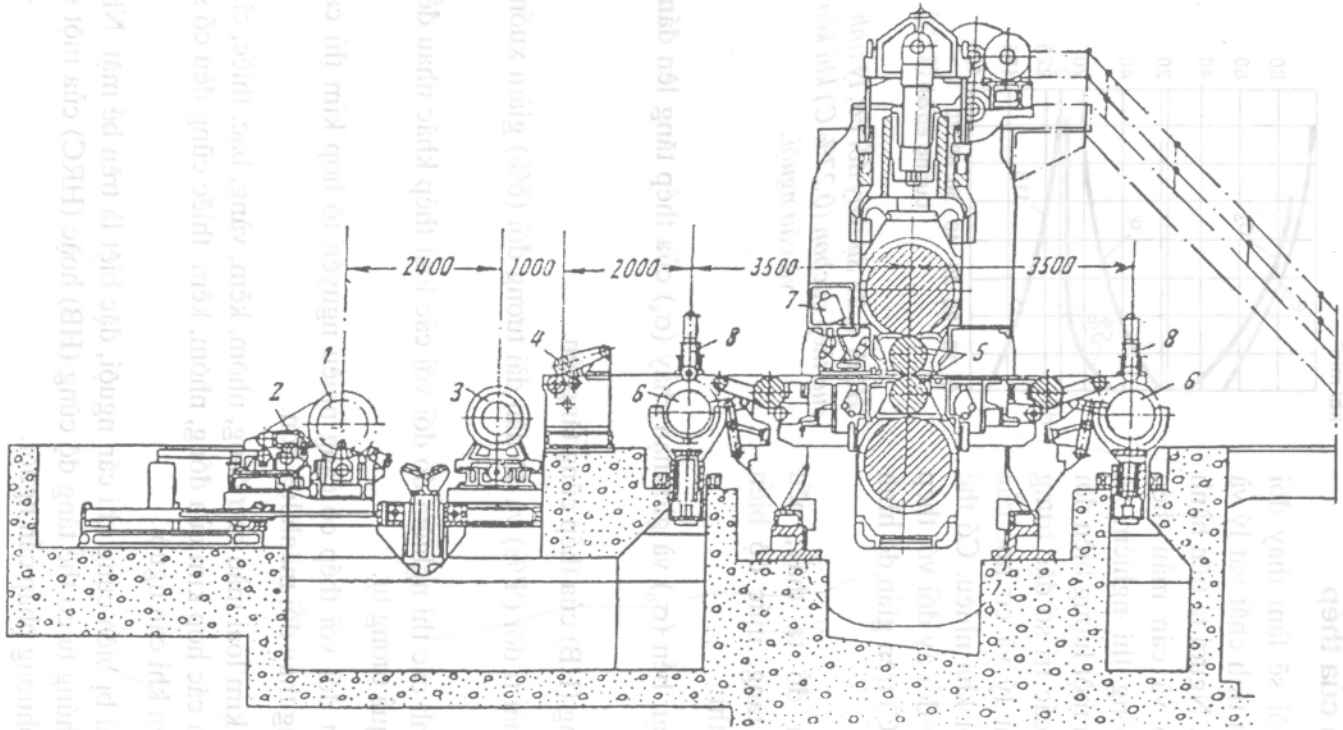
Tiến hành các thí nghiệm đó đối với các loại thép khác nhau đều cho những kết quả tương tự.

Đặc biệt đối với thép có càng nhiều nguyên tố hợp kim thì các tính chất ấy càng thay đổi mãnh liệt hơn.

Đối với kim loại màu như đồng, nhôm, kẽm, vàng, bạc, thiếc, chì, kẽm, niken... và các hợp kim của đồng, nhôm, kẽm, thiếc cũng đều có sự thay đổi như trên khi cán nguội.

Kim loại bị biến cứng khi cán nguội, đặc biệt là trên bề mặt. Nhờ tính chất này chúng ta có thể tăng độ cứng (HB) hoặc (HRC) của một số kim loại bằng phương pháp cán nguội.

Lượng ép càng tăng, mức độ biến dạng tăng thì trở kháng tăng. Vì thế muốn cho kim loại biến dạng tốt, giảm được chiều dày của kim loại thì phải tốn một lực lớn, tiêu hao năng lượng lớn.



***Hình 4.30**. Máy cán tấm nguội 4 trục*

1- trục cuộn; 2- cữ đỡ cuộn; 3- tang nhả; 4- con lăn kẹp; 5- trục làm việc; 6- tang cuộn, nhả khi cán; 7- kẹp thuỷ lực; 8- trục ép băng kim loại.

Độ co thắt tỉ đối (Ψ%) giảm, độ giãn dài tương đối (δ%) giảm khi lượng ép (ε%) tăng sẽ dẫn đến việc tổ chức kim loại dễ bị phá huỷ nếu ta tiếp tục ép, hoặc ép với lượng ép quá lớn thì sản phẩm cán nguội sẽ bị phế phẩm.

Để giải quyết các mâu thuẫn này và để giảm lượng tiêu hao năng lượng điện, người ta tiến hành ủ kim loại khi cán nguội. Tuỳ theo loại thép, kim loại cán mà tiến hành ủ sơ bộ, ủ trung gian và ủ sau khi cán. Việc ủ này được tiến hành trong các lò thủ công, lò buồng, lò điện, v...v ở điều kiện bình thường hoặc trong môi trường có chất bảo vệ bề mặt kim loại. Mục đích của ủ là:

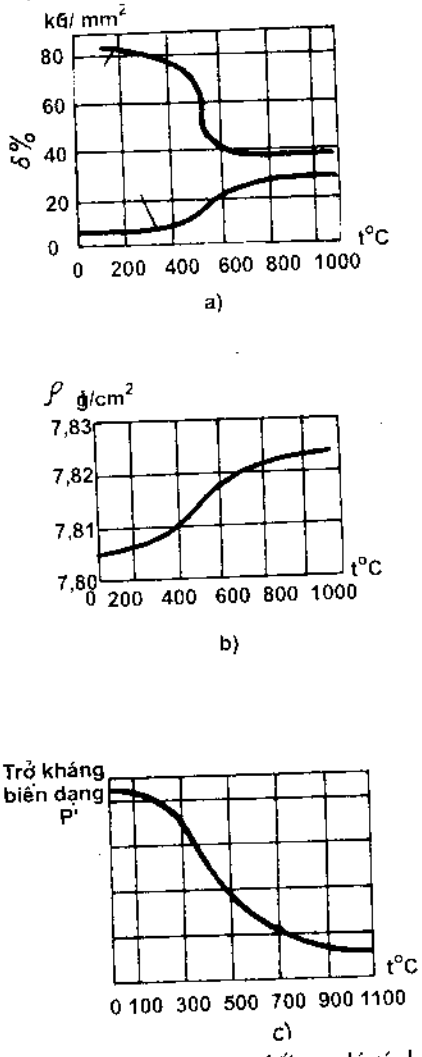
- Giảm nội lực bên trong của kim loại, khử các ứng suất dư và làm giảm trở kháng biến dạng của kim loại.

- Giảm độ cứng của kim loại đặc biệt là khử bỏ sự biến cứng trên bề mặt.

- Làm cho thành phần hoá học của các nguyên tố hợp kim trong thép được đồng nhất, tổ chức hạt đều như trạng thái ban đầu.

Hình 4.30 là máy cán tấm nguội 4 trục.

Trên hình 4.31a cho thấy, nhiệt độ ủ của thép từ 500 ÷ 550°C thì giới hạn bền σ_b đã giảm xuống một nửa, độ giãn dài tương đối δ% tăng từ 5% đến 30%. Độ sít chặt (mật độ) của thép (ρ) sau khi ủ tăng từ 7,805G/cm³ lên 7,825G/cm³ (hình 4.31b). Tại nhiệt độ ủ từ 650 ÷ 700°C trở kháng biến dạng của thép giảm xuống gần tới giá trị nhỏ nhất (hình 4.31c). Rõ ràng sau khi ủ thép và các kim loại khác được gia công dễ dàng hơn, bảo đảm hơn và năng suất hơn.



Hình 4.31 *Sự thay đổi cơ, lý tính của thép sau khi ủ.*

Nhiệt độ ủ của thép cacbon

thường từ 650 ÷ 720°C, đối với thép cacbon thấp từ 870 ÷ 920°C.

Làm sạch bề mặt phôi trước khi cán.

Đây là một khâu quan trọng trong công nghệ cán nguội thép tấm. Bề mặt phôi cán ban đầu có sạch thì bề mặt sản phẩm mới sạch, bóng đẹp và chất lượng của sản phẩm mới tốt. Có nhiều phương pháp làm sạch bề mặt khi cán thép ở trạng thái nguội, nhưng phổ biến hơn cả là làm sạch bằng phương pháp tẩm thực. Có hai phương pháp tẩm thực:

- Tẩm thực bằng điện phân ở nhiệt độ bình thường.

- Tẩm thực bằng dung dịch axit ở nhiệt độ từ 80 ÷ 90°C, phương pháp này được sử dụng rộng rãi.

Phương pháp tẩm thực bằng điện phân được sử dụng để tráng kẽm, tráng thiếc, v.v.... cho các loại thép tấm trước khi mạ.

Mục đích của tẩm thực là khử các lớp ôxyt sắt hai (FeO) và sắt ba (Fe_2O_3) bám vào bề mặt của thép. Tẩm thực có tên gọi khác là tẩy axit.

Axit H_2SO_4 loãng và HCl là hai axit được dùng nhiều trong tẩy kim loại.

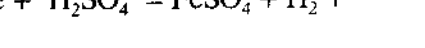
Khi tẩm thực xảy ra các phản ứng sau:

- Với H_2SO_4 loãng:

$$Fe_2O_3 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

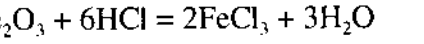
$$FeO + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2O$$

sau đó:

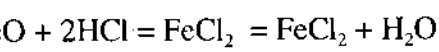


$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2\uparrow$$

- Với HCl:

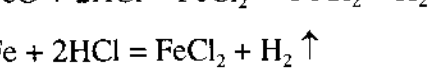


$$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$$



$$FeO + 2HCl = FeCl_2 = FeCl_2 + H_2O$$

sau đó:



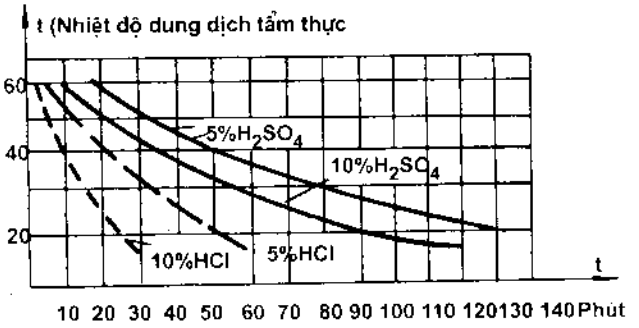
$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2\uparrow$$

Khí hydrô (H_2) bay ra càng nhiều càng tốt vì khi bay ra nó làm bật các lớp vảy ôxyt sắt chưa kịp tác dụng với axit ra khỏi bề mặt kim loại. Thời gian tẩm thực phụ thuộc vào nồng độ và nhiệt độ của các dung dịch axit (hình 4.32). Để quá lâu axit sẽ ăn mòn thép.

Sau khi tẩm thực thép phải được trung hoà kiềm bằng cách rửa nước nóng, sau đó rửa qua nước lã, sấy khô và được kiểm tra bề mặt trước khi cán.

2. Cán nguội thép cacbon tấm

Sản phẩm thép cacbon tấm sau khi cán nguội có chiều dày (0,5 ÷ 2,5)mm. Đa số các sản phẩm được cán trên các giá cán hai trục và bốn trục bố trí theo hàng, bán liên tục hoặc liên tục . Bảng 4.10 là chế độ cán nguội một số thép tấm cacbon trên máy cán liên tục bốn giá cán bốn trục D = 500/11000; L =1700 mm trong một số nhà máy cán thép tấm của Liên Xô (cũ).



***Hình 4.32**. Giản đồ biểu diễn quan hệ giữa thời gian tẩm thực và nồng độ của dung dịch axit tẩm thực.*

***Bảng 4.10**. Chế độ cán thép cacbon trên máy cán tấm liên tục bốn giá cán bốn trục 1700*

Thứ tự giá cán	Kích thước phôi ban đầu, mm	Chiều dày vật cán		Lượng ép tuyệt đối Δh, mm	Lực cán P, tấn	Công suất động cơ, kW
		Trước cán, mm	Sau cán, mm			
1	Dày x rộng	3,0	2,4	0,6	918	2,400
2	(3 x 1040)	2,4	1,6	0,8	940	2,400
3	thép CT3	1,6	1,2	0,4	870	2,400
4		1,2	1,0	0,2	380	2,400
1	Dày x rộng	3,00	2,45	0,56	1378	2,400
2	(3 x 1460)	2,45	1,65	0,80	1554	2,400
3	Thép 08KП	1,65	1,25	0,40	1195	2,400
4		1,25	1,00	0,25	984	2,400
1	(2,5 x 1200)	2,5	1,9	0,6	1390	2,400
2	Thép CT3	1,9	1,3	0,6	1700	2,400
3		1,3	1,0	0,3	1580	2,400
4		1,0	0,9	01	1020	2,400

Từ thực tế sản xuất kết hợp với lý thuyết người ta đã đưa ra các kinh nghiệm sau:

- Lượng ép ở lần đầu thường lớn hơn lượng ép trung bình một ít, những lần cán thứ nhất, thứ 2 , thứ 3 thì lấy lượng ép lớn cực đại theo công thức (4.12) vì lúc này bề mặt kim loại chưa bị biến cứng lắm, sau đó lượng ép lấy bé dần và đến lần cuối cùng thì dùng lượng ép rất bé để cán là sản phẩm.

- Đối với sản phẩm phải cán nhiều lần khi tổng lượng ép tương đối $\varepsilon\% \geq 80\%$ thì nên ủ thép sau đó tiếp tục cán cho tới kích thước sản phẩm.

- Tốc độ cán tấm nguội tốt nhất từ 0,15 ÷ 0,55 m/s đối với các máy cán hai trục, từ 4 ÷ 10 m/s đối với máy cán bốn trục và từ 10 ÷ 25 m/s đối với các máy cán liên tục (tính tại tốc độ giá cán tinh cuối cùng).

Ở ta cơ sở cán nguội thép nói chung chưa có, tuy nhiên chúng ta đã tiến hành cán nguội nhiều thép cacbon trên các máy cán tấm cỡ nhỏ tự chế tạo. Nhà máy Văn phòng phẩm Hồng Hà cán thép 08КП làm ngòi bút học sinh, cán thép không gỉ làm ngòi bút máy. Tại Phòng thí nghiệm Cán kéo kim loại, Bộ môn Gia công áp lực Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, cũng đã cán nguội nhiều loại thép khác nhau 08КП, 15, 45, 60С2, 65Г, 1Х18Н9Т... Tất cả các máy cán trên có đường kính trục 80 ÷ 300 mm, chiều dài bề mặt làm việc của trục từ 120 ÷ 600 mm và động cơ có công suất từ 7 ÷ 40 kW.

Bảng 4.11 là chế độ ép khi cán nguội thép 45 từ chiều dày ban đầu 3 mm xuống 0,5 mm bằng máy cán hai trục D = 100; L = 120 mm của phòng thí nghiệm bộ môn trên.

***Bảng 4.11**. Chế độ khi cán tấm nguội thép 45 trên máy cán tấm hai tục D = 100; L = 120 mm*

Số giá cán	Thứ tự lần cán	Chiều dày vật cán		Lượng ép tuyệt đối Δh, mm	Vận tốc cán , mm	Lượng ép tổng Σ ε%	Công suất động cơ kW
		Trước cán, mm	Sau cán. mm				
1	1	3,0	2,3	0,7	0,15	23,3	7
	2	2,3	1,4	0,9	0,15	53,5	
	3	1,4	0,7	0,7	0,15	76,5	
	4	0,7	0,5	0,2	0,15	83,1	

Bảng 4.12 là chế độ cán nguội thép tấm 08KП và độ cứng trên bề mặt thép sau khi cán. Thép này để sản xuất ngòi bút thường cho học sinh của Nhà máy Văn phòng phẩm Hồng Hà, Hà Nội.

Bảng 4.12. *Chế độ ép thép 08KП từ chiều dày 1mm xuống 0,25mm trên máy cán tấm D=80mm, L=120mm*

Thứ tự lần cán	Chiều dày băng cán		Lượng ép		Lượng ép tổng Σε, %	Giới hạn chảy σ, kG/mm²	Độ cứng sau cán, HB	Công suất động cơ, kW
	Trước cán, mm	Sau cán, mm	Δh, mm	ε, %				
1	1,00	0,65	0,35	35,0	35	52,2	168,2	
2	0,65	0,53	0,12	18,4	47	57,8	180,2	
3	0,53	0,45	0,08	15,1	55	61,3	187,4	
4	0,45	0,39	0,06	13,3	61	63,7	192,6	7
5	0,39	0,34	0,05	12,8	66	65,7	196,7	
6	0,34	0,30	0,04	11,7	70	67,2	199,8	
7	0,30	0,27	0,03	10,0	73	68,4	202,2	
8	0,27	0,25	0,02	7,4	75	69,1	203,7	

Khi cán nguội thép tấm, người ta dùng các loại dầu thực vật và nước nhũ tương để bôi trơn và làm nguội trục cán.

Chương V

CÁN THÉP HỢP KIM

I. PHÂN LOẠI THÉP HỢP KIM

+ Theo thành phần hoá học:

- Thép hợp kim thấp có thành phần các nguyên tố hợp kim nhỏ hơn 2,5%.

- Thép hợp kim trung bình có thành phần các nguyên tố hợp kim chiếm từ 2,5 ÷ 10%.

- Thép hợp kim cao có thành phần các nguyên tố hợp kim lớn hơn 10%.

+ Theo công dụng:

- Thép hợp kim kết cấu là những loại thép có hàm lượng cacbon từ 0,1 ÷ 0,5% và hàm lượng các nguyên tố hợp kim không lớn hơn 8%.

- Thép hợp kim dụng cụ là những loại thép có hàm lượng các nguyên tố hợp kim từ 1 ÷ 25% hoặc cao hơn nữa.

Ảnh hưởng các nguyên tố hoá học tới tính dẻo và trở kháng biến dạng của thép hợp kim.

Cacbon (C). Hàm lượng cacbon có trong thép càng ít thì tính dẻo càng tốt, trở kháng biến dạng nhỏ. Nếu hàm lượng cacbon tăng từ 0,8 ÷ 1% thì tính dẻo của thép chỉ giảm đi rất ít. Nếu hàm lượng cacbon cứ tăng lên thì thép sau khi đúc thỏi phải qua nguyên công rèn ép, sau đó đưa vào cán vì lúc này tính dẻo của thép rất kém và trở kháng biến dạng lớn. Rèn ép để phá vỡ tổ chức thứ nhất (chủ yếu là xênmentit) và tạo ra tổ chức thứ hai có độ hạt nhỏ mịn hơn phù hợp với công nghệ cán.

Ví dụ, thép có C% = 1,5% thì sau khi đúc thỏi phải qua rèn ép, sau đó đưa vào cán.

Mangan (Mn). Trong mọi trường hợp thì mangan nâng cao độ dẻo của thép khi biến dạng vì mangan tạo với lưu huỳnh (S) có trong thép thành sunfua mangan dạng hình cầu (không ở dạng lưới). Khi hàm lượng mangan ≥ 12% thì tính dẻo của thép phụ thuộc vào điều kiện rót. Khi rót thép ở nhiệt độ quá cao thì tổ chức hạt to, thô, tính dẻo kém dẫn đến việc rèn, cán khó khăn. Khi rót ở nhiệt độ thấp thì tổ chức hạt của thép nhỏ

mịn rèn cán có dễ dàng hơn nhưng trở kháng biến dạng của nó tăng lên đáng kể.

Niken (Ni) là nguyên tố hấp thụ khí có trong thép nhất là khí hyđrô (H_2). Chính sự tập trung của khí hyđrô trong thép đã tạo ra khuyết tật đốm trắng. Bệnh đốm trắng làm giảm tính dẻo và một số cơ lý tính khác của thép. Hàm lượng niken quá nhiều sẽ sinh ra hiện tượng bở nóng thép vì niken kết hợp với lưu huỳnh tạo ra sunfua niken phân bố ở tinh giới hạt. Khi ở nhiệt độ cao sunfua niken bị cháy, lập tức bên trong bị ôxy hoá và bở ra. Niken không ảnh hưởng tới trở kháng biến dạng.

Crôm (Cr) là nguyên tố tạo điều kiện tốt cho việc hình thành tổ chức hạt to hình trụ (kết tinh xuyên ngang). Chính tổ chức kết tinh to hình trụ này là nguyên nhân dẫn đến sự nứt nẻ giữa các tinh thể khi làm nguội thỏi đúc, đặc biệt thỏi đúc là thép crôm có hàm lượng cacbon cao. Crôm tạo với cacbon thành cacbit bền ở nhiệt độ cao vì vậy trở kháng biến dạng của thép tăng lên rất nhiều, nhất là ở thép có hàm lượng cacbon cao.

Vanidi (V) có nhiều đặc tính giống mangan, nó có tác dụng khử ôxy có trong thép rất tốt. Vanadi giúp cho sự hình thành tổ chức bé của thép vì vậy tính dẻo của thép tăng lên. Tuy nhiên thép chứa vanidi có trở kháng biến dạng tăng lên nhất là ở nhiệt độ cao.

Vonfram (W) làm giảm tính dẻo của thép khi ở trạng thái nóng và tăng trở kháng biến dạng. Một số thép chứa vônfram thường phải rèn ép sau khi đúc, rèn ép xong phải qua nung phôi lại rồi mới cán.

Môlipden (Mo) có trong thép làm cho thép có tính tự tôi, nghĩa là để ngoài không khí một thời gian thép sẽ cứng như tôi. Tuy vậy môlipden không làm giảm tính dẻo của thép, khi rèn cũng như cán, nó làm tăng trở kháng biến dạng lên không đáng kể. Nhược điểm của thép chứa hàm lượng môlipđen lớn (từ 1,5% trở lên) là hay bị nứt nẻ khi để nguội ngoài không khí vì tính tự tôi của nó. Còn thép có hàm lượng môlipden nhỏ từ 0,25 ÷ 0,35% thì hiện tượng ấy không có.

Phốt pho (P) và lưu huỳnh (S) có trong thép thường ở dạng sunfua như FeS, MnS, CrS, NiS, v.v... Các sunfua này đều có nhiệt độ nóng chảy và độ bền thấp do phân bố ở tinh giới hạt, đó là nguyên nhân làm cho thép có chứa nhiều lưu huỳnh bị bở nóng, tính dẻo kém. Hiện tượng bở nóng xảy ra khi nhiệt độ còn 800 ÷ 1000°C. ảnh hưởng của lưu huỳnh tới trở kháng biến dạng hầu như không có. Hàm lượng lưu huỳnh có trong thép phải ít hơn 0,02% ÷ 0,05%.

Ngược với lưu huỳnh, phốt pho làm cho thép bị bở nguội. Lượng phốt pho có trong thép phải nhỏ hơn hay bằng 0,027 ÷ 0,075%.

Khí hyđrô (H_2), nitơ (N_2). Khí hyđrô tạo thành đốm trắng trong thép. Thép có bệnh đốm trắng thì tính dẻo kém. Các đốm trắng này rất bé chỉ nhìn được qua kính hiển vi. Đốm trắng này bị khử khi làm nguội chậm (nguội đẳng nhiệt) với nhiệt độ từ 600 ÷ 650°C trong thời gian từ 2 h ÷ 4 h.

Nitơ có trong thép với hàm lượng nhỏ hơn 0,3% thì không làm ảnh hưởng tới tính dẻo của thép. Nếu hàm lượng đó lớn hơn 0,3% thì thép dễ bị hiện tượng bở nguội và bở nóng.

Các ôxyt khác. Có thể coi các ôxyt là những tạp chất phi kim loại, chúng làm giảm tính dẻo của thép, đặc biệt là khi ở nhiệt độ cao. Theo một số tài liệu, nếu lượng oxyt có trong thép nhỏ hơn 0,1% thì khi biến dạng thép không bị nứt nẻ, khuyết tật.

II. NHỮNG ĐẶC ĐIỂM CẦN CHÚ Ý KHI NUNG VÀ CÁN THÉP HỢP KIM .

Thép hợp kim kết cấu. Đại bộ phận thép hợp kim kết cấu có tính dẻo rất cao, nhiều thép hợp kim thấp có trở kháng biến dạng gần như thép cacbon kết cấu, vì vậy công nghệ cán các loại thép này gần giống như thép cacbon kết cấu (xem mục I, II của chương IV). Đáng chú ý nhất là lớp vảy trên bề mặt của thép này khó bị bong khi cán. Khi cán cần làm sạch cho hết các lớp vảy đó để bề mặt sản phẩm đẹp và đạt chất lượng cao.

Thép hợp kim dụng cụ là thép chẳng những chứa hàm lượng cacbon lớn mà hàm lượng các nguyên tố hợp kim cũng rất cao, vì vậy trở kháng biến dạng của thép này lớn. Khi cán phải lấy lượng ép vừa phải, đề phòng hiện tượng hỏng hóc thiết bị và gây phế phẩm.

Để ngăn ngừa tổ chức cacbit mạng tập trung trong thép sau khi cán, nên kết thúc cán ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ kết thúc cán theo lý thuyết (hình 3.1) một chút, sau đó phải làm nguội chậm (nguội đẳng nhiệt) ở nhiệt độ (600 ÷ 650)°C với thời gian từ 2 h ÷ 4h trong các hố nhiệt.

Thép cao cấp (thép có chất lượng cao) là thép có trở kháng biến dạng rất lớn, tính dẻo lại rất thấp, khi nhiệt độ giảm tính dẻo của thép

giảm, trở kháng biến dạng tăng lên. Nhiệt độ bắt đầu cán của thép này khá cao từ 1150 ÷ 1200 °C, nhiệt độ kết thúc cán từ 950 ÷ 1000°C.

Thép có tính dẫn nhiệt kém vì vậy khi nung có thể xảy ra các hiện tượng quá nhiệt và thoát cacbon nếu thời gian nung quá lâu hay tốc độ nung nhanh. Khi cán cần chú ý không nên dùng lượng ép quá lớn ở các lần cán đầu, tốt nhất là lượng ép từ 15 ÷ 25%. Khi tổ chức hạt thép bị phá vỡ rồi từ từ tăng lượng ép cho các lần cán sau.

Thép chất lượng cao khó ăn vào trục trong khi cán vì vậy tốc độ cán không nên nhanh. Ở các lần cán sau tăng lượng ép tối đa để phá vỡ các mạng cacbit tập trung trong thép từ đó có thể nâng cao được chất lượng của sản phẩm. Thép này phải được làm nguội chậm sau khi cán (nguội đẳng nhiệt).

Thép không gỉ crôm là thép có tính dẻo tương đối tốt, trở kháng biến dạng nhỏ. Nhiệt độ bắt đầu cán từ 1100 ÷ 1160°C, nhiệt độ kết thúc từ 870 ÷ 950°C. Thép có tính dẫn nhiệt kém, vì vậy khi nung phôi tới 800°C thì giảm tốc độ nung để tránh hiện tượng nứt nẻ. Đặc điểm của loại thép này là khó chuyển biến pha vì vậy không thể dựa vào nhiệt luyện để tạo tổ chức hạt nhỏ mịn. Muốn cho hạt nhỏ mịn chỉ có thể nung phôi tốt, chọn lượng ép thích hợp và kết thúc cán đúng với nhiệt độ của nó (hình 3.1).

Thép không gỉ crôm - niken. Trở kháng biến dạng của thép này lớn, tính dẻo kém hơn thép không gỉ crôm. Nhiệt độ cán từ 1100 ÷ 1160°C và kết thúc từ 900 ÷ 950°C. Đây là thép dẫn nhiệt kém vì vậy khi nung tới 800°C thì phải nung với tốc độ chậm để tránh nứt nẻ. Nhiệt độ kết tinh lại của thép này khá cao từ 850 ÷ 950°C vì vậy nên kết thúc cán ở nhiệt độ từ 900°C đến 950°C để có được tổ chức hạt nhỏ mịn và ít bị biến cứng ở bề mặt thép.

III. CÁN NÓNG THÉP TỪ THÉP HỢP KIM

Sự khác nhau giữa công nghệ cán nóng thép cacbon và thép hợp kim là:

- Nhiệt độ nung, cán và kết thúc cán.
- Chế độ ép (lượng ép tuyệt đối và tương đối).
- Chế độ nhiệt luyện, làm nguội, v.v...

Sau khi cán xong, các loại thép hình đều được cắt ra theo độ dài từ 6 ÷ 19 m. Riêng thép tròn ϕ (6÷10) mm được cuộn tròn. Thép ray xe lửa và ray tàu điện, ray cầu trục đều cắt thép có độ dài 12,5 m hoặc 25 m khi xuất xưởng.

Tốc độ cán thép hình trên máy cán hình cỡ lớn thường từ 3 ÷5 m/s, máy cán cỡ trung bình từ 5 ÷ 20 m/s, máy cán hình cỡ nhỏ từ 15 ÷ 60 m/s, máy cán dây thép có tốc độ đến 90 ÷ 120 m/s tại giá cuối cùng. Đa số sản phẩm thép hình hợp kim ở dạng tròn, một ít ở dạng vuông, còn lại là các loại ray xe lửa, tàu điện và máy trục. Sau đây là quy trình cán vài loại thép hợp kim, điển hình là thép cán vòng bi và ray xe lửa.

Cán nóng thép vòng bi ШX15.

Thép vòng bi được sử dụng nhiều và rộng rãi trong các ngành giao thông, cơ khí, chế tạo máy, v.v... nó có những ưu điểm sau:

- Chịu mài mòn, va đập tốt.
- Chịu áp lực tập trung lớn.
- Có độ cứng cao, tạp chất phi kim loại ít.
- Thành phần hoá học đồng nhất.

Sản phẩm của thép vòng bi hầu hết là thép tròn có bề mặt nhẵn bóng, kích thước chính xác. Một số lớn thép này được kéo nguội làm phôi ban đầu cho các máy cán bi, nên các yêu cầu kỹ thuật và các thông số về cơ, lý tính phải đảm bảo. Có nhiều loại thép vòng bi như ШX6, ШX9, ШX15,... nhưng thường dùng nhất là ШX15.

Thành phần hoá học của thép vòng bi ШX15.

C = 0,95 ÷ 1,05%	Cr = 1,35 ÷ 1,65%
Mn = 0,2 ÷ 0,4%	S ≤ 0,02%
Si = 0,15 ÷ 0,35%	P ≤ 0,027%
	Còn lại là Fe

Đặc điểm cơ lý tính của thép ШX15.

Đây là một loại thép có điểm chảy thấp, độ dẫn nhiệt kém, trở kháng biến dạng lớn. Khi nung thép dễ bị quá nhiệt, thoát cacbon nhiều và dễ bị bệnh đốm trắng. Bệnh quá nhiệt thường xuất hiện nhiều ở giữa

thỏi đúc, nếu nung ở nhiệt độ cao quá vì giữa thỏi đúc thép ШX15 có nhiều tạp chất tập trung hơn so với ở một số loại thép khác.

Điều cần chú ý khi cán thép này là lượng giãn rộng của nó lớn hơn lượng giãn rộng của thép bình thường từ 15 ÷ 20%.

1. Một số đặc điểm cần chú ý khi chuẩn bị và nung phôi trước khi cán

Khử bỏ khuyết tật phôi và thỏi đúc trước khi nung. Loại bỏ hết những phôi không đạt yêu cầu kỹ thuật, làm sạch bề mặt ở trạng thái nguội nếu phôi nhỏ. Làm sạch bề mặt ở trạng thái nóng cho phôi lớn và thỏi đúc (làm sạch bề mặt ở trạng thái nguội thường bằng phương pháp mài).

Nung phôi tiến hành với tốc độ nhanh ở thời gian đầu. Khi phôi đạt tới 800°C tốc độ nung phải chậm lại, nhiệt độ nung phôi từ 1120 ÷ 1140°C và nên giữ phôi ở nhiệt độ ấy khoảng hơn 2 h. Nếu phôi nhỏ thì nhiệt độ nung cũng nhỏ hơn một chút và chú ý để tránh hiện tượng thoát cacbon từ thép trong khi nung. Nhiệt độ nung phôi có tiết diện nhỏ từ 1070 ÷ 1100°C là tốt nhất.

Quy trình cán thép ШX15:

Thỏi đúc và phôi sau khi nung tới nhiệt độ cán có tính dẻo rất tốt, trở kháng biến dạng nhỏ, vì vậy mà ở các lần cán đầu nên cán với lượng ép rất lớn (Δh_{max}). Cùng một lượng ép như nhau thì lỗ hình cán thép ШX15 phải rộng hơn các lỗ hình khác từ 15 ÷ 20% để tránh tạo bavia trong khi cán. Lỗ hình tốt nhất để cán thép tròn ШX15 là hệ thống lỗ hình bầu dục - tròn (hình 3.7b). Lỗ hình phải sạch sẽ, nhẵn để tạo độ bóng cho bề mặt sản phẩm.

Khác với thép khác, ở lần cán cuối cùng nên ép thép này với lượng ép tương đối lớn để phá vỡ các mạng cacbit dạng lưới tập trung trong thép.

Nhiệt độ kết thúc cán tốt nhất là 810 ÷ 858°C. Sau khi kết thúc cán, cần phải làm nguội nhanh sản phẩm tới 600 ÷ 650 °C không cho xuất hiện và hình thành các mạng cacbit. Sau đó làm nguội chậm sản phẩm ở các hố nhiệt có nhiệt độ khoảng 720°C để khử bỏ đốm trắng. Nếu sản phẩm có đường kính bé ≤ 30 mm thì không cần làm nguội chậm. Sau khi làm nguội chậm sản phẩm được tẩm thực để khử hết các chất bẩn và vảy

sắt còn bám lại trên bền mặt. Tiếp đó là các khâu tinh chỉnh sản phẩm, kiểm tra, v.v...

Tóm lại là công nghệ cán thép nóng ШХ15 có thể biểu diễn theo sơ đồ sau;

Xử lý phôi → nung phôi → cán → cưa đoạn →làm nguội chậm (ủ)→ tẩm thực → tinh chỉnh và kiểm tra sản phẩm.

2. Cán nóng ray xe lửa

Ray xe lửa chế tạo từ thép hợp kim thấp được nấu luyện ở hai loại lò chính là Mactanh và Becxơme (bảng 5.1). Ray thường dùng là loại ray khổ rộng có ký hiệu từ P45 ÷ P75. Trước đây ở nước ta thường dùng loại ray P33 ÷ P43. Các loại ray nhỏ hơn P33 được dùng làm đường xe goòng.

Để nâng cao tính chống mòn của ray người ta cho thêm 0,1 % Ti; (0,5 ÷ 0,7)% Cr và (2 ÷ 2,5)% Ni, giới hạn bền cho phép của ray không được nhỏ hơn 80 kG/mm^2 ($\sigma_b \geq 80$ kG/mm^2).

Những yêu cầu kỹ thuật đối với thép ray:

- Tính chịu mài mòn và chịu va đập mạnh tốt.

- Cường độ chịu tải trọng động lớn.

- Hệ số giãn nở nhiệt rất nhỏ.

- Thành phần hoá học chính xác, đồng nhất, tạp chất phi kim loại có trong thép phải không đáng kể.

- Hai mặt đầu ray phải cứng, chịu va đập và mài mòn tốt.

- Các lỗ khoan nối ray ở hai đầu phải chính xác.

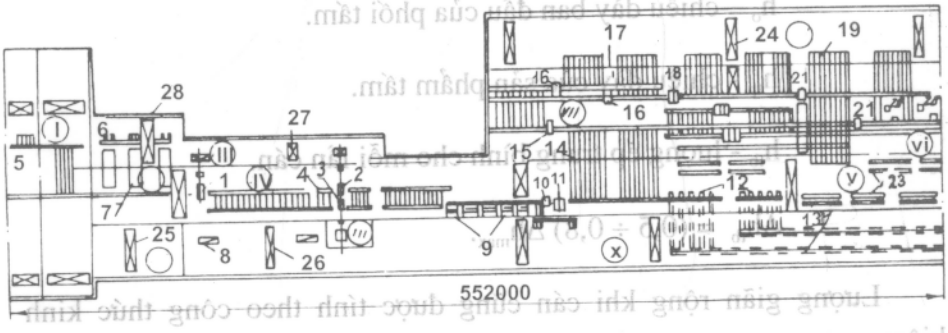
Bảng 5.1 *Thành phần hoá học của thép đường ray*

Loại lò luyện	C%	Mn%	Si%	P%	S%
MACTANH	0,48 ÷ 0,82	0,60 ÷ 1,00	0,10 ÷ 0,28	< 0,05	<0,05
BECXƠME	0,50÷0,73	1,0 ÷ 1,1	0,15 ÷ 0,30	< 0,06	<0,075

Toàn bộ qui trình công nghệ cán ray được biểu diễn theo sơ đồ sau:

Làm sạch bề mặt thỏi đúc hoặc phôi → nung phôi→ cán phá → cắt đoạn → cán ray →tôi mặt ray →làm nguội chậm → nắn thẳng → ép đều → phay đầu ray → khoan lỗ bắt bulông →tôi đầu ray → kiểm tra → đóng mác thành phẩm.

Phôi ban đầu có tiết diện (195 x 195) mm ÷ (320 x 320) mm được khử bỏ hết khuyết tật, sau đó được đưa vào nung trong các lò liên tục. Nhiệt độ nung của phôi từ 1180 ÷ 1200°C. Phôi được cán trên các máy cán chuyên dùng như máy cán ray dầm (hình 5.1). Nhiệt độ cán từ 1140 ÷ 1160°C. Sau khi qua hệ thống lỗ hình cán ray (hình 3.27) khoảng 9 ÷ 13 lần cán thì ray dài từ 52 ÷ 77 mm, sau đó ray được cắt theo tiêu chuẩn dài 12,5 m hoặc 25 m. Tiếp theo là các nguyên công nắn thẳng, ép đều. Đầu ray phải được phay thẳng, phải khoan lỗ để bắt bulông khi ghép nối ray. Đặc biệt là phải tôi mặt đầu ray bằng phương pháp xoocbit hoá bằng dòng điện cao tần để chống va đập, chống mài mòn và tải trọng động.



***Hình 5.1**. Máy cán dầm 750 (loại bố trí hai hàng)*

I- gian chứa phôi ; II- gian lò nung ; III- gian động cơ; IV- gian cán; V- gian nhiệt luyện; VI- gian tinh chỉnh ray; VII- gian tinh chỉnh các loại dầm ; VIII - kho chứa sản phẩm; IX- gian tiện trục cán; X- gian nhiệt luyện;

1- giá cán phá 2 trục đảo chiều D = 900 mm; 2- giá cán 3 trục D = 850 mm; 3- giá cán 2 trục D = 750 mm; 4- bàn nâng hạ phôi; 5- sàn chứa phôi; 6- máy tống phôi; 7- lò nung liên tục; 8- hố chứa vảy sắt; 9- máy cưa nóng; 10- máy đóng ký hiệu; 11- máy đánh cong ray; 12- cơ cấu vận chuyển; 13- lò thường hoá ; 14- sàn làm nguội; 15- máy ép đều; 16- máy nắn thẳng; 17- máy cưa nguội; 18- máy cắt nguội; 19- bàn kiểm tra; 20- máy khoan lỗ ray; 21- máy phay đầu ray; 22- máy nắn thẳng; 23 - hố làm nguội chậm; 24, 25, 26, 27, 28 - máy trục từ 5 tấn ÷ 100 tấn.

Sau khi tôi, ray đạt độ cứng từ 300 ÷ 400 HB, chiều dày thấm tôi từ 4 ÷ 6 mm. Cuối cùng ray được thử độ bền nén bằng một máy búa hơi, nặng 1000 kG rơi từ độ cao 5,5 m xuống mặt đầu ray.

IV. CÁN TẤM NÓNG VÀ CÁN TẤM NGUỘI

1. Cán tấm nóng thép hợp kim

Các máy cán tấm nóng cho thép hợp kim cũng là các máy cán tấm nóng cho thép cacbon (xem mục IV của chương IV). Sự khác nhau ở đây là lượng ép và các qui trình công nghệ. Lượng ép (Δh_{max}) có thể tính theo công thức (4.13) vì công thức này có K_3 - hệ số xét đến ảnh hưởng của nguyên tố hợp kim.

Số lần cán tính theo công thức kinh nghiệm sau:

$$n = \frac{h_o - h_{tp}}{\Delta h_{tb}} \qquad (5.1)$$

h_o – chiều dày ban đầu của phôi tấm.

h_{tp} - chiều dày của sản phẩm tấm.

h_{tb} - lượng ép trung bình cho mỗi lần cán.

$\Delta h_{tb} = (0,5 \div 0,8)\ \Delta h_{max}$.

Lượng giãn rộng khi cán cũng được tính theo công thức kinh nghiệm sau:

$$\Delta b = (0,10 \div 0,15)\Delta h, \text{ mm} \qquad (5.2)$$

Δh - lượng ép thực tế trong mỗi lần cán.

Nhiệt độ nung phôi trước khi cán, nhiệt độ cán và kết thúc cán có thể lấy từ giản đồ hình 3.1 hoặc 5.2. Đây là các số liệu đã qua thực nghiệm và thực tế sản xuất. Việc làm nguội sản phẩm sau khi cán tiến hành như đã nói ở phần "Cán nóng thép hình từ thép hợp kim" (mục IV của chương V).

Bảng 5.2. Nhiệt độ nung phôi và kết thúc cán đối với một số thép thông dụng.

Loại (nhóm)	Tên thép	Mác thép	t^o nung °C	t^o cán °C	Kết thúc °C
I	Thép cacbon và hợp kim thấp có C% ≤ 0,40%	CT1 ÷ CT7; 08 ÷ 45; 15Г ÷ 40Г; 30Г2 ÷ 40Г2; 15X ÷ 40X; 15XГ ÷ 40XГ; 15Xф, 15ЭX; 15 ЭM; 35ЭM; 20 ЭГCA, v.v...	1200 ÷ 1220	1150 ÷ 1200	900÷ 950
II	Thép cacbon và hợp kim trung bình có C% ≤ 0,65%	50 ÷ 60; 50Г ÷ 60Г; 50Г; 50X; 50XГ; 55XГ; 40XC, ШX10, 55C2 60C2; 50XфA, 30XH3; 35XГCA; 40XHMA, v.v...	1180 ÷ 1200	1120 ÷ 1150	850 ÷ 900
III	Thép cacbon dụng cụ và hợp kim có C% ≤ 0,9%	70, 85, y7, y7A, y8, 70Г, y8ГA, v.v...	1140 ÷ 1160	1100 ÷ 1120	810 ÷ 850
IV	Thép cacbon và thép dụng cụ, thép mangan cao cấp	Y12, Y13, Y12Г, XГ, X12, X12M; XB5, v.v...	1100 ÷ 1120	1050 ÷ 1070	810 ÷ 850
V	Thép cacbon và thép dụng cụ, thép vòng bi C ≈ 1%	y9, y10, y10ГA, 7x3, 9XC, XBГ, X, ШX76; ШX9; ШX15; EX2, EX3, v.v....	1120 ÷ 1140	1050 ÷ 1100	800 ÷ 850
VI	Thép không gỉ và thép niken - crôm	X15H60; 1X18H9T; 2X19H9T; 1X18H10T; X18H9; v.v...	1200 ÷ 1220	1150 ÷ 1170	870 ÷ 900
VII	Thép gió	P9, P18	1180 ÷ 1200	1120 ÷ 1150	850 ÷ 900

2. Cán tấm nguội thép hợp kim

Việc cán nguội thép hợp kim ở nước ta tương đối phổ biến. Chúng ta thường nhập thép tấm của nước ngoài, sau đó cắt ra từng miếng nhỏ và cán lại để phù hợp với điều kiện sản xuất, đặc biệt là thép không gỉ và thép kỹ thuật điện. Đa số các máy cán của ta là loại nhỏ, như máy cán hai

trục không đảo chiều đường kính từ 80 ÷ 200 mm, chiều dài bề mặt làm việc của trục L = (100 ÷ 500) mm. Những đặc điểm khi cán nguội thép tấm và các máy cán tấm nguội xem mục V của chương IV. Dưới đây sẽ giới thiệu phương pháp cán tấm nguội các thép hợp kim đó.

Phương pháp cán tấm nguội thép không gỉ được sử dụng rất rộng rãi trong các ngành chế tạo máy, hoá chất, khai thác và chế biến dầu mỏ, công nghiệp thực phẩm và hàng tiêu dùng, v.v...: Hiện nay ở nước ta thép không gỉ được sử dụng nhiều để sản xuất hàng tiêu dùng như cặp tóc, dây đồng hồ, ngòi và nắp bút máy, các chi tiết máy khâu, thìa, muôi, soong, nồi....

Thép không gỉ có hai loại: loại thép không gỉ crôm và loại thép không gỉ crôm - niken. Loại thứ nhất chịu được ăn mòn cao trong các môi trường bị ăn mòn. Loại thứ hai chịu được ăn mòn trong các môi trường hoá học và khí ăn mòn, ngay cả ở nhiệt độ lớn hơn 550°C.

Các loại thép không gỉ hay gặp: X18H10; X18H10T; X18H9; 2X18H9; X18H9T; v.v... Chúng ta hay dùng nhất là loại X18H9 và X18H9T ở dạng tấm và ống (dạng ống chủ yếu để sản xuất các loại kim tiêm).

Loại X18H9 chứa 1% cacbon; 18% crôm và 9% niken; loại X18H9T có thành phần như trên và thêm 1% titan.

Đặc điểm cơ bản nhất của loại thép này là nó bị hoá bền khi lượng ép tổng cộng ($\Sigma\varepsilon\%$) đạt từ 50 ÷ 60%, vì vậy khi cán nguội với $\varepsilon\%$ = 50 ÷ 60% nên ủ, sau khi ủ lại tiếp tục cán.

Ủ thép không gỉ tốt nhất là trong môi trường khí bảo vệ để bề mặt thép không bị đen và ôxy hoá. Môi trường bảo vệ rẻ tiền và tốt là than hoa hoặc than chì. Nếu ủ không có môi trường khí bảo vệ hoặc chất bảo vệ thì sau ủ lại phải làm sạch bề mặt bằng phương pháp tẩm thực để khử hết vảy sắt.

Từ "ủ" ít dùng đối với thép không gỉ mà thường dùng từ "tôi". Hiện nay trên thế giới dùng phương pháp tôi làm sáng bóng bề mặt thép. Sở dĩ dùng từ "tôi" đối với thép không gỉ là thép austenit và austenits - mactexit vì chúng có tính dẻo cao, tính chống gỉ rất tốt, dễ hàn và chịu được nhiệt độ tương đối cao. Muốn cho thép có được tổ chức ấy thì phải nung thép đến nhiệt độ từ 1100 ÷ 1150°C sau đó làm nguội nhanh trong nước hoặc dầu. Phương pháp đó so với công nghệ tôi thép chẳng khác gì

nhau. Nếu ta không làm như vậy thì ở (850 ÷ 900)°C thép sẽ có tổ chức pherit cacbit. Tổ chức cacbit sẽ làm thép bị giòn, tổ chức pherit có hạt to, thô làm giảm tính dẻo của thép và biến cứng bề mặt rất nhanh khi cán nguội. Do đó phải làm nguội nhanh để cacbit không kịp hình thành và tổ chức của thép sẽ là austexxit hoặc austenit - mactenxit.

Các sản phẩm có chiều dày từ 0,2 ÷ 2,5 mm thường được cán trên máy cán tấm bốn trục hoặc trên máy cán hai trục bố trí theo hàng. Phôi ban đầu là phôi tấm đã qua cán nóng. Sản phẩm có chiều dày từ 0,05 ÷ 0,5 mm thường được cán trên máy cán nhiều trục (6, 12 hoặc 20 trục) có tang cuộn, tang nhả và có cơ cấu kéo căng trước và sau giá cán. Phương pháp cán tiên tiến là cán trên các trục rulô nóng. Cán trên máy cán bốn trục với lượng ép tổng ($\Sigma\varepsilon\%$) có thể đạt tới (60 ÷ 70 %), còn ở máy cán nhiều trục - (85 ÷ 95)%. Khi cán tấm không gỉ có chiều dày lớn hơn 0,5 mm bôi trơn bằng nước nhũ tương (nước emunxi), chiều dày nhỏ hơn 0,5 mm dùng dầu thực vật hoặc mỡ thực, động vật. Có bôi trơn như vậy bề mặt mới bóng, giảm ma sát giữa kim loại và bề mặt trục cán, nhờ đó giảm tiêu hao năng lượng và tăng năng suất cán.

Do khó khăn về dầu, mỡ thực động vật mà có những cải tiến có giá trị như dùng nước nhũ tương bôi trơn khi cán thép làm ngòi bút máy có chiều dày (0,15 ÷ 0,25) mm như ở Nhà máy Văn phòng phẩm Hồng Hà, Hà Nội . (Nếu dùng dầu mỡ thực, động vật bôi trơn thì chất lượng băng thép sẽ tốt hơn, bề mặt nhẵn bóng hơn). Do khó khăn về chất bảo vệ bề mặt thép khi nung mà một số cơ sở trong đó có Bộ môn Gia công áp lực kim loại Trường đại học Bách khoa Hà Nội đã cán nhiều tấm thép không gỉ có chiều dày ban đầu là 2 mm; 3 mm; 5 mm; 8 mm thành sản phẩm có chiều dày (0,25 ÷ 0,5) mm không cần phải ủ trung gian ("tôi" thép như đã nói ở trên) mà chất lượng sản phẩm vẫn đạt các yêu cầu về cơ lý tính. Tất nhiên các lần cán cuối cùng do bề mặt bị quá biến cứng, thép bị hoá bền nên phải cán là đi là lại nhiều lần mới có thể đạt được kích thước yêu cầu. Mặt khác động cơ điện phải khoẻ, chịu quá tải tốt, máy cán phải vững chắc, ổn định. Nếu không có đầy đủ các điều kiện trên thì chúng ta không thể nào cán được, vì có cán nhiều thì chiều dày băng thép vẫn như cũ hoặc bị rách, bị nhăn, v.v... Trong trường hợp này thì tiêu tốn năng lượng lớn, năng suất không cao nhưng giảm được các chi phí khác. Bảng 5.3 và 5.4 cho hai chế độ ép khi cán nguội thép không gỉ X18H9T từ chiều dày ban đầu 1 mm xuống 0,17 mm trên máy cán hai trục D = 100 mm, L = 150 mm.

***Bảng 5.3**. Chế độ khi cán nguội thép không gỉ X18H9T từ 1 mm xuống 0,17 mm trên máy cán 2 trục 120 mm (không tôi)*

Số lần cán	Chiều dày vật cán		Δh, mm	ε	Σε%	Tốc độ cán, m/s	Công suất động cơ, kW
	Trước cán, mm	Sau cán, mm					
1	1,00	0,50	0,50	50,0	50		
2,3	0,50	0,41	0,09	18,0	59		
4	0,41	0,35	0,06	14,6	65		
5	0,35	0,30	0,05	14,3	70		
6	0,30	0,265	0,035	11,7	73,5		
7	0,265	0,245	0,02	7,55	75,5		
8	0,245	0,23	0,015	6,12	77	0,12	7
9	0,23	0,22	0,01	4,35	78		
10	0,22	0,21	0,01	4,55	79		
11	0,20	0,20	0,01	4,76	80		
12	0,20	0,19	0,01	5,0	81		
13	0,19	0,18	0,01	5,26	82		
14	0,18	0,17	0,01	5,56	83		

***Bảng 5.4**. Chế độ khi cán nguội thép không gỉ X18H9T từ 1 mm xuống 0,17 mm trên máy cán hai trục 100 mm (có tôi, có ủ trung gian)*

Số lần cán	Chiều dày vật cán		Δh, mm	ε%	Σε%	Tốc độ cán, m/s	Công suất động cơ, kW
	Trước cán, mm	Sau cán, mm					
1	1,0	0,5	0,50	50	50		
2	0,5	0,41	0,09	18	59	0,12	7
3	0,41	0,35	0,06	14,6	65		
4	0,35	0,30	0,05	14,3	70		
Tôi trong nước: nhiệt độ tôi 1100°C; thời gian 1 ÷ 2 phút							
5	0,30	0,19	0,11	37,7	33,0		
6	0,19	0,18	0,01	5,27	36,0	0,12	7
7	0,18	0,17	0,01	5,65	39,2		

3. Cán nguội thép kỹ thuật điện

Dựa vào hàm lượng của silic (Si %) có trong thép chia ra các loại thép kỹ thuật điện như sau:

Thép từ tính thấp có Si = 0,8 ÷ 1,8 %

Thép từ tính trung bình có Si = 1,8 ÷ 2,8 %

Thép từ tính cao vừa có Si = 2,8 ÷ 3,8 %

Thép từ tính cao có Si = 3,8 ÷ 5%

Thực tế thường dùng thép kỹ thuật điện với hàm lượng silíc không vượt quá 3,5%, nếu hàm lượng silic lớn hơn 3,5% thì tính dẻo của thép rất thấp, trở kháng biến dạng khi cán nguội tăng lên rất lớn. Thép này được dùng chế tạo các loại máy biến thế, động cơ điện, các bộ điều tốc, dụng cụ điện, các loại quạt, v.v... (xem bảng 5.5) .

***Bảng 5.5**. Một số mác thép kỹ thuật điện thường dùng cán nguội chiều dày từ 0,35 ÷ 0,5 mm*

Mác thép	Chiều dày sản phẩm, mm	P10/50	P15/50	P17/50
		W/kg		
Э310	0,5	1,10	2,45	3,2
Э320	0,5	0,95	2,10	2,8
Э330	0,5	0,80	1,75	2,5
Э310	0,35	0,80	1,75	2,5
Э320	0,35	0,70	1,50	2,2
Э330	0,35	0,60	1,30	1,9
Э330A	0,35	0,50	1,10	1,6

Người ta còn cán nguội các loại thép Э330A, Э340, Э370, Э380 chiều dày từ (0,2 ÷ 0,5) mm, Э340, Э350, Э360, Э360A chiều dày từ (0,05 ÷ 0,2) mm.

Đối với thép chế tạo biến thế sự tăng hàm lượng silic dẫn đến việc tăng giới hạn chảy, giới hạn bền, độ cứng... nhưng lại rất giòn dễ vỡ khi cán nguội. Thực tế cho thấy rằng nếu hàm lượng cacbon trong thép là (0,018 ÷ 0,20)% thì hàm lượng silic chỉ nên từ 2,8 ÷ 3,2%. Thép dùng để chế tạo động cơ và máy phát điện thì hàm lượng silic thường nằm trong

phạm vi từ 1,4 ÷ 1,8%. Với hàm lượng này thép có tính dẻo rất cao, trở kháng biến dạng rất nhỏ vì vậy mà cán nguội dễ dàng. Lượng ép tổng cộng của thép đạt tới 80% mà không cần ủ trung gian khi cán nguội.

Một điều cần chú ý là tính dị hướng từ của thép sẽ tăng khi gia công (đặc biệt là thép làm biến thế), vì vậy khi cán phải làm sao cho hướng từ của nó trùng với hướng cán, có như vậy mới tăng được tính chất từ của thép và giảm đến mức thấp nhất tiêu hao công suất điện.

***Bảng 5.6**. Chế độ khi cán nguội thép biến thế từ 2,5 mm xuống 0,35 mm rộng 750 mm trên máy cán tấm liên tục 1200*

Nhóm giá cán	Số lần cán	Chiều dày vật cán		Lượng ép		Lượng ép tổng cộng Σε%
		Trước cán, mm	Sau cán, mm	Δh, mm	ε%	
Thô	1	2,50	1,70	0,80	32,0	66
	2	1,70	1,30	0,40	23,5	
	3	1,301	0,00	0,30	23,0	
	4	1,00	0,85	0,15	15,0	
Ủ trung gian						
Tinh	1	0,85	0,56	0,29	34,0	58
	2	0,56	0,45	0,11	20,0	
	3	0,45	0,38	0,07	15,5	
	4	0,38	0,35	0,03	8,0	

***Bảng 5.7**. Chế độ ép khi cán nguội thép chế tạo máy điện, từ 2 mm xuống 0,5 mm rộng 1200 mm*

Số lần cán	Chiều dày vật cán		Lượng ép		Lượng ép tổng cộng Σε%
	Trước cán, mm	Sau cán, mm	Δh, mm	ε%	
1	2,00	1,30	0,70	35,0	35,0
2	1,30	0,90	0,40	30,8	55,0
3	0,90	0,65	0,25	27,8	67,0
4	0,65	0,52	0,13	20,0	74,0
5	0,52	0,50	0,02	4,0	

Ở các nước tiên tiến như Mỹ, Anh, Nhật, Pháp, Nga... việc cán các loại thép trên (ta hay gọi là tôn silic) thường được tiến hành trên các máy cán tấm nguội liên tục hoặc trên các máy cán tấm mỏng bằng các trục rulô nóng. Bảng 5.6 và 5.7 giới thiệu chế độ ép khi cán hai loại thép đó.

Ở nước ta chưa cán nóng được thép kỹ thuật điện, cán nguội nó cũng còn là việc rất mới mẻ. Hầu hết ta nhập thép này từ nước ngoài. Tuy nhiên chúng ta cũng cần biết về chế độ ép và công nghệ cán nguội nó để tiến tới tự tạo ra sản phẩm có chiều dày khác nhau phù hợp và chủ động trong sản xuất.

Nhiệt độ ủ thép này từ 750 ÷ 900°C. Thép ủ trong lò có khí bảo vệ để bề mặt thép khỏi bị ôxy hoá. Nếu không có khí bảo vệ thì dùng than hoa phủ kín bề mặt thép khi ủ.

Tốc độ lớn nhất khi cán nguội thép có thể đạt tới 20 m/s đối với các máy cán hiện đại, còn ở ta tốt nhất từ 0,15 ÷ 0,3 m/s trên các máy cán tự chế tạo.

Chương VI

CÁN NÓNG, CÁN NGUỘI ĐỒNG TẤM VÀ HỢP KIM ĐỒNG

I. CÁN NÓNG ĐỒNG VÀ HỢP KIM ĐỒNG

1. Cán nóng đồng tấm

Tính chất và lĩnh vực sử dụng

Đồng là một kim loại được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp ở dạng dây, ống và tấm, đặc biệt ở dạng tấm. Đồng nóng chảy ở 1083°C, tỷ trọng 8,9 g/cm^3, độ dẫn điện 0,923 calo/cm.độ, điện trở suất 0,0175 Ωmm^2/m. Đồng có tính dẫn nhiệt và dẫn điện tốt, tính dẻo cao, dễ dàng gia công bằng áp lực ở trạng thái nóng và nguội. Lượng ép tổng cộng ($\Sigma\varepsilon\%$) của đồng có thể đạt từ (90 ÷ 95%). Tạp chất bismut và lưu huỳnh (Bi và S) làm giảm tính dẻo của đồng ở trạng thái nóng và nguội, chì (Pb) làm giảm bớt khả năng gia công ở trạng thái nóng, các tạp chất phốt pho, sắt, asen và antimon (P, Fe, As, Sb) làm giảm tính dẫn nhiệt và điện của đồng. Đồng tấm được dùng rộng rãi trong các ngành chế tạo ôtô - máy kéo, trong hoá chất, ngành đóng tàu và trong nhiều lĩnh vực khác. Đồng tấm có 2 loại, loại mềm với $\sigma_b < 21$ kG/mm^2, $\delta\% \geq 30\%$, loại cứng có $\sigma_b \leq 30$ kG/mm^2 và $\delta\% < 3\%$. Bảng 6.1 giới thiệu thành phần hoá học của đồng.

2. Công nghệ cán nóng đồng

Hiện nay nước ta chưa có cơ sở tinh luyện đồng từ quặng tuy nhiên rất nhiều nơi đã nấu đồng, đúc đồng và cán đồng ở trạng thái nóng như: Công ty Cơ điện Trần Phú Hà Nội chuyên sản xuất các loại phôi dây đồng M1 từ $\phi_7 \div \phi_{14}$ bằng phương pháp đúc cán kéo liên tục.

Các bước công nghệ cán nóng đồng tấm như sau:

- Nung thỏi đúc hoặc phôi đến nhiệt độ (900 ÷ 930)°C.

- Nhiệt độ bắt đầu cán từ 810 ÷ 900°C

- Dựa vào chiều dày phôi ban đầu và chiều dày sản phẩm mà tính số lần cán theo công thức (5.1). Lượng ép (Δh_{max}) tính theo công thức (4.12).

- Mức độ biến dạng trong một lần cán ($\varepsilon\%$) có thể lấy từ 26 ÷ 56%, tốc độ biến dạng (u) (2,33 ÷ 12,9)S^{-1}, góc ăn α từ 18 ÷ 27°.

- Khoảng nhiệt độ cán (638 ÷ 900)°C.

- Nhiệt độ kết thúc cán khoảng 600°C.

Bảng 6.1. *Thành phần hoá học của đồng (Theo ГОСТ 859 - 66) - Liên Xô (cũ)*

Ký hiệu	% Cu không nhỏ hơn	Thành phần tạp chất % (không lớn hơn)						
		Bi	Sb	As	Fe	Ni	Bb	Sn
M_1	99,9	0,001	0,002	0,002	0,005	0,002	0,005	0,002
M_2	99,7	0,002	0,005	0,01	0,05	0,2	0,01	0,05
M_3	99,5	0,003	0,05	0,05	0,05	0,2	0,05	0,06

Ký hiệu	Thành phần tạp chất % (không lớn hơn)				
	S	O	Zn	Ag	Tổng % hợp chất
M_1	0,005	0,05	0,005	0,003	0,01
M_2	0,01	0,07	"	"	0,3
M_3	0,01	0,08	"	"	0,5

3. Một số chế độ ép và kích thước phôi để cán nóng đồng tấm

Bảng 6.2. *Kích thước ban đầu của thỏi đúc từ đồng và các hợp kim của chúng*

đồng hoặc hợp kim	Kích thước thỏi đúc, mm			Trong lượng kG
	Dày	Rộng	Dài	
Đồng	176	600	1500	1432
	180	595	1500	1420
	180	695	1500	1660
Hợp kim đồng Л90	180	595	1300	1210
	180	695	1300	1440
Hợp kim đồng Л68	180	595	1500	1410
	180	695	1500	1650
	180	495	1300	980
Hợp kim đồng Л62, Л63	180	695	1300	1380
	180	595	1500	1360
	180	595	1000	900
	180	695	1000	1040
	180	595	1500	1350
	180	695	1500	1560
ЛС59 - 1	176	600	1450	1300
МНЦ5-20	150	600	900	740
МНЦ19	150	620	900	740

Đồng tấm được cán ra từ thỏi đúc có kích thước ban đầu ghi ở bảng 6.2. Các máy cán nóng đồng tấm thường là loại máy hai trục hoặc bốn trục đảo chiều. Sản phẩm và dung sai cùng với chiều dày được ép sau mỗi lần cán được ghi ở bảng 6.3 và 6.4. Đây là số liệu của một vài xưởng cán nóng đồng tấm của Liên Xô cũ. Từ các số liệu này chúng ta có thể áp dụng vào điều kiện cán của Việt Nam.

***Bảng 6.3**. Chế độ ép khi cán nóng từ thỏi đúc đồng và hợp kim của các nhà máy ở Liên Xô (cũ)*

Đồng hoặc hợp kim đồng	Kích thước, mm					Chiều dày sau mỗi lần cán, mm
	Trước khi cán		Sau khi cán			
			Dung sai			
	Dày	Rộng	Chiều rộng	chiều dày	Rộng	
Đồng	176	600	+10	-0,3	645	130-88-53-13-6,5
	180	595	+10	-0,3	645	125-75-40-22-17
Л90	180	595	+10	-0,3	645	125-75-40-18-10
	180	595	+10	-0,3	64	125-75-40-20-13,5
Л68	180	595	+10	-0,3	648	125-75-40-20-15,5
	176	600	+10	-0,3	645	135-100-78-57-36-27-16-11-7,5-6
Л63	180	595	+10	-0,3	645	150-115-85-60-42-30-22-15-13,5
	176	600	+10	-0,3	645	120-85-49-20-12-8-5,5
	180	595	+10	-0,3	645	130-98-60-30-15-10-6,5
ЛС59-1	176	600	+10	-0,3	645	110-50-17-10-5,5
МНЦ5-20	150	600	+10	-0,4	645	125-97-79-62-41-26-18-14

4. Cán nóng các hợp kim của đồng ở dạng tấm

Tính chất và công dụng của hợp kim đồng

Hợp kim đồng và kẽm được gọi là đồng thau, tỷ trọng từ (8,43 ÷ 8,35)g/cm^3. Lượng đồng trong hợp kim càng nhiều thì tính dẻo của nó càng lớn. Hàm lượng kẽm trong hợp kim chiếm từ 4 ÷ 40%. Trong hợp kim đồng thau đặc biệt thì ngoài đồng thau và kẽm ra còn có thiếc, chì, nhôm, sắt, niken v.v.... Chúng chiếm khoảng 3% trong thành phần của

hợp kim. Nhôm, sắt, niken, silic tăng độ cứng và độ bền của đồng thau. Đồng thau - thiếc có tính ổn định cao khi chịu tác dụng của nước biển. Antimoan, bismut và lưu huỳnh trong đồng thau làm giảm tính dẻo của nó và gây khó khăn khi cán. Đồng thau được sử dụng rộng rãi trong đời sống và trong công nghiệp, đồng thau tấm Л90, Л62 dùng để chế tạo các bộ cánh tản nhiệt và Л62, Л68, ЛС59-1 dùng nhiều trong công nghiệp chế tạo máy, còn ЛС59-1, ЛС74-3, ЛС64-2, ЛС63-3 dùng để chế tạo đồng hồ và các chi tiết quan trọng trong các dụng cụ đo trong công nghiệp vô tuyến và điện tử.

Bảng 6.4. *Chế độ khi cán nóng đồng và hợp kim của nó trên máy cán bốn trục (500/1000) x 1400 mm*

Kim loại hoặc hợp kim	Chiều rộng cán, mm	Dung sai của chiều dày sản phẩm, mm	Chiều dày sau mỗi lần cán, mm
Đồng	650 ÷ 750	-(0,18 ÷ 0,21)	6,0-4,2-3,0
	650 ÷ 750	-(0,16 ÷ 0,18)	6,0-4,1-2,6-2,0
	650 ÷ 750	-(0,12 ÷ 0,16)	6,0-4,5-3,1-2,0-1,5
	650 ÷ 750	-(0,06 ÷ 0,09)	6,0-4,1-2,6-1,2-0,75-0,5
	640	-0,1	6,0-4,0-2,6-1,6
Л90	640	-0,08	6,0-4,0-2,6-1,55-1,10
Л68	650	±0,1	9,5-7,0-5,0-3,8-2,8-2,4
	750	±0,1	9,5-7,2-5,3-4,2-3,3-2,7-2,1
	650	±0,1	9,5-7,0-5,0-3,8-2,8
	650 ÷ 750	-(0,25 ÷ 0,3)	11-8,5-6,5-5,0
	650	-0,15	5,0-3,1-2,0
	750	-0,18	5,0-3,5-2,5-2,0
Л63	650 ÷ 750	-(02 ÷ 0,24)	6,0-4,5-3,5
	650 ÷ 750	-(0,22 ÷ 0,27)	7,7-5,7-4,5

Đồng thau - nhôm có hàm lượng nhôm 5 ÷ 7% còn lại là đồng và được ký hiệu là БрА5 và БрА7.

Đồng thau nhôm - mangan ký hiệu БрАМ Ц9 - 2 có 9% nhôm, 2% mangan còn lại là đồng.

Đồng thau silic - mangan ký hiệu БрАМ Ц3-1 với 3% Si; 1,25% Mn; 95,75% đồng.

Đồng thau mangan có 5% Mn và 95% Cu, ký hiệu БрМЦ5.

Đồng thau berili có 2% Be, 0,3% Ni còn lại là đồng. Ký hiệu của nó БрБ2.

Đồng thau thiếc - phốt pho có 6 ÷ 7% Sn; 0,1 ÷ 0,4% P còn lại là đồng.

Đồng thau thiếc - kẽm gồm 2,7 ÷ 3,3% Zn; 3,5 ÷ 4% Sn còn lại là đồng.

Đồng thau thiếc - chì - kẽm có 4% Zn; 4% Sn; 2,5 ÷ 4% Pb; 89,5 ÷ 88% Cu.

Hợp kim của đồng và niken (Cu, Ni) thường gọi là đồng bạch.

Bảng 6.5 là cơ, lý tính và thành phần của một số hợp kim đồng.

Bảng 6.5. *Thành phần hoá học và cơ lý tính của đồng thau tấm (ГОСТ 1143 - 49, 931 - 52) Liên Xô (cũ)*

Ký hiệu	Loại	Thành phần hoá học %				Giới hạn bền σ_b, kG/mm^2 (không nhỏ hơn)	độ giãn dài tương đối δ_s % (không nhỏ hơn)
		Cu	Zn	Pb	Mn		
Л68	mềm	68,5	31,5	-	-	30	30
		68,5	31,5	-	-	35	25
Л62	cứng	68,5	31,5	-	-	40	15
		68,5	31,5	-	-	50	4
	mềm	62,0	38,0	-	-	30	35
ЛС59-1		62,0	38,0	-	-	38	20
	cứng	62,0	38,0	-	-	42	10
		62,0	38,0	-	-	60	25
	cứng	58,5	40,25	1,35	-	45	5

Đồng thau - nhôm БрА5 có tính dẻo cao, chống được ăn mòn được dùng nhiều trong công nghiệp hoá học, loại БрА7 được dùng làm vật liệu có tính đàn hồi và chịu mài mòn cao. Đồng thau БрАМЦ 9 - 2 được dùng trong lĩnh vực chế tạo máy và đóng tàu. Đồng thau silic БрКМЦ 3-1 có cơ tính cao, chịu mài mòn tốt được dùng làm vật liệu đàn

hồi và chịu tải trọng lớn.

Đồng thau mangan БрМЦ 5 được dùng chế tạo các chi tiết máy vì nó bền và chịu được nhiệt độ cao.

Đồng thau berili БрБ2 có độ cứng rất cao, sau nhiệt luyện có σ_b đạt tới 100 kG/mm^2.

Cán tấm nóng các hợp kim của đồng.

Cán tấm nóng các hợp kim của đồng ở quy mô lớn đại công nghiệp ở ta chưa có, nhưng chúng ta có rất nhiều cơ sở đã nấu hợp kim đồng Л62, Л63, Л70 và Л90 như ở Nhà máy Đóng tàu Bạch Đằng Hải Phòng, Nhà máy Pin Văn điển, các hợp tác xã sản xuất cầu dao điện, khí cụ điện. Chúng ta đã đúc và cán trên các máy cán cỡ nhỏ tự chế tạo những thỏi hợp kim đồng tấm nặng từ 1 ÷ 10 kG.

Một số thỏi đúc và sản phẩm tấm của các hợp kim đồng có kích thước cho ở trong bảng 6.2, 6.3 và 6.4. Cho dù các hợp kim đó cán ở đâu, cũng phải qua qui trình cán nóng như sau:

Nung nóng thỏi đúc hoặc phôi tới nhiệt độ (760 ÷ 860)°C.

Nhiệt độ bắt đầu cán từ 720 ÷ 750°C.

Lượng ép lớn nhất: (Δh_{max}) tính theo công thức (56).

Số lần cán (n) tính theo công thức (59).

Lượng ép tổng cộng $\Sigma\varepsilon$% từ 80 ÷ 85% đối với các hợp kim Л62, Л63, Л68 và bằng 90% đối với Л90.

Tốc độ cán từ 1,7 ÷ 4 m/s; góc ăn $\alpha = 18^o \div 22^o$.

Khoảng nhiệt độ cán từ 655 ÷ 850°C đối với Л90, từ 499 ÷ 820°C đối với Л68 và từ 545 ÷ 812°C đối với Л63, Л62.

Trước khi nung phôi để cán phải làm sạch bề mặt của thỏi đúc hoặc phôi tấm. Việc làm sạch bề mặt được tiến hành bằng nhiều phương pháp, tốt nhất là bào hoặc mài. Bề mặt sạch dẫn đến sản phẩm có độ bóng rất cao, chất lượng sẽ rất tốt.

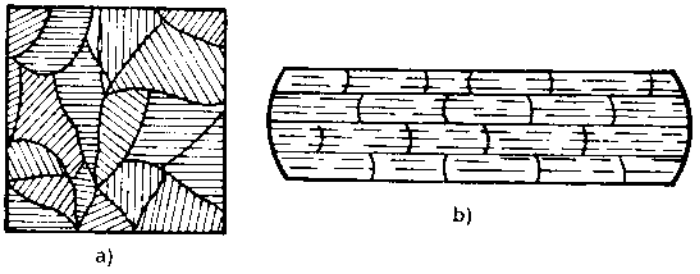
Sau khi cán xong phải là phẳng bề mặt sản phẩm trên các máy cán

là hoặc máy cán là chuyên dùng. Thực tế ở nước ta các thỏi đúc đồng thanh có kích thước rất nhỏ (dày từ10 ÷15mm, rộng 100 ÷ 150mm và dài từ 150 ÷ 200mm), đòi hỏi về kích thước và độ bóng bề mặt không cao vì vậy sau khi đúc xong, tháo khuôn lấy thỏi đúc đem cán nóng luôn. Làm như vậy, chung ta đã lợi dụng được khoảng nhiệt độ cán tối ưu của đồng thanh mà không cần qua công nghệ nung thỏi đúc trước khi cán (xem thêm các tài liệu [9] và [10].

II. CÁN NGUỘI ĐỒNG TẤM VÀ HỢP KIM ĐỒNG

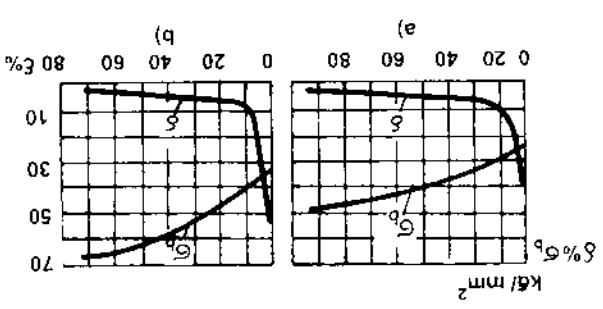
1. Cán nguội đồng tấm

Khi cán nguội tổ chức tế vi và cơ, lý tính của đồng và hợp kim đồng thay đổi (hình 6.1, 6.2 và 6.3). Việc thay đổi này (đã nói ở phần V chương IV) xảy ra đối với kim loại nói chung.

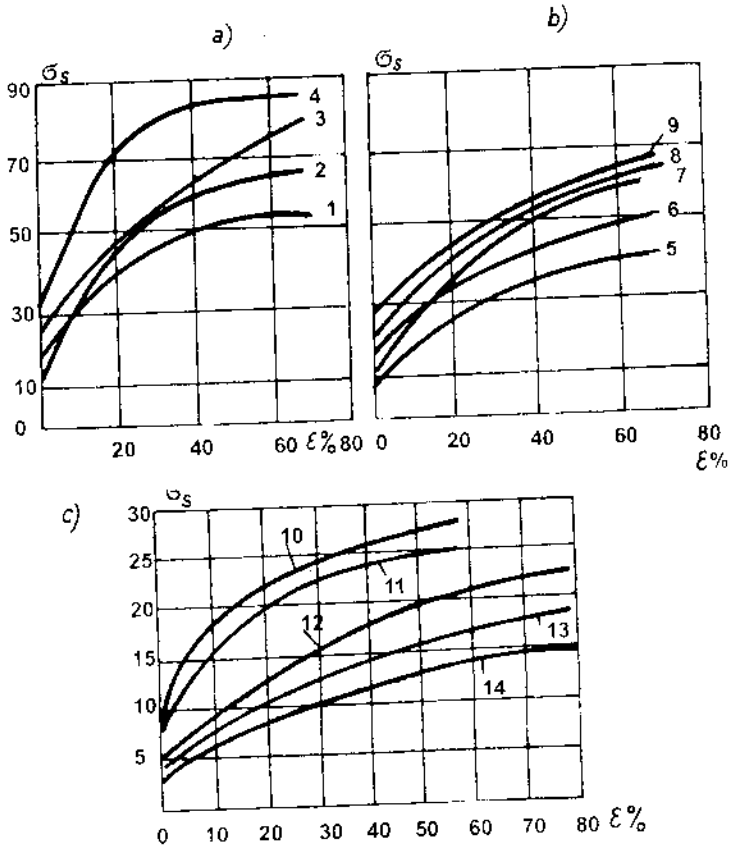


Hình 6.1 *Sự hình thành tổ chức (cấu trúc) dạng sợi khi cán nguội đồng.*
a) trước khi cán; b) sau khi cán

Trên hình 6.2 và 6.3 ta thấy: khi đồng và các hợp kim của nó bị biến dạng ở trạng thái nguội thì giới hạn bền và giới hạn chảy tăng lên, độ giãn dài tương đối giảm. Do đó độ cứng cũng tăng lên và bề mặt kim loại bị biến cứng mạnh. Sau khi ép được 80% (Σε=80%) nên ủ rồi mới tiếp tục gia công.



Hình 6.2 *Sự thay đổi cơ lý tính khi cán nguội*
a) đồng; b) hợp kim Л68



***Hình 6.3**. ảnh hưởng của cán nguội tới giới hạn chảy σ_s của một số kim loại và hợp kim.*

1- đồng bạch; 2- hợp kim noizinbơ (50 ÷ 60)% Cu (15 ÷ 20)% Zn; 3- niken; 4- hợp kim noizinbơ đàn hồi; 5- đồng; 6- đồng thau tômpac; 7- đồng thau Л68; 8- đồng thau Л62; 9- đồng thau ЛС64-2; 10- đuara Д16; 11- đuara Д1; 12- hợp kim nhôm-vonfram; 13- hợp kim nhôm-mangan; 14- nhôm.

2. Ủ đồng và các hợp kim của đồng khi cán nguội

Do có sự thay đổi cơ lý tính và biến cứng trên bề mặt của kim loại khi cán nguội, nên phải ủ. Có thể ủ sơ bộ, ủ trung gian tuỳ theo yêu cầu kỹ thuật và công nghệ sản xuất. Xác định nhiệt độ ủ cho từng kim loại và hợp kim của chúng phải dựa vào nhiệt độ kết tinh lại, mà tại đó kim loại bắt đầu hồi phục và kết tinh lại. Nhiệt độ kết tinh lại được xác định theo công thức:

$$T_{kl}=(0,38\div0,4)T_0$$

trong đó:

T_{kll} - nhiệt độ bắt đầu kết tinh lại của kim loại (^{0}C) hoặc (^{0}K).

T_0 – nhiệt độ chảy của kim loại (^{0}C) hoặc (^{0}K).

Muốn cho kim loại và hợp kim của chúng hồi phục và kết tinh hoàn toàn ta phải ủ chúng ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ bắt đầu kết tinh lại một ít. Thời gian ủ hoàn toàn phụ thuộc vào chiều dày, rộng và trọng lượng của nó. Bảng 6.6 là chế độ ủ khi cán đồng và các hợp kim của đồng của các nhà máy tại Liên Xô (cũ).

Thành phẩm đồng tấm cán nguội có chiều dày từ 0,05 ÷ 2 mm. Loại có chiều dày từ 0,05 ÷ 0,09 mm là giấy đồng. Phôi ban đầu để cán đồng tấm là những tấm đồng có chiều dày từ 4 ÷ 10 mm và dài 1500 mm. Máy cán là máy 4 trục, 6 trục, 12 trục và 20 trục. Băng đồng sản phẩm khi xuất xưởng được đóng gói ở dạng cuộn.

***Bảng 6.6**. Chế độ ủ khi cán đồng và hợp kim đồng.*

Tên vật liệu	Kích thước cán, mm		Trọng lượng (tấn)	Nhiệt độ ủ °C	Thời gian ủ h
	Dày	rộng x dài			
Đồng M_1; M_2	0,4 ÷ 0,9	600 x 1500	6÷7	540÷570	5,30'÷6
M_3, M_4	1,0÷1,2	600 x 1500	8÷10	540÷570	8÷8,30
Đồng thau	0,4÷0,9	600 x 1500	6÷7	540÷570	5,30'÷6
Л62, Л63, Л68	0,4÷0,9	710 x1410	6÷7	540÷570	5,30'÷6
Л90	1,0÷12	600 x 1500	9÷10	540÷570	8÷8,30'
Đồng bạch	2,5÷ 8	620 x1500	9÷10	570÷600	8÷8,30'
MH19	0,5÷10	400 x1500	8÷10	670÷700	8,30'÷9
Noizinbơ MH-Ц1520	0,5÷10	400 x500	8÷10	670÷700	8,30'÷9
Hợp kim Mônen (28% Cu, 68% Ni; 2,5% Fe; 1,5% Mn)	0,5÷10	400 x1500	8÷10	700÷730	9÷9,30'
MH 15-20	0,8÷2,5	580 x1500	1,0	750	2,20

Khi cán cần chú ý tới việc bôi trơn giữa bề mặt kim loại và trục cán để tăng chất lượng bề mặt và giảm bớt ảnh hưởng của lực ma sát ngoài khi tiếp xúc.

Nên bôi trơn bằng các loại dầu thực vật hoặc dầu hoả pha dầu thực vật. Việc giảm bớt hệ số ma sát cán nguội chẳng những tăng được năng suất mà còn giảm bớt tiêu hao năng lượng điện. Bảng 6.7 cho thấy sự thay đổi của hệ số ma sát khi cán nguội một số kim loại.

Bảng 6.7. *Hệ số ma sát khi cán nguội (f)*

Kim loại hoặc hợp kim	Không bôi trơn	Bôi trơn bằng dầu hoả pha dầu thực vật	Bôi trơn bằng dầu thực vật
Đồng	0,2÷0,25	0,13÷1,15	0,1÷0,13
Nhôm	0,2÷0,3	0,10÷0,15	0,08÷0,09
Đồng thau	0,12÷0,15	0,06	0,005
Kẽm	0,25÷0,3	01,2÷0,15	-

Việc ủ sơ bộ, ủ trung gian được tiến hành trong các lò ủ có khí bảo vệ hoặc có lớp phủ bề mặt để đồng khỏi bị ôxy hoá. Nếu bề mặt đồng tấm quá bẩn hoặc bị ôxy hoá thì phải làm sạch sẽ bề mặt bằng phương pháp tẩm thực. Góc ăn (α) khi cán nguội thường từ $3^o \div 18^o$. Với số lần cán quá ít mà đồng còn biến dạng tốt thì không cần ủ trung gian.

3. Cán nguội hợp kim đồng tấm

Hợp kim đồng ở dạng tấm được sử dụng rất rộng rãi đặc biệt là đồng thau Л62, Л63, Л68, Л70, và Л90. Việc cán nguội các hợp kim đồng cũng tiến hành giống như cán đồng: cũng cán bằng các máy cán chuyên dùng cán tấm; ủ trung gian để khử biến cứng bề mặt và làm cho hợp kim hồi phục cơ lý tính ban đầu (nhiệt độ ủ xem bảng 6.6); bôi trơn bề mặt tiếp xúc giữa kim loại và trục cán; làm sạch bề mặt trước khi cán: ủ trong lò có khí bảo vệ để bề mặt khỏi bị ôxy hoá... Cái khác ở đây là phải cán với lượng ép phù hợp với từng hợp kim vì cơ lý tính của chúng có những điểm khác nhau (xem hình 6.3), ủ với nhiệt độ khác nhau v.v... Bảng 6.8 và 6.9 giới thiệu các loại đồng tấm, hợp kim đồng tấm được cán ở Liên Xô (cũ).

Bảng 6.8. *Các kích thước cơ bản cán đồng tấm và hợp kim đồng tấm*

Tên gọi	Rộng, mm	Dày, mm	Dài, m (không nhỏ hơn)
Đồng M_1; M_2; M_3; M_4	10÷600	0,05÷0,5 0,55÷1,0 1,10÷2,0	20 10 7
Niken	10÷300	0.05÷0,2 0,2÷1,5	7 3
Đồng thau: Л62, Л63, Л68, Л90	10÷600	0,05÷0,5 0,55÷1,0 1,10÷2,0	20 10 7
Đồng bạch: noizinbơ, mônen	6÷300	0,1÷2,0	3
Hợp kim cônstantan (58,6%Cu; 30%Ni; 15% Al)	6÷300	0,1÷0,6 0,65÷1,0 1,10÷1,5 1,6÷2,0	20 15 12 10
Đồng berili: БрБ2	6÷300	0,05÷1,5	1,5
Hợp kim: Cu-P; Cu-Sn-Zn	10÷300	0,1÷2,0	2,0

Bảng 6.9. *Dung sai theo chiều dày của tấm hợp kim đồng và đồng (ГОСТ 2208-49, Liên Xô (cũ))*

Chiều dày tấm, mm	Dung sai theo chiều dài và rộng, mm			Trọng lượng kG/m²
	Rộng (10÷300)mm		Dày (300÷600)mm	
	Chính xác thường	Chính xác cao	Chính xác thường	
0,05	-0,01	-	-	0,43
0,08	-0,01	-	-	0,68
0,09	-0,01	-	-	0,77
0,10	-0,02	-	-	0,85
0,15	-0,03	-	-	1,28
0,20	-0,03	-0,02	-	1,70
0,25	-0,04	-0,03	-	2,13
0,30	-0,04	-0,03	-	2,98
0,40	-0,05	-0,04		3,40
0,50	-0,06	-0,04	-0,07	4,25

Tiếp bảng 6.9

Chiều dày tấm, mm	Dung sai theo chiều dài và rộng, mm			Trọng lượng kG/m²
	Rộng (10÷300)mm		Dày (300÷600)mm	
	Chính xác thường	Chính xác cao	Chính xác thường	
0,60	-0,06	-0,05	-0,08	5,10
0,70	-0,07	-0,05	-0,08	5,95
0,80	-0,08	-0,06	-0,09	6,80
0,90	-0,08	-0,06	-0,10	7,65
1,00	-0,08	-0,06	-0,11	8,50
1,50	-0,09	-0,08	-0,14	12,75
2,00	-011	-0,10	-0,15	17,00

Bảng 6.10. *Chế độ ép khi cán nguội đồng thau tấm*

Л62, Л63 và Л68 từ kích thước (10x50x250) mm xuống (1,1 x 50) mm trên máy cán hai trục: D = 300 mm; L = 600 mm; N=40 kW

Số lần cán	Chiều dày, mm		Lượng ép		Lượng ép tổng cộng Σε%
	Trước cán	Sau cán	Δh, mm	ε%	
1	10,0	8,0	2,0	20,0	20
2	8,0	5,5	2,5	31,3	45
3	5,5	3,5	2,0	36,4	65
4	3,5	2,5	1,0	28,6	75
5	2,5	1,8	0,7	28,0	82
6	1,8	1,3	0,5	27,7	87
7	1,3	1,1	0,2	15,7	89

Việc cán tấm nguội đồng thau và đồng bạch được tiến hành ở rất nhiều cơ sở sản xuất hàng mỹ nghệ, chìa khoá, mũ pin, v.v... tại Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh. Ở bộ môn Gia công áp lực, Trường đại học Bách khoa, Hà Nội đã cán các loại hợp kim đồng mônen có chiều dày 0,05 mm ± 0,001 cho Nhà máy Thông tin M_1 quân đội; hợp kim đồng Л68 có chiều dày 0,25 mm làm mũ pin thí nghiệm cho Nhà máy Pin Văn Điển và nhiều loại đồng bạch, đồng đàn hồi v.v... trên máy cán hai trục D = 100 mm; L = 120 mm và D = 300 mm, L = 600 mm. Bảng 6.10 và

6.11 giới thiệu một số chế độ ép các hợp kim khi cán nguội không cần ủ trung gian, chỉ ủ sau khi cán.

***Bảng 6.11**. Chế độ ép khi cán nguội đồng lá*

Л68 từ kích thước (8x60x150)mm xuống (0,25x60) mm trên máy cán hai trục D=100 mm; L=120 mm; công suất 7 kW

Số lần cán	Chiều dày, mm		Lượng ép		Lượng ép tổng cộng Σε%
	Trước cán	Sau cán	Δh, mm	ε%	
1	8,0	7,0	1,0	12,5	12,5
2	7,0	5,5	1,5	21,4	31,4
3	5,5	4,2	1,3	23,6	45,3
4	4,2	3,2	1,0	23,8	60,0
5	3,2	2,2	1,0	31,4	72,5
6	2,2	1,5	0,7	31,8	81,3
7	1,5	1,0	0,5	30,0	87,5
8	1,0	0,7	0,3	30,0	91,0
9	0,7	0,55	0,15	21,4	93,1
10	0,55	0,45	0,10	18,2	94,5
11	0,45	0,35	0,10	22,2	95,6
12	0,35	0,30	0,05	14,3	96,3
13	0,30	0,26	0,04	13,3	96,7
14	0,26	0,25	0,01	2,6	97,5

Chương VII

CÁN NÓNG, CÁN NGUỘI NHÔM TẤM VÀ HỢP KIM NHÔM

I. CÔNG DỤNG, TÍNH CHẤT CỦA NHÔM VÀ HỢP KIM NHÔM

Nhôm và hợp kim nhôm được sử dụng rất rộng rãi. Nhôm tấm, ống nhôm và dây nhôm đã dần dần thay thế đồng trong nhiều lĩnh vực; hợp kim nhôm đặc biệt là đuara được sử dụng rất nhiều trong đời sống, trong công nghiệp điện tử, trong chế tạo máy bay, tên lửa, tàu vũ trụ....

Mãi tới 1827 người ta mới tìm ra nhôm, đến cuối thế kỷ 19 nhôm mới được sản xuất bằng cách điện phân quặng bôxit nóng chảy Al_2O_3. SiO_2. Fe_2O_3 và nhôm đã trở thành "kim loại của thế kỷ 20". Tuy nhiên do điều kiện kinh tế còn khó khăn ở nước ta chưa có cơ sở luyện nhôm, vì vậy mà chúng ta vẫn nhập nhôm thỏi từ Nhật, Trung Quốc, Nga, Bungari, Triều Tiên và các nước khác.

Bảng 7.1 cho ký hiệu của một vài loại nhôm thỏi nhập khẩu.

Tuỳ theo thành phần nguyên chất của nhôm mà nhiệt độ nóng chảy nhôm dao động từ $658^o \div 660^oC$.

Tỷ trọng ở 20^oC là 2,71 kG/dm^3.

Độ dẫn nhiệt là 0,52 Cal/cm.S°C ở 20°C và 0,22 Cal/cm.S°C ở 700°C. Giới hạn bền kéo của nhôm qua ủ là σ_b = 8 kG/mm^2, khi biến dạng σ_b = 15 kG/mm^2.

Độ giãn dài tương đối δ% của nhôm đã ủ là δ% = (30 ÷ 40)%, khi biến dạng thì δ% = (5÷10)%.

Độ có thắt tỉ đối: Ψ% = (70÷90)% khi nhôm đã qua ủ, khi biến dạng Ψ% = (50÷60)%. Độ cứng của nhôm sau khi đúc 20 HB, sau khi ủ 25HB và khi biến dạng (30 ÷ 45)HB.

Bảng 7.1. Nhãn hiệu, ký hiệu của nhôm thỏi
(theo tài liệu của Nhà máy Sắt tráng men - nhôm Hải Phòng).

Nhãn hiệu	Ký hiệu	Thành phần nhôm (%)
1 vạch xanh	AB_1	99,9
2 vạch xanh	AB_2	99,85
1 vạch trắng	A_{00}	99,7
2 vạch trắng	A_0	99,6
1 vạch đỏ	A_1	99,5
2 vạch đỏ	A_2	99,0
3 vạch đỏ	A_3	98,0
1 vạch vàng (hoặc tím)	A_1	99,5
2 vạch vàng (hoặc tím)	A_2	99,0
3 vạch vàng (hoặc tím)	A_3	98,0

Đối với các hợp kim nhôm có giới hạn bền từ 28 ÷ 30 kG/mm^2 độ giãn dài tương đối từ 5 ÷ 8%, sau khi hoá già giới hạn bền đó tăng lên và đạt từ 38 ÷ 45 kG/mm^2 và độ giãn dài tương đối đạt từ 15 ÷ 20%.

So với mặt hàng dây nhôm và ống nhôm thì nhôm tấm và hợp kim nhôm tấm được sử dụng nhiều hơn cả. Các loại nhôm tấm và hợp kim nhôm tấm với chiều dày và kích thước khác nhau đều phải qua cán nóng hoặc cán nguội. Sản phẩm nhôm tấm qua cán nóng thường có chiều dày từ 5 ÷ 6 mm. Sản phẩm nhôm tấm qua cán nguội thường có chiều dày từ 0,1 ÷ 2,5 mm. Giấy nhôm (thường gọi là giấy bạc) dùng để bọc kẹo, thuốc lá và các mặt hàng thực phẩm, có chiều dày từ 0,01 ÷ 0,007 mm.

II. CÁN NÓNG NHÔM TẤM VÀ HỢP KIM NHÔM TẤM

Thỏi đúc ban đầu có thiết diện hình chữ nhật. Sau khi làm sạch bề mặt và xử lý các khuyết tật thỏi đúc phải qua các nguyên công sau:

Nung thỏi đúc trước khi cán trong lò buồng hoặc lò liên tục. Khi nung thỏi cần đảm bảo nhiệt độ đồng đều, bề mặt không được bẩn và không bị cháy. Bảng 7.2 giới thiệu một số kích thước của thỏi đúc và nhiệt độ nung trước khi cán nóng nhôm.

Bảng 7.2. Chế độ nung thỏi đúc nhôm trong lò liên tục

Độ tinh khiết của nhôm	Kích thước thỏi dày x rộng x dài, mm	Nhiệt độ nung °C	Nhiệt độ cán °C	Thời gian nung h
Bình thường	132x 580 x 510	400 ÷ 520	350 ÷ 450	4÷ 4.30'
Cao	132 x 583 x 720	400 ÷ 480	370 ÷ 450	4 ÷ 4,30'
Bình thường	170 x 680 x 1020	420 ÷ 520	350 ÷ 450	6 ÷ 7

Tuỳ theo công suất của động cơ và kết cấu máy cán mà tiến hành cán nóng nhôm tấm có chiều dày ban đầu từ 132 ÷ 170 mm xuống (5 ÷ 6) mm với số lần cán từ 7 ÷ 11 lần (xem bảng 7.3 và 7.4).

Khi cán nóng cần tăng lượng ép tới mức tối đa (vì nhôm rất dẻo ở trạng thái nóng) để giảm tiêu hao năng lượng điện và nâng cao năng suất của máy cán. Phạm vi nhiệt độ cán nóng tốt nhất đối với nhôm là (370 ÷ 450)°C. Khi cán nóng chúng ta cũng nên bôi trơn giữa bề mặt kim loại và trục cán bằng dầu hoả, dầu lạc. Tốc độ khi cán nóng nhôm tấm thường từ 1 ÷ 1,5 m/s. Lượng ép tổng cộng khi cán đạt tới $\Sigma\varepsilon = 90\%$. Lượng ép tối đa ($\varepsilon\%$) cho một lần cán có thể lên tới 45%.

Bảng 7.3. Chế độ ép khi cán nóng nhôm tấm từ thỏi đúc

có kích thước (132x580x510) mm trọng lượng 100 kG ra thành phẩm có kích thước (6x580) mm trên máy cán Laura 640/580/640x1500 mm

Số thứ tự cán	Chiều dày, mm		Lượng ép		
	Trước cán	Sau cán	Δh	$\varepsilon\%$	$\Sigma\varepsilon\%$
1	132	102	30	22,7	
2	102	74	28	27,4	
3	74	48	26	35,2	
4	48	28	20	41,6	
5	28	16	12	42,8	
6	16	9,5	6,5	4,06	
7	9,5	6,0	3,5	36,9	96

Bảng 7.4. Chế độ ép khi cán nhôm tấm từ thỏi đúc

có kích thước (132x580x1020)mm, nặng 20 kG ra thành phẩm có kích thước (5x1020) mm trên máy cán Lauta (640/580/640) x 1500 mm

Số thứ tự cán	Chiều dày, mm		Lượng ép		
	Trước cán	Sau cán	Δh	ε%	Σε%
1	132	110	22	16,6	
2	110	90	20	18,2	
3	90	73	17	19,0	
4	73	51	19	26,0	
5	51	38	16	29,6	
6	38	24	14	36,7	
7	24	15	9	37,5	
8	15	10	5	33,3	
9	10	7	3	30,0	
10	7	5	2	28,6	
11	5	5	0	0	96,25% (là phẳng không có lượng ép)

Nước ta nhập khẩu nhôm thỏi để nấu và đúc thành thỏi có kích thước nhỏ trong khuôn kim loại. Sau đó đúc cán nóng luôn mà không cần phải nung lại. Nếu chiều rộng của thỏi đúc quá bé mà sản phẩm đòi hỏi có chiều rộng lớn thì tiến hành cán theo kiểu giãn rộng cưỡng bức bằng cách xoay phôi đi một góc 45^0 so với trục cán và sau đó lại xoay theo hướng ngược lại 45^0 ở những lần cán đầu sao cho đạt tới chiều rộng yêu cầu rồi cán bình thường. Nếu không cán theo kiểu trên có thể cán cho vật cán dài tới kích thước yêu cầu rồi quay phôi cán đi một góc 90^0 và cán bình thường. Bảng 7.5 và 7.6 giới thiệu các kiểu cán đó.

Bảng 7.5. Cán nóng nhôm tấm từ thỏi đúc nặng 20 kG

kích thước (dày x rộng) = (7,5 x 495) mm trên máy cán hai trục D = 450 mm, L = 800 mm

Số lần cán	Chiều dày,mm		Lượng ép			Ghi chú
	Trước cán	Sau cán	Δh	ε%	Σε%	
1	55,0	45,5	9,5	17,3		Xoay phôi 45°
2	45,5	37,5	8,0	17,6		Xoay ngược lại 45°
3	37,5	30,0	7,5	20,0		
4	30,0	23,5	6,5	21,7		
5	23,5	18,0	5,5	23,4		
6	18,0	13,5	4,5	25,0		Cán bình thường
7	13,5	10,0	3,5	26,0		
8	10,0	7,5	2,5	25,0	86,5	

2. Cán tấm nóng hợp kim nhôm

Hợp kim nhôm được sử dụng nhiều hơn cả là đuara (Д1 và Д16). Thành phần hoá học của đuara Д16 gồm: (3,8 ÷ 4,9)%Cu; (1,2 ÷ 18)% Mg: (0,3 ÷ 0,9)% Mn; còn lại là Al. Tạp chất cho phép trong Д16 là Si ≤ 0,7%; Fe ≤ 0,7 %. Nhược điểm của đuara là thành phần hoá học phân bố không đồng nhất theo tiết diện ngang của thỏi đúc và có nhiều thiên tích trong nội tinh thể, thậm chí thành phần hoá học không đồng nhất trong mỗi tinh thể. Vì vậy mà đuara dễ bị hư hỏng ngay ở lần cán đầu tiên. Để khắc phục nhược điểm này phải tiến hành ủ đồng nhất hoá (ủ đồng đều hoá) thỏi đúc trước khi cán nóng. Quá trình ủ đồng nhất hoá bao gồm nung thỏi đúc đến một nhiệt độ xác định và duy trì trong lò với một khoảng thời gian nhất định. Nhiệt độ ủ đồng nhất hoá từ 470 ÷ 510°C, thời gian duy trì nó ở nhiệt độ này từ 6 h ÷ 12 h hoặc 18 ÷ 20 h tuỳ theo chiều dày và trọng lượng của thỏi đúc. Nếu thỏi đúc nặng từ 3,5 ÷ 4 tấn và dày từ 250 đến 300 mm thì thời gian cần duy trì khi ủ là 18 ÷ 20 h (xem bảng 7.7). Sau khi ủ tiến hành phay làm sạch bề mặt và khử bỏ các khuyết tật trên bề mặt của thỏi đúc, khi ủ phải tăng nhiệt độ từ từ, nung đều để tránh hiện tượng quá nhiệt hoặc quá nung, không được để thỏi đúc bị nứt nẻ, v.v... làm giảm cơ lý tính của thỏi đúc.

Bảng 7.6 *Cán nóng nhôm tấm từ thỏi đúc nặng 26 kG*

kích thước (55 x 370x 400) mm ra thành phẩm có kích thước (6,5 x 595) mm trên máy cán hai trục D = 450 mm; L = 808 mm

Số lần cán	Chiều dày, mm		Lượng ép			Ghi chú
	Trước cán	Sau cán	Δh	ε%	Σε%	
1	55	46	9	16,4		Cán bình thường.
2	46	48	8	17,4		Cán bình thường.
3	38	31	7	18,4		Quay phôi 90^0 với hướng cán cũ và cán cho đến kích thước cuối cùng.
4	31	25	6	19,4		
5	25	20	5	20,0		
6	20	15	4,5	22,3		
7	15,5	11,5	4,0	25,9		
8	11,5	8,5	3,0	26,2		
9	8,5	6,5	2,0	23,7	88,2	

Bảng 7.7. *Kích thước và trọng lượng thỏi đúc hợp kim nhôm của một vài nước trên thế giới*

Nước sản xuất	Mác hợp kim (dùng các kí hiệu của Liên Xô cũ)	Kích thước, mm			Trọng lượng, tấn
		Dày	Rộng	Dài	
Liên Xô (cũ)	Д1; Д16; АМГ3	250	1400	6000	4,83
	АМГ3; АМГ6	300	2000	2500	4,05
Pháp	АМЦ; А1; АМГ; АВ	200	1280	6000	4,30
	Д1; Д16; В95; АД1; АМГ	220	1100	7000	4,72
Anh	Д1; АК8; АМ; А Д1	203	1220	3050	2,12
	Д1; Д16; В95	208	1220	2240	1,82
		305	1520	3100	4,00
		500	500	2000	1,40
Mỹ	АМГ	200	900	2650	1,35
	Д1; Д16; Б95	309	1000 (1200)	2650 (3300)	1,35(3,3)
	А1; АМЦ	400	1150	2650	3,42
	Д1; Д16; В95	203 (250)	1540 (1100)	2750 (2800)	2,4 (2,16)
Thụy Sĩ	Д1; Д16	200	1050	3600	2,0
Các số trong ngoặc đơn là thỏi đúc hợp kim nhưng kích thước khác.					

Tuỳ theo công suất của máy mà các tấm đuara được cán ra có chiều dày từ 6 ÷ 8 mm. Lượng ép (ε%) đầu tiên tốt nhất từ 7 ÷ 10%, còn các lần cán sau tiến hành với lượng ép có thể đạt từ 25 ÷ 30%. Khi cán nóng đuara phải dùng nước nhũ tương bôi trơn giữa bề mặt trục cán tiếp xúc với vật cán để không cho đuara tấm dính vào trục cán (xem bảng 7.8).

Bảng 7.8. *Chế độ ép khi cán nóng các hợp kim nhôm*

Д1; Д16; АК1-1: Д20 từ phôi tấm (250x1460) mm ra sản phẩm tấm (7x2050) mm trên máy cán 2 và 4 trục đảo chiều

Thứ tự cán	Chiều dày sau cán, mm	Lượng ép		Thứ tự cán	Chiều dày sau cán, mm	Lượng ép	
		Δh	ε%			Δh	ε%
0	205	-	-	9	65	13	16.7
1	187	18	8.7	10	53	12	18.5
2	160	27	14.4	11	42	11.0	20.8
3	143	17	10.6	12	31.5	10.5	25.0
4	127	16	11.2	13	22	9.5	30.0
5	112	15	11.8	14	15.5	6.5	29.6
6	107	15	13.4	15	11.1	4.4	28.4
7	92	15	14.0	16	8.6	2.5	22.5
8	78	14	15.3	17	7.0	1.6	18.6

III. CÁN NGUỘI NHÔM TẤM VÀ HỢP KIM NHÔM TẤM

1. Cán nguội nhôm tấm

Nhôm tấm sau khi cán xong được làm nguội ngoài không khí, sau đó đưa ra cán nguội mà không cần ủ. Các sản phẩm nhôm tấm dùng trong đời sống hàng ngày và trong công nghiệp thường có chiều dày từ 0,1 ÷ 5mm. Khi cán nguội nhôm tấm cũng nên bôi trơn bằng dầu thực vật để giảm bớt ma sát giữa bề mặt trục cán và kim loại (xem bảng 6.7), giảm bớt tiêu hao điện và tăng năng suất. Các máy cán nguội nhôm tấm thường dùng là máy cán tấm 2 trục, 4 trục, các máy cán bố trí theo hàng bán liên tục và liên tục.

Sản phẩm tấm của nhôm là nhôm nguyên chất. Nhôm nguyên chất ở Liên Xô (cũ) được sản xuất theo ГОСТ 11069-74 (xem bảng 7.9).

Bảng 7.10 và 7.11 giới thiệu chế độ ép khi cán nguội nhôm tấm của một vài nhà máy ở Liên Xô (cũ) và Nhà máy Sắt tráng men - nhôm Hải Phòng.

2. Cán giấy bạc (giấy nhôm)

Giấy nhôm có chiều dày từ 0,007 ÷ 0,015 mm được sản xuất bằng phương pháp cán nguội. Phôi ban đầu là các băng nhôm có chiều dày 0,5 mm ở dạng cuộn. Bảng 7.12 giới thiệu các công đoạn sản xuất đó.

3. Cán tấm nguội hợp kim nhôm

Các tấm hợp kim nhôm, sau khi cán nóng xong được đưa vào cán ở trạng thái nguội. Lượng ép tổng cộng ($\Sigma\varepsilon\%$) khi cán nguội từ 60 ÷ 70%. Các tấm được cán trên máy cán hai trục hoặc bốn trục đảo chiều có tốc độ cán lớn nhất từ 7 ÷ 10 m/s. Khi cán cần chú ý tới hướng cán và không được cán với tốc độ cao để sản phẩm không bị đứt, nứt và méo mó.... Phải ủ trung gian nếu lượng ép tổng đã quá giới hạn qui định, nhiệt độ ủ từ 400 ÷ 450°C.

Sản phẩm duara và các hợp kim của nhôm thường được tôi sau khi chế tạo. Duara khác thép ở chỗ là không cứng ngay sau khi tôi mà phải giữ nó 6 ÷ 7 ngày ở nhiệt độ trong phòng, lúc ấy độ cứng mới dần dần tăng lên. Quá trình tôi đó gọi là sự già hoá. Nhiệt độ hoá già từ 190 ÷ 300°C. Sau khi hoá già σ_b tăng từ (28÷30) kG/mm^2 lên (38÷45)kG/mm^2; $\delta\%$ tăng từ (5÷8)% lên (15÷20)%. Bảng 7.13 cho chế độ ép khi cán nguội một vài hợp kim nhôm thông dụng (xem thêm tài liệu [3], [9], [10].

Cán nguội hợp kim nhôm đã và đang phổ biến ở nước ta. Tại các cơ sở sản xuất và các trung tâm nghiên cứu khoa học đã chế tạo bạc lót cho ổ trục khuỷu và bạc biên động cơ đốt trong cho các máy kéo nông nghiệp, xe ôtô, đầu máy điêzen, tàu thuỷ... từ hợp kim nhôm cán nguội. Ta đã nghiên cứu và chế tạo thành công bạc lót hai lớp (thép 08КП và hợp kim nhôm ACM và hợp kim nhôm - thiếc AO 20-1) cho các động cơ ôtô. Bộ môn Gia công áp lực Trường Đại học Bách khoa Hà Nội cũng đã sản xuất phôi kim loại kép (bimetall) từ thép 08КП và hợp kim nhôm ACM cho Nhà máy Cơ khí Nông nghiệp I Hà Nội để chế tạo bạc lót cho động cơ máy nông nghiệp, máy kéo và các loại xe cơ giới. Bảng 7.14 cho chế độ ép khi cán nguội hợp kim nhôm ACM dùng chế tạo bạc lót kim loại kép. Cán nóng năng suất hơn, chất lượng hơn so với cán nguội.

***Bảng 7.9**. Thành phần hoá học và kí hiệu của nhôm nguyên chất*

(theo ГОСТ 11069-74 Liên Xô (cũ))

Tên và kí hiệu	Thành phần hoá học %				Tên và kí hiệu	Thành phần hoá học %			
	Al	Tạp chất (không lớn hơn)				Al	Tạp chất (không lớn hơn)		
		Fe	Si	Tổng các tạp chất			Fe	Si	Tổng các tạp chất
Nhôm sạch tuyệt đối					Nhôm kỹ thuật				
A 999	99,999	-	-	0,001					
Nhôm có độ sạch cao					A85	99,85	0,08	0,06	0,15
A995	99,995	0,0015	0,0015	0,005	A8	99,80	0,10	0,10	0,20
A99	99,99	0,003	0,003	0,010	A7	99,70	0,16	0,16	0,30
A97	99,97	0,015	0,015	0,015	A7E	99,70	0,20	0,80	0,30
A95	99,95	0,030	0,030	0,050	A6	99,60	0,25	0,20	0,40
					A5	99,50	0,30	0,30	0,50
					A5E	99,50	0,12	0,12	0,50
					A0	99,50	0,12	0,12	0,50

***Bảng 7.10**. Chế độ và công nghệ sản xuất nhôm tấm 0,5 x 480 mm từ phôi tấm 5 x 1020 mm.*

Tên công việc	Chiều dày, m		Lượng ép		Máy thực hiện
	Trước cán	Sau cán	Δh	ε%	
Cán tấm nguội	5,0	3,8	2,2	36,7	Máy cán 2 trục 600 x 1200
	3,8	2,0	1,8	47,4	
	2,0	1,2	0,8	40,0	
	1,2	0,75	0,45	37,5	Hoặc máy 4 trục
	0,75	0,50	0,25	33,5	330 x 700 x 125
Cắt mép và cắt sản phẩm rộng 480 mm	0,5	-	-	-	Máy cắt đĩa
Ủ nhôm	0,5	-	-	-	Lò buồng, lò điện
Cắt đầu, đuôi; cuộn; đóng gói sản phẩm	0,5	-	-	-	Máy cắt, máy cuộn

***Bảng 7.11**. Một vài quy cách sản phẩm cán nguội nhôm tấm tại Nhà máy Sắt tráng men - nhôm Hải Phòng.*

Theo tiêu chuẩn Nhà máy cán nhôm Ích Thái, Thượng Hải, Trung Quốc.

Quy cách (*) mm	Chiều dày ban đầu, mm	Chiều dày sau mỗi lần cán, mm	Dung sai mm	Nhiệt độ ủ sau cán °C	Công dụng
ϕ432 x 1,2	5	3,3 - 2,3 - 1,7 - 1,2	+0,025	350	Dập soong
ϕ467 x 1,2	5	3,3 - 23, - 1,7 - 1,2	-0,035		24, 26, 28
ϕ524 x 1,3	5	3,4 - 2,45 - 1,85 - 1,3			
ϕ472 x 1,0	5	3,3 - 2,3 - 1,65 - 1,2 - 1,0	+0,02	350	Dập chậu 36, 38
ϕ492 1,0	5	3,3 - 2,3 - 1,65 - 1,2 - 1,0	-0,025		
ϕ550 x 1,3	5	3,3 - 2,3 - 1,7 - 1,3	+ 0,025 - 0,035	350	Dập mâm
360 x 18 x 2 (*)	5	3,3 - 2,35 - 2,0	+0,03 -0,05	350	Làm quai cặp lồng

(*) Sau khi cán xong, nhôm tấm được cắt theo phôi tròn × dày.

Bang 7.12. *Quy trình công nghệ sản xuất giấy nhôm của Liên Xô (cũ) có chiều dày: 0,014 và 0,007 mm*

Tên công việc	Giấy nhôm dày 0,014 mm			Giấy nhôm dày 0,007mm		
	Chiều dày, mm		Lượng ép ε%	Chiều dày, mm		Lượng ép ε%
	Trước cán	Sau cán		Trước cán	Sau cán	
Cán nguội	0,5	0,18	64,1	0,5	0,18	64,1
	0,18	0,10	44,5	0,18	0,10	44,5
	0,10	0,06	40,0	0,10	0,06	40,0
	0,06	0,033	45,0	0,06	0,033	45,0
	0,033	0,021	36,4	0,033	0,021	36,4
	0,021	0,014	33,3	0,021	0,014	33,3
Chập đôi	-	-	-	0,014 x 2	-	-
Ủ	-	-	-	0,014 x 2	-	-
Cán nguội	-	-	-	0,014 x 2	0,007 x 2	50
Tách đôi	-	-	-	0,007 x 2	0,007	-
Cắt ra từng phần	0,014	-	-	0,007		
Ủ	0,014	-	-	0,007		
Kiểm tra (OTK)	0,014	-	-	0,007		
Đóng gói	0,014	-	-	0,007		

Bảng 7.13. *Chế độ ép khi cán nguội hợp kim nhôm tấm*

Д1; Д16; AK4-1 từ phôi ban đầy dày 6 mm rộng 1500 mm ra sản phẩm dày 5,5 mm rộng 1500 mm.

Số lần cán	Chiều dày,mm		Lượng ép		
	Trước cán	Sau cán	Δh	ε%	Σε%
1	6,00	4,95	1,05	17,5	17,5
2	4,95	3,60	1,35	27,4	40,0
3	3,60	2,65	0,95	26,5	55,9
4	2,65	1,95	0,70	26,5	67,5
5	1,95	1,45	0,50	25,6	75,8
6	1,45	1,10	0,35	24,2	81,6
7	1,10	0,75	0,35	31,8	87,5
8	0,75	0,50	0,20	33,4	91,7

Bảng 7.14. Chế độ ép khi cán nguội hợp kim tấm ACM

Từ chiều dày 20 mm, rộng 150 mm xuống chiều dày 2 mm rộng 150 mm trên máy cán hai trục D = 300 mm; L = 600 mm

Số lần cán	Chiều dày,mm		Lượng ép		
	Trước cán	Sau cán	Δh	ε%	Σε%
1	20	18	2,0	10,0	10,0
2	18	15	3,0	16,7	25,0
3	15	11,5	3,5	23,3	42,4
4	11,5	8,5	3,0	26,2	57,6
5	8,5	6,0	2,5	29,4	70,0
6	6,5	4,0	2,0	32,3	79,6
7	4,0	2,8	1,2	30,0	86,0
8	2,8	2,0	0,8	28,0	90

Nếu cán nóng cũng sản phẩm như bảng 7.14 thì chỉ cần 5 lần là được kích thước của sản phẩm theo yêu cầu.

Chương VIII

CÁN KIM LOẠI KÉP

I. KIM LOẠI KÉP

Kim loại kép (bimetall) được sản xuất từ hai hoặc nhiều lớp kim loại hoặc hợp kim khác nhau bằng phương pháp cán. Kim loại kép là nguyên liệu quan trọng để chế tạo bạc lót cho các động cơ đốt trong dùng trong ôtô, máy kéo, tàu thuỷ, xe lửa, máy xúc, máy gạt, các loại máy chịu tải trọng lớn... Những năm đầu thế kỷ 20 người Mỹ và người Anh đã cán thành công các tấm kim loại kép dùng để chế tạo các loại bạc lót kể trên, so với phương pháp đúc và gia công cơ tiếp theo thì phương pháp cán chẳng những có năng suất cao mà chất lượng sản phẩm lại rất tốt. Năm 1930 người Nga đã đưa phương pháp cán kim loại kép vào sản xuất, đến nay việc cán kim loại kép đã phổ biến và chiếm một vị trí quan trọng trên thế giới.

Hai lớp kim loại kép được cán ra ở dạng tấm hoặc băng gồm các loại:

Thép - hợp kim đồng tômpac (90÷96)%Cu; (4÷10) % Zn.

Thép - đồng thau.

Thép - đồng bạch.

Thép - hợp kim nhôm (hoặc nhôm).

Đuara - hợp kim nhôm

Thép - hợp kim nhôm - thiếc.

Thép dùng để cán kim loại kép là các loại thép cacbon thấp với hàm lượng cacbon cho phép từ (0,05 ÷ 0,13)% và hàm lượng mangan ≤ 0,6%.

II. CÁN KIM LOẠI KÉP TỪ THÉP 08KII VÀ HỢP KIM ĐỒNG TÔMPAC

1. Chuẩn bị phôi

Thép và hợp kim đồng được cắt ra từng tấm có chiều rộng phù hợp với kích thước và công suất máy.

Chiều dày của lớp mềm (đồng tômpac) thường bằng (5÷10)%

chiều dày của lớp cứng (08KП). Chiều dài của lớp mềm thường bằng 75% chiều dài của lớp cứng. Ví dụ: chiều dày của lớp cứng (thép tấm 08KП) là 40 mm thì chiều dày của lớp mềm (đồng tấm tômpac) là từ 2÷4 mm, chiều dài của thép là 800 mm thì chiều dài của hợp kim đồng là 600 mm còn chiều rộng thì bằng nhau.

Tất cả thép tấm phải được tẩy gỉ và làm sạch sẽ bề mặt bằng phương pháp tẩm thực. Dung dịch để tẩm thực là axit H_2SO_4 có nồng độ từ 6÷10%. Nhiệt độ dung dịch H_2SO_4 khi tẩm thực từ 60°C đến 70°C. Thời gian tẩm thực từ 1h ÷ 1h30. Sau khi tẩm thực xong thép tấm được rửa qua nước nóng trung hoà kiềm, rửa qua nước lã, lau sạch và sấy khô. Tất cả các tấm hợp kim đồng cũng phải được làm sạch bề mặt bằng phương pháp mài, bào, phay hoặc bằng phương pháp cơ học khác.

Sau đó lại làm sạch bề mặt của hai lớp thép và hợp kim trên một lần nữa bằng phương pháp cơ học và úp hai bề mặt của hai tấm đã được làm sạch lại với nhau. Ghép xong dùng các tấm kim loại mỏng có chiều dày từ 0,25 ÷ 0,3 mm bọc ở hai đầu và cạnh mép biên của hai lớp thép và hợp kim, công việc này gọi là bó hoặc bọc phôi kim loại thép. Phôi bọc xong được đưa vào lò nung, Nhiệt độ nung từ 840 ÷ 880°C.

2. Cán kim loại kép (Cán dính hai lớp kim loại)

Phôi nung xong được đưa vào cán. Máy cán kim loại kép là máy cán hai trục hoặc bốn trục. Nhiệt độ cán từ 780÷840°C. Nhiệt độ kết thúc cán khoảng (640 ÷ 750)°C.

Muốn cho hai lớp hợp kim và hợp kim trên dính chặt vào nhau phải ép với lượng ép $\varepsilon\% = 40 \div 50\%$ cho mỗi lần cán. Ở lần cán cuối cùng với lượng ép $\varepsilon\% = 25 \div 30\%$. Số lần cán thường từ 2 ÷ 3 lần. Sau khi cán xong lại làm sạch bề mặt của lớp kim loại kép đã kết dính bằng dung dịch axit H_2SO_4 giống như khi làm sạch phôi. Tất cả kim loại kép sau khi làm sạch xong được đưa vào ủ ở nhiệt độ (680 ÷ 690)°C trong lò có lớp khí bảo vệ hoặc phủ lớp bảo vệ lên bề mặt của các tấm kim loại kép chống ôxy hoá bề mặt. Thời gian ủ thường (4÷5)h. Ủ xong cán là các tấm kim loại kép ở trạng thái nguội với lượng ép khoảng 10%.

Sản phẩm kim loại kép được đưa tới các nhà máy chế tạo bạc lót. Lớp mềm hợp kim có chiều dày từ 0,2 ÷ 0,5 mm. Chiều rộng của các bạc lót thường dùng từ 10 ÷ 120 mm (xem thêm tài liệu [9]).

III. CÁN KIM LOẠI KÉP TỪ THÉP 08KП VÀ CÁC HỢP KIM AO-20-1 VÀ ACM

Từ những năm bảy mươi thế kỷ 20 chúng ta đã nghiên cứu chế tạo các loại bạc lót AO-20-1 và ACM dùng cho các loại động cơ đốt trong. Đến những năm tám mươi thì quy trình cán các loại bạc lót hợp kim AO-20-1 (gồm 19%Sn; 1% Cu; 80% Al) và hợp kim ACM nền thép 08KП được dùng để chế tạo bạc lót cho máy kéo Bông Sen.

1. Chuẩn bị phôi

Lớp cứng thép 08KП dày 10 mm được cắt ra từng tấm với kích thước (10 x 50 x 200) mm, tẩm thực trong dung dịch axit H_2SO_4 (6÷10)%. Nhiệt độ của dung dịch tẩm thực từ 70 ÷ 90°C. Thời gian tẩm thực từ 45' ÷ 1h. Tẩm thực xong phôi được rửa sạch, sấy khô và cán. Qua bốn lần cán với chiều dày giảm từ 10 - 8,5 - 7,3 - 5,75 - 5,5 mm ta được phôi có kích thước 5,5 x 50 mm.

Phôi tấm thép 08KП có kích thước (5,5 x 50)mm được ủ trong lò có lớp phủ bảo vệ bề mặt. Nhiệt độ ủ khoảng (700 ÷750)°C, thời gian ủ 4h và được làm nguội cùng lò. Phôi sau ủ lại tẩm thực như trên đã làm , sấy khô và làm sạch bề mặt bằng phương pháp cơ học.

Phôi cho lớp mềm: hợp kim nhôm ACM sau khi đúc phải được làm sạch bề mặt bằng phương pháp bào hoặc phay ở trạng thái nguội đến kích thước (20 x 150 x 200) mm. Các phôi tấm hợp kim ACM được cán trên máy cán hai trục D = 300 mm, l = 600 mm theo bốn chế độ ép (bảng 7.14). Các tấm hợp kim ACM được cắt ra thành các tấm nhỏ có kích thước: (2 x 50 x 250) mm và được làm sạch bề mặt bằng các phương pháp cơ học sau khi đã ủ ở nhiệt độ 300°C.

2. Bó phôi (ghép phôi, bọc phôi)

Sau khi chuẩn bị phôi lớp cứng và lớp mềm xong, phải tiến hành ghép phôi ngay và đưa vào lò nung. Lò nung là loại lò điện có công suất từ 15 ÷ 75kW. Nhiệt độ nung từ 300 ÷ 350°C. Thời gian nung từ 15' ÷ 30'.

3. Cán dính thép 08KП và hợp kim ACM

Sau khi nung tới nhiệt độ cán, phôi được đưa tới máy cán hai trục D = 300 mm, L = 600 mm để cán dính hai lớp kim loại 08KП và hợp kim ACM. Nhiệt độ cán tốt nhất từ 300 ÷ 320°C. Lượng ép lần cán đầu đạt

khoảng $\varepsilon\% \geq 40\%$, tức là cán từ chiều dày 7,5 mm xuống 4,5 mm. Lần cán thứ hai lượng ép khoảng $\varepsilon \leq 33\%$, nghĩa là cán từ chiều dày 4,5 mm xuống 3 mm.

4. Ủ khuếch tán

Sau hai lần cán dính, phôi kim loại kép có chiều dày 3 mm được đưa vào lò ủ khuếch tán. Nhiệt độ ủ khoảng 380°C, thời gian ủ khoảng 4h. Ủ phôi phải phủ chất bảo vệ bề mặt để tránh ôxy hoá. Phôi được làm nguội cùng với lò.

5. Cán là sản phẩm

Phôi kim loại kép được làm sạch sau ủ khuếch tán, được cán với lượng ép khoảng 5% ($\varepsilon = 5\%$) để ra sản phẩm có kích thước 2,85 ± 0,015mm. Sản phẩm được làm sạch, bôi dầu và bao gói, xuất xưởng.

Chương IX

CÁN NÓNG VÀ CÁN NGUỘI KẼM TẤM

I. TÍNH CHẤT VÀ CÔNG DỤNG CỦA KẼM

Kẽm là kim loại được dùng nhiều trong công nghiệp, đặc biệt là trong lĩnh vực sản xuất pin và chế tạo các loại hợp kim đồng, v.v... Kẽm nằm ở phân nhóm phụ của nhóm 2 bảng tuần hoàn Menđêleep, có khối lượng nguyên tử 65,37; mạng tinh thể lục phương với các thông số mạng a = 2,6595 Å và C = 4,9368 Å. Tỷ trọng của kẽm ở trạng thái rắn 7,13 G/cm^3, nhiệt độ sôi 905,4°C; nhiệt độ nóng chảy 419,5°C, nhiệt độ kết tinh lại 20°C, nhiệt dung riêng ở 18°C là 0,094 kCal/kG. °C.

Một số cơ lý tính của kẽm cho ở bảng 9.1.

Bảng 9.1 *Một số cơ lý tính của kẽm*

Trạng thái của kim loại	σ_c, kG/mm^2	σ_b, kG/mm^2	δ(%)	Ψ(%)	Độ dai va đập kG/mm^2	độ cứng (HB)
Kẽm đúc	2÷3	3÷4	0,5÷1	20÷30	-	25÷45
Kẽm đã biến dạng	8÷12	14÷25	25÷60	60÷80	-	30÷50
Kẽm qua ủ	-	7÷12	10÷20	-	0.6÷0,75	-

Khi nhiệt độ tăng thì σ, σ_b và δ% đều thay đổi (xem hình 9.1). Kẽm thành phẩm được dùng nhiều ở dạng tấm có chiều dày khác nhau để làm vỏ pin và điện cực có kí hiệu theo ГОСТ 3640 - 65.

Ở nước ta việc tinh luyện kẽm đã được chú ý và phát triển (ở Tuyên Quang) tuy nhiên so với yêu cầu sản xuất thì sản lượng của ta còn quá thấp và chất lượng tinh khiết chưa bảo đảm vì vậy vẫn phải nhập kẽm thỏi của các nước thuộc Liên Xô (cũ), Bungari, Nhật Bản và Triều Tiên để sản xuất kẽm tấm làm pin. Thành phần trong các loại kẽm này cho trong bảng 9.2.

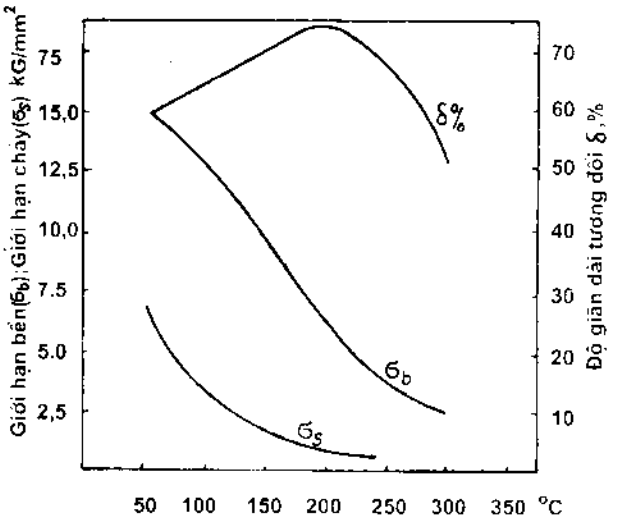
Bảng 9.2. *Thành phần hoá học trong kẽm thỏi nhập từ nước ngoài*

Tên nước sản xuất	Zn%	Pb%	Cd%	Fe%	Cu%
Liên Xô (cũ)	99 ,967	0,015	0,01	0,007	0,001
Bungari	99,862	0,130	0,006	0,002	-
Nhật Bản	98,275	1,300	0,40	0,025	-
Triều Tiên	99,928	0,060	0,008	0,003	0,011

II. CÁN NÓNG KẼM TẤM

1. Nung thỏi đúc trước khi cán

Trên hình 9.1 cho thấy ở nhiệt độ thường thỏi đúc kẽm rất khó gia công bằng áp lực, nhưng ở khoảng nhiệt độ từ 150°C đến gần 200°C thì độ giãn dài tương đối (δ%) đạt tới giá trị cực đại, giới hạn bền và giới hạn chảy giảm xuống đáng kể. Chính tại vùng nhiệt độ ấy kẽm biến dạng dẻo tốt nhất, trở kháng biến dạng bé nhất, cũng chính vì thế công làm kẽm bị biến dạng bé nhất, năng suất cao nhất. Vì vậy việc nung thỏi đúc trước khi cán vô cùng quan trọng. Nhiệt độ nung thỏi đúc thường từ 220 ÷ 250°C. Khi nung phải bảo đảm các điều kiện: năng suất cao, lượng cháy hao ít và đồng đều nhiệt trên toàn bộ tiết diện của thỏi đúc. Thỏi đúc kẽm có tiết diện hình chữ nhật và có trọng lượng nhỏ thường từ vài kG đến 500 kG. Người ta không đúc những thỏi kẽm quá to và quá nặng vì ở trạng thái đúc kẽm có dạng kết tinh hình trụ, các tinh thể hình trụ này phát triển to dần từ phía bề mặt làm nguội vào phía trong của thỏi đúc. Thỏi đúc càng dày tinh thể càng thô đại. Tuỳ theo trọng lượng và kích thước thỏi đúc mà thời gian nung của nó dài hay ngắn. Đối với thỏi đúc bé, thời gian nung khoảng trên dưới 2 giờ, thỏi đúc lớn thời gian nung từ 3 ÷ 4 giờ.



Hình 9.1 Sự thay đổi cơ lý tính của kẽm theo nhiệt độ

2. Cán nóng kẽm tấm

Từ lý thuyết và thực tế sản xuất cho thấy rằng nhiệt độ bắt đầu cán nóng kẽm tấm tốt nhất là khoảng (180 ÷ 200)°C, còn khoảng nhiệt độ khi cán nóng là (150÷200)°C, không cán nóng ở nhiệt độ nhỏ hơn 150°C

và cũng không cán nóng ở nhiệt độ lớn hơn 200°C (hình 9.1). Nếu cán ở nhiệt độ lớn hơn 200°C kẽm rất dễ bị phá huỷ vì σ_b và σ_s rất thấp, còn nếu cán ở nhiệt độ nhỏ hơn 150°C thì δ% rất nhỏ, σ_b và σ_s lại lớn, kẽm cũng dễ bị phá huỷ, mặt khác công làm kẽm biến dạng sẽ rất lớn, hao phí năng lượng, năng suất lại thấp.

Lượng ép (ε%) ở lần cán đầu tiên nên lấy từ 8÷10%, lượng ép lớn quá sẽ dẫn đến sự nứt rạn thỏi đúc vì lúc này tinh thể có hạt to, thô. Nếu thỏi đúc có chiều dày nhỏ có thể lấy lượng ép lớn hơn 10÷15%. Ở các lần cán sau lấy lượng ép tăng lên vì kẽm đã biến dạng có tính dẻo cao hơn kẽm ở trạng thái đúc. Ở lần cán tinh cuối cùng thì lượng ép lấy nhỏ hơn một ít để là cho sản phẩm phẳng và đẹp. Khi cán nóng lượng biến dạng tổng cộng cho phép của kẽm (Σε%) rất cao có thể Σε = 96%.

Bảng 9.3 cho chế độ ép khi cán nóng kẽm từ thỏi đúc (10 x 165 x 208) mm xuống (1,8 x 165) mm.

Nhiều công trình nghiên cứu cán nóng kẽm đã đi tới kết luận rằng, để chuyển từ tổ chức đúc sang tổ chức biến dạng với sự kết tinh lại hoàn toàn trong toàn bộ thể tích thì đối với kẽm tinh khiết (99,994% Zn) cần có lượng ép tổng cộng là Σε ≥ 40%. Kẽm mác Ц2 cũng cần có Σε ≤ 40% và kẽm mác Ц3 thì Σε phải ≥ 50%. Điều này dễ dàng giải thích bằng các số liệu ở bảng 9.1. Rõ ràng kẽm biến dạng có cơ lý tính tốt hơn rất nhiều so với kẽm đúc.

Bảng 9.3. *Chế độ ép khi cán nóng thỏi đúc kẽm*

(từ kích thước (10 x 165 x 200) mm xuống (1,8 x 165) mm trên máy cán hai trục D = 300 mm, L = 600 mm; N = 40 kW)

Thứ tự cán	Chiều dày,mm		Lượng ép		Lượng ép tổng cộng	Góc ăn
	Trước cán	Sau cán	Δh	ε%	Σε %	α
1	10,00	8,50	1,5	15,0	15,0	6°18'
2	8,50	6,50	2,0	23,5	35,0	7°12'
3	6,50	4,50	2,0	30,8	55,0	7°12'
4	4,50	3,30	1,2	26,7	67,0	5°36'
5	3,30	2,45	0,85	25,8	75,5	4°42'
6	2,45	1,80	0,65	26,5	82,0	4°06

Kẽm sau khi cán nóng thường ở dạng tấm dày từ 4÷6 mm. Kẽm tấm cán xong được làm nguội ngoài không khí. Bảng 9.4 cho chế độ ép khi cán nóng kẽm tấm của một nhà máy sản xuất pin.

Để tăng độ bóng bề mặt tấm và băng kẽm, đồng thời giảm tiêu hao năng lượng điện và tăng năng suất cán, khi cán cần bôi trơn bề mặt tiếp xúc giữa trục cán và bề mặt kẽm tấm . Thành phần và công dụng chất bôi trơn xem bảng 9.5.

***Bảng 9.4**. Chế độ ép khi cán nóng thỏi đúc kẽm*

(từ kích thước (10 x 90 x 165) mm xuống (4 x 90) mm trên máy cán hai trục D = 250 mm, L = 300 mm; N = 32 kW)

Số lần cán	Chiều dày,mm		Lượng ép		Lượng ép tổng cộng
	Trước cán	Sau cán	Δh	ε%	Σε %
1	10,0	8,5	1,5	15	15
2	8,5	6,0	2,5	29,4	46
3	6,0	4,0	2,0	33,3	60

***Bảng 9.5**. Chế độ bôi trơn khi cán kẽm và đồng thau*

N°	Thành phần chất bôi trơn	Công dụng
1	5% stêrin; 95% paraphin	Cán nóng
2	16% paraphin; 84% nhựa thông	
3	100% dầu hoả	Cán nguội băng kẽm và đồng thau
4	(2÷ 4)% nhựa thông (96÷98)% dầu hoả	Cán nguội băng kẽm
5	(15÷20)% dầu khoáng; (80÷85)% dầu hoả	Cán băng đồng thau mỏng
6	96% dầu hoả; 4% axit ôlêic.	

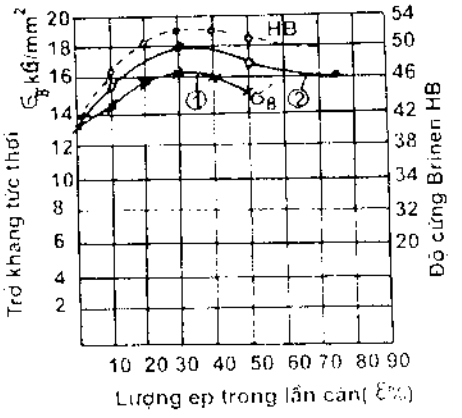
III. CÁN NGUỘI KẼM TẤM

1. Sự thay đổi cơ lý tính của kẽm khi cán nguội

Thực tế cho thấy kẽm ở trạng thái nguội (nhiệt độ trong phòng), sau khi đã qua biến dạng (có tổ chức đã biến dạng) mới có thể tiến hành

cán nguội được tốt. Nghĩa là kẽm sau khi đúc không nên tiến hành cán nguội ngay.

Khi cán nguội kẽm tăng bền không nhiều nhờ nhiệt độ kết tinh lại của nó thấp (20°C). Đó là sự khác nhau cơ bản giữa kẽm và một số kim loại khác. Hình 9.2 cho thấy rõ kẽm điện phân tinh khiết khi cán nguội, trở kháng tức thời cực đại đạt khi lượng ép lớn hơn 40% ($\varepsilon \geq 40\%$) còn giới hạn chảy đạt cực đại ở lượng ép khoảng 30%. Nếu ta tiếp tục tăng lượng ép thì các trị số của nó sẽ giảm. Chế độ ép khi cán nguội rõ ràng ảnh hưởng trực tiếp đến cơ lý tính của kẽm. Theo tác giả B.C. Chikhônôp thì trở kháng biến dạng tức thời lúc ban đầu của kẽm tăng lên cùng với sự tăng của lượng ép. Nó đạt trị số cực đại khi lượng ép $\varepsilon\% = 30\%$ và giảm dần khi lượng ép tăng $\varepsilon\% > 30\%$. Sự giảm này không rõ rệt lắm khi tiếp tục tăng lượng ép riêng lên bao nhiêu chăng nữa. Phôi cán ban đầu càng mỏng thì trở kháng tức thời càng cao.



Hình 9.2 *Sự phụ thuộc cơ tính của kẽm vào lượng ép riêng (ε%) khi cán nguội.*
①- Phôi ban đầu có chiều dày 6mm.
②- Phôi ban đầu có chiều dày 4mm

Tính đa dạng như trên của trở kháng biến dạng tức thời được giải thích bởi sự nung nóng kẽm do kết quả tỏa nhiệt khi biến dạng dẻo (hiệu ứng nhiệt). Vì kẽm có nhiệt độ kết tinh lại thấp nên khi cán nguội nó đồng thời xảy ra hai quá trình: tăng bền (do biến cứng) và khử bền (do kết tinh lại). Sự khử bền hoàn toàn xảy ra khi lượng ép lớn hơn 30% (tốt nhất là $\varepsilon\% = 50 \div 70\%$).

Độ giãn dài tương đối $\delta\%$ và độ cứng HB của kẽm khi cán nguội cũng thay đổi tương tự như trở kháng tức thời.

Việc cán kẽm với lượng ép riêng lớn ($\varepsilon\% = 40\%$) bảo đảm nhận được tấm kẽm có tổ chức đồng nhất, có hệ số dập thấp ($n = 0,53 \div 0,55$), nghĩa là có khả năng dập sâu, mạnh. Thực tế các vỏ pin đều chế tạo từ phương pháp dập sâu (ép chảy).

2. Chế độ ép khi cán nguội kẽm tấm (bảng 9.6)

Như đã phân tích kỹ ở mục **1. sự thay đổi cơ lý tính của kẽm khi cán nguội** thì kẽm tăng bền không nhiều khi cán nguội vì nó có nhiệt độ kết tinh lại thấp. Điều đó cho phép cán kẽm với lượng ép lớn hơn so với khi cán các kim loại khác. Trong lần cán đầu có thể ép tới 30 ÷ 40%, sau đó lượng ép giảm dần để đảm bảo độ chính xác về kích thước và chất lượng của sản phẩm.

Mặt khác kẽm là kim loại mềm, khi gia công ít bị biến cứng do đó khi tính toán chế độ ép có thể bỏ qua độ nén đàn hồi của trục. Khi cán nguội kẽm có bôi trơn bằng dầu hoả thì lấy hệ số ma sát f = 0,12 ÷ 0,15. Góc ăn α đạt tới 8°.

- Góc ăn α khi cán được tính theo công thức:

$$[\alpha] = \text{arctg} f \qquad (8.1)$$

trong đó:

[α] - góc ăn cho phép (độ).

f - hệ số ma sát giữa kim loại và trục cán.

- Lượng ép cực đại cho phép tính theo công thức:

$$\Delta h_{max} = D\,(1-\cos[\alpha]) \qquad (8.2)$$

trong đó:

D - đường kính trục cán, mm.

[α] xem công thức (8.1).

- Tốc độ khi cán nguội kẽm tấm từ 0,1 ÷ 0,5 m/s.

Bảng 9.6 cho chế độ ép khi cán nguội kẽm tấm từ kích thước (1,8 x 165) mm xuống (0,5 x 165) mm. Sản phẩm kẽm tấm sau khi cán nguội thường có chiều dày từ (0,4 ÷ 2) mm. Để làm sạch hết các lớp oxyt, dầu mỡ, bụi bặm... trên bề mặt kẽm tấm sau khi cán nguội có thể dùng phương pháp tẩm thực. Dung dịch tẩm thực là axit H_2SO_4 nồng độ (3 ÷ 12)%. Nhiệt độ của dung dịch khi tẩm thực (20 ÷ 40°C) thời gian tẩm thực (3 ÷ 10) phút. Sau khi tẩm thực phải trung hoà kiềm (thường là dung dịch NaOH 5%). Sản phẩm được tiếp tục rửa qua

nước nóng, nước lạnh, sấy khô và cắt theo công nghệ sản xuất hoặc đơn đặt hàng. Khi vận chuyển kẽm đi xa, phải bọc bằng giấy chống ẩm và bảo quản nơi khô ráo.

***Bảng 9.6**. Chế độ ép khi cán nguội kẽm tấm*

từ kích thước (1,8 x 165) mm xuống (0,55 x 165) mm trên máy cán hai trục D = 300 mm; L = 600 mm; N = 40 kW.

Số lần cán	Chiều dày,mm		Lượng ép		Góc ăn α	Tốc độ cán, m/s
	Trước cán	Sau cán	Δh	ε%		
1	1,80	1,10	0,70	38,90	4°48'	0,334
2	1,10	0,80	0,30	27,30	3°06'	
3	0,80	0,60	0,20	25,00	2°36'	
4	0,60	0,50	0,10	16,70	1°48'	

Chương X

CÁN NÓNG VÀ CÁN NGUỘI NIKEN

I. NHỮNG TÍNH CHẤT CƠ BẢN VÀ CÔNG DỤNG CỦA NIKEN

Nhờ có những tính chất đặc biệt tốt mà niken được dùng rất rộng rãi trong công nghiệp. Niken có tính chống ăn mòn cao và ổn định, có độ bền cao, có tính dẻo tốt và chịu gia công áp lực cũng rất tốt. Các tấm niken và băng niken được dùng nhiều trong kỹ thuật điện, vô tuyến, mạ niken, công nghiệp hoá chất, v.v....

Nhiệt độ nóng chảy của niken 1450°C, tỉ trọng 8,8 G/cm^3. Trong niken có cacbon, lưu huỳnh và ôxy. Những tạp chất này làm giảm tính dẻo của niken do đó khó gia công bằng áp lực ở trạng thái nguội cũng như ở trạng thái nóng. Nhiệt độ ủ niken rất cao, khoảng từ 750 ÷ 850°C. Điều đáng chú ý là ôxyt niken rất khó hoà tan trong dung dịch axit H_2SO_4, vì vậy thường không làm sạch niken bằng tẩm thực mà bằng phương pháp phay, bào hoặc mài. Để bảo vệ bề mặt của niken khỏi bị ôxy hoá khi ủ, phải ủ nó trong môi trường có chất bảo vệ hoặc trong lò điện có khí bảo vệ, người ta thường dùng hỗn hợp khí bảo vệ gồm 5% khí hyđrô và 95% khí nitơ. Nếu ủ trong lò thủ công hay lò buồng thì phải phủ kín một lớp than chì hoặc than hoa trên bề mặt của niken không cho nó tiếp xúc với không khí.

Niken tấm và băng mỏng được cán từ các thỏi đúc ban đầu có kích thước lớn [(100 ÷ 130) x 270 x 700)] mm, từ niken điện phân hoặc niken dạng bột. Niken tấm, băng mỏng nhập của Liên Xô (cũ) kí hiệu НЭ, НП1, НП2; НП3; НП4, v.v... Thành phần của niken mác НЭ bao gồm: (Ni + Co) 99,98% trong đó Co > 0,04%.

C ≤ 0,0046%	As ≤ 0,0005%
Si ≤ 0,0008%	Sb ≤ 0,0005%
P ≤ 0,0003%	O_2 ≤ 0,006%
Fe ≤ 0,005%	H_2 ≤ 0,0008%
Cu ≤ 0,006%	N_2 ≤ 0,0002 %
Zn ≤ 0,0006%	

Bảng 10.1 cho cơ lý tính của niken mác НП1; НП2; НП3, НП4 được cán từ chiều dày 0,3 mm xuống các chiều dày khác nhau và có cơ lý tính khác nhau.

Bảng 10.1. *Một số cơ lý tính của tấm niken cán từ niken điện phân dày 0,3 mm*

Ký hiệu	Chiều dày sản phẩm mm	Lượng ép tổng Σε %	Giới hạn bền σ_b kG/mm^2	Giới hạn chảy σ_s kG/mm^2	δ, %	Chiều dày sau các lần cán, mm
НП1	0,27	10	77,3	52,8	9,4	0,3 - 0,29 - 0,28
НП2	0,27	10	61,5	54,0	18,4	0,27
НП3	0,27	10	61,2	53,0	19,2	
НП4	0,27	10	59,8	53,2	19,6	
НП1	0,24	20	68,4	61,8	9,0	0,3 - 0,28 - 0,27
НП2	0,24	20	68,9	53,3	9,1	0,26 - 0,25 - 0,24
НП3	0,24	20	69,8	58,3	8,7	
НП4	0,24	20	69,1	60,4	10,0	
НП1	0,21	30	68,3	60,0	4,3	0,3 - 0,28 - 0,26
НП2	0,21	30	69,0	64,0	4,4	0,25 - 0,24 - 0,23
НП3	0,21	30	74,0	67,2	4,0	0,22 - 0,21
НП4	0,21	30	72,5	67,8	4,1	
НП1	0,18	40	74,2	67,0	2,4	0,3 - 0,28 - 0,26
НП2	0,18	40	74,7	67,5	3,2	0,25 - 0,24 - 0,23
НП3	0,18	40	74,5	68,0	3,8	0,22 - 0,20 - 0,19
НП4	0,18	40	76,7	66,8	2,8	0,18
НП1	0,12	60	88,9	80,2	2,0	0,3 - 0,26 - 0,23
НП2	0,12	60	85,4	80,2	1,8	0,20 - 0,17 - 0,14
НП3	0,12	60	88,8	83,1	0,8	0,12
НП4	0,12	60	88,1	78,0	0,7	
НП1	0,09	70	85,1	76,0	2,0	0,3 - 0,27 - 0,24
НП2	0,09	70	91,0	83,5	1,0	0,21 - 0,18 - 0,15
НП3	0,09	70	93,8	85,3	0,2	0,12 - 0,1 - 0,09
НП4	0,09	70	92,9	85,2	0,8	

II. CÔNG NGHỆ CÁN BĂNG NIKEN DÀY 0,1 MM

Đa số các băng niken mỏng ở dạng cuộn đều nhập từ nước ngoài, việc luyện và điện phân niken cũng rất khó khăn, cho nên xây dựng một quy trình công nghệ cán băng niken đối với chúng ta vẫn phải dựa vào tài liệu và kinh nghiệm sản xuất của nước ngoài.

Dưới đây là quy trình công nghệ cán băng niken dày 0,1 mm của một vài nước trên thế giới và Liên Xô (cũ):

- Nung thỏi đúc có kích thước (dày x rộng x dài) [(100 ÷ 130) x 270 x 700] mm trong lò buồng (có khí hoặc chất bảo vệ bề mặt thỏi đúc) tới nhiệt độ (1250 ÷ 1300)°C.

- Cán nóng thỏi đúc thành tiết diện (16 x 285) mm với 7 lần cán trên máy cán hai trục. Nhiệt độ cán từ (1100 ÷ 1200)°C. Sau khi cán xong vật cán được cắt ra làm hai phần bằng nhau.

- Là phẳng tấm niken có chiều dày 16 mm và phay hai mặt của nó để làm sạch.

Lượng phay mỗi mặt sâu 1 mm, chiều dày tấm niken sau khi làm sạch là 14 mm.

- Cắt đầu đuôi và mép tấm niken dày 14 mm đó.

- Cán nguội tấm niken dày 14 mm thành tấm dày 9 mm trên máy cán hai trục đảo chiều với 5 lần cán.

- Ủ tấm niken dày 9 mm trong lò điện có chất bảo vệ bề mặt ở nhiệt độ (750 ÷ 850)°C.

- Cán nguội tấm niken dày 9 mm xuống 3 mm trên máy cán hai trục đảo chiều với 7 lần cán.

- Ủ tấm niken (giống như trên).

- Cắt mép ngoài bằng máy cắt đĩa và cắt sản phẩm có chiều rộng là 270 mm.

- Cán nguội tấm niken dày 3 mm xuống 1 mm trên máy cán hai trục hoặc bốn trục đảo chiều.

- Ủ niken tấm (dạng cuộn) dày 1mm ở lò giếng có chất bảo vệ bề mặt ở nhiệt độ (780 ÷ 800)°C.

- Làm sạch bề mặt băng niken 1 mm vừa ủ xong bằng các máy đánh bóng cơ học.

- Cắt mép băng niken bằng máy cắt đĩa để chiều rộng của băng còn 260 mm.

- Kiểm tra bề mặt băng niken và làm sạch lại (nếu cần thiết) bằng phương pháp nạo hoặc gọt đi một lớp mỏng trên bề mặt của băng niken.

- Cán nguội băng niken dày 1 mm xuống 0,6 mm trên máy cán tấm (băng) mỏng.

- Kiểm tra và làm sạch bề mặt băng niken.

- Tiếp tục cán nguội băng niken mỏng 0,6 mm, rộng 260 mm xuống (0,3 x 260) mm.

- Cắt băng niken làm hai để tiếp tục cán.

- Ủ băng niken (giống như trên).

- Cán nguội băng niken từ kích thước 0,3 x 260 mm ra sản phẩm có kích thước 0,15 x 260 mm trên máy cán băng.

- Ủ băng niken (giống như trên).

- Cán nguội băng niken từ kích thước (0,15 x 260) mm ra sản phẩm có kích thước (0,1 x 260) mm.

- Cắt băng niken theo kích thước quy định của sản phẩm bằng máy cắt đĩa.

- Ủ băng niken (giống như trên).

- Làm sạch băng trên các máy làm sạch.

- Kiểm tra chất lượng, thử nghiệm mẫu theo cơ lý tính quy định của sản phẩm và bao gói thành phẩm.

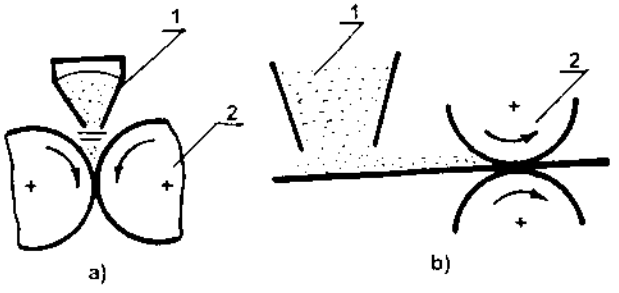
Tại các cơ sở sản xuất ở ta đã tiến hành cán niken tấm có kích thước (10 x 90 x 120) mm xuống kích thước (1,5 x 90) mm ở trạng thái nóng trên máy cán hai trục D = 100 mm, chiều dài bề mặt làm việc

L = 120 công suất động cơ là 7 kW. Cũng trên máy này đã cán nguội các tấm niken nhỏ cho các cơ sở sản xuất.

Niken là một loại kim loại bị biến cứng khá mạnh khi cán nguội (xem hình 6.3) vì vậy nếu lượng ép tổng $\Sigma\varepsilon\%$ đạt trên 60% thì nên tiến hành ủ trung gian để nó phục hồi và kết tinh lại rồi mới tiếp tục gia công. Góc ăn α, lượng ép cực đại (Δh_{max}), số lần cán (n) tính theo các công thức (8.1), (8.2) và (5.1).

III. CÁN TẤM NIKEN TỪ BỘT

Hiện nay việc cán và ép kim loại bột đang phổ biến rộng rãi trên thế giới. Năm 1913 người Mỹ đã đưa ra phương pháp này và họ đã cán thành công tấm kim loại từ hạt kim loại điện phân. Việc cán và ép kim loại bột đã mở ra một phương pháp công nghệ tiên tiến để chế tạo các hợp kim thường và hợp kim cứng, đặc biệt là trong lĩnh vực chế tạo các khuôn kéo hợp kim cứng BK8; BK6, v.v.... để kéo dây hoặc để chế tạo các loại khuôn ép kim loại. Hình 10.1 là sơ đồ nguyên lý cán kim loại bột. Niken điện phân được cán thành tấm của Liên Xô (cũ) có ký hiệu ПНЭ; ПНК-1; ПНК-2, thành phần của chúng ghi ở bảng 10.2.



***Hình 10.1**. Sơ đồ nguyên lý cán niken từ kim loại dạng bột*

1- niken bột ; 2- trục cán

a) cán theo chiều thẳng đứng

b) cán theo chiều nằm ngang

Niken hạt có kích thước rất nhỏ. Niken hạt cán tấm ký hiệu ПНЭ có độ lớn và thành phần phối liệu như sau:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{Hạt có độ lớn dưới 45 } \mu m & = 30\ \% \\ \text{Hạt có độ lớn từ } (45 \div 71)\mu m & = 66\% \\ \text{Hạt có độ lớn } 71\mu m & = 4\% \end{array}\right\} \quad \Sigma = 100\%$$

Bảng 10.2. Thành phần hoá học bột niken để cán tấm

Mác (ký hiệu)	Thành phần												Khí ẩm (%)
	Ni	Ni + Co	Co	Fe	Cu	O_2	Mn	Pb	Si	S	P	G	
ПНЭ	Không nhỏ hơn (%)		Không lớn hơn (%)										0,2
	96,1		0,5	0,2	0,08	0,1	-	-	0,03	-	-	0,02	
ПНХ-1		99,7	0,001	0,002	0,001	-	0,001	0,0003	0,001	0,001	0,001	0,3	-
ПНК-2		99,5	0,001	0,01	0,003	-	0,001	0,0001	0,003	0,003	0,001	0,5	-

Các loại hạt để cán tấm niken có kí hiệu ПНК-1 và ПНК-2 có độ lớn và thành phần phối liệu cho ở bảng 10.3.

***Bảng 10.3**. Độ lớn và thành phần phối liệu hạt niken để cán tấm niken*

Khối lượng (*) g/cm^3	Thành phần % theo kích thước					
	< 2 μm	(2÷3)μm	(3÷5)μm	(5÷7)μm	(7÷10)μm	(10÷20)μm
2,8	21,5	18,0	29,0	17,0	13,5	1,0
2,5	39,3	20,4	20,4	12,3	5,8	1,8
1,8	71,7	17,7	8,9	2,0	0,2	-
1,3	85,3	13,0	1,7	-	-	-
1,0	96,1	3,8	-	-	-	-
(*) Khối lượng khi rắc (rây) bột kim loại để cán						

Đường kính trục cán D dùng để cán kim loại bột lấy theo công thức kinh nghiệm sau:

$$D = \frac{h}{0,006 \div 0,01} \text{ mm}$$

trong đó:

h - chiều dày của tấm kim loại bột.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. A. A. Corolep

Thiết kế và tính toán máy cán và cơ cấu máy cán

Maxcơva, Nhà xuất bản Luyện kim, 1969.

[2]. A. V. Trechiacôp, V. I. Zuzin.

Các tính chất cơ học của kim loại và hợp kim khi gia công áp lực.

Maxcơva, Nhà xuất bản Luyện kim, 1963.

[3]. A. I. Conpasnhicop.

Cán tấm từ hợp kim nhẹ.

Maxcơva, Nhà xuất bản Luyện kim, 1979.

[4]. A. P. Tremarep, M. X. Muchep, R. A. Maxicopxep.

Thiết kế máy cán.

Maxcơva, Nhà xuất bản Luyện kim, 1971

[5]. A. I. Xenlicop, A. I. Triscop.

Nguyên lý cán

Maxcơva, Nhà xuất bản Luyện kim, 1971.

[6]. B. B. Diomiđop, N. V. Litoptrenco.

Thiết kế trục cán.

Maxcơva, Nhà xuất bản Luyện kim, 1970.

[7]. V. V. Novicop, V. K. Beloxevic, X. M. Gamazcop, G. V. Xmirnop.

Trục máy cán nguội

Maxcơva, Nhà xuất bản Luyện kim, 1970.

[8]. Nguyễn Trọng Hiệp, Nguyễn Văn Lẫm.

Thiết kế chi tiết máy.

Nhà xuất bản Giáo dục và Đào tạo, Hà Nội, 1979.

[9]. I. A. Conđratrep, E. I. Talicova.

Cán dải từ kim loại và hợp kim màu.

Maxcơva, Nhà xuất bản Luyện kim, 1969

[10]. L. B. Zlochin, O. I. Catrainhic, X. N. Portnoi.

Sản xuất tấm và dải từ đồng, niken và hợp kim của chúng.

Maxcơva, Nhà xuất bản Luyện kim, 1978.

[11]. Đỗ Hữu Nhơn

Công nghệ cán hình, cán tấm và thiết kế lỗ hình trục cán.

Đại học Bách khoa Hà Nội, 1979.

[12]. P. I. Polukhin, N. M. Pheđoxop, A. A. Corolep.

Sản xuất cán

Maxcơva, Nhà xuất bản Luyện kim, 1968.

[13]. X. I. Beraman.

Cán tấm, dải từ kim loại màu nặng.

Maxcơva, Nhà xuất bản Luyện kim, 1977.

[14]. U. V. Conovalop, G. I. Natrala, K. N. Xvranxki.

Sổ tay thợ cán.

Maxcơva, Nhà xuất bản Luyện kim, 1977.

[15]. *Từ điển cơ khí tập 1 và 2.*

Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà nội, 1988.

[16]. *Gia công kim loại bằng áp lực.*

Công học Viện Đông Bắc, Trung Quốc, 1966.

[17]. Đỗ Hữu Nhơn, Nguyễn Ngọc Giao, Nguyễn Mậu Đằng

Hỏi đáp về cán kéo và rèn, dập kim loại.

Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1989.

[18]. Đỗ Hữu Nhơn.

Thiết kế chế tạo máy cán thép và các thiết bị trong nhà máy cán thép.

Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2004.

MỤC LỤC

PHƯƠNG PHÁP CÁN KIM LOẠI VÀ HỢP KIM THÔNG DỤNG

Tác giả: ĐỖ HỮU NHƠN

PGS. TS. PHAN VĂN HẠ (hiệu đính)

Chịu trách nhiệm xuất bản: *PGS. PTS. Tô Đăng Hải*

Biên tập và sửa chế bản: *Nguyễn Diệu Thúy*

Trình bày và sắp chữ điện tử: *Trần Văn Cầm, Thụy Anh*

Vẽ bìa: *Hương Lan*

Vẽ hình: *Trần Anh Tuấn*

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 Trần Hưng Đạo - Hà Nội 2005

In 800 bản, khổ 16 x 24 cm tại Xưởng in báo Người Hà Nội
Giấy phép số: 6-467 do Cục Xuất bản cấp ngày30/12/ 2004.
In xong và nộp lưu chiểu Quý I năm 2005.

Mã số cơ quan: 205043

Giá: 32.000đ