

Chương 7

SẢN XUẤT THÉP HÌNH

7. 1. SẢN XUẤT THÉP HÌNH TRÊN MÁY CÁN HÌNH CỖ LỚN

7.1.1. Các loại sản phẩm thép hình

Các loại sản phẩm thép hình cỡ lớn đa số được sản xuất ra trên máy cán hình cỡ lớn, còn lại một số ít được sản xuất trên máy cán ray-dầm. Các loại sản phẩm thép hình cỡ lớn cũng bao gồm các loại thép ray, thép chữ I, chữ U, thép chữ T, chữ L, thép góc, thép vuông, tròn v.v... Các loại sản phẩm này có kích thước tiết diện và trọng lượng theo chiều dài được sản xuất trên máy cán hình cỡ lớn 650 và 550 trình bày trong Bảng 7.1:

Bảng 7.1: Một số sản phẩm của máy cán hình cỡ lớn 650 và 550

Loại máy cán	Kích thước sản phẩm							
	Thép tròn ϕ (mm)	Thép vuông a (mm)	Thép bản (mm)	Ray (kg/m)	Chữ T (mm)	Chữ I	Chữ U	Thép góc (mm)
650	70÷220	70x70÷220x220	350	24÷33	220	N ⁰ 16÷N ⁰ 30	N ⁰ 16÷N ⁰ 30	90x90 ÷ 220x220
550	50÷150	50x50÷150x150	300	24	150	N ⁰ 10÷N ⁰ 20	N ⁰ 10÷N ⁰ 20	75x75÷ 150x150

Đối với máy cán hình 750 và lớn hơn thì sản phẩm trên có kích thước lớn hơn.

7.1.2. Máy cán hình cỡ lớn

Máy cán hình cỡ lớn có đường kính trục cán tinh từ 500 ÷ 750 mm và có khi lớn hơn thường được bố trí theo kiểu hàng và được chia ra 2 nhóm: nhóm cán thô và nhóm cán tinh.

a/ Nhóm giá cán thô:

Gồm một giá cán 2 trục đảo chiều có đường kính trục $D = 800$ mm đặt ở hàng thứ nhất và 1 giá cán thô 3 trục đặt ở hàng thứ 2. Vật liệu ban đầu của máy cán có khi là thỏi đúc cũng có khi là phôi. Các giá cán thô có nhiệm vụ cán thô các dầm chữ I, U, T và các loại hình cỡ lớn khác.

Riêng đối với máy cán thô 2 trục đảo chiều này có vốn đầu tư cơ bản và tổng chi phí lớn hơn so với giá cán thô 3 trục. Giá cán thô đảo chiều này cho phép thay đổi lượng ép theo sơ đồ riêng độc lập và cho ta một khả năng với lượng ép lớn vì vậy mà số lần cán được giảm đi.

b/ Nhóm giá cán tinh:

Gồm 2 giá cán trong đó có 1 giá cán 3 trục và một giá cán 2 trục. Giá cán 2 trục có đường kính trục 650 mm. Giá cán 2 trục này dùng để cán tinh lại lần cuối

cùng cho sản phẩm. Sử dụng giá cán tinh 2 trục có ưu điểm: Độ cứng vững lớn, điều chỉnh trục nhanh và chính xác bảo đảm chất lượng sản phẩm v.v...

Trục cán của giá cán tinh 2 trục quay được nhờ một động cơ riêng biệt truyền động qua trục bánh răng chữ V và trục khớp nối vạn năng. Giữa giá cán 2 trục và 3 trục người ta đặt dự phòng một thiết bị truyền động bằng khớp nối vạn năng để khi có một sự cố nào đó xảy ra với một trục nối nào của hệ thống thì trục nối dự phòng sẽ làm việc. Như vậy tất cả các trục cán của 2 giá cán đó vẫn làm việc bình thường bằng một động cơ điện khác.

Đối với các loại máy cán hình cỡ lớn nói riêng và cán hình hiện đại ngày nay thì các trục cán có số vòng quay thay đổi tương đối rộng vì có một động cơ điện có khả năng điều chỉnh tốc độ trong một khoảng rộng và chính xác. Ngoài ra máy còn có một hệ thống đường con lăn chuyển dịch phối hoàn toàn tự động có máy đảo lật phối, cơ cấu dịch chuyển, bàn nâng thủy lực và các cơ cấu cơ khí hiện đại khác.

Đa số các máy cán hình cỡ lớn loại (650 ÷ 750) mm được đặt trong các nhà máy cán thép có máy cán Ray-Dầm cỡ lớn. Bố trí như vậy có thể sản xuất được tất cả các loại thép hình cỡ lớn có kích thước khác nhau.

Các loại máy cán hình hiện đại dùng để cán các thép hình cỡ lớn có chân rộng, nó khác với máy cán vạn năng ở giá cán tinh cuối cùng là loại giá cán tinh 2 trục.

Máy cán hình cỡ lớn thường được bố trí hàng, đôi khi bố trí theo hình chữ Z (còn gọi là bàn cờ). Sự phân chia các loại máy cán hình cũng phụ thuộc vào quy ước của từng nước. Ở Việt Nam thì sự phân chia như sau: máy cán hình cỡ lớn 500 có nghĩa là máy cán hình cỡ lớn ấy có giá cán tinh cuối cùng là giá 500.

Khi nói giá cán 500, thì ta hiểu rằng giá cán ấy có khoảng cách tâm của 2 trục bánh răng chữ V là 500 mm, còn đường kính trục cán trong giá 500 có kích thước từ (500 ÷ 530) mm. Một máy cán hình cỡ lớn có thể có từ (3 ÷ 7) giá cán.

7.1.3. Quy trình công nghệ sản xuất thép hình trên máy cán hình cỡ lớn

Các máy cán hình cỡ lớn sản xuất ra các loại thép chữ I, U, T, thép đường ray, thép tròn, vuông, góc cỡ lớn và các loại khác. Quy trình công nghệ sản xuất cho từng loại thép hình có những đặc điểm và quy trình khác nhau nhưng quy chung lại đều qua các bước sau:

① Chọn phối ban đầu và làm sạch bề mặt

Máy cán hình cỡ lớn dùng các loại phối thổi của máy cán phá Blumin hoặc của máy cán phối có kích thước tiết diện từ (125 x 125) mm đến (200 x 200) mm. chiều dài của phối từ (5 ÷ 6) m và có trọng lượng từ (0,6 ÷ 1,8) tấn.

Khử khuyết tật và làm sạch bề mặt của phối hoàn toàn giống như công việc khử khuyết tật và làm sạch bề mặt của phối cán trong chương 6. Công việc khử

khuyết tật của phôi ở đây có phần nào đơn giản hơn vì phôi đã qua tinh chỉnh sau khi cán phôi, ngoài ra phôi ban đầu rất ít khi dùng là loại thổi đúc thuần túy.

② Nung phôi trước khi cán:

Đây là một khâu vô cùng quan trọng trong quy trình công nghệ sản xuất thép hình. Đối với các loại phôi của thép hình cỡ lớn thì chế độ nung và các yêu cầu chung của quá trình nung phôi cũng giống như khi nung phôi cán nói chung. Nghĩa là nung tới nhiệt độ cán đã quy định mà phôi không bị cháy, không bị quá nhiệt v.v... Kinh nghiệm cho thấy rằng:

- Đối với các loại thép cacbon có hàm lượng thấp ($<0,45\%$) như thép C08 ÷ C40. Các loại thép hợp kim thấp như 15Mn, 30Mn2, 15CrMo v.v...thì phôi nung tới nhiệt độ từ $(1200 \div 1220)^{\circ}\text{C}$ là tốt nhất.

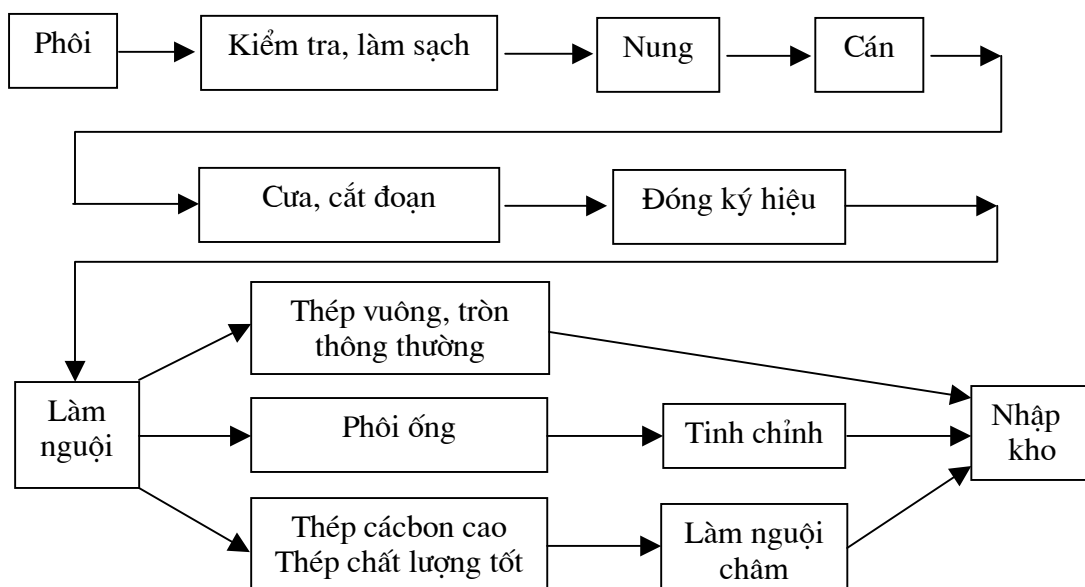
- Các loại thép cacbon cao như C50, C60, C65; các loại thép hợp kim 60CrSi2, 30CrNi3, 35CrMnSiA v.v... thì nhiệt độ nung của phôi là $(1140 \div 1200)^{\circ}\text{C}$.

- Các loại thép C70, C85, CD70, CD80 v.v...có nhiệt độ nung phôi tốt nhất là $(1140 \div 1160)^{\circ}\text{C}$.

trong cán hình cỡ lớn thì các loại sản phẩm cán đều là các loại thép cacbon thường và thấp, các loại thép hợp kim thấp cho nên chúng ta tiến hành nung phôi đến nhiệt độ từ $(1200 \div 1220)^{\circ}\text{C}$ là tốt nhất và được nung trong lò liên tục.

③ Công nghệ cán

Khi nung phôi tới nhiệt độ cán đã quy định thì được đẩy ra khỏi lò và chạy trên đường con lăn tới giá cán thô đầu tiên. Vật cán lần lượt qua các lỗ hình của giá cán thô, giá cán trước tinh và giá cán tinh cuối cùng để ra sản phẩm. Tùy theo kích thước khác nhau và các loại sản phẩm khác nhau mà số lần cán cũng khác nhau. Các bước công nghệ cán các loại thép chữ I, U, T, đường ray, thép tròn, vuông v.v... được vắn tắt biểu diễn như sau:



Một điều cần chú ý là phải kết thúc cán đúng vào nhiệt độ đã quy định để chất lượng sản phẩm được tốt và có các tính năng kỹ thuật đạt yêu cầu, các loại thép hình cỡ lớn không phải nhiệt luyện.

Máy cán hình cỡ lớn 650 được bố trí làm 2 hàng. Hàng thứ nhất chỉ bố trí một máy cán phá 2 trục đảo chiều có đường kính trục cán = 800 mm. hàng thứ 2 bố trí 3 giá cán bao gồm 2 giá cán 3 trục 650 và 1 giá cán 2 trục 650.

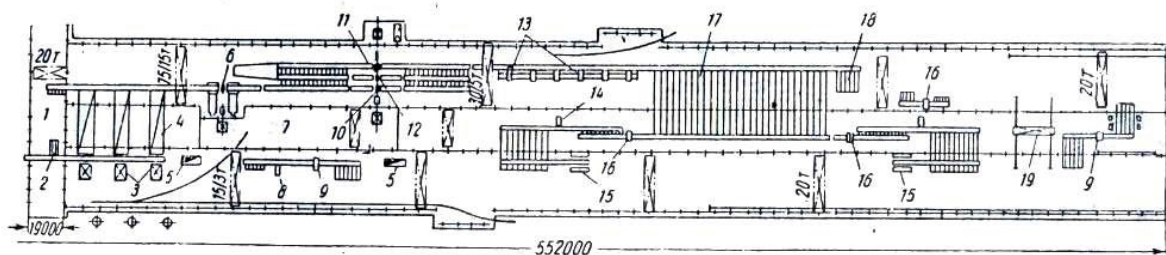
Giá cán 2 trục 650 là giá cán tinh, nó được đặt cuối cùng trong hàng giá cán thứ 2 và ở giá cán này chỉ tiến hành một lần cán tinh cuối cùng mà thôi (xem Hình 7.1)

Toàn bộ quy trình cán của máy cán hình cỡ lớn 650 ở hình 7.1 được tóm tắt như sau: Phôi có tiết diện (125x125) mm đến (200x200) mm đưa vào nung ở lò nung liên tục (4). Phôi đưa vào nung có thể ở trạng thái nguội hoặc ở trạng thái nóng, nhiệt độ của phôi khi ra lò là $(1250 \div 1280) ^\circ\text{C}$. Nhiệt độ cán từ $(1200 \div 1220)^\circ\text{C}$, không cán phôi ở nhiệt độ $< 1150^\circ\text{C}$.

Phôi chạy trên đường con lăn đi vào giá cán phá (6), tại đây vật cán được cán với lượng ép tương đối lớn. Tiếp đến vật cán lần lượt đi qua 2 giá cán 3 trục 650 ở hàng giá cán thứ 2 và giá cán tinh 2 trục 650. Tại giá cán tinh 2 trục ta tiến hành cán với lượng ép nhỏ nhất không đáng kể để lượng ép đảm bảo chính xác, bề mặt bóng đẹp v.v...

Số lần cán trên máy 650 đối với các loại thép chữ I, U, T, V từ N^o16 ÷ N^o30 là (7 ÷ 13) lần, tùy theo kích thước sản phẩm mà số lần cán nhiều hay ít, còn các loại thép tròn, vuông cỡ lớn khác cũng có số lần cán tương tự như trên. Nhiệt độ kết thúc cán không dưới 800°C .

Sản phẩm sau khi ra khỏi giá cán tinh cuối cùng được đưa tới máy cưa nóng (13) để cưa ra từng đoạn theo kích thước đã quy định từ (6 ÷ 19) m. Sau đó sản phẩm được đưa tới sàn làm nguội (17). Khi sản phẩm nguội tới 50°C thì nó được đưa sang máy là phẳng, nắn thẳng ép đều (16).



Hình 7.1. Mặt bằng máy cán hình cỡ lớn 650

1. Phôi thổi hoặc thổi đúc; 2. Sàn chứa phôi cán; 3. Máy đẩy phôi vào lò nung; 4. Lò nung liên tục; 5. hố chứa vảy sắt; 6. Giá cán phá 2 trục $\phi 800$; 7. gian động cơ điện; 8. Máy cưa đĩa; 9. Máy cuộn, dập ép phế liệu; 10. Giá cán thô 3 trục; 14. Máy cưa đĩa; 15. Sàn xếp sản phẩm; 16. Máy nắn thẳng; 17. Sàn nguội

Bảng 7.2a. Các thông số, tính năng kỹ thuật, sản phẩm của máy cán hình cỡ lớn

Kiểu máy	Trục cán			Số giá cán của máy	Công suất động cơ		Tốc độ cán (m/s)
	φ(mm)	L(mm)	Kiểu bố trí		Mã lực	n(v/phút)	
Máy cán 650, kiểu bố trí 2 hàng	800	2100	Ngang	3 ÷ 4	4000	0÷60÷120	6
	650	1700	Ngang		6200	80÷180	
	650	1200	Ngang		1500	100÷120	
Máy cán 500 hiện đại bố trí liên tiếp nhau	630	965	Ngang	9	3000	300	6
	530	965	Ngang		2500	300÷600	
	530	965	Ngang		1500	300÷600	
	530	965	Ngang		2500	300÷600	
Máy cán 650 bố trí 1 hàng (kiểu củ) 3 giá, 3 trục	650	1500	Ngang	3	3150	500	6
	650	1500	Ngang		3150	500	
	650	1500	Ngang		2500	500	

Bảng 7.2b. Các tính năng kỹ thuật, sản phẩm của một số máy cán hình cỡ lớn

Loại sản phẩm Kích thước cơ bản (mm), (kg/m)	Phôi ban đầu			Năng suất máy cán (tấn/h)	Loại lò nung	
	K. thước tiết diện (mm)	L (mm)	Tr. lượng (kg)		Số lò, kích thước, kiểu lò	Năng suất lò (Tấn/h)
Tròn: → φ220 Đẹt : → 300 Ray: → 24 kg/m Thép I, U: N ⁰ 16÷N ⁰ 300 Thép góc: N ⁰ 9÷N ⁰ 20	250x250 ÷ 300x300	2500 ÷ 6000	1230 ÷ 4230	80 ÷ 150	6 ÷ 29 lò liên tục (5 x 16) m	60
Vuông: (50 x 50) ÷ (150 x 150) Sản phẩm còn lại giống ở trên	125 x 125 ÷ 200 x 200	5000 ÷ 6000	600÷1800	120÷240	5 lò (5 x 16) m	50
Ray: 11 ÷ 24 kg/m Góc: N ⁰ 75÷N ⁰ 150 Tròn: → φ150 Vuông: 100 x 100 Thép I, U: N ⁰ 10÷N ⁰ 20	150 x 150 200 x 200 250 x 250 275 x 275 275 x 275	2500 ÷ 6000	800 ÷ 350	80	- Lò buồng - Lò liên tục	

7.2. MÁY CÁN HÌNH CỖ TRUNG BÌNH

7.2.1. Những đặc điểm chung của máy cán hình cỡ trung bình

Khi nghiên cứu quá trình công nghệ cán phôi ta thấy rằng: Máy cán phôi liên tục có năng suất rất lớn so với các máy khác. Do đó xu hướng hiện nay người ta cố gắng tìm cách dùng máy cán liên tục để cán thép hình cỡ trung bình. Máy cán hình cỡ trung là máy có đường kính trục cán tinh nằm trong khoảng > 350 và < 500 mm.

Thực tế thì ngược lại cán liên tục truyền động tập thể khó nhận được sản phẩm có hình dạng phức tạp. Như vậy: Khi tạo ra một mối quan hệ hợp lý giữa tốc độ quay của trục và lượng kéo trong mỗi lỗ hình (Vì vật cán bị căng hoặc chùng giữa các giá cán).

Sản phẩm càng có hình dáng phức tạp thì khó khăn đó càng lớn. Sự khác nhau về động học trong những phần khác nhau của lỗ hình sẽ sinh ra ứng suất. Trị số ứng suất này có thể vượt quá giới hạn bền làm phá vỡ các tổ chức của kim loại dẫn đến phế phẩm và gây ra khuyết tật.

Lượng ép không đồng đều trên toàn bộ sản phẩm và mối quan hệ không đảm bảo quan hệ hợp lý giữa tốc độ quay của trục cán và lượng kéo trong mỗi lỗ hình sẽ dẫn đến làm sai hình dáng và kích thước sản phẩm.

Từ những nguyên nhân trên, khi cán sản phẩm có hình dáng phức tạp người ta chưa dùng máy cán liên tục. Thực tế quy trình công nghệ có hiệu quả nhất là dùng máy cán bố trí kiểu chữ Z (còn gọi là bàn cờ). Dùng máy này cán được thép hình trung bình có tiết diện phức tạp có độ chính xác cao đúng yêu cầu kỹ thuật, mặt khác máy móc bố trí hợp lý cơ khí hoá và tự động hoá cao.

So sánh với máy cán liên tục thì máy cán bố trí kiểu chữ Z có những ưu điểm sau đây:

- Vật cán cũng chỉ cán trong mỗi lỗ hình điều kiện này làm cho thiết bị làm việc bình thường bảo đảm. Sản phẩm tốt, không sinh ra khuyết tật vì không có hiện tượng kéo căng và chùng giữa các giá.

- Độ chính xác về kích thước tiết diện và chất lượng bề mặt được nâng cao. Trên máy này có thể cán được các sản phẩm với dạng sai bé nhất.

- Mỗi giá trị có thể điều chỉnh kích thước lỗ hình lượng ép và tốc độ quay vì các máy truyền động bằng các động cơ riêng rẽ.

- Nhờ có truyền động riêng lẻ mà có thể cán được trên máy cán này với tốc độ cao đồng thời sử dụng hợp lý khoảng nhiệt độ gia công.

Nhược điểm:

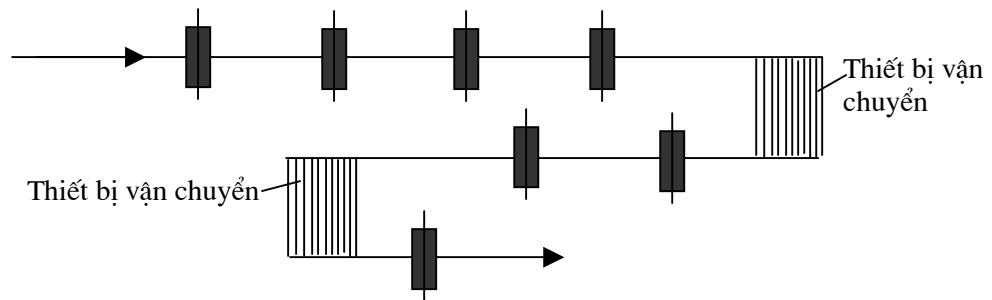
Máy bố trí kiểu chữ Z so với máy cán liên tục có nhược điểm lớn là:

- Thiết bị phụ nhiều, công kênh (như xích móc trục lăn ...)

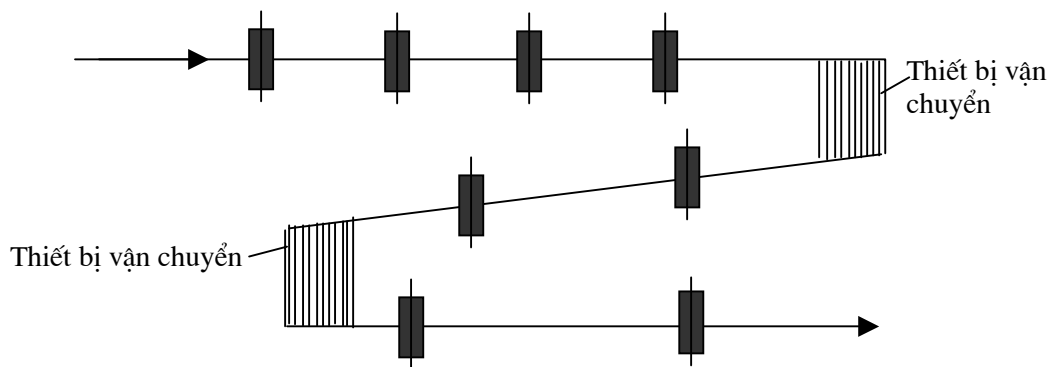
- Diện tích bố trí máy lớn, số lượng cán bộ công nhân cũng nhiều.

- Thiết bị cũng nhiều hơn vì truyền động riêng lẻ. Tất cả những vấn đề ấy dẫn đến vốn đầu tư xây dựng cơ bản lớn, làm nâng cao các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật.

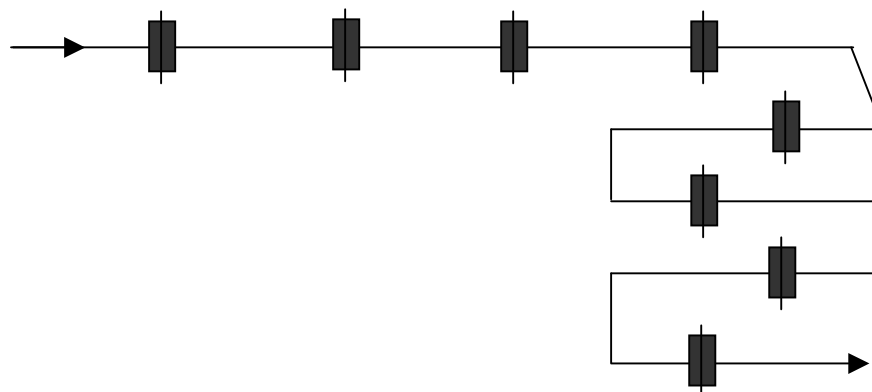
Hình 7.2 cho ta sơ đồ bố trí các máy cán hình kiểu chữ Z



Hình 7.2a. Sơ đồ bố trí các máy cán hình kiểu chữ Z



Hình 7.2b- Sơ đồ bố trí máy cán hình chữ Z 3 dây bố trí nghiêng.



Hình 7.2c. Kiểu chữ Z có nhóm giá cán tinh bố trí bàn cờ.

Số giá cán thô nhiều hay ít phụ thuộc vào kích thước của thỏi đúc hoặc phôi ban đầu, còn số giá cán tinh thì từ 3 - 5 giá nó phụ thuộc vào kích thước của sản phẩm cán ra. Đường kính trục cán thường từ (350 ÷ 450) mm. Một số nhà máy cán cũ vẫn còn kiểu máy cán bố trí hàng (một hàng, hai hàng).

7.2.2. Sản phẩm của máy cán hình cỡ trung

Sản phẩm của máy cán hình cỡ trung phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Một máy không chỉ cán ra một loại sản phẩm nhất định mà cán ra nhiều loại khác nhau.

Trên các máy cán bố trí theo kiểu bàn cờ (chữ Z) cán được nhiều loại sản phẩm hơn khi cán trên máy cán hình bố trí theo hàng. Bảng 7.3 cho biết kích thước

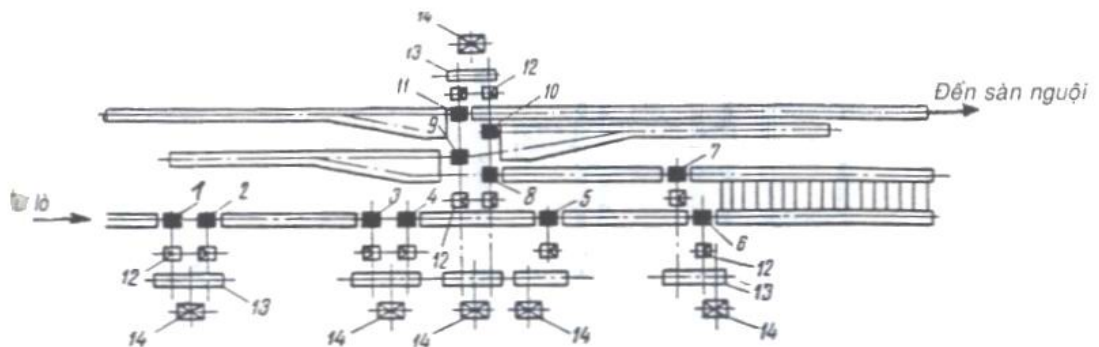
và các thông số kỹ thuật của các loại sản phẩm máy cán hình cỡ trung.

Bảng 7.3. Máy cán hình trung bình và các sản phẩm của chúng

Máy cán	Các kích thước của thép hình (mm)							
	Tròn ϕ (mm)	Vuông a(mm)	Dẹt B(mm)	Góc (mm)	Chữ U H(mm)	Chữ I H(mm)	Ray (kg/m)	Chữ T H(mm)
Máy cán 450	40	40 x 40	200	50 x 50	80	100	< 15	< 120
	÷ 125	÷ 125x125		÷ 120x120	÷ 160	÷ 160		
Máy cán 350	25	25 x 25	150	45 x 45	50	100	8	100
	÷ 90	÷ 90 x 90		÷ 90 x 90	÷ 100			

7.2.3. Mặt bằng bố trí thiết bị và quy trình công nghệ của máy cán hình cỡ trung bình

Sau khi nghiên cứu sản phẩm, cách bố trí của máy và một vài phương pháp sản xuất thép hình cỡ trung chúng ta đi vào nghiên cứu cách bố trí mặt bằng và quy trình công nghệ của máy.

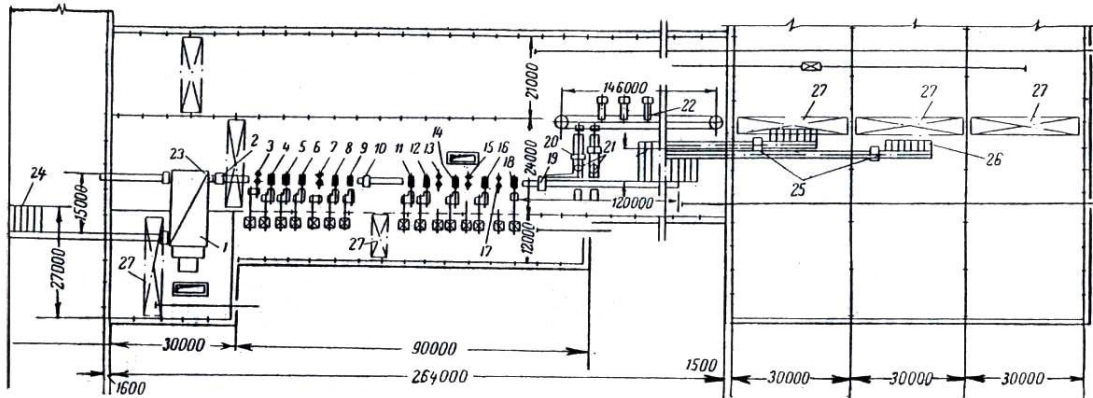


H.7.3. Máy cán hình trung bình 350 bố trí theo hàng
1, 2, 3, 4: Nhóm giá cán thô 450; 5, 6, 7: Nhóm giá cán giữa 400;
8, 9, 10: Giá cán 300; 11: Giá cán tinh 300; 12: Hộp truyền lực;
13: Hộp giảm tốc; 14: Động cơ

Máy cán hình 350 cán ra các loại thép tròn có đường kính (20 ÷ 75) mm, thép vuông có cạnh $a = (18 \times 18) \div (65 \times 65)$ mm, thép lục lăng có đường kính ngoại tiếp từ (20 ÷ 68) mm, thép bản có chiều rộng từ (40 ÷ 120) mm và dày từ (5 ÷ 40) mm, thép góc có cạnh (45 x 45) mm đến (90 x 90) mm, thép chữ I cao 100 mm và chữ U có chiều cao từ (50 ÷ 100) mm. ngoài ra máy còn sản xuất nhiều loại thép hình đơn giản và phức tạp khác.

Phôi cho máy cán hình 350 có tiết diện ngang từ (100 x 100) đến (170 x 170) mm, dài 6.000 mm và có trọng lượng từ (450 ÷ 1.350) kg.

Hiện nay trong các nhà máy cán hiện đại còn hay dùng máy cán hình cỡ trung 300 bố trí liên tục và mặt bằng bố trí thiết bị được trình bày trên (Hình 7. 4):



H.7.4. Mặt bằng bố trí thiết bị của máy cán hình liên tục $\phi 300$

1. lò nung; 2. Máy cắt; 3. Giá cán trục thẳng đứng; 4. Giá cán trục nằm ngang; 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 16 và 18: Các giá cán có trục nằm ngang; 7, 13, 15 và 17: các giá cán có trục đặt thẳng đứng; 10, 19, 25: Máy cắt bay; 20: Thiết bị vận chuyển; 21: Tang cuộn thép dẹt; 22: Tang cuộn thép dày; 23: Máy đẩy phôi vào lò; 24: sàn chứa phôi; 26: sàn chứa sản phẩm; 27: Cầu trục

7.3. MÁY CÁN HÌNH CỖ NHỎ

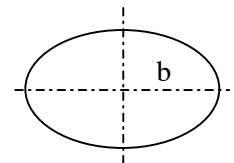
7.3.1. Những đặc điểm khi cán hình cỡ nhỏ

Máy cán hình cỡ bé là các máy cán hình có đường kính trục cán từ 250 mm đến < 350 mm. nếu đường kính trục < 250 thì được gọi là máy cán Mini.

a/ Trọng lượng và kích thước thép hình cỡ nhỏ

Trọng lượng và kích thước thép hình cỡ nhỏ phụ thuộc vào tiết diện của sản phẩm và nơi sử dụng theo yêu cầu của kỹ thuật. Các loại sản phẩm này được cắt ra từng đoạn và bó lại thành bó có trọng lượng khoảng (100 ÷ 150) kg. Các loại dây thép thì cuộn thành từng bó có đường kính cuộn bên trong là (500 ÷ 700) mm, trọng lượng từ (80 ÷ 200) kg. Đối với các máy cán dây liên tục thì trọng lượng cuộn đạt tới (250 ÷ 350) kg.

Các loại thép bản (dẹt) được cuộn thành từng bó có hình bầu dục để không lăn và cầu để dằn có cạnh dài từ $b = (1200 \div 2500)$ mm. Trọng lượng cuộn từ (25 ÷ 125) kg. Chiều dài tổng cộng của thép được cuộn phụ thuộc vào kiểu máy và kích thước của phôi.



b/ Vật liệu ban đầu

Vật liệu ban đầu là phôi có kích thước khác nhau tùy theo kiểu máy và kích thước của sản phẩm. Những loại phôi thường gặp trên máy cán này là (40 x 40) ÷ (80 x 80) mm, dài 9 m. Tùy thuộc vào lò nung có phôi dài 1.500 mm và tiết diện là (200 x 200) mm để cán ra các loại sản phẩm lớn và dài hơn bình thường.

c/ Nung phôi trước khi cán

Do đặc điểm phôi bé và sản phẩm là thép hình cỡ nhỏ cho nên khi nung phôi phải nung cao hơn nhiệt độ nung theo quy định một ít vì phôi nung nguội nhanh hơn so với thép hình cỡ trung và lớn. Đặc biệt phải nung cho thật đều theo tiết diện và theo chiều dài vì khi cán có thể dẫn đến tình trạng không điền đầy hoặc quá điền đầy lỗ hình gây ra khuyết tật và phế phẩm.

d/ Các yêu cầu đối với thép hình cỡ nhỏ

Có 2 yêu cầu cơ bản:

- Các sản phẩm cán thép hình cỡ nhỏ phải có dung sai bé nhất, mục đích là tiết kiệm kim loại.

- Các sản phẩm cán phải có độ sai lệch giống nhau và nhỏ nhất theo kích thước tiết diện trên toàn bộ chiều dài vật cán, điều ấy có ý nghĩa rất lớn khi gia công cắt gọt kim loại tiếp theo, đặc biệt là thép tròn vì nó thường dùng để chế tạo bulon, đinh tán, vít v.v... trên các máy tự động. Nếu không đảm bảo được yêu cầu trên thì trước khi đưa vào máy tiện tự động phải qua bước gia công sơ bộ. Dây thép, nếu sai lệch kích thước càng bé thì khi kéo nguội dây thép tiếp theo càng ít lần kéo.

Muốn đạt được dung sai bé nhất thì kết cấu của máy được phải được gá lắp bền vững, lỗ hình trục cán chính xác và điều chỉnh trục cũng phải chính xác.

Một số thép hình tròn bé được sản xuất ra dưới dạng thép cuộn (dây thép). Nếu trọng lượng các cuộn càng lớn thì năng suất càng cao. Năng suất thép cuộn càng cao khi toàn bộ quá trình cán đều được cơ khí hoá và tự động hoá với tốc độ cán lớn, đảm bảo sự chênh lệch giữa nhiệt độ đầu và cuối của vật cán là nhỏ nhất.

7.3.2. Các loại máy cán hình cỡ nhỏ

Các loại máy cán hình cỡ nhỏ hiện đại có thể chia làm 3 nhóm chính sau:

a/ Máy cán hình

Trên các loại máy cán hình loại này người ta tiến hành cán các loại sản phẩm có hình dáng đơn giản và phức tạp ở dạng thanh hoặc cuộn.

b/ Máy cán thép bản (thép dẹt)

Các sản phẩm của loại máy cán này là thép bản ở dạng thanh hoặc cuộn. Các loại máy cán này thường được chuyên môn hoá như: máy chuyên cán thép bản làm nhíp ô tô, làm lò xo, máy cán băng thép từng cuộn v.v...

c/ Máy cán thép dây

Là những máy bố trí hàng, máy cán dây thép bán liên tục và liên tục chuyên sản xuất dây thép có đường kính nhỏ từ (5 ÷ 9)mm ở dạng cuộn. Bảng 7.4 trình bày một số tính năng của máy cán hình cỡ bé.

Bảng 7.4. Máy cán hình cỡ nhỏ và các sản phẩm của chúng

Máy cán	Các kích thước của thép hình (mm)							
	Tròn ϕ (mm)	Vuông a(mm)	Đẹt B(mm)	Góc (mm)	Chữ U H(mm)	Chữ I H(mm)	Ray (kg/m)	Chữ T H(mm)
Máy cán 300	16 ÷ 60	16 x 16 ÷ 60 x 60	100	20 x 20 ÷ 60 x 60	50 ÷ 65			60
Máy cán 250	8 ÷ 30	8 x 8 ÷ 30 x 30	60	20 x 20 ÷ 40 x 40				30

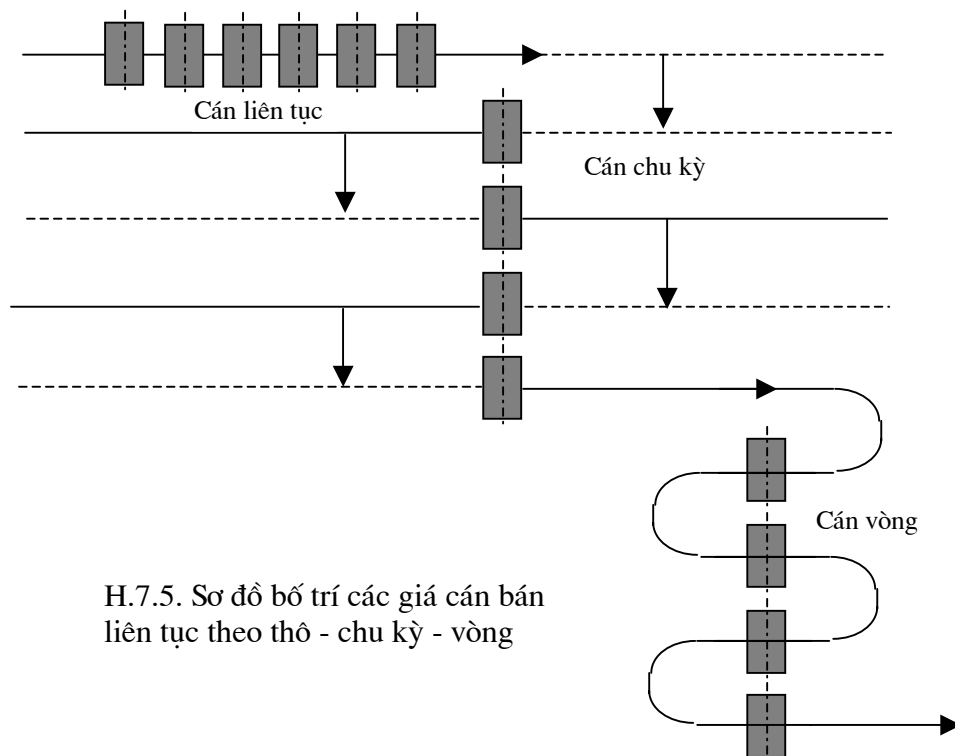
7.3.3. Cách bố trí máy cán hình cỡ nhỏ

Hiện nay trong cán hình cỡ nhỏ người ta dùng nhiều kiểu máy có số giá cán bố trí liên tục (gọi là máy cán hình liên tục) hoặc máy bán liên tục bố trí theo hình chữ Z nghĩa là giá cán thô thì bố trí cán liên tục còn các giá cán tinh thì bố trí hàng hoặc bàn cờ. Máy cán liên hợp cũng được sử dụng nhiều trong thời gian gần đây để cán dây thép và thép bản hẹp.

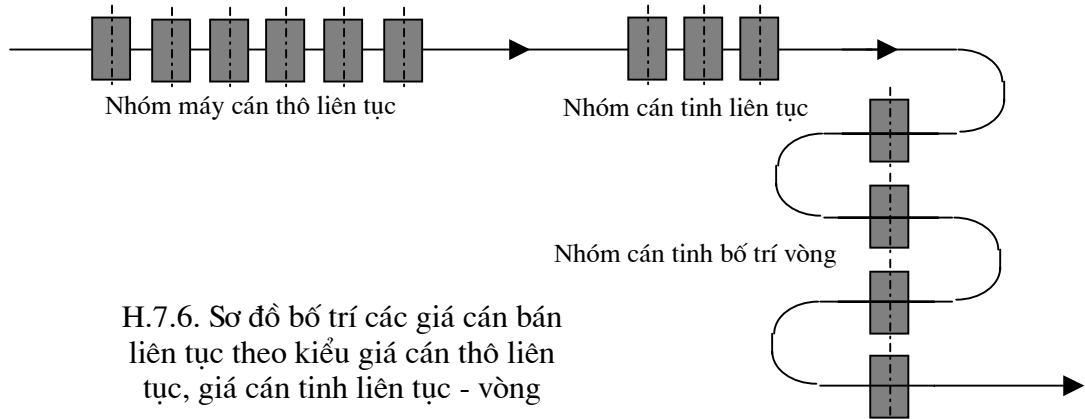
Do tính chất công nghệ và yêu cầu của sản phẩm nên không thể hoặc khó dùng máy cán liên tục có cùng một chế độ tốc độ. Chúng ta có thể nghiên cứu tới các dạng bố trí máy cán cỡ nhỏ bán liên tục hay liên tục thường sau:

a/ Máy cán hình cỡ nhỏ bán liên tục

❶ Các máy trong nhóm giá cán thô bố trí liên tục còn nhóm giá cán tinh thì cán chu kỳ hoặc cán vòng có khi tổ hợp vòng và chu kỳ (hình 7.5):



② Các máy trong nhóm giá cán thô được bố trí liên tục, nhóm giá cán tinh vừa bố trí liên tục vừa bố trí vòng (xem Hình 7.6):



H.7.6. Sơ đồ bố trí các giá cán bán liên tục theo kiểu giá cán thô liên tục, giá cán tinh liên tục - vòng

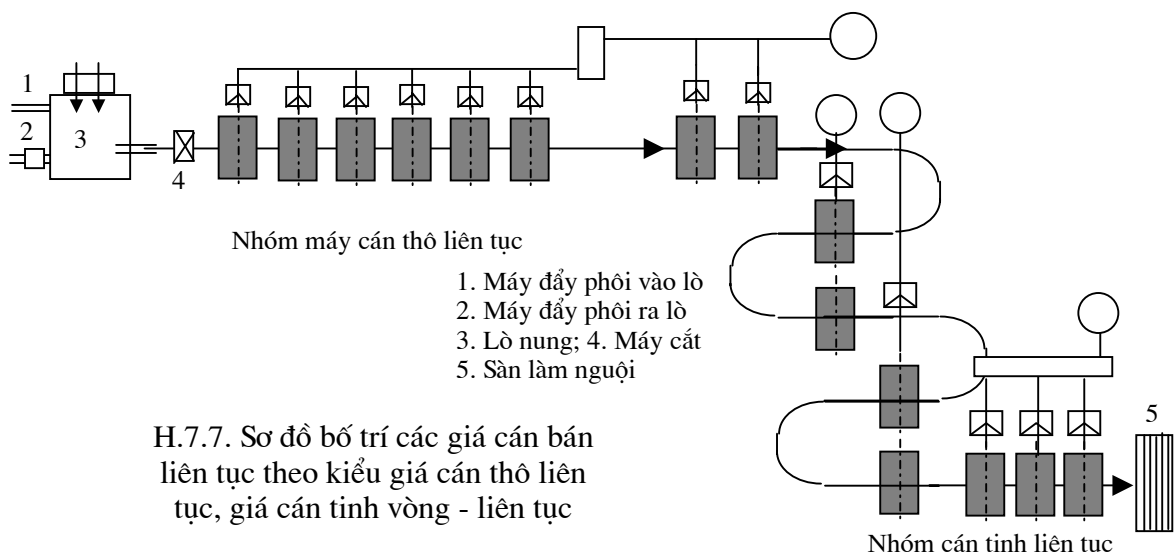
Chú ý:

- Các giá cán đầu (ở nhóm giá cán thô) trong máy cán bán liên tục có nhiệm vụ giảm kích thước tiết diện của phôi mà không có sự thay đổi hình dáng. Vì vậy các máy này bố trí liên tục và được truyền động chung.

- các máy này đều cán phôi có tiết diện $(45 \times 45) \div (75 \times 75)$ mm với chiều dài 9 ÷ 12 m. Vì trên nhóm cán tinh có thao tác bằng tay cho nên thao tác bằng tay cho nên tốc độ cán trên các giá cuối cùng không vượt quá $(8 \div 15)$ mm/s. Chính đây là nhược điểm của máy cán bán liên tục, đặc biệt là khi cán sản phẩm thép hình cỡ nhỏ làm cho năng suất giảm. ở những giá cán tinh cuối cùng người ta dùng máng vòng dẫn vật cán ăn vào trục thay sức người.

- Vì nhiệt độ ở đầu và cuối vật cán có sự chênh lệch khá lớn cho nên dẫn đến kích thước tiết diện theo chiều dài sẽ khác nhau, dung sai sẽ khác nhau theo tiết diện vì kim loại co do nhiệt khác nhau. Vật cán càng lớn, càng dài thì thời gian nằm trên nên xuống càng lâu do đó dung sai theo tiết diện càng khác nhau.

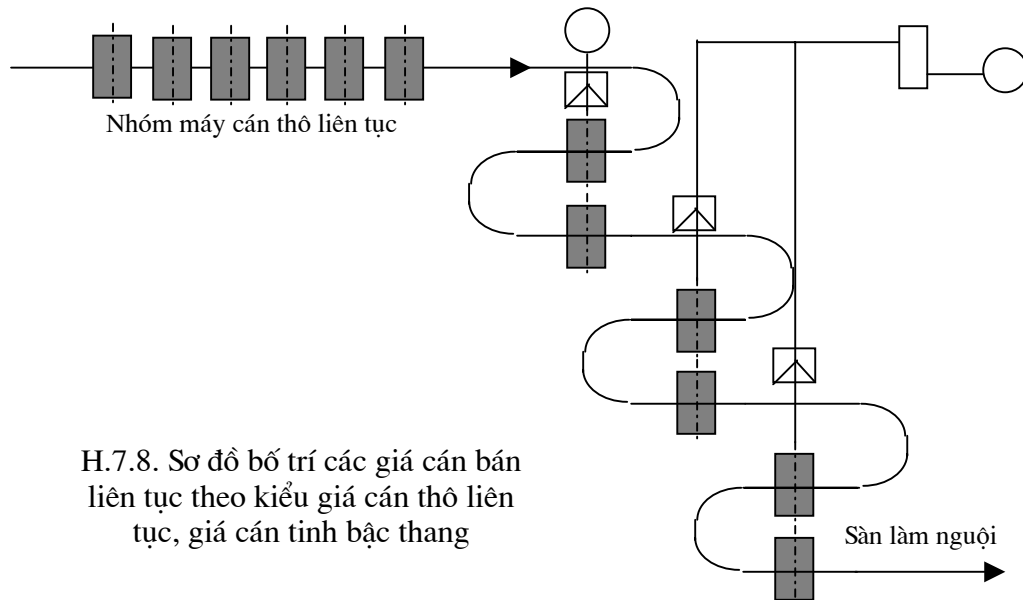
Hình 7.7. là một kiểu bố trí hợp lý của máy cán hình bán liên tục:



H.7.7. Sơ đồ bố trí các giá cán bán liên tục theo kiểu giá cán thô liên tục, giá cán tinh vòng - liên tục

- Để khắc phục nhược điểm đó, người ta bố trí trên máy bán liên tục nhóm cán vòng và nhóm cán tinh ở sau nhóm cán thô. Những máy cán này thì nhóm giá cán tinh liên tục chỉ cán ra những sản phẩm thép hình đơn giản mà thôi. Những sản phẩm thép hình phức tạp phải cán ở nhóm cán vòng.

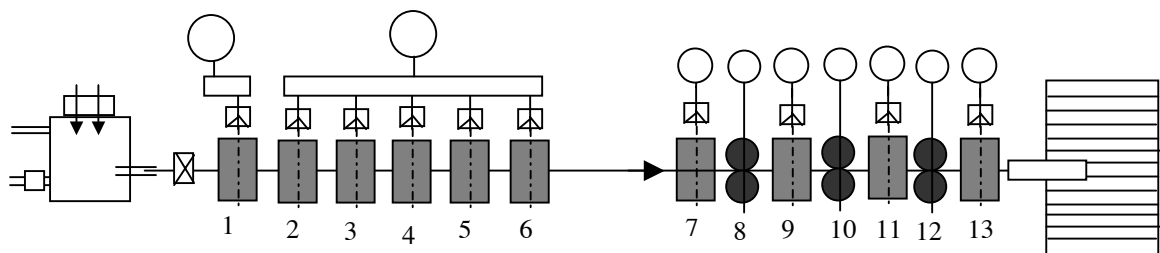
Ngoài ra máy có thể bố trí theo bậc thang ở nhóm giá cán tinh, máy này dùng để cán thép tròn có đường kính $\phi = 6 \div 35$ mm:



H.7.8. Sơ đồ bố trí các giá cán bán liên tục theo kiểu giá cán thô liên tục, giá cán tinh bậc thang

b/ Máy cán hình liên tục

Các máy cán hình cỡ nhỏ liên tục thường bố trí các giá cán như sau: ngoài các giá cán có trục cán bố trí nằm ngang ra còn có những giá cán đứng để ép kim loại ở 2 bên cho đúng kích thước vì khi cán vật cán không được lật trở.



H.7.9. Sơ đồ bố trí các giá cán của máy cán hình liên tục

Theo sơ đồ 7.9 thì có 13 giá cán: 3 giá cán (8, 10, 12) có trục bố trí thẳng đứng, còn các giá khác có trục bố trí nằm ngang.

Trừ 5 giá cán (2 ÷ 6) được truyền động chung còn các giá khác đều được truyền động riêng biệt để điều chỉnh tốc độ quay được dễ dàng. Máy cán này chủ yếu cán các loại thép tròn từ ϕ (13 ÷ 18) mm, thép bản có chiều rộng (50 ÷ 127) mm. Tốc độ lớn nhất của vật khi nó đi ra khỏi giá cán cuối cùng là 9 m/s, 10 m/s, 20 m/s, loại máy hiện đại tốc độ có thể đạt đến $v = 50$ m/s. Quá trình cán từ đầu đến kết thúc hoàn toàn tự động hoá. Khoảng cách giữa các giá cán trong máy cán liên tục phụ thuộc chủ yếu vào thao tác của quá trình công nghệ và khi sửa chữa.

Trong máy cán liên tục luôn có các giá cán có trục được bố trí thẳng đứng để ép 2 bên kim loại. Vì vật cán không lật trở được khi cán trong máy cán có giá bố trí theo hàng và có trục thẳng đứng nên một lần chỉ cán được một vật cán mà thôi (máy có trục cán ngang thì có thể cán nhiều vật cùng một lúc theo những lỗ hình khác nhau).

Vật cán từ giá này sang giá khác hoàn toàn tự động. Tốc độ cán đạt cao nên năng suất tăng cao hơn (20 ÷ 30)% so với máy bán liên tục, ở máy cán dây liên tục hiện đại tốc độ cán đạt tới (40 ÷ 45) mm /s hoặc tới ≥ 60 m/s.

Ưu điểm của máy cán liên tục:

- Năng suất cao
- Thao tác nhẹ nhàng, hoàn toàn tự động hoá
- Số lượng cán bộ và công nhân ít

Nhược điểm của máy cán liên tục:

- Khó điều chỉnh và gá lắp, nhất là điều chỉnh tốc độ cho phù hợp.
- Thời gian điều chỉnh lâu, phế phẩm nhiều.
- Vốn đầu tư lớn.

Để khắc phục việc khó điều chỉnh tốc độ cán của các giá, người ta bố trí truyền động riêng lẻ cho từng giá để có thể điều chỉnh tốc độ cán cho phù hợp.

Do những nhược điểm của các máy cán hình liên tục cỡ nhỏ nên nó chỉ sử dụng khi giới hạn về kích thước sản phẩm hẹp là kinh tế nhất. Nghĩa là dùng khi cán ít loại sản phẩm và sản phẩm ổn định. Vì khi đó thời gian thay trục cán, gá lắp trục, điều chỉnh là rất ít.

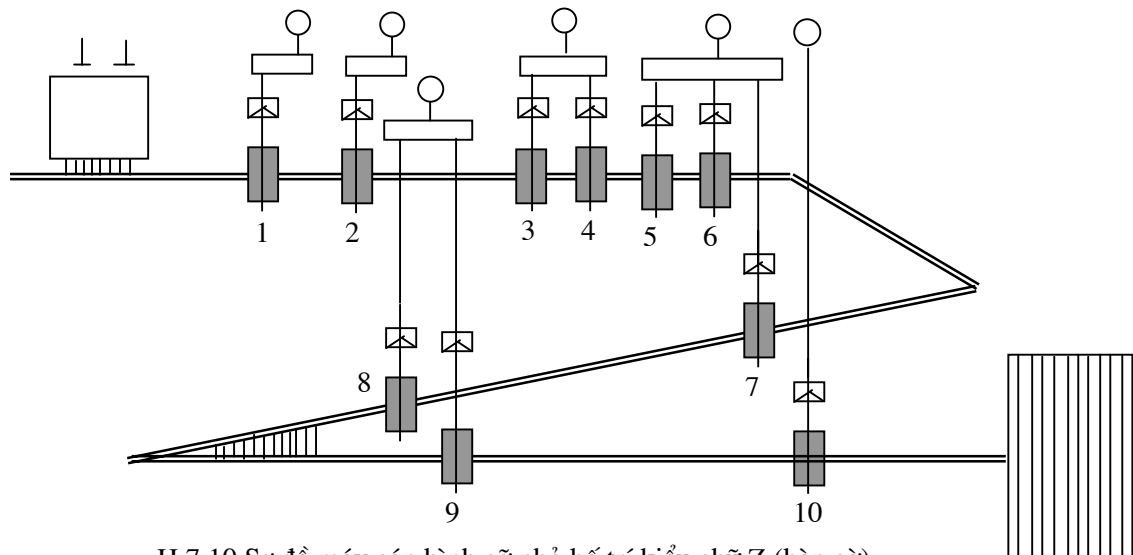
Qua phân tích trên người ta đi đến kết luận máy cán bán liên tục hoặc bố trí kiểu chữ Z là thích hợp đối với cán thép hình ở Việt Nam. Bởi vì ở điều kiện ở nước ta nhu cầu về các chủng loại thép thì nhiều nhưng số lượng lại không lớn lắm, trình độ cơ khí hoá và tự động hoá còn thấp, sản lượng lại không cao cho nên chúng ta dùng máy bán liên tục là tốt nhất vì chúng vừa cán được thép hợp kim vừa cán được thép thường.

Đối với các nước tiên tiến như Mỹ, Nhật, Nga, Đức v.v... thì dùng nhiều máy cán hình liên tục vì cho năng suất rất cao. Việt Nam trong tương lai cũng sẽ tiến đến việc sử dụng các dây chuyền cán liên tục trong công nghiệp sản xuất thép.

c/ Máy cán hình cỡ nhỏ bố trí kiểu bàn cờ (chữ Z)

Máy cán hình cỡ nhỏ bố trí kiểu bàn cờ (chữ Z) dùng để cán các loại thép hình cỡ nhỏ, theo sơ đồ này thì cán thép tròn $\phi 20$ mm là năng suất nhất.

Sơ đồ 7.10 gồm 10 giá cán bố trí theo hình chữ Z. Giá đầu tiên có đường kính trục là 400 mm, giá tiếp theo có đường kính trục từ (340 ÷ 375) mm, các giá còn lại có đường kính trục là (315 ÷ 335) mm. Dây thứ nhất có 6 giá cán, khoảng cách giữa các giá là: 9,5 m; 18,3 m; 1,5 m; 30 m; 1,5 m; 46,5 m; 57 m.



H.7.10.Sơ đồ máy cán hình cỡ nhỏ bố trí kiểu chữ Z (bàn cờ)

Hai cặp giá 3, 4 và 5, 6 cán vật cán trên cùng một lúc, ở các giá cán khác chỉ có một vật cán được cán trên từng giá, không có cùng 1 vật cán ở cùng một thời điểm nằm trên 2 giá như 3, 4 và 5, 6.

Với máy này có thể cán được các sản phẩm sau:

- Thép tròn ϕ 20 ÷ 28 mm.
- Thép vuông cạnh $a = (20 \div 25)$ mm
- thép góc cạnh (35 ÷ 45) mm
- Thép lục lăng (36 x 28)
- Thép dẹt (50 x 6) ÷ (40 x 12)

Các thông số kỹ thuật chính của máy cán hình cỡ nhỏ được bố trí theo hình chữ Z được trình bày trong bảng 7.5:

Bảng 7.5: Các thông số kỹ thuật của máy cán thép hình cỡ nhỏ theo hình z

Tên	Giá1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ϕ trục max (mm)	360	405	375	405	375	375	378	335	335	335
ϕ trục max (mm)	320	360	330	350	340	340	340	315	315	315
số vòng/phút	59,8	65,8	64,5/ 129	78,3/ 156	98,4/ 196	131/ 263	149/ 298	185/ 367	200/ 400	250/ 500
Công suất động cơ (KW)	550	550	1100	(chung)	1840	chung	chung	1250	chung	chung
Tỷ số truyền	6,28	5,37	4,65	3,83	3,05	2,28	2,04	1,09	1,0	1,0

Quy trình công nghệ của máy cán này như sau: Vật cán đi từ giá này đến giá kia bằng hệ trục lăn, vật cán đi từ dây này sang dây khác cũng bằng hệ trục lăn bố trí nghiêng. Độ dài của các hệ thống trục lăn là 36,7 m và 42 m, sau khi ra khỏi giá cán thứ 10 vật cán theo trục lăn tới sàn làm nguội 2 phía.

7.3.4. Nung phôi trước khi cán

Như ta đã biết nhiệt độ nung khi cán thép hình cỡ nhỏ phải cao hơn nhiệt độ quy định một ít vì phôi nhỏ, nguội nhanh. Ngoài ra phải nung đều để tránh phế phẩm v.v... Phôi có kích thước tiết diện $(40 \times 40) \div (75 \times 75) \div (100 \times 100)$ dài từ $(9 \div 12)$ m được nung trong các lò liên tục có chiều dài lò tới 15 m. Lò đốt bằng khí lò cốc và lò cao có năng suất toả nhiệt là 1500 Kcal/m^3 . Năng suất lò nung đạt từ $100 \div 200$ tấn/h tùy thuộc vào loại lò và cách bố trí sắp xếp của lò.

Thép có mác khác nhau thì có chế độ nung khác nhau. Khi chọn nhiệt độ nung trước khi cán cần phải chú ý tới yêu cầu của nhiệt độ kết thúc cán để giảm bớt phế phẩm, khuyết tật và đạt năng suất cao.

7.4. MÁY CÁN THÉP DÂY

Thép tròn có đường kính từ $5 \div 9$ mm được cán trên máy cán dây hiện đại. Sản phẩm thép tròn này ta gọi chung là dây thép.

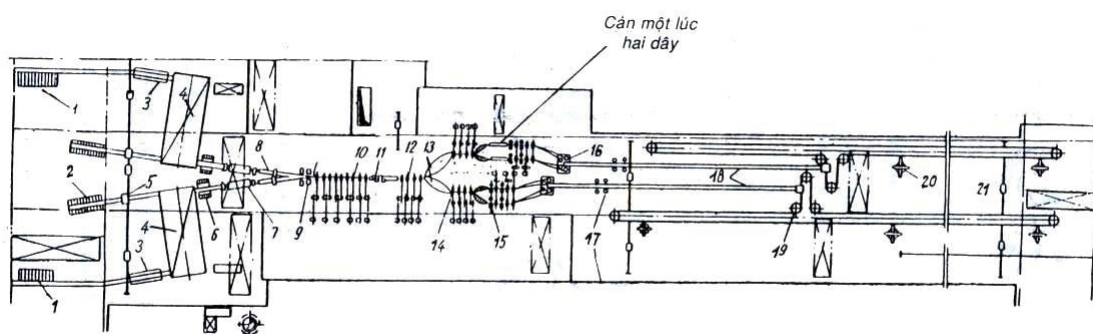
Để cán các loại dây thép này người ta dùng 3 loại máy chính:

- Loại máy bố trí hàng
- loại máy bán liên tục
- Loại máy liên tục

Khi chọn máy cán dây thép ta dựa vào quy trình công nghệ và biểu đồ cán, chương trình làm việc của máy, dựa vào sự sản xuất sản phẩm đó có rộng rãi và số lượng sản phẩm có nhiều không.

Máy cán dây hiện đại là máy cán bán liên tục và liên tục được sử dụng nhiều ở các nước phát triển với các thiết bị cán liên tục và chúng chiếm tỷ lệ lớn từ $70 \div 85\%$. Tốc độ cán đạt tới 60 m/s .

Trên hình 7.11 trình bày cách bố trí mặt bằng của máy cán dây liên tục



H.7.11. Máy cán dây liên tục 250

1. Sàn chứa phôi cán; 2. sàn chứa phế phẩm; 3. Máy đẩy phôi vào lò; 4. Lò nung liên tục; 5. Máy cắt bằng lửa; 6. Máy đẩy phôi ra lò; 7. Máy hàn nối đầu; 8. Lò nung cảm ứng; 9. Máy cắt đầu; Nhóm giá cán thô 450; 11. Máy cắt đoạn; 12. Nhóm giá cán 300; 13. Phân nhánh cán dây; 14. Nhóm giá cán 250; 15. nhóm giá cán tinh 250; 16. Tang cuộn dây; 17. Máy vận chuyển; 18. sàn vận chuyển; 19. Móc lật băng tải; 20. Máy dỡ tháo thép cuộn; 21. Xe vận chuyển.

Trên Hình 7.11 cho ta thấy cách bố trí mặt bằng của máy cán dây liên tục vận năng 250: Vật liệu ban đầu dùng cho máy cán dây thép liên tục hai nhánh là thép vuông có tiết diện 60 x 60 mm, dài 12 m và nặng khoảng 330 kg. Phôi được nung trong lò nung liên tục có đáy nghiêng dài khoảng 15 m. Năng suất lò đạt tới 100 tấn/giờ. Phôi cán được đưa vào lò nhờ máy đẩy phôi 3, sau khi nung đạt tới nhiệt độ cán và ra khỏi lò nhờ máy tháo phôi 6, các phôi cán được nối lại với nhau nhờ máy hàn tiếp đầu rồi đi vào lò nung cảm ứng 8 để gia nhiệt, trước khi vào nhóm cán thô phôi cán được cắt mặt đầu bằng máy cắt đầu 9 để loại bỏ các khuyết tật.

Phôi cán đi vào nhóm cán thô 10 với 9 giá cán 450, sau khi cắt đoạn vật cán tiếp tục đi vào nhóm cán trung gian thứ nhất 12 gồm 4 giá cán 300, tiếp đến vật cán được phân thành 2 nhánh để đi vào 2 nhóm cán trung gian 14 với 4 giá cán 250 mỗi nhánh. sau khi ra khỏi nhóm cán trung gian thứ hai các vật cán ở mỗi nhánh lại phân ra 2 hàng để qua nhóm cán tinh 15.

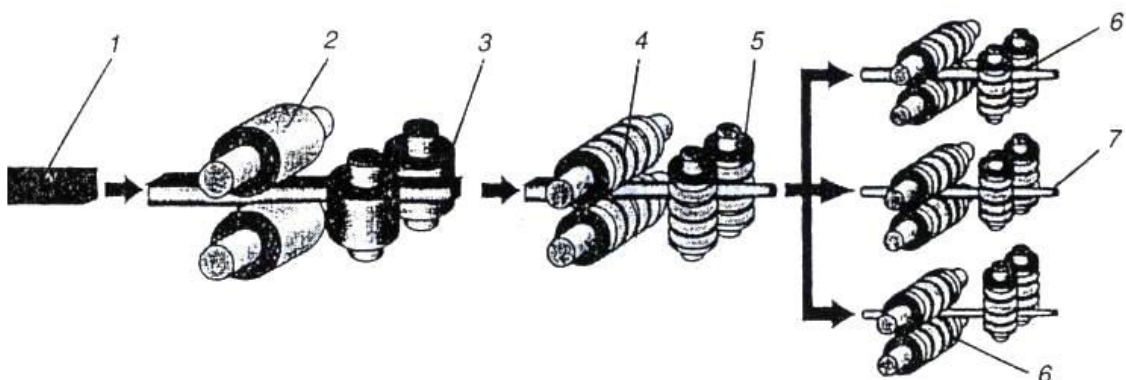
Máy có 4 hàng giá cán tinh, mỗi hàng có 4 giá cán được bố trí xen kẽ 2 giá có trục thẳng đứng và 2 giá có trục nằm ngang và cuối cùng là 1 giá có trục được bố trí nằm ngang. Như vậy mỗi hàng giá cán tinh được bố trí 5 giá cán có đường kính trục bằng nhau là $\phi 250$ và thực hiện cán tinh 2 dây cùng một lúc. Mỗi một hàng của nhóm cán tinh chỉ cán được một dây thép. Tốc độ cán lớn nhất đối với dây thép có đường kính $(5 \div 6)$ mm ở những giá cán sau cùng đạt tới 40 m/s.

Ra khỏi giá cán cuối cùng sản phẩm được tang cuộn dây 16 cuộn thành từng bó (trọng lượng của mỗi bó khoảng $80 \div 330$ kg) rồi được vận chuyển ra sàn làm nguội nhờ sàn 18 và xe vận chuyển 21.

Trong nhóm cán tinh có sự bố trí xen kẽ các giá cán có trục nằm ngang và thẳng đứng để đảm bảo chất lượng vật cán tốt, an toàn khi máy cán với tốc độ lớn và đảm bảo cho dây thép được thẳng trong khi cán ngay cả khi cơ cấu dẫn hướng bị nghiêng.

Thép được cán trong các máy cán dây liên tục có nhiều mức khác nhau có hàm lượng cacbon $(0,03 \div 0,8)\%$. Năng suất trung bình của máy này từ $(32 \div 37,2)$ tấn/giờ hoặc cao hơn tùy thuộc vào đường kính của dây thép.

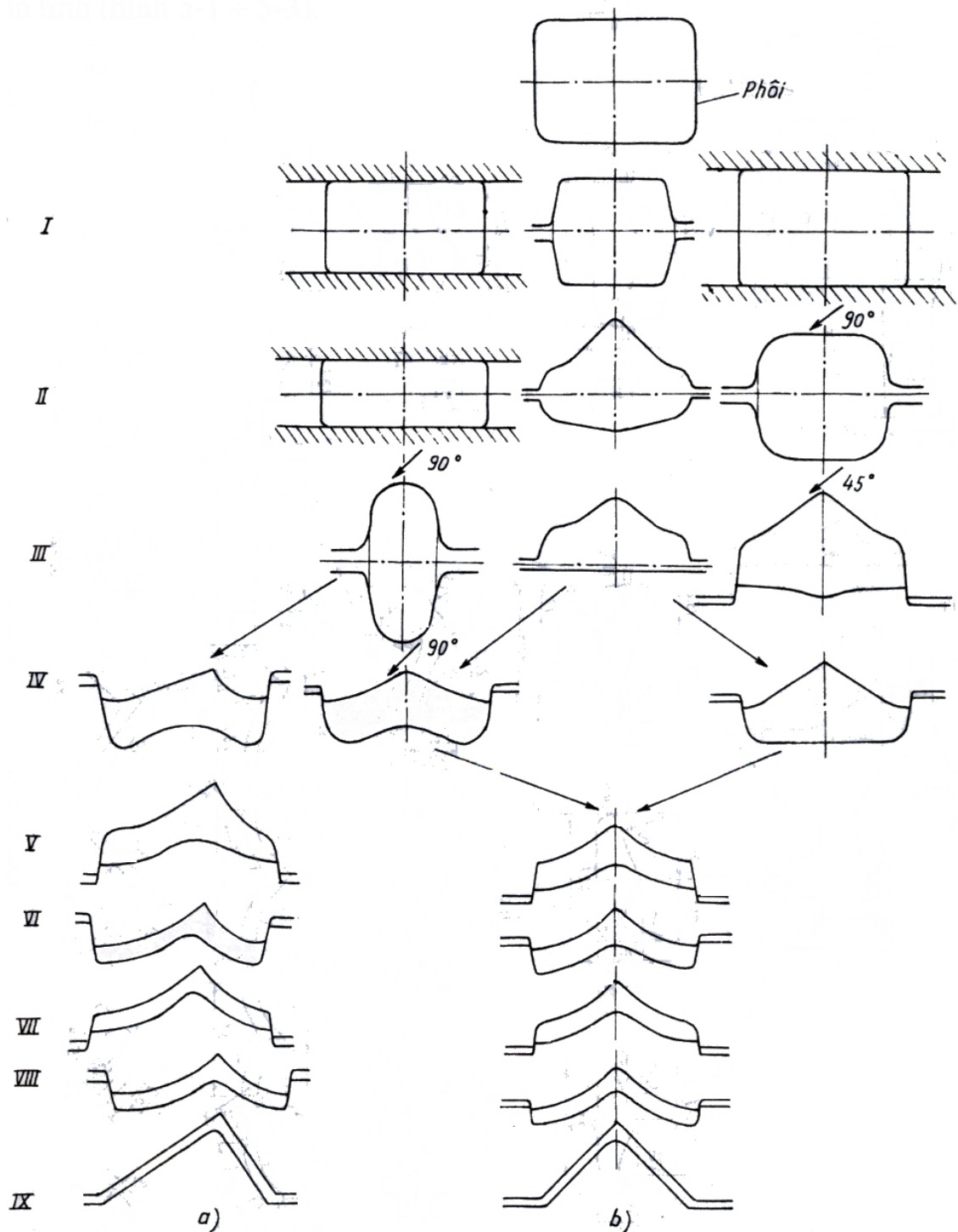
Sơ đồ cán thép tròn trên máy cán hình trục bình và nhỏ được thể hiện qua hình sau:



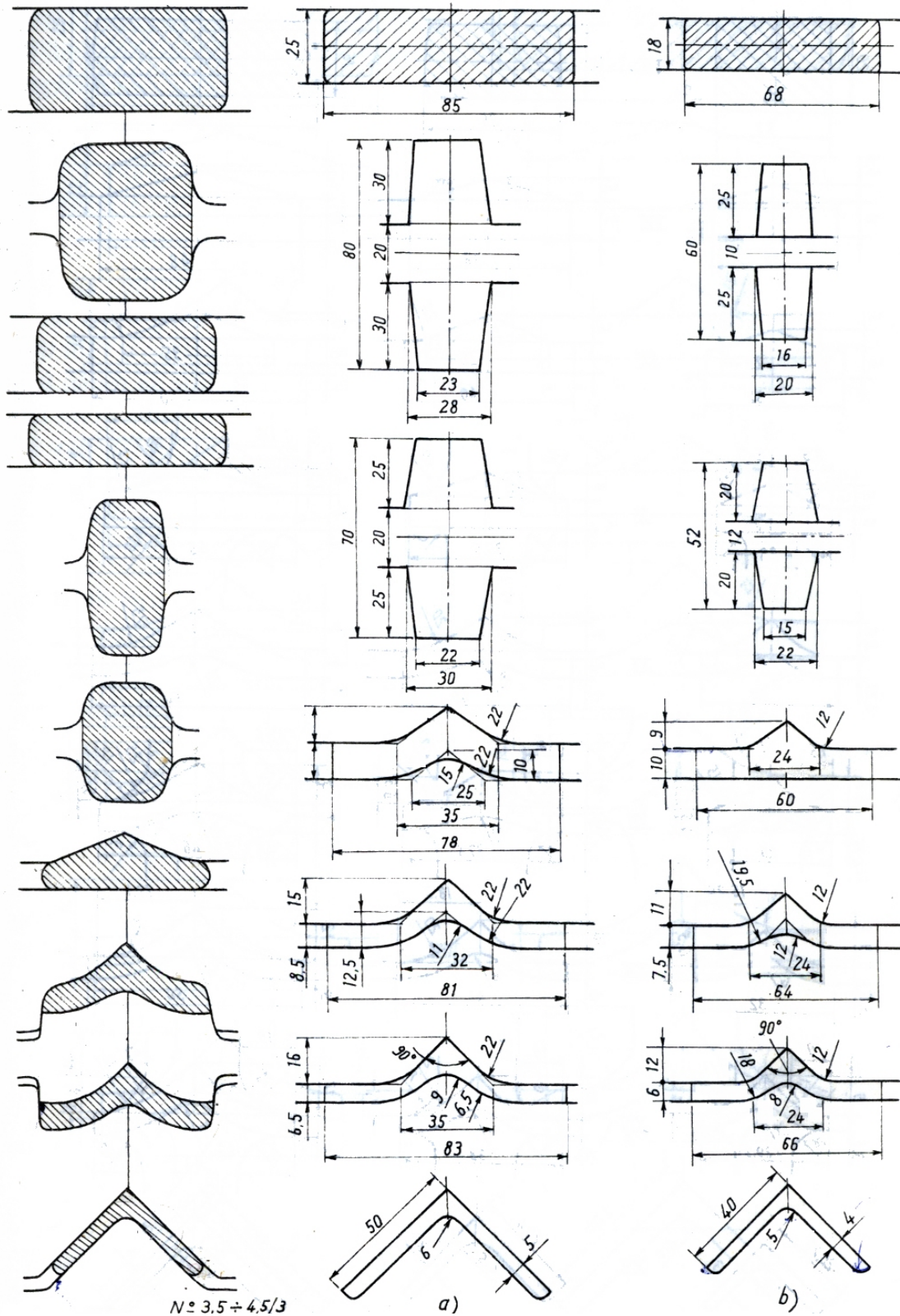
7.5. THIẾT KẾ LỖ HÌNH CHO CÁN THÉP GÓC

7.5.1. Khái niệm sơ đồ cán thép góc

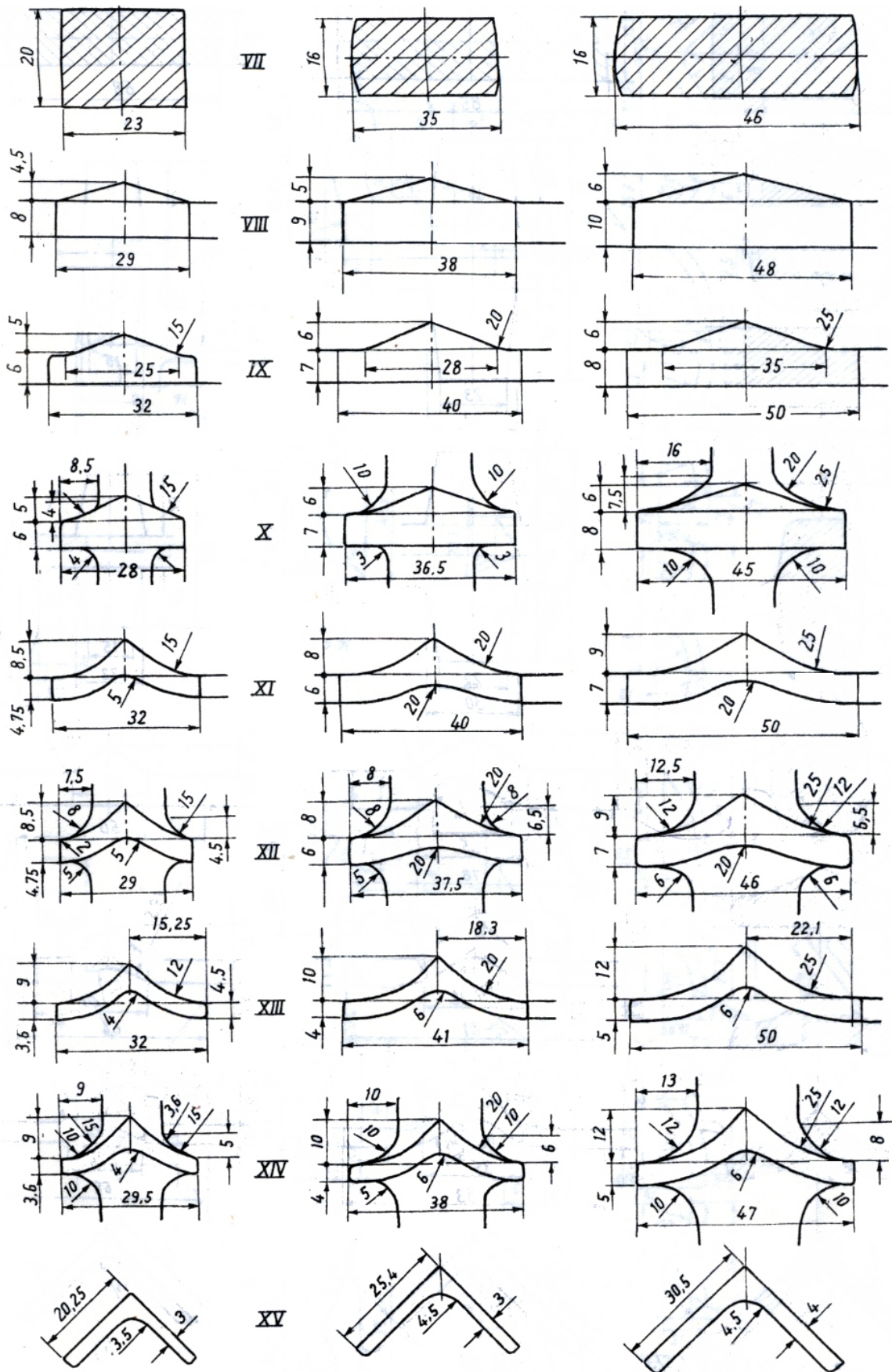
Để cán được thép góc thì công việc thiết kế lỗ hình là quan trọng. Việc thiết kế lỗ hình dựa vào kiểu máy, kích thước phôi ban đầu và những nguyên tắc chung về cấu tạo lỗ hình ở nhóm giá cán thô, cán trung gian và cán tinh.



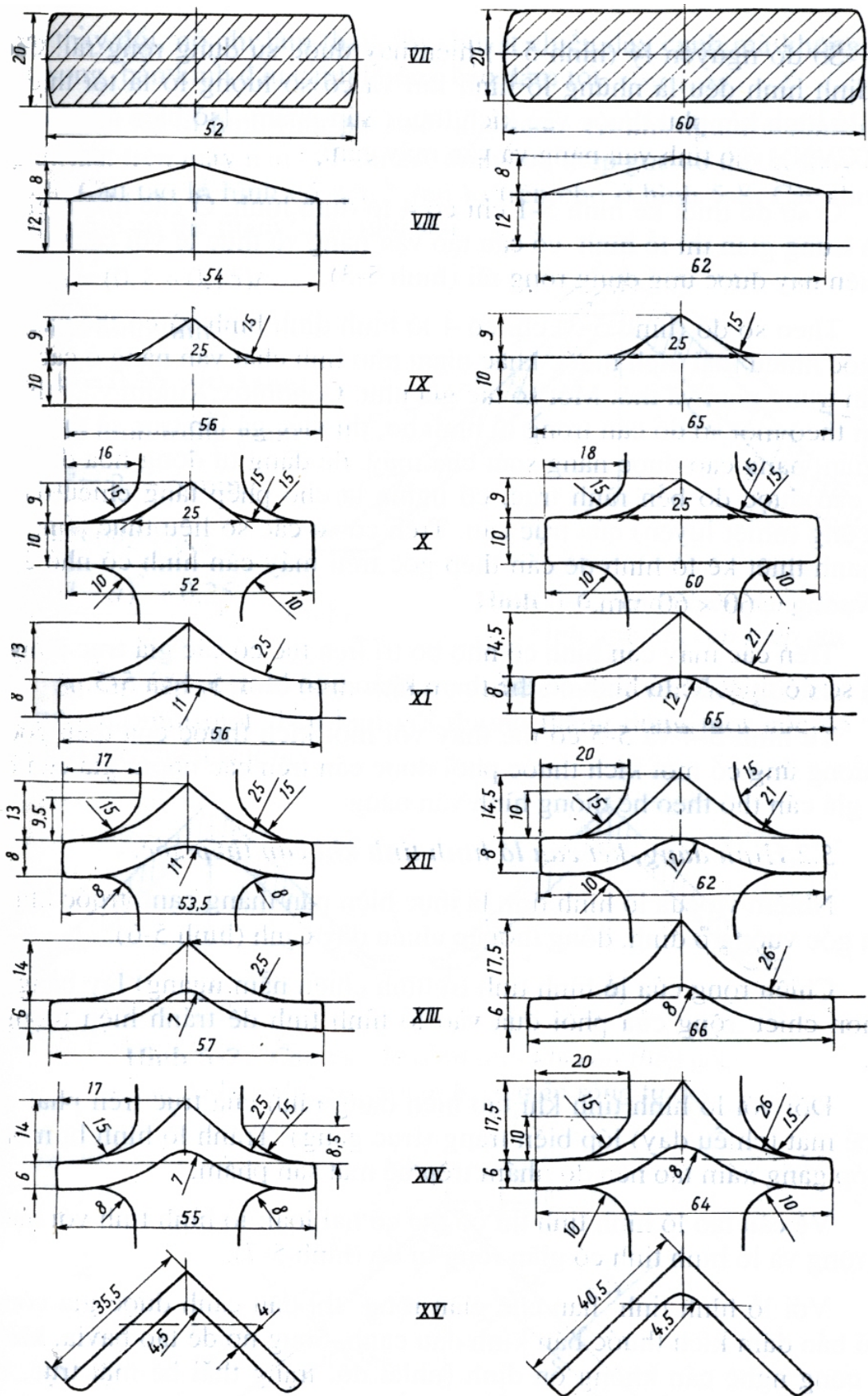
Hình 7.12: Sơ đồ nguyên lý thiết kế lỗ hình.
a. Cán thép góc không cân; b. Cán thép góc cân



H.7.14. Sơ đồ thiết kế lỗ hình cán thép góc với số lượng lỗ hình tối thiểu, kết hợp với hệ lỗ hình vụn năng ở giá cán trung gian và thô.
Thép góc N⁰3,5 ÷ 4,5; a. Thép góc N⁰5(50x50x5); b. Thép góc N⁰4(40x40x4).



H.7.15. Sơ đồ thiết kế lỗ hình cán thép góc trên máy cán liên tục theo hệ lỗ hình hở. Các giá cán X, XII, XIV trực đứng



H.7.16. Sơ đồ thiết kế lỗ hình cán thép góc N⁰3,5(35x35x4) và N⁰4(40x40x4) trên máy cán liên tục theo hệ lỗ hình hở. Các giá X, XII, XIV trục đứng

Sơ đồ nguyên lý (hình 7.12) hiện nay được sử dụng rộng rãi. Các lỗ hình định hình đều là những lỗ hình kín và có số lượng lỗ hình tối thiểu. Số lượng lỗ hình kín phụ thuộc vào kích thước sản phẩm (số hiệu của thép góc theo TCVN), vào tính năng và vào máy cán.

Ở sơ đồ thiết kế (hình 7.12) chỉ có 4 lỗ định hình. Ở các nhóm giá thô và trung gian thì lỗ hình có cấu tạo vạn năng và thực tế với cách thiết kế này hiện nay được ứng dụng rộng rãi (hình 7.14).

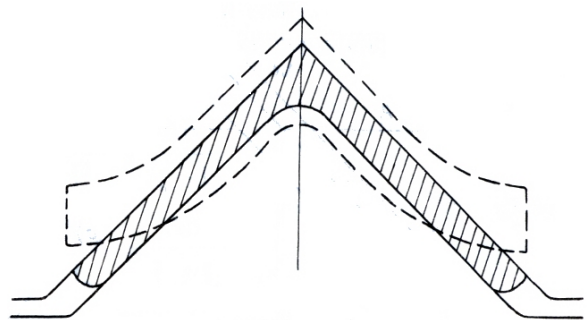
Theo sơ đồ (hình 7.14) chỉ có 4 lỗ định hình và có thể cán được thép góc nhiều loại kích thước khác nhau nhờ tính chất vạn năng ở các nhóm giá cán trung gian và thô. Một số tác giả như: Conoblox, Xindin... thì thiết kế cán theo một sơ đồ cán trong lỗ hình hở, thì việc gá lắp trục sẽ thuận tiện, đơn giản, nâng cao được năng suất của máy, dễ dàng tự động hoá đồng thời nâng cao được độ bền rãnh trục, có nghĩa là cho phép tăng chiều dày lớp biến cứng (nhiệt luyện) của trục cán. Trên cơ sở các số liệu thực tế người ta tiến hành thiết kế lỗ hình để cán thép góc trên máy cán hình cỡ nhỏ 250 từ phôi vuông $60 \times 60\text{mm}$.

Trên các máy cán hình cỡ nhỏ bố trí liên tục có các giá trị tục đứng xen kẽ thì sơ đồ thiết kế lỗ hình có thể tham khảo trên hình 7.15 và 7.16.

Từ hình 7.15 và 7.16 có thể thấy với một kích thước của thép góc cần cán tương ứng có một kích thước phôi được cán trên các nhóm cán trung gian, giá cán thô theo hệ thống lỗ hình vạn năng.

7.5.2. Hình dáng, kết cấu lỗ hình tinh khi cán thép góc

Nhiệm vụ của lỗ hình tinh là thực hiện nắn thẳng cạnh trước khi hình thành góc vuông ở đỉnh, đồng thời ép chiều dày cạnh (hình 7.17). Chiều rộng của lỗ hình tinh (ở hình chiếu nằm ngang) lấy bằng hoặc lớn hơn chiều rộng của phôi đưa vào lỗ hình tinh để tránh hiện tượng tóp cạnh. Đối với lỗ hình tinh khi tạo biên dạng rãnh của trục trên phải chú ý đến bề mặt (chiều dày) lớp biến trắng (trục gang).



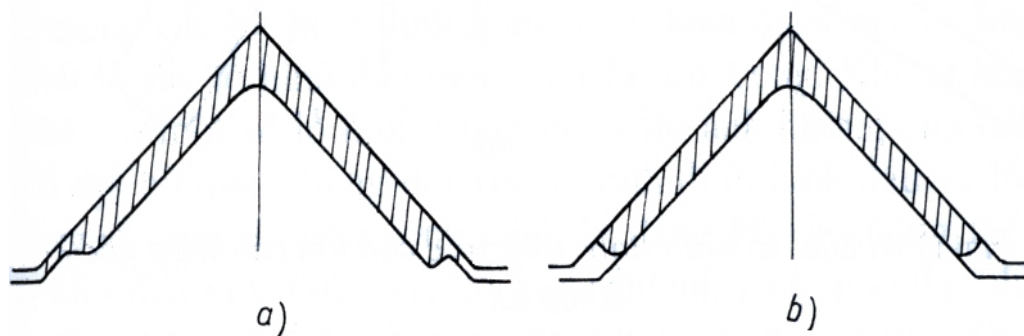
Hình 7.17. Sơ đồ biến dạng trong lỗ hình tinh khi cán thép góc

Tránh lỗ hình bị mòn sâu vào lớp gang xám tạo nên độ nhám trên bề mặt sản phẩm. Về cấu tạo lỗ hình tinh thì có thể có hai loại: lỗ hình tinh với hạn chế giãn rộng và lỗ hình tinh có giãn rộng tự do (hình 7.18).

Với lỗ hình tinh hạn chế giãn rộng thì đầu cạnh được gia công tốt do đó đảm bảo kích thước bán kính đầu cạnh. Song nó dễ tạo bavia, khi điều kiện công nghệ cán không ổn định (nhệt độ, trạng thái bề mặt trục, hệ số ma sát ...).

Hiện nay, người ta thường thiết kế lỗ hình tinh có giãn rộng tự do. Ưu điểm

của nó là có thể cán một số loại sản phẩm. Khi điều kiện công nghệ cán thay đổi, nó chỉ làm thay đổi đôi chút ít nhiều chiều dày cạnh mà không tạo ra bavias, song bán kính đầu cạnh không đảm bảo tốt.



Hình 7.18: Cấu tạo lỗ hình tinh khi cán thép góc
a. có hạn chế giãn rộng; b. có giãn rộng tự do

Thiết kế lỗ hình tinh phải xét khả năng co khi nguội ở đỉnh và khả năng dễ nắn trên máy nắn. Vì khi co, đỉnh của thép góc có thể bị thay đổi và sai lệch. Cấu tạo lỗ hình có xét hai yếu tố trên cho ở hình 7.19. Các thông số trên hình 7.19 có thể tham khảo như sau:

$$a = (0,1 \div 0,15)l$$

Đối với lỗ hình tinh:

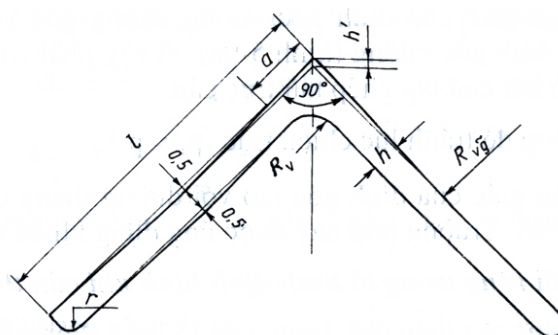
$$h' = 0,25 \div 0,3 \text{ mm.}$$

Đối với lỗ hình trung gian:

$$h' = 2 \div 5 \text{ mm.}$$

Bán kính cong $R_{\text{võng}}$

$$R_{\text{võng}} = \frac{(1-a)^2 + 0,25}{2} \quad (7.1)$$



H.7.19. Cấu tạo lỗ hình tinh có xét đến khả năng co khi nguội ở đỉnh và nắn thẳng trên máy nắn.

Sự sắp xếp vị trí lỗ hình tinh trên trục cán đối với thép góc cân thì chỉ cần cạnh của mỗi một bên làm với đường thẳng đứng một góc 45^0 là đủ (không có lực chiều trục).

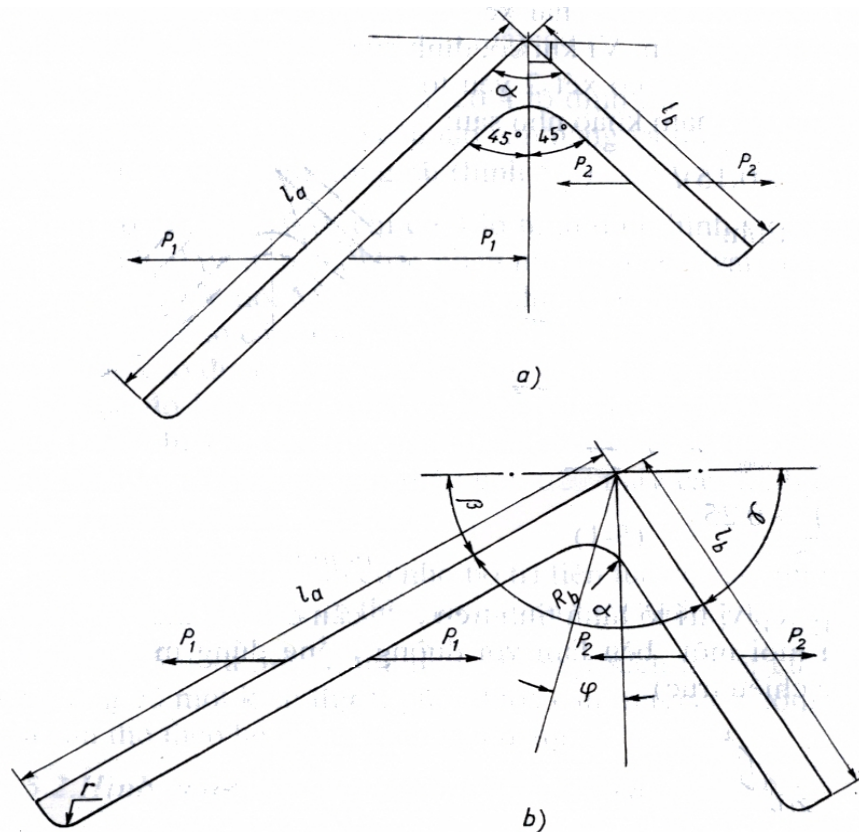
Đối với thép góc không cân (thép L) thì vị trí lỗ hình tinh có hai cách bố trí: có lực chiều trục và không có lực chiều trục.

- Trường hợp có lực chiều trục p_1 và p_2 :

Đường phân giác của đỉnh góc vuông vuông góc với đường thẳng nằm ngang đi qua đỉnh góc vuông (hình 7.20a), vì vậy phải cố định chiều trục cẩn thận trên cơ sở kết cấu lắp ghép hai trục cán.

- Trường hợp để tránh lực chiều trục ($p_1 = p_2$):

Đường phân giác của đỉnh góc tạo với đường thẳng đứng một góc nhất định (hình 7.20b). Trường hợp này được ứng dụng nhiều trong thực tế.



H.7.20. Hai vị trí lỗ hình tinh trên trục cán khi cán thép góc không cân (thép L).
 a. Có lực chiều trục ($p_1 \neq p_2$); b. không có lực chiều trục ($p_1 = p_2$)

7.5.3 Sự giãn rộng trong lỗ hình định hình khi cán thép góc

Tương tự như cán thép dẹt, trong các lỗ hình định hình sự giãn rộng chủ yếu là do lượng ép Δh tạo ra và ta có thể xác định theo biểu thức:

$$\Delta b = 0,2\Delta h \quad (7.2)$$

Chiều dài của cạnh qua mỗi lần cán (theo hướng cán) sẽ chính là chiều dài của cạnh trước khi cán được cộng thêm $1/2 \Delta b$ tính được (có thể lấy theo đường trung bình của mặt trên, dưới của cạnh).

Các nghiên cứu của nhiều tác giả (Trecômarep; Merekin ...) cho thấy lượng giãn rộng tỷ lệ với chiều dài của cạnh, có nghĩa là lượng giãn rộng trên mỗi một cạnh khác nhau (khi cán thép góc không cân).

Ở các lỗ trung gian ta có:

$$\text{Với cạnh lớn:} \quad \frac{\Delta b_a}{l_a} = \frac{\Delta b}{l_a + l_b} \quad (7.3a)$$

$$\text{Với cạnh nhỏ:} \quad \frac{\Delta b_b}{l_b} = \frac{\Delta b}{l_a + l_b} \quad (7.3b)$$

Trong đó:

Δb - Tổng lượng giãn rộng có trên hai cạnh. Δb_a - Lượng giãn rộng ở cạnh lớn.

Δb_b - Lượng giãn rộng ở cạnh nhỏ. $l_a; l_b$ - Chiều dài cạnh lớn và nhỏ.

Trong thực tế ta thấy lượng giãn rộng tính từ lỗ hình đầu tiên đến lỗ hình cuối (theo hướng cán) có giá trị lớn hơn lượng giãn rộng tính theo lượng ép, bởi vì trong các lỗ hình

định hình có sự biến dạng ngoài vùng tiếp xúc rất lớn nhất là các lỗ hình đầu tiên, phải bị uốn cong. Khi sự uốn cong không đáng kể (ở một số lỗ hình trung gian) thì ảnh hưởng của lượng giãn rộng phụ có thể bỏ qua. Riêng đối với lỗ định hình đầu và lỗ định hình tinh thì lượng giãn rộng do uốn cong cạnh là đáng kể và không thể bỏ qua. Tuy nhiên cho đến nay vẫn chưa có phương pháp nào đầy đủ để xác định lượng giãn rộng do biến dạng ngoài vùng tiếp xúc tạo ra. Theo nghiên cứu của Merekin thì với lỗ định hình đầu tiên lỗ hình trước tinh và lỗ định hình tinh có thể tính theo biểu thức:

$$\Delta b_{\text{phụ}} = 0,01(l_a + l_b) \quad (7.4)$$

Như vậy tổng lượng giãn rộng trên một cạnh là:

$$\Delta b_a = \Delta b_b = \frac{\Delta h}{2} + 0,01l$$

$$l = l_a = l_b$$

$$\text{Với thép góc cân:} \quad \Delta b_a = \Delta b \frac{l_a}{l_a + l_b} + 0,01l_a$$

$$\text{Với thép góc không cân:} \quad \Delta b_b = \Delta b \frac{l_b}{l_a + l_b} + 0,01l_b \quad (7.5)$$

Lượng giãn rộng tính theo biểu thức (7.4) và (7.5) có thể tính theo độ dài đường trung bình của mỗi cạnh.

Theo đặc điểm biến dạng trong các lỗ hình định hình như đã nêu trên, thì trị số giãn rộng Δb ở cả hai cạnh vuông có thể xác định theo biểu thức:

$$\Delta b = \frac{2b_{\text{tb}} \cdot \Delta h \cdot K_{\Delta b}}{(H - h) \left[1 + (1 + \alpha) \left(\frac{b_{\text{TB}}}{R_{\alpha}} \right)^n \right]}$$

Ở đây:

$$K_{\Delta b} = k' \cdot k''$$

$$k' = 0,7 \div 0,8;$$

k'' : Hệ số xét đến giãn rộng do uốn cong cạnh.

b_{TB} : Chiều dài cạnh tính theo đường trung bình (đối với góc cân: $b_{\text{TB}} = 2l$; đối với góc không cân: $b_{\text{TB}} = l_a + l_b$).

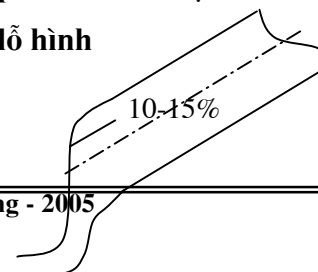
Trị số của k' và k'' có thể tham khảo trong bảng 7.6.

Bảng 7.6. Trị số k' và k''

Lỗ hình theo hướng cán	φ (độ)	k'	k''	$k' \cdot k''$	Ghi chú
I	180	0,7	1	0,7	φ là góc ở đỉnh giảm từ 130° đến 90°
II	130÷140	0,7	1,5	1,05	
III	110÷115	0,7	1,7	1,2	
IV	95÷100	0,75	1,9	1,4	
V	90	0,75	2	1,5	
	90	1	2	2	

7.5.4. Hệ số biến dạng và các thông số liên quan đến cấu tạo lỗ hình

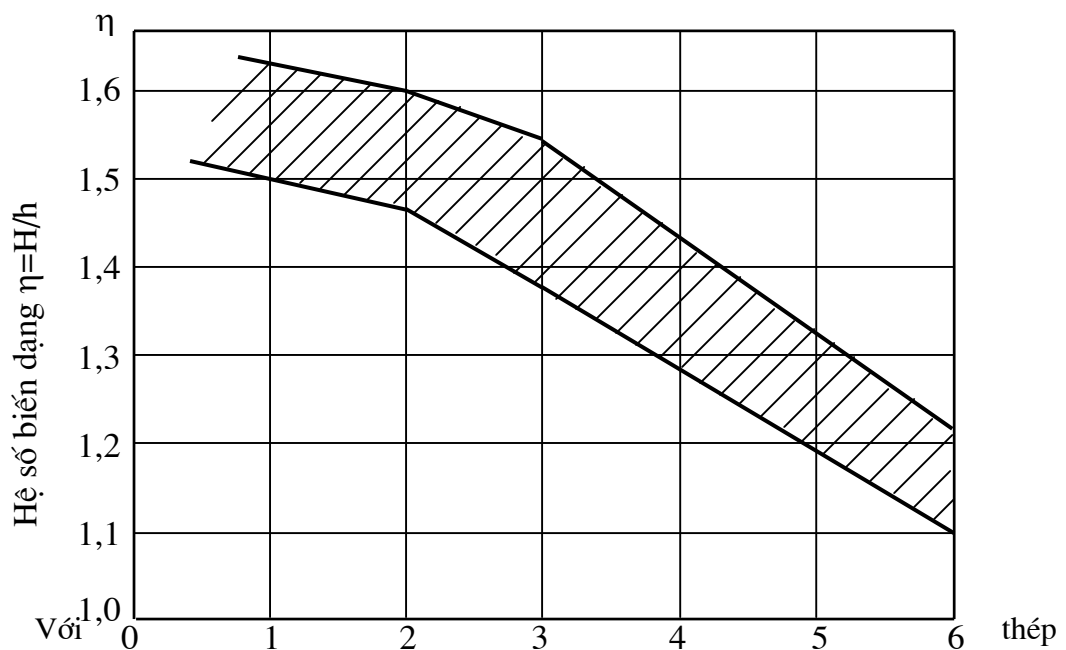
a/ Độ nghiêng đầu cạnh của lỗ hình



Độ nghiêng này có tác dụng kẹp chặt phôi cán và gia công đầu cạnh. Tùy theo độ dày cạnh mà độ nghiêng có thể chọn (10-15%). Chiều dày cạnh càng lớn thì độ nghiêng càng lớn (hình 7.21).

b/ Hệ số biến dạng theo chiều dày cạnh

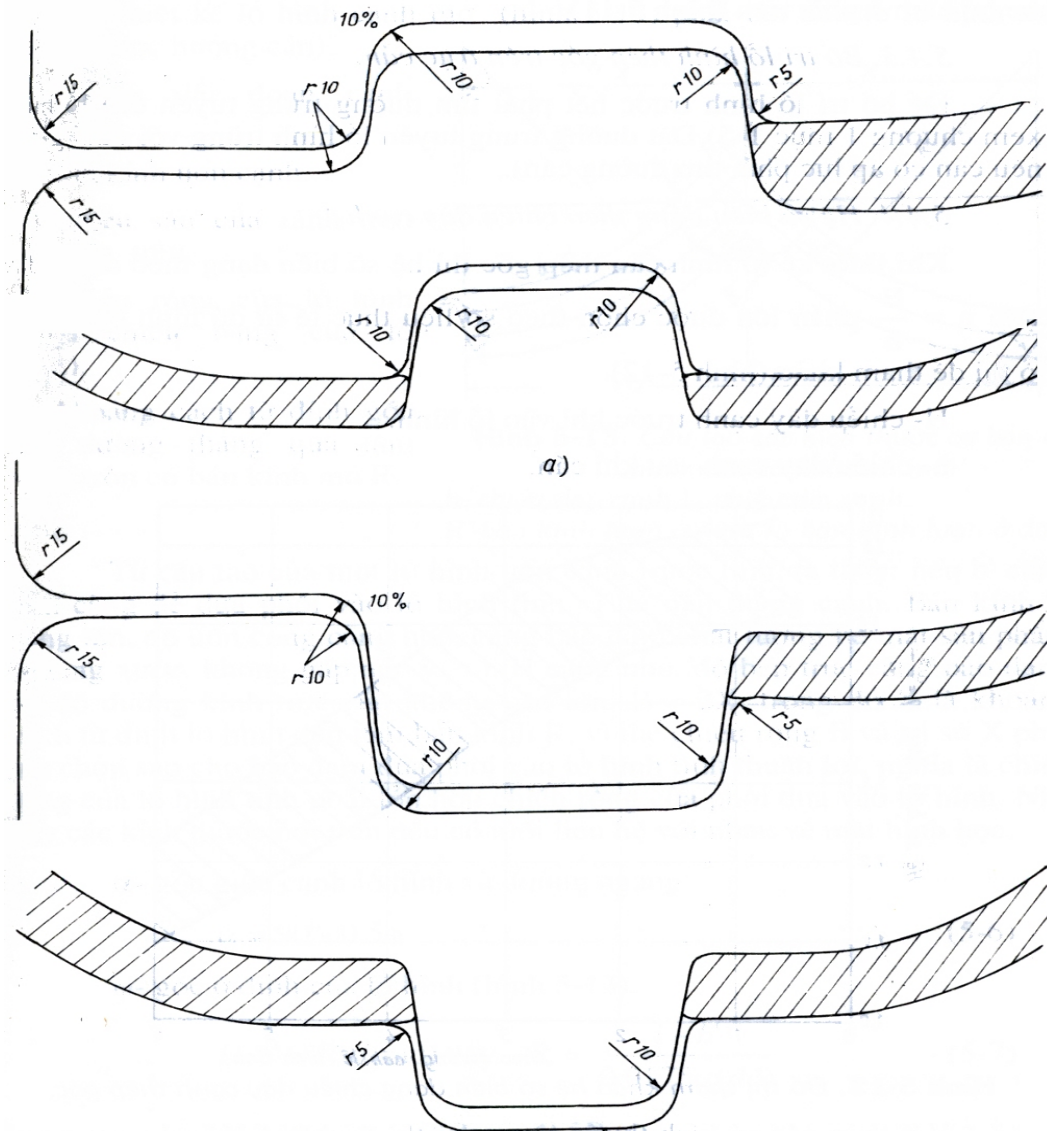
Khi thiết kế lỗ hình cán thép góc thì hệ số biến dạng theo chiều dày cạnh $\eta = \frac{H}{h}$ phần lớn được chọn theo số liệu thực tế từ đó hình thành một đồ thị để tham khảo. (H: chiều dày cạnh trước khi vào lỗ hình; h: chiều dày cạnh sau khi cán).



Với góc có kích thước càng nhỏ thì hệ số biến dạng của mỗi lần cán càng lớn, đương nhiên phải đảm bảo phù hợp với công suất động cơ và độ bền trục cũng như là góc ăn cho phép.

Hình 7.22: Đồ thị tham khảo hệ số biến dạng chiều dày cạnh theo góc

c/ Đảo khe hở của lỗ hình



Hình 7.23: Cấu tạo độ đảo khe hở trên góc lỗ hình cùng với thiết kế bán kính lượn, phải đảo khe hở trên trục cán, hình giữ thành thực hành nằm ở phía trên

r_T : bán kính lượn đầu trên của hình (7.23) $(0,35 \div 0,4)h$; h : chiều dày cạnh

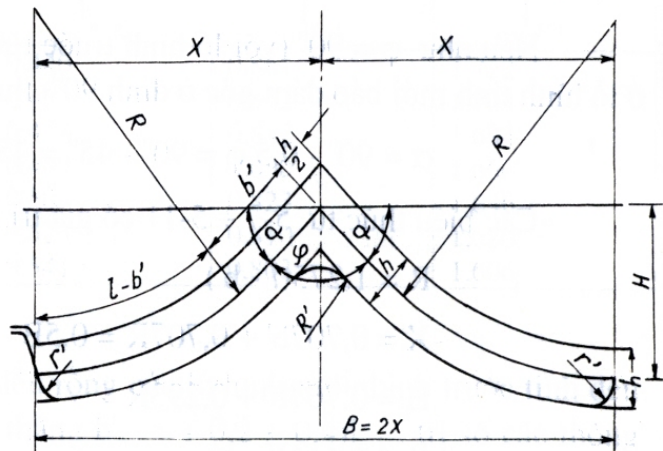
d/ Bố trí lỗ hình thép góc trên trục cán

Để bố trí lỗ hình trước hết phải tìm đường trung tuyến của lỗ hình (xem chương 5). Đặt đường trung tuyến lỗ hình trùng với đường cán (nếu cán có áp lực phải tìm đường cán).

đ/ Cấu tạo của lỗ hình uốn cạnh (cạnh mở)

Trong nhiều phương pháp thiết kế lỗ hình cán thép góc: cán theo cạnh thẳng, cán theo cạnh mở, cán có giãn rộng tự do v.v... thì phương pháp thiết kế theo kiểu uốn cạnh (cán theo cạnh mở) được ứng dụng phổ biến nhất. Dưới đây chúng ta tìm hiểu cấu tạo của lỗ hình mở (hình 7.24).

Thiết kế lỗ hình cạnh mở (hình 7.24) phải bắt đầu từ lỗ hình trước tinh (ngược hướng cán).
 b': chiều dài đoạn cạnh thẳng
 R: bán kính uốn cạnh.
 H: chiều sâu của rãnh trên trục cán trên.
 B: chiều rộng của lỗ hình (hình chiếu bằng các lỗ hình).
 X: khoảng cách từ đỉnh góc đến đường thẳng qua tâm vùng tròn có bán kính mở R.



Từ cấu tạo của một lỗ hình uốn cạnh trước tinh, ta thấy: nếu b' càng lớn, càng dễ đưa phôi vào lỗ hình vì dễ dẫn thẳng cạnh. Bán kính R càng lớn, độ uốn cong càng nhỏ, càng bảo đảm chất lượng bề mặt sản phẩm (không xước, không gập nếp...).

H càng nhỏ, độ bền trục càng bảo đảm do đó đường kính trục cán không cần lớn. B = 2X, trong đó X là khoảng cách từ đỉnh lỗ hình đến tâm bán kính R, và H là chiều rộng của lỗ hình tinh phải lớn hơn chiều rộng của phôi đưa vào lỗ hình. Như vậy các kích thước nói trên đều có mối liên hệ với nhau về mặt hình học.

$$\alpha - \text{góc giữa cạnh lỗ hình và đường ngang: } \alpha = 90^\circ - 0,5\varphi \quad (7.6)$$

φ - góc ở đỉnh của lỗ hình (hình 7.24)

$$l - b' = R \cdot \alpha(\text{rad}) \text{ vậy } R = \frac{l - b'}{0,0175\alpha(\text{độ})} \quad (7.7)$$

$$X = b' \cdot \cos\alpha + R \sin\alpha = 0,5B. \quad (7.8)$$

$$H = b' \cdot \sin\alpha + R(1 - \cos\alpha) \quad (7.9)$$

Từ biểu thức trên suy ra:

$$R = \frac{X}{\sin\alpha} - \frac{b'}{\text{tg}\alpha} \text{ và } X = \frac{H \sin\alpha}{1 - \cos\alpha} - b' \quad (7.10)$$

Nếu như $\varphi = 90^\circ$ (với lỗ hình trước tinh phải có góc ở đỉnh phải là 90° thì ở lỗ hình tinh mới đảm bảo góc ở đỉnh 90°) thì có giá trị:

$$\alpha = 90^\circ - 0,5\varphi = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$$

Từ các biểu thức trên ta có các giá trị sau:

$$R = 1,275(1 - b')$$

$$X = 0,707b' + 0,707R = 0,5B$$

$$H = 0,707b' + 0,293$$

$$R = 1,414X - b'$$

$$X = 2,414H - b'$$

Các công trình nghiên cứu của nhiều tác giả về thiết kế lỗ hình trước tinh để cán thép góc đã đưa ra cách chọn các thông số thiết kế như sau:

Với thép góc cân:

$$H = (0,4 \div 0,5)l$$

$$R = (0,8 \div 0,95)l = \text{const}$$

Với thép góc không cân:

$$H = (0,4 \div 0,45) \frac{l_n + l_d}{2}$$

$$R_n = (1 \div 1,1)l_n = \text{const}$$

$$R_d = (0,7 \div 0,8)l_d = \text{const}$$

$$b' = (0,2 \div 0,6)l$$

l - chiều dài cạnh tính theo đường trung bình.

Từ các biểu thức trên ta có tỷ số: $\frac{b'}{l} = 0,2 \div 0,6$

Trên cơ sở của tỷ số $\frac{b'}{l}$ ta có các mối quan hệ với các thông số khác của lỗ hình trước tinh cho trong bảng 7.7:

Bảng 7.7: Giá trị một thông số của lỗ hình trước tinh khi $\alpha = 45^\circ$

$\frac{b'_{n-1}}{l_{n-1}}$	$\frac{R_{n-1}}{l_{n-1}}$	$\frac{H_{n-1}}{l_{n-1}}$	$\frac{X_{n-1}}{l_{n-1}}$	$\frac{B_{n-1}}{l_{n-1}}$
0,2	1,02	0,440	0,861	1,722
0,25	0,955	0,457	0,852	1,704
0,30	0,893	0,473	0,842	1,684
0,35	0,827	0,489	0,830	1,660
0,40	0,764	0,507	0,823	1,646
0,45	0,701	0,523	0,810	1,620
0,50	0,637	0,541	0,803	1,606

Để có thể giảm được chiều rộng của lỗ hình từ lỗ hình trước tinh đến lỗ hình đầu tiên thì trị số đoạn thẳng $b'_{n-1} = (0,2 \div 0,4)l_{n-1}$, trị số các thông số còn lại cho trong bảng 7.7.

7.5.5. Xác định chiều rộng và các thông số của các lỗ hình cán thô

a/ Xác định chiều rộng của lỗ hình trước tinh

Chiều rộng lỗ hình bán tinh xác định theo các biểu thức cho trong bảng 7.7. Chiều rộng này phải bảo đảm đưa phôi vào lỗ hình dễ dàng. Chiều rộng B của các lỗ hình trước lỗ hình tinh (ngược hướng cán) phải nhỏ dần, trị số B có thể xác định trên cơ sở độ nghiêng đầu cạnh của thép góc (hình 7.25).

Nếu như độ nghiêng đầu cạnh là 10% thì độ giảm chiều rộng của lỗ hình gần bằng 0,1h' (h' cho trên hình 7.25). Trong các tính toán chọn chiều rộng lỗ hình như sau:

$$B' = B - (1 \div 2) \text{ mm}$$

B' - chiều rộng lỗ hình trước.

B - chiều rộng lỗ hình sau (theo hướng cán).

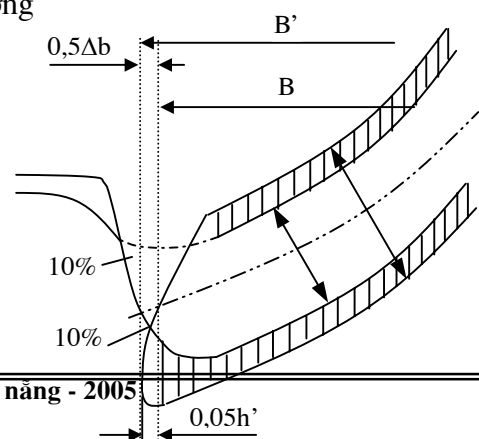
Ngoài ra chiều rộng của lỗ hình còn liên quan đến chiều rộng (độ dài cạnh) cạnh góc có được khi tính lượng giãn rộng, góc uốn φ trị số b', độ dài uốn cong (1-b') tăng dần từ lỗ hình trước tinh đến lỗ hình đầu tiên (ngược hướng cán).

Theo các biểu thức 7.7 đến 7.10 ta có:

$$B = 2X = 2b' \cdot \cos \alpha + 2R \sin \alpha =$$

$$= 2b' \cdot \cos \alpha + 2 \cdot \frac{1 - b'}{0,01745 \cdot \alpha^0} \cdot \sin \alpha \quad (7.11)$$

$$\alpha = 90^\circ - 0,5 \cdot \varphi^0$$



$$\begin{aligned}
 B_{n-1} &= 1,414.b'_{n-1} + 1,414.R_{n-1} = \\
 &= 1,414b'_{n-1} + 1,8(l_{n-1} - b'_{n-1}) = \\
 &= 1,8.l_{n-1} - 0,386.b'_{n-1}
 \end{aligned}$$

b'_{n-1} - độ dài đoạn cạnh thẳng.

l_{n-1} - chiều dài cạnh góc.

R - bán kính uốn cạnh,

$$R = \frac{l_{n-1} - b'_{n-1}}{0,785}$$

b/ Xác định chiều rộng lỗ hình thô:

Khi góc $\varphi = 130^\circ$ thì $\alpha = 25^\circ$.

Với $R_1 = \frac{1 - b'}{0,436}$) chiều rộng B lỗ hình là:

$$B_1 = 2.0,906.b'_1 + 2.0,423.R_1 = 1,812.b'_1 + 0,864.R_1 = 1,941l_1 - 0,126b'_1$$

Nếu đoạn cạnh thẳng b' có giá trị $b' = 0,4.l$ thì:

$$B_{n-1} = 1,646.l_{n-1} \text{ và } B_1 = 1,889.l_1$$

Chiều rộng lỗ hình thứ nhất lấy nhỏ hơn chiều rộng ở lỗ hình trước tính bằng một lượng giãn rộng.

Muốn bảo đảm cho chiều rộng lỗ hình tăng dần theo hướng cán thì khi thiết kế lỗ hình trước tính chọn đoạn cạnh thẳng b' nhỏ và như vậy phần uốn cạnh tăng lên, cho nên chiều rộng lỗ hình lớn lên. Như vậy ở những lỗ hình thô đầu có thể chọn $b' = 0,5.l$ với những lỗ hình về sau (theo hướng cán) $b' = (0,2 \div 0,4).l$.

Sau khi xác định được chiều rộng B tính các kích thước còn lại của lỗ hình thô bằng các biểu thức đã biết.

$$0,5.B = X = b'.\cos\alpha + \frac{1 - b}{0,01745.\alpha^0} \sin\alpha$$

suy ra:

$$b' = \frac{\frac{l.\sin\alpha}{0,01745.\alpha^0} - 0,5.B}{\frac{\sin\alpha}{0,01745.\alpha} - \cos\alpha}$$

$$R = \frac{1 - b'}{0,01745.\alpha^0}$$

$$H = b'.\sin\alpha + R(1 - \cos\alpha)$$

Vì đã có $\varphi = 130^\circ$ suy ra $\alpha = 25^\circ$

Do đó:

$$b' = \frac{\frac{1.0,423}{0,436} - 0,5.B_1}{\frac{0,423}{0,436} - 0,906} = 15,6(0,97.l - 0,5.B_1)$$

$$R = \frac{1 - b'_1}{0,436} = 2,29.(1 - b'_1)$$

$$H = 0,423.b' + 0,094R_1$$

Giả thiết rằng với lỗ hình trước tinh ta chọn $b'_{n-1} \approx 0,3.l_{n-1}$. Sau khi xác định chiều rộng của nó và chiều rộng của lỗ hình đầu tiên, sau đó dùng các công thức đã biết tính lại đoạn cạnh thẳng b' và nhận được giá trị quá lớn, ví dụ $b'_1 > 0,6.l_1$ thì các kích thước của lỗ hình trước tinh phải tính lại với giá trị

$$b'_{n-1} = (0,2 \div 0,25).l_{n-1}$$

Để tham khảo và đơn giản hoá quá trình tính toán có thể sử dụng các giá trị của đoạn cạnh thẳng b' theo từng lần cán như sau

❶ Khi có 5 lần cán:

$$b'_1 = 0,6.l_1; \quad b'_2 = 0,35.l_2; \quad b'_3 = 0,25.l_3; \quad b'_4 = 0,2.l_4;$$

❷ Khi có 6 lần cán:

$$b'_1 = 0,6.l_1; \quad b'_2 = 0,4.l_2; \quad b'_3 = 0,35.l_3; \quad b'_4 = 0,25.l_4; \quad b'_5 = 0,2.l_5;$$

Với cách chọn như trên bảo đảm chiều rộng lỗ hình tăng dần theo hướng cán. Chọn chiều rộng phối theo chiều rộng của lỗ hình thứ nhất với một khoảng trống cho giãn rộng từ $2 \div 10$ mm.

c/ Xác định bán kính lượn ở đỉnh và ở đầu cạnh

Bán kính lượn ở đỉnh phải đảm bảo điền đầy tốt ở góc, hệ số giãn dài ở đỉnh nên lấy dài hơn ở cạnh.

- Xác định hệ số giảm chiều cao ở đỉnh lỗ hình. Trên cơ sở hình 7.26 xác định độ dày m ở đỉnh:

$$m = \frac{h}{\cos \alpha} + \frac{R}{\cos \alpha} - R = \frac{h + R(1 - \cos \alpha)}{\cos \alpha}$$

Khi $\alpha = 45^\circ$ ta có:

$$m = \frac{h + 0,293.R}{0,707}$$

Vì góc α ở lỗ hình tinh và trước tinh đều như nhau vì vậy:

$$h' = \eta.h;$$

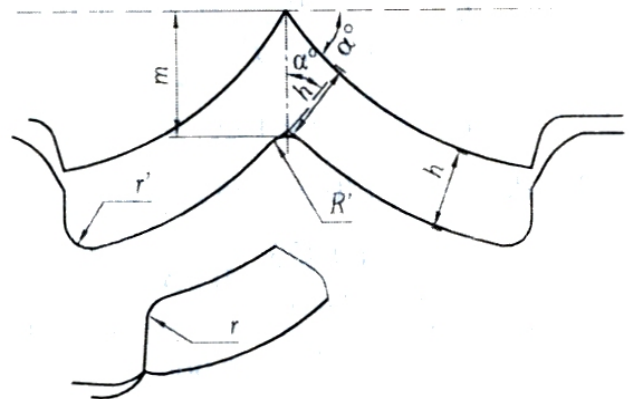
$$R' = \eta.R$$

h' , h - Chiều dày cạnh trước và sau khi cán.

R' , R - Bán kính ở đỉnh của phối trước và sau khi cán.

η - hệ số biến dạng ở đỉnh góc.

$$\eta = \frac{m'}{m} = \frac{\eta.h + 0,293.\eta.R}{h + 0,293.R}$$



H.7.26. Xác định bán kính lượn ở lỗ hình

(7.12)

Nếu $R' = \eta.R$ thì hệ số giảm chiều cao ở đỉnh và ở cạnh sẽ như nhau. Vậy để có sự điền đầy tốt ở đỉnh thì bán kính lượn ở đỉnh sẽ phải lấy lớn hơn trị số $\eta.R$.

Ví dụ:

Xác định bán kính lượn khi có 5 lần cán định hình (ngược hướng cán):

$$R_5; \quad R_4 = \eta_4.R_5; \quad R_3 = \eta_3.R_4; \quad R_2 = \eta_2.R_3; \quad R_1 = \eta_1.R_2$$

Ở đây:

$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5$ - các hệ số biến dạng đã xác định từ trước.

Các bán kính đầu cạnh (hình 7.26):

$$r'_4 = r_5 + \Delta h_5 \quad r'_2 = r_5 + \Delta h_3$$

$$r_3 = \Delta h_4 \quad r_1 = \Delta h_2$$

Hoặc cũng có thể chọn: $r' = 0,5.h$ và $r = 0,35.h$

7.5.6. Ví dụ về thiết kế lỗ hình cán thép góc N⁰10 theo TCVN

a/ Các số liệu ban đầu

Thiết kế lỗ hình cán thép góc N⁰10 theo TCVN (hình 5.16)

$l = 100 \text{ mm}$ với dung sai ± 2 ;

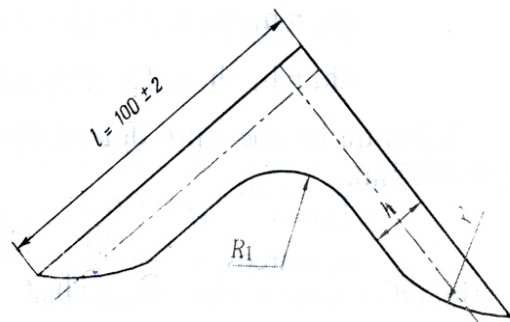
$h = 6,5; 7; 8 \text{ mm}$ với dung sai $\pm 0,60$

$h = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$ với dung sai $\pm 0,65$; $R_1 = 12 \text{ mm}$; $r' = 4 \text{ mm}$.

Vật liệu: thép CT38.

Đường kính trục cán $D = 500 \text{ mm}$

Tốc độ vòng quay trục cán $n = 120$ vòng/phút.



Vì thép góc có nhiều chiều dày h nên ở đây ta chọn $n = 10 \text{ mm}$ để tính toán có $F = 1920 \text{ mm}^2$.

Hình 7.26: Các kích thước của thép góc N⁰10 TCVN

b/ Thiết kế và tính toán

❶ Xác định các kích thước của sản phẩm ở trạng thái nóng

Chiều dài cạnh $l = (100 - 1,5).1,013 \approx 100 \text{ mm}$

Chiều dày cạnh $h = (10 - 1,5).1,013 \approx 9,6 \text{ mm}$ (có xét đến một phần dung sai âm).

Tổng chiều dài cạnh tính theo đường trung bình (khi khai triển thép góc):

$$2.l_{tb} = 2.(100 - 0,5.9,6) = 190,4 \text{ mm.}$$

Với thép góc N⁰10 chọn 5 lần cán định hình. Tham khảo đồ thị hình 5.12 và các số liệu thực tế chọn hệ số giảm chiều cao như sau:

$$\sum \frac{H}{h} = 1,25.1,45.1,6.1,6.1,6 = 7,41$$

❷ Xác định chiều cao phôi ban đầu:

$$H = 9,6.7,41 \approx 71 \text{ lấy tròn } 70 \text{ mm}$$

Chiều dài cạnh qua từng lần cán (theo hướng cán)

$$h_1 = 70/1,6 \approx 44 \text{ mm}$$

$$h_4 = 17/1,45 \approx 12 \text{ mm}$$

$$h_2 = 44/1,6 \approx 27,5 \text{ mm}$$

$$h_5 = 12/1,25 \approx 9,6 \text{ mm}$$

$$h_3 = 27,5/1,6 \approx 17 \text{ mm}$$

Lượng ép Δh của từng lần cán

$$\Delta h_1 = H - h_1 = 70 - 44 = 26 \text{ mm}$$

$$\Delta h_2 = h_1 - h_2 = 44 - 27,5 = 16,5 \text{ mm}$$

$$\Delta h_3 = h_2 - h_3 = 27,5 - 17 = 10,5 \text{ mm}$$

$$\Delta h_4 = h_3 - h_4 = 17 - 12 = 5 \text{ mm}$$

$$\Delta h_5 = h_4 - h_5 = 12 - 9,6 = 2,4 \text{ mm}$$

Kiểm tra lại góc ăn với lần cán đầu tiên khi đường kính trục $D_{\min} = 450 \text{ mm}$:

$$\alpha_1 = \arccos\left(1 - \frac{\Delta h}{D_{\min} - h_1}\right) = \arccos\left(1 - \frac{26}{450 - 44}\right) = 20^{\circ}36'$$

Với số vòng quay của trục cán $n = 120$ vòng/phút suy ra:

$$V = \frac{3,14.0,45.120}{60} = 2,82 \text{ m/s}$$

Theo đồ thị (hình 6.11) ta tìm được góc ăn $\alpha = 25^{\circ}$, vậy lượng ép trên là cho phép. Đối với các lần cán khác nhau ta cũng thử lại tương tự. Trên cơ sở lượng ép ta tìm lượng giãn rộng trong lỗ hình từ biểu thức (2.1) với $k_{\Delta b} = k'.k''$ (bảng 7.6).

Lượng giãn rộng trong lỗ hình V , lỗ hình tinh

$$\Delta b_5 = \frac{2b_{tb} \cdot \Delta h_5 \cdot K_{\Delta b}}{(h_4 + h_5) \left[1 + (1 + \alpha) \left(\frac{b_{TB}}{R \cdot \alpha} \right)^2 \right]} = \frac{2 \cdot 190,2 \cdot 4,2}{(12 + 9,6) \left[1 + (1 + 0,11) \left(\frac{190,4}{270,2 \cdot 0,11} \right)^2 \right]} = 1,2 \text{ mm}$$

$2 \cdot b_{tb} = 2 \cdot 1$ (tính theo đường trung bình).

Chiều rộng vật cán lúc đi vào lỗ hình V (chiều rộng lỗ hình IV)

$$2 \cdot b_4 = 2 \cdot b_{tb5} - \Delta b_5 = 190,4 - 1,2 = 189,2 \text{ mm}$$

Lượng giãn rộng trong lỗ hình IV, trước tinh

$$\Delta b_4 = \frac{2 \cdot 189,2 \cdot 2,2 \cdot 5,1,5}{(17 + 12) \left[1 + (1 + 0,152) \left(\frac{189,2}{219 \cdot 0,152} \right)^2 \right]} = 2,5 \text{ mm}$$

Chiều rộng vật cán lúc đi vào lỗ hình IV (chiều rộng lỗ hình III)

$$2 \cdot b_3 = 2 \cdot b_{tb4} - \Delta b_4 = 189,2 - 2,5 = 186,7 \text{ mm}$$

Lượng giãn rộng trong lỗ hình III

$$\Delta b_3 = \frac{2 \cdot 186,7 \cdot 10,5 \cdot 1,4}{(27,5 + 17) \left[1 + (1 + 0,214) \left(\frac{186,7}{216 \cdot 0,214} \right)^2 \right]} = 5,9 \text{ mm}$$

Chiều rộng vật cán lúc đi vào lỗ hình IV (chiều rộng lỗ hình II)

$$2 \cdot b_2 = 2 \cdot b_{tb3} - \Delta b_3 = 186,7 - 5,9 = 180,8 \text{ mm}$$

Lượng giãn rộng trong lỗ hình II (thô)

$$\Delta b_2 = \frac{2 \cdot 180,8 \cdot 16,5 \cdot 1,2}{(44 + 27,5) \left[1 + (1 + 0,279) \left(\frac{180,8}{211,3 \cdot 0,279} \right)^2 \right]} = 7,7 \text{ mm}$$

Chiều rộng vật cán lúc đi vào lỗ hình IV (chiều rộng lỗ hình I)

$$2 \cdot b_1 = 2 \cdot b_{tb2} - \Delta b_2 = 180,8 - 7,7 = 173,1 \text{ mm}$$

Lượng giãn rộng trong lỗ hình I (thô)

$$\Delta b_1 = \frac{2 \cdot 173,1 \cdot 26,1}{(70 + 44) \left[1 + (1 + 0,355) \left(\frac{173,1}{203 \cdot 0,355} \right)^2 \right]} = 9 \text{ mm}$$

Chiều rộng B của phôi được xác định theo chiều rộng của lỗ hình I

$$B = 2 \cdot b_{tb2} - \Delta b_1 = 173,1 - 9 = 164,1 \text{ mm}$$

③ Xác định các góc ở đỉnh của lỗ hình thô

Theo phương pháp thiết kế thì để bảo đảm góc ở đỉnh của thép góc là 90° thì ở lỗ hình tinh và trước tinh chọn góc $\varphi = 90^\circ$: $\varphi_4 = \varphi_5 = 90^\circ$

Đối với lỗ hình I, chọn $\varphi_1 = 130^\circ$.

④ Xác định các góc ở đỉnh của lỗ hình II và III (φ_2 , và φ_3)

Tổng lượng ép trong các lỗ hình II; III; IV là

$$\Sigma \Delta h_{2,3,4} = \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4 = 16,5 + 10,5 + 5 = 32 \text{ mm}$$

Trong các lỗ hình này góc φ giảm dần từ $\varphi = 130^\circ$ đến $\varphi = 90^\circ$ do đó:

$$\Sigma \Delta \varphi = \Delta \varphi_2 + \Delta \varphi_3 + \Delta \varphi_4 = 130^\circ - 90^\circ = 40^\circ$$

Hệ số tỷ lệ giảm góc φ so với lượng ép Δh là: $m = \frac{\Sigma \Delta \varphi}{\Sigma \Delta h} = \frac{40}{32} = 1,25$

Như vậy góc φ ở lỗ hình II sẽ là: $\varphi_2 = 130^\circ - \frac{\Sigma \Delta \varphi}{\Sigma \Delta h} \cdot \Delta b_2 = 130 - 1,25 \cdot 16,5 \approx 109,4^\circ$

Góc φ ở lỗ hình III là: $\varphi_3 = \varphi_2 - \frac{\Sigma \Delta \varphi}{\Sigma \Delta h} \cdot \Delta b_3 = 109,4 - 1,25 \cdot 10,5 \approx 96^\circ$

Góc φ ở lỗ hình IV là: $\varphi_4 = 90^\circ$; $\varphi_5 = 90^\circ$

Kết quả tính toán của 5 lỗ hình được tổng hợp trong bảng 7.8

Bảng 7.8. kết quả tính toán

Số lỗ hình	μ	h (mm)	Δh (mm)	$2b_{tb}$ (mm)	$2\Delta b$ (mm)	φ (độ)
Phôi	-	70	-	-	-	-
I	1,6	44	26	173,1	9	130
II	1,6	27,5	16,5	180,8	7,7	109
III	1,6	17	10,5	186,7	5,9	96
IV	1,45	12	5	189,2	2,5	90
V	1,25	9,6	2,4	190,4	1,2	90

μ - hệ số biến dạng $\mu = H/h$; h - chiều dày cạnh; Δh - lượng ép
 $2.b_{tb}$ - chiều rộng tổng 2 cạnh; Δb - tổng giãn rộng trên 2 cạnh; φ - góc uốn ở đỉnh

c/ Cấu tạo các lỗ hình

① Lỗ hình 5: lỗ hình tinh

Lỗ hình có cạnh thẳng, bán kính lượn ở đỉnh $R_f = 12 \text{ mm}$; $r' = 4 \text{ mm}$

Giãn rộng trong lỗ hình là giãn rộng tự do vì thép góc N⁰10 theo TCVN có nhiều chiều dày cạnh h khác nhau. Song để cán được sản phẩm này chỉ cần một lỗ hình tinh với hai lỗ hình trước tinh nhằm đảm bảo được dung sai trên chiều dài cạnh là $\pm 2 \text{ mm}$. Một lỗ hình trước tinh cán thép góc dày 6,5; 7; 8 và 10 mm, lỗ hình trước tinh kia để cán thép góc dày 12; 14 và 16mm.

Chiều rộng lỗ hình tinh:

$$B_5 = 2.1_5 \cdot \cos \alpha_5 = 2.95,5.0,707 = 135 \text{ mm}$$

Chiều rộng miệng rãnh trục trên chọn

$$B'_5 \approx 1,7.1_5'$$

$$B'_5 = 1,7.100 = 170 \text{ mm}$$

Chiều sâu rãnh trục

$$H_5 = 0,5 \cdot B'_5 = \frac{170}{2} = 85 \text{ mm}$$

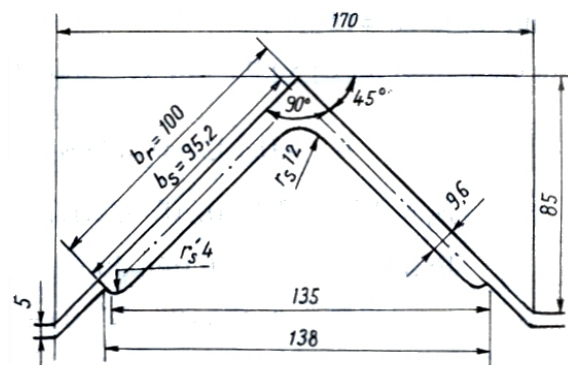
② Lỗ hình trước tinh IV - uốn cạnh

Chiều dài cạnh $l_4 = 94,6 \text{ mm}$

Theo bảng số liệu (bảng 7.8) thì chiều dày cạnh trong lỗ hình IV (H. 7.28) là:

Chiều dày cạnh $h_4 = 12 \text{ mm}$

Góc φ có trị số $\varphi_4 = 90^\circ$ và $\alpha_4 = 90 - 1/2\varphi_4 = 45^\circ$.



H. 7.27. Cấu tạo lỗ hình tinh của thép góc N⁰10 TCVN

Về nguyên tắc phải xác định được đoạn cạnh thẳng b' sao cho chiều rộng toàn bộ lỗ hình phải giảm dần ngược hướng cán. Muốn vậy phải xác định chiều rộng của lỗ hình I (thô). Trên cơ sở ấy thiết kế lại kết cấu lỗ hình trước tinh IV có uốn cạnh.

Giả thiết chọn $b'_4 = 0,3.l_4 = 0,3.94,6 = 28,4$ mm

Chiều rộng B của lỗ hình IV tính theo biểu thức (7.11)

$$B = 2.X_4 = 2.b'.\cos\alpha + 2.\frac{l-b'}{0,01745.\alpha^0}.\sin\alpha$$

$$= 2.28,4.0,707 + 2.1,275.(94,6 - 28,4).0,707 = 160,1\text{mm}$$

Đối với lỗ hình thô I, ta có

- Chiều dài cạnh:

$$l_1 = \frac{173,1}{2} = 86,6\text{mm}$$

- Góc $\varphi_1 = 130^\circ$ và $\alpha_1 = 25^\circ$

Giả thiết chọn $b'_1 = 0,6.l_1 = 0,6.86,6 = 52$ mm

- Chiều rộng của lỗ hình I

$$B_1 = 2.X_1 = 2.b'.\cos\alpha + 2.\frac{l-b'}{0,01745.\alpha^0}.\sin\alpha$$

$$= 2.52.0,906 + 2.\frac{86,61 - 52}{0,436}.0,423 = 161,3\text{mm}$$

Từ cách tính trên đây chiều rộng $B_4 = 160,1$ mm không phù hợp giả thiết rằng sự biến đổi chiều rộng từ lỗ hình II, III, IV chỉ với 1 mm qua từng lỗ hình thì chiều rộng B của lỗ hình IV phải là $B_4 = 164,1$ (ở trên ta tính được $B_4 = 160,1\text{mm}$).

Như vậy để tăng được chiều rộng của lỗ hình IV ta phải chọn lại trị số b'_4 nhỏ đi (nhỏ hơn 28,4 mm), ví dụ:

$b'_4 = 0,2.l_4 = 0,2.94,6 = 19$ mm

$$B_4 = 2.X_4 = 2.19.0,707 + 2.1,275.(94,6 - 19).0,707 = 163,9 \approx 164$$
 mm

Bán kính uốn cạnh trên đường trung bình

$$R_4 = 1,275.(94,6 - 19) = 1,275.75,6 = 96,5$$
 mm

Bán kính uốn cạnh mặt trên đường trung bình

$$R'_4 = R_4 - \frac{h_4}{2} = 96,5 - \frac{12}{2} = 90,5\text{mm}$$

Bán kính uốn cạnh mặt dưới đường trung bình

$$R''_4 = R_4 + \frac{h_4}{2} = 96,5 + \frac{12}{2} = 102,5\text{mm}$$

Chiều cao rãnh trục trên tính theo biểu thức (5.9)

$$H_4 = 0,707.19 + 0,293.96,5 = 41,7$$
 mm

Bán kính lượn ở đỉnh góc

$$R_{14} = \eta_4.R_{15} = 1,45.12 = 17$$
 mm

Bán kính lượn ở đầu cạnh

$$r'_4 = r'_5.\Delta h_5 = 4.2,4 = 6,4$$
 mm

Các số liệu tính toán ghi lên bản vẽ lỗ hình (hình 7.28)

③ Lỗ hình III - lỗ hình thô

$$l_3 = 93,4$$
 mm

Theo số liệu ở bảng 7.8 có

$$h_3 = 17\text{mm}; \varphi = 96^\circ$$

Chiều rộng của lỗ hình III

$$B_3 = B_4 - 1 = 163,9 - 1 = 162,9 \text{ mm}$$

Độ dài đoạn cạnh thẳng b'_3 tính theo biểu thức (7.11):

$$b'_3 = \frac{\frac{l_3 \cdot \sin \alpha_3}{0,01745 \cdot \alpha_3} - 0,5 \cdot B_3}{\frac{\sin \alpha_3}{0,01745 \cdot \alpha_3} - \cos \alpha_3}$$

với $\alpha_3 = 90 - 0,5 \cdot \varphi_3 = 90 - 0,5 \cdot 96 = 42^\circ = 0,733 \text{ rad}$

$\sin 42^\circ = 0,669; \cos 42^\circ = 0,743$

$$b'_3 = \frac{93,4 \frac{0,669}{0,733} - 0,5 \cdot 163}{\frac{0,669}{0,733} - 0,743} = 21 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cong cạnh theo đường trung bình

$$R_3 = \frac{93,4 - 21}{0,733} = 98,5 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cạnh mặt trên đường trung bình

$$R'_3 = R_3 - \frac{h_3}{2} = 98,5 - \frac{17}{2} = 90 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cạnh mặt dưới đường trung bình

$$R''_3 = R_3 + \frac{h_3}{2} = 98,5 + \frac{17}{2} = 107 \text{ mm}$$

Chiều cao rãnh trục trên tính theo biểu thức (7.9)

$$H_3 = B'_3 \cdot \sin \alpha_3 + R_3 \cdot (1 - \cos \alpha_3) = 21 \cdot 0,669 + 98,5 \cdot (1 - 0,743) = 40,3 \text{ mm}$$

Bán kính lượn ở đầu cạnh

$$r' = \Delta h_4 = 5 \text{ mm}$$

Bán kính lượn ở đỉnh góc

$$R_{13} = 1,6 \cdot R_{14} = 1,6 \cdot 17 = 27 \text{ mm}$$

Độ nghiêng đầu cạnh chọn 10%

④ Lỗ hình II - thô

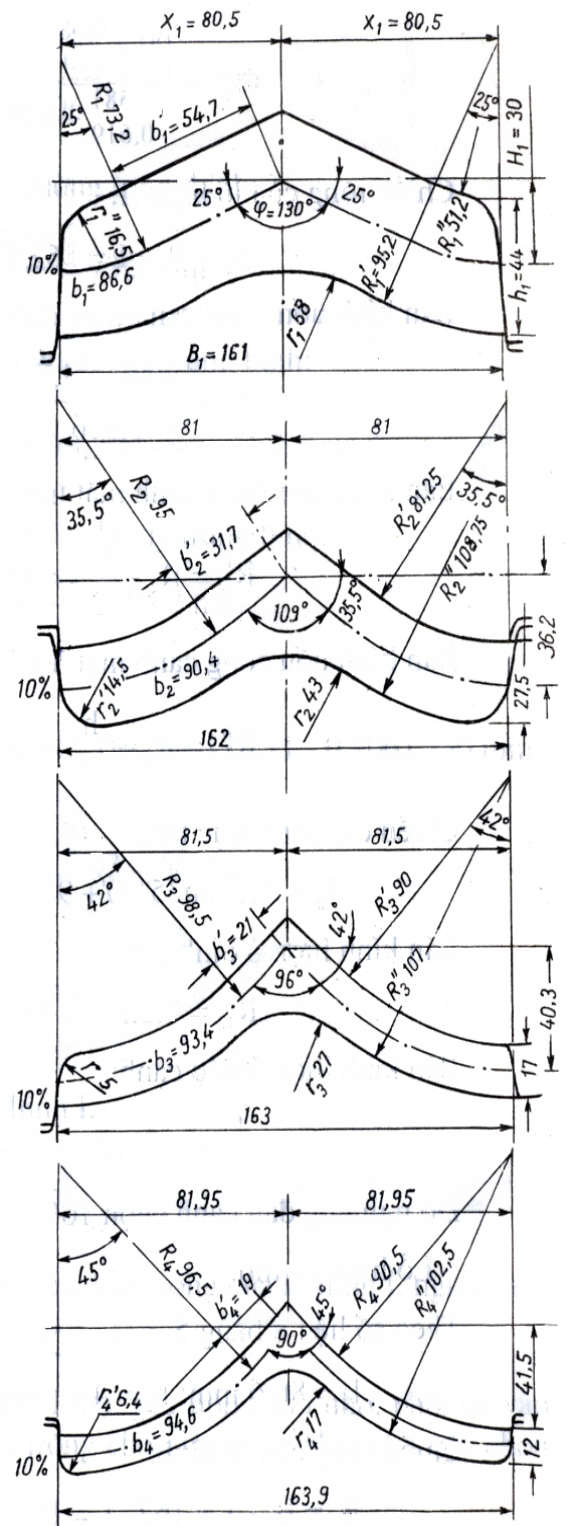
Theo số liệu ở bảng 7.8

$l_2 = 90,4 \text{ mm}; h_2 = 27,5 \text{ mm}; \varphi_2 = 109^\circ; \alpha_2 = 35^\circ 30'$

$\sin 35^\circ 30' = 0,5807; \cos 35^\circ 30' = 0,8141$

Xác định độ dài đoạn thẳng b'_2 :

$$b'_2 = \frac{90,4 \frac{0,581}{0,619} - 0,5 \cdot 162}{\frac{0,581}{0,619} - 0,814} = 31,7 \text{ mm}$$



Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng H.7.28. Cấu tạo lỗ hình cán thép góc N^o10 TCVN, cạnh cân

Chiều rộng của lỗ hình II: $B_2 = B_3 - 1 = 162,9 - 1 \approx 162,9 \text{ mm}$

Bán kính uốn cong cạnh theo đường trung bình

$$R_2 = \frac{90,4 - 31,7}{0,619} = 95 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cong cạnh mặt trên đường trung bình

$$R'_2 = R_2 - \frac{h_2}{2} = 95 - \frac{27,5}{2} = 81,25 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cong cạnh mặt dưới đường trung bình

$$R''_2 = R_2 + \frac{h_2}{2} = 95 + \frac{27,5}{2} = 108,75 \text{ mm}$$

Chiều cao rãnh trục trên tính theo biểu thức (7.9)

$$H_2 = 31,7 \cdot \sin 35^\circ 30' + 95 \cdot (1 - \cos 35^\circ 30') = 36,2 \text{ mm}$$

Bán kính lượn ở đầu cạnh

$$r'_2 = r_3 + \Delta h_3 = 4 + 10,5 = 14,5 \text{ mm}$$

Bán kính lượn ở đỉnh góc

$$R_{12} = 1,6 \cdot R_{13} = 1,6 \cdot 27 = 43 \text{ mm}$$

Độ nghiêng đầu cạnh chọn 10%

⊙ Lỗ hình I - thô

Theo số liệu ở bảng 7.8

$$L_1 = 86,6 \text{ mm}; h_1 = 44 \text{ mm}; \varphi_{21} = 130^\circ; \alpha_1 = 25^\circ$$

$$\sin 25^\circ = 0,423; \cos 25^\circ = 0,906$$

Xác định độ dài đoạn thẳng b'_1 :

$$b'_1 = \frac{86,6 \frac{0,423}{0,436} - 0,5 \cdot 161}{\frac{0,423}{0,436} - 0,906} = 54,7 \text{ mm}$$

Chiều rộng của lỗ hình I

$$B_1 = B_2 - 1 = 162 - 1 \approx 161 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cong cạnh theo đường trung bình

$$R_2 = \frac{86,6 - 54,7}{0,436} = 73,2 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cong cạnh mặt trên đường trung bình

$$R'_1 = R_1 - \frac{h_1}{2} = 73,2 - \frac{44}{2} = 51,2 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cong cạnh mặt dưới đường trung bình

$$R''_1 = R_1 + \frac{h_1}{2} = 73,2 + \frac{44}{2} = 95,2 \text{ mm}$$

Chiều cao rãnh trục trên tính theo biểu thức (7.9)

$$H_1 = 54,7 \cdot \sin 25^\circ + 73,2 \cdot (1 - \cos 25^\circ) = 30 \text{ mm}$$

Bán kính lượn ở đầu cạnh

$$r'_1 = \Delta h_2 = 16,5 \text{ mm}$$

Bán kính lượn ở đỉnh góc

$$R_{1,1} = 1,6 \cdot R_{1,2} = 1,6 \cdot 43 = 68 \text{ mm}$$

Độ nghiêng đầu cạnh chọn 10%

Chọn chiều rộng phôi vào lỗ hình I

Theo tính toán (bảng 7.8) ta có

Chiều cao phôi $h_0 = 70$ mm.

Chiều rộng phôi phải phù hợp với chiều rộng của lỗ hình I, nghĩa là:

$$B_0 = 161 - 9 = 152 \text{ mm}$$

Vì chiều dày cạnh của lỗ hình I lớn, góc uốn cạnh nhỏ, phôi để vào lỗ hình vì thế chỉ cần để một khoảng trống cho giãn rộng nhỏ, cho nên chọn B_0 như sau:

$$B_0 = 155 \text{ mm}$$

Tất cả các số liệu tính toán được thống kê lại trong bảng 7.9

7. 5.7. Ví dụ về thiết kế lỗ hình cán thép góc không cân (chữ L) N⁰12,5/8

a/ Các số liệu ban đầu

Đường kính trục cán: $D = 500$ mm.

Số vòng quay của trục cán: $n = 120$ vòng/phút.

Kích thước thép góc N⁰12,5/8 TCVN; Vật liệu: thép CT38.

$$l_a = 125^{\pm 2} \text{ mm} ; l_b = 80^{\pm 2} \text{ mm} \text{ (dung sai } \pm 2);$$

$$h = (7 \div 8)^{\pm 0,6} \text{ mm (dung sai } \pm 0,60); h = (10 \div 12)^{\pm 0,65} \text{ mm (dung sai } \pm 0,65)$$

$$R_1 = 11 \text{ mm}; r' = 3,7 \text{ mm.}$$

Thiết kế cho $h = 10$ mm để có diện tích tiết diện $F = 1970 \text{ mm}^2$.

Bảng 7.9. Các thông số thiết kế lỗ hình cán thép góc N⁰10 TCVN

b/ Tính và thiết kế lỗ hình

① Xác định các kích thước của sản phẩm ở trạng thái nóng (lấy một phần dung sai âm)

$$l_{a \text{ nóng}} = (125 - 1,5).1,013 = 125 \text{ mm}$$

$$l_{b \text{ nóng}} = (80 - 1,5).1,013 = 80 \text{ mm}$$

Chiều dày cạnh

$$h_{\text{nóng}} = (10 - 0,5).1,013 = 9,6 \text{ mm}$$

Chiều dài 2 cạnh tính theo đường trung bình:

$$l_{a \text{ nóng}} + l_{b \text{ nóng}} = 125 + 80 - 9,6 = 195,4 \text{ mm}$$

Trên cơ sở đồ thị (hình 7.22) xác định các hệ số biến dạng của từng lần cán như sau:

$$\sum \frac{H}{h} = 1,25.1,45.1,6.1,6.1,6 = 7,41$$

Chiều cao phôi $h_0 = 9,6.7,41 \approx 71$ lấy tròn 70 mm

Số lỗ hình	l	b'	l - b'	B	h	φ	R	R'	R''	H	R ₁	r	r ₁	K
I	Phôi			155	70									
I	86,6	54,7	31,9	161	44	130	73,2	51,2	95,2	30	68	-	16,5	10
II	90,4	31,7	58,7	162	27,5	109	95	81,25	108,75	36,2	43	14,5	-	10
III	93,4	21	72,4	163	17	96	98,5	90	107	40,3	27	-	50	10
IV	94,6	19	75,6	164	12	90	96,5	90,5	102,5	41,7	17	6,4	-	10
V	95,2	-	-	-	9	90	-	-	-	67,3	12	4	-	-

l - chiều dài cạnh, mm φ - góc uốn cạnh, độ R₁ - bán kính lượn ở đỉnh, mm
 h - chiều cao, mm R - bán kính uốn cạnh, mm; r - bán kính lượn đầu cạnh mặt dưới, mm
 b' - đoạn cạnh thẳng, mm R' - bán kính uốn mặt trên đường trung bình, mm r₁ - bán kính lượn đầu cạnh mặt dưới, mm
 B - chiều rộng lỗ hình, mm R'' - bán kính uốn mặt dưới đường trung bình, mm K - độ nghiêng đầu cạnh, %
 h - chiều dày cạnh, mm H - chiều cao rãnh trục, mm

Chiều dài cạnh qua từng lần cán (theo hướng cán)

$$h_1 = 70/1,6 \approx 44 \text{ mm}$$

$$h_4 = 17/1,45 \approx 12 \text{ mm}$$

$$h_2 = 44/1,6 \approx 27,5 \text{ mm}$$

$$h_5 = 12/1,25 \approx 9,6 \text{ mm}$$

$$h_3 = 27,5/1,6 \approx 17 \text{ mm}$$

Lượng cán Δh của từng lần cán

$$\Delta h_1 = H - h_1 = 70 - 44 = 26 \text{ mm}$$

$$\Delta h_2 = h_1 - h_2 = 44 - 27,5 = 16,5 \text{ mm}$$

$$\Delta h_3 = h_2 - h_3 = 27,5 - 17 = 10,5 \text{ mm}$$

$$\Delta h_2 = h_1 - h_2 = 17 - 12 = 5 \text{ mm}$$

$$\Delta h_2 = h_1 - h_2 = 12 - 9,6 = 2,4 \text{ mm}$$

Xác định góc ăn α_1 đối với lần cán I khi đường kính trục $D = 450\text{mm}$

$$\alpha_1 = \arccos\left(1 - \frac{\Delta h}{D_{\min} - h_1}\right) = \arccos\left(1 - \frac{26}{450 - 44}\right) = 20^{\circ}36'$$

Với số vòng quay của trục cán $n = 120$ vòng/phút suy ra

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,45 \cdot 120}{60} = 2,82 \text{ m/s}$$

Theo đồ thị (hình 6.11) tìm được góc ăn $\alpha = 25^{\circ}$ - điều kiện ăn được thoả mãn. Xác định lượng giãn rộng ở từng lỗ hình (vì có kích thước tương tự nên có thể sử dụng các đại lượng giãn rộng ở ví dụ 7.6)

$$\Delta b_5 = 1,2 \text{ mm}; \Delta b_4 = 2,5 \text{ mm}; \Delta b_3 = 5,9 \text{ mm};$$

$$\Delta b_2 = 7,7 \text{ mm}; \Delta b_1 = 9 \text{ mm};$$

Tổng chiều dài của từng lần cán (tính theo đường trung bình)

$$l_{a4} + l_{b4} = 194,2 \text{ mm}; \quad l_{a3} + l_{b3} = 191,7 \text{ mm};$$

$$l_{a2} + l_{b2} = 185,8 \text{ mm}; \quad l_{a1} + l_{b1} = 178,1 \text{ mm};$$

Để thiết kế lỗ hình cần biết chiều dài của cạnh dài và cạnh ngắn. Trên cơ sở lượng giãn rộng chung, tính lượng giãn rộng riêng trên mỗi cạnh theo biểu thức:

$$\Delta b_a = \frac{\Delta b \cdot l_a}{l_a + l_b} \qquad \Delta b_b = \frac{\Delta b \cdot l_b}{l_a + l_b}$$

Trên cơ sở tính toán được các giá trị sau:

$$\Delta b_{a5} = 0,7 \text{ mm}; \quad l_{a5} = 120,2 \text{ mm}; \quad \Delta b_{a5} = 0,5 \text{ mm}; \quad l_{a5} = 75,2 \text{ mm}$$

$$\Delta b_{a4} = 1,5 \text{ mm}; \quad l_{a4} = 119,2 \text{ mm}; \quad \Delta b_{a4} = 1,0 \text{ mm}; \quad l_{a4} = 74,7 \text{ mm}$$

$$\Delta b_{a3} = 3,7 \text{ mm}; \quad l_{a3} = 118 \text{ mm}; \quad \Delta b_{a3} = 2,2 \text{ mm}; \quad l_{a3} = 73,7 \text{ mm}$$

$$\Delta b_{a2} = 4,8 \text{ mm}; \quad l_{a2} = 114,3 \text{ mm}; \quad \Delta b_{a2} = 2,9 \text{ mm}; \quad l_{a5} = 71,5 \text{ mm}$$

$$\Delta b_{a1} = 5,5 \text{ mm}; \quad l_{a1} = 109,5 \text{ mm}; \quad \Delta b_{a1} = 3,5 \text{ mm}; \quad l_{a1} = 68,6 \text{ mm}$$

Góc φ ở đỉnh tương tự như ví dụ 7.6

$$\varphi_1 = 130^{\circ}; \varphi_2 = 109^{\circ}; \varphi_3 = 96^{\circ}; \varphi_4 = \varphi_5 = 90^{\circ}$$

Bảng 7.10. Các trị số tính toán cho ví dụ 7.7

Số lỗ hình	μ	h (mm)	Δh (mm)	$l_a + l_b$	l_a	l_b (mm)	$2\Delta b$ (mm)	φ (độ)
Phôi	-	70	-	-	-	-	-	-
I	1,6	44	26	178,1	109,5	68,6	9	130
II	1,6	27,5	16,5	185,8	114,3	71,5	7,7	109
III	1,6	17	10,5	191,7	118,0	73,7	5,9	96
IV	1,45	12	5	194,2	119,5	74,7	2,5	90
V	1,25	9,6	2,4	195,4	120,2	75,2	1,2	90

μ - hệ số biến dạng $\mu = H/h$;

h - chiều dày cạnh, mm;

Δh - lượng ép, mm

$l_a + l_b$ - chiều rộng tổng 2 cạnh, mm;

l_a - chiều dài cạnh lớn, mm

l_b - chiều dài cạnh nhỏ, mm

Δb - lượng giãn rộng, mm

φ - góc uốn ở đỉnh, độ

Thiết kế các lỗ hình: bắt đầu từ lỗ hình tinh

② Lỗ hình V - tinh

Về nguyên tắc nên bố trí lỗ hình sao cho chiều cao H của cạnh lớn và nhỏ như nhau, nghĩa là phải có một sự cân bằng theo hình chiếu đứng của các cạnh

Từ kết quả trên bảng 7.10

$$l_a \cdot \sin \alpha_a = l_b \cdot \sin \alpha_b$$

$$\frac{l_a}{l_b} = \frac{\sin \alpha_b}{\sin \alpha_a} \quad \text{vì } \alpha_a = 90^\circ - \alpha_b \text{ và } \sin \alpha_a = \cos \alpha_b \text{ nên}$$

$$\frac{l_a}{l_b} = \operatorname{tg} \alpha_b \quad \text{suy ra } \alpha_b = \operatorname{arctg} \frac{l_a}{l_b}$$

Ta có: $\alpha_b = \operatorname{arctg} \frac{120,2}{75,2} = \operatorname{arctg} 1,6 = 58^\circ$; $\alpha_a = 90^\circ - 58^\circ = 32^\circ$

Chiều rộng lỗ hình tinh:

$$B_5 = l_a \cos \alpha_a + l_b \cos \alpha_b = 120,2 \cdot \cos 32^\circ + 75,2 \cdot \cos 58^\circ = 141,8 \text{ mm}$$

Chiều sâu rãnh lỗ hình:

$$H_5 = 1,2 \cdot l_b \cdot \sin \alpha_b = 1,2 \cdot 80 \cdot \sin 58^\circ = 81,4 \text{ mm}$$

Chiều rộng miệng lỗ hình trục trên

$$B'_5 = H_5 (\cot \alpha_b + \cot \alpha_a) = 81,4 \cdot (\cot 58^\circ + \cot 32^\circ) = 181 \text{ mm}$$

Bán kính lượn ở đỉnh: $R'_5 = 11 \text{ mm}$

Bán kính lượn ở đầu cạnh: $r'_5 = 3,7 \text{ mm}$

Để có thể cán thép góc có nhiều chiều dày cần sử dụng 2 lỗ hình sau:

- Lỗ hình tinh cho $h = 7 \text{ mm}$

- Lỗ hình tinh cho $h = 10 \text{ mm}$

Với chiều dày $h = 9 \text{ mm}$ và $h = 12 \text{ mm}$ (bảng 7.10) chỉ cần thay đổi khe hở của 2 lỗ hình trên.

③ Lỗ hình trước tinh IV

Theo bảng số liệu (bảng 7.10) ta có:

$$l_a = 119,5 \text{ mm}; l_b = 74,7 \text{ mm}; h_4 = 12 \text{ mm}; \varphi_4 = 90^\circ \text{ (hình 7.29)}$$

Lỗ hình trước tinh bố trí sao cho đường phân giác trùng với đường thẳng đứng $\alpha_a = \alpha_b = 45^\circ$. Sau đó xác định bán kính uốn cạnh nhỏ thành bán kính uốn tạo chiều rộng của lỗ hình của tất cả các lần cán (hình 7.29).

$$\text{Chọn } b'_{b4} = 0,2 \cdot l_{b4} = 0,2 \cdot 74,7 = 14,9 \text{ mm}$$

Hình chiếu nằm ngang của cạnh nhỏ;

$$X_{b4} = 0,707 \cdot 14,9 + 1,275 \cdot (74,7 - 14,9) \cdot 0,707 = 64,7 \text{ mm}$$

$$\text{Chọn } b'_{b1} = 0,6 \cdot l_{b1} = 0,6 \cdot 68,6 = 41,2 \text{ mm}; \varphi = 130^\circ \text{ ta có}$$

$$X_{b1} = 41,2 \cdot 0,906 + \frac{68,6 - 41,2}{0,436} \cdot 0,432 = 63,7 \text{ mm}$$

Kết quả cho thấy sự khác nhau giữa hai chiều rộng X_b quá nhỏ. Cho nên ta chọn lại

$$b'_{b1} = 0,7 \cdot l_{b1} = 0,7 \cdot 68,6 = 48 \text{ mm}$$

$$X_{b1} = 48 \cdot 0,906 + \frac{68,6 - 48}{0,436} \cdot 0,432 = 63,4 \text{ mm}$$

Căn cứ vào các giá trị trên ta chọn các giá trị X_b như sau:

$$X_{b4} = 64,7 \text{ mm}; X_{b3} = 64,1 \text{ mm}; X_{b2} = 63,7 \text{ mm}; X_{b1} = 63,4 \text{ mm}$$

Như vậy tổng chiều rộng của lỗ hình được tăng lên $1 \div 1,5 \text{ mm}$ theo hướng cán

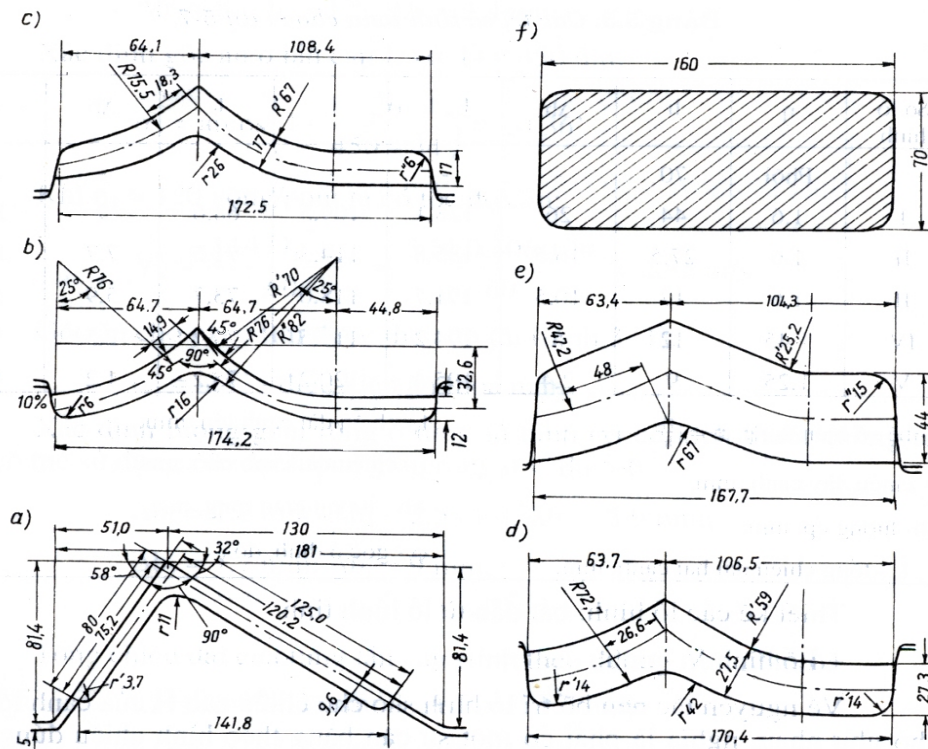
Đối với cạnh lớn, hình chiếu nằm ngang có giá trị sau:

$$X_{a4} = X_{b4} + l_{a4} - l_{b4} = 64,7 + 119,5 - 74,5 = 109,7 \text{ mm}$$

Đoạn thẳng $l_{a4} - l_{b4} = 44,8 \text{ mm}$ chính là phần nằm ngang của cạnh lớn.

Chiều rộng toàn bộ lỗ hình:

$$B_4 = X_{a4} + X_{b4} = 109,7 + 64,7 = 174,4 \text{ mm}$$



Bán kính H.7.29. Cấu tạo lỗ hình cán thép góc N⁰12,5/8 (chữ L) uốn cạnh trên đường trung bình

$$R_4 = 1,275 \cdot (74,7 - 14,9) = 76,0 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cạnh mặt trên đường trung bình

$$R'_4 = R_4 - \frac{h_4}{2} = 70 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cạnh mặt dưới đường trung bình

$$R''_4 = R_4 + \frac{h_4}{2} = 82 \text{ mm}$$

Chiều cao rãnh trục: $H_4 = 0,707 \cdot 14,9 + 0,293 \cdot 76 = 32,8 \text{ mm}$

Bán kính lượn ở đỉnh góc: $R_1 = \eta_4 \cdot R_1^5 = 1,45 \cdot 11 = 16 \text{ mm}$

Bán kính lượn ở đầu cạnh: $r' = 0,5 \cdot h = 6 \text{ mm}$

Độ nghiêng đầu cạnh chọn 10%.

④ Lỗ hình thô III

Theo số liệu ở bảng 7.10:

$$l_{b3} = 73,7 \text{ mm}; h_3 = 17 \text{ mm}; \varphi = 96^0; \alpha_3 = 42^0; X_{b3} = 64,1 \text{ mm}$$

Xác định độ dài đoạn thẳng b'_3 :

$$b'_2 = \frac{73,7 \frac{0,669}{0,733} - 64,1}{\frac{0,669}{0,733} - 0,743} = 18,3 \text{ mm}$$

$$\text{Bán kính uốn cong cạnh: } R_3 = \frac{73,7 - 18,3}{0,733} = 75,5 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cong cạnh mặt trên đường trung bình

$$R'_3 = R_3 - \frac{h_3}{2} = 75,5 - \frac{17}{2} = 67 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cạnh mặt dưới đường trung bình

$$R''_3 = R_3 + \frac{h_3}{2} = 75,5 + \frac{17}{2} = 84 \text{ mm}$$

Đoạn nằm ngang của cạnh lớn: $l_{a_3} - l_{b_3} = 1180 - 73,7 = 44,3 \text{ mm}$
 Hình chiếu nằm ngang của cạnh lớn: $X_{b_3} = 64,1 + 44,3 = 108,4 \text{ mm}$
 Chiều rộng của lỗ hình: $B_3 = X_{a_3} + X_{b_3} = 64,1 + 108,4 = 172,5 \text{ mm}$

Chiều cao của rãnh lỗ hình:

$$H_2 = 18,3 \cdot \sin 42^\circ + 45,5 \cdot (1 - \cos 42^\circ) = 31,6 \text{ mm}$$

Bán kính lượn ở đỉnh góc: $R_{13} = 1,6 \cdot R_{12} = 26 \text{ mm}$

Bán kính lượn ở đầu cạnh (trên): $r'_2 = \Delta h_3 / 2 = 6 \text{ mm}$

Độ nghiêng đầu cạnh chọn 10%

© Lỗ hình thô II

Theo số liệu ở bảng 7.10

$l_{b_2} = 71,5 \text{ mm}$; $h_2 = 27,5 \text{ mm}$; $\varphi = 109^\circ$; $\alpha_2 = 35^\circ 30'$; $X_{b_2} = 63,7 \text{ mm}$

$$\text{Xác định độ dài đoạn thẳng } b'_2: b'_2 = \frac{71,5 \frac{0,581}{0,619} - 63,7}{\frac{0,581}{0,619} - 0,743} = 28,6 \text{ mm}$$

$$\text{Bán kính uốn cong cạnh: } R_2 = \frac{71,5 - 28,6}{0,619} = 69,2 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cong cạnh mặt trên đường trung bình

$$R'_2 = R_2 - \frac{h_2}{2} = 69,2 - \frac{27,5}{2} = 55,4 \text{ mm}$$

Bán kính uốn cạnh mặt dưới đường trung bình

$$R''_2 = R_2 + \frac{h_2}{2} = 69,2 + \frac{27,5}{2} = 83 \text{ mm}$$

Đoạn nằm ngang của cạnh lớn: $l_{a_2} - l_{b_2} = 114,3 - 71,5 = 42,8 \text{ mm}$
 Hình chiếu nằm ngang của cạnh lớn: $X_{b_2} = 63,7 + 42,8 = 106,5 \text{ mm}$
 Chiều rộng của lỗ hình: $B_2 = X_{a_2} + X_{b_2} = 63,7 + 106,5 = 170,2 \text{ mm}$

Chiều cao của rãnh lỗ hình:

$$H_2 = 28,6 \cdot \sin 35^\circ 30' + 69,2 \cdot (1 - \cos 35^\circ 30') = 29,5 \text{ mm}$$

Bán kính lượn ở đỉnh góc: $R_{12} = 1,6 \cdot R_{13} = 42 \text{ mm}$

Bán kính lượn ở đầu cạnh (dưới): $r'_2 = \Delta h_3 / 2 = 14 \text{ mm}$

Độ nghiêng đầu cạnh chọn 10%

© Lỗ hình thô I

Theo số liệu ở bảng 7.10

$l_{b_1} = 68,6 \text{ mm}$; $h_1 = 44 \text{ mm}$; $\varphi = 130^\circ$; $\alpha_3 = 25^\circ$; $X_{b_1} = 63,4 \text{ mm}$

Xác định độ dài đoạn thẳng b'_{b_1} :

$$b'_{b1} = \frac{68,6 \cdot \frac{0,423}{0,436} - 63,4}{\frac{0,423}{0,436} - 0,906} = 48\text{mm}$$

Số lỗ hình	l_b	b_b'	$l_a - l_b$	$l_b - b_b'$	B	h	φ	X_b	X_a	R	R'	R''
Phôi					160	70						
I	68,6	48	40,9	20,6	167,7	44	130	63,4	104,3	47,2	25,2	69,2
II	71,5	28	42,8	42,9	170,2	27,5	109	63,7	106,5	69,2	55,4	67
III	73,7	18,3	44,3	55,4	172,5	17	96	64,1	108,4	75,5	67	70
IV	74,7	14,9	44,8	59,8	174	12	90	64,6	109,4	76	70	8
V	75,2	-	-	-	141,8	9,6	90	39,8	102	-	-	8

l - chiều dài cạnh, mm
 b' - đoạn cạnh thẳng, mm
 $l_a - l_b$ - đoạn nằm ngang của cạnh lớn, mm
 $l_a - b'_b$ - đoạn nằm ngang của cạnh lớn, mm
 B - chiều rộng lỗ hình, mm
 φ - góc uốn cạnh, độ
 R - bán kính uốn cạnh, mm;
 R' - bán kính uốn mặt trên đường trung bình, mm
 R'' - bán kính uốn mặt dưới đường trung bình, mm
 h - chiều dày cạnh, mm

Bán kính uốn cong cạnh: $R_1 = \frac{68,6 - 48}{0,436} = 47,2\text{mm}$

Bán kính uốn cong cạnh mặt trên đường trung bình

$$R'_1 = R_1 - \frac{h_1}{2} = 47,2 - \frac{44}{2} = 25,2\text{mm}$$

Bán kính uốn cạnh mặt dưới đường trung bình

$$R''_1 = R_1 + \frac{h_1}{2} = 47,2 + \frac{44}{2} = 69,2\text{mm}$$

Đoạn nằm ngang của cạnh lớn: $l_{a1} - l_{b1} = 109,5 - 68,6 = 40,9 \text{ mm}$

Hình chiếu nằm ngang của cạnh lớn: $X_{b1} = 64,1 + 40,9 = 104,3 \text{ mm}$

Chiều rộng của lỗ hình: $B_1 = X_{a1} + X_{b1} = 63,4 + 104,3 = 167,7 \text{ mm}$

Chiều cao của rãnh lỗ hình:

$$H_1 = 48,8 \cdot \sin 25^\circ + 47,2 \cdot (1 - \cos 25^\circ) = 25,1 \text{ mm}$$

Bán kính lượn ở đỉnh góc: $R_{11} = 1,6 \cdot R_{12} = 67 \text{ mm}$

Bán kính lượn ở đầu cạnh (trên): $r'_1 = 0,35 \cdot h_1 = 15 \text{ mm}$

Độ nghiêng đầu cạnh chọn 10%

⊗ Xác định chiều rộng phôi

Theo bảng 7.10 ta có chiều cao phôi $h_0 = 70 \text{ mm}$

Chiều rộng phôi $B_0 = B_1 - \Delta b_1 = 167,7 - 9 = 158,7 \text{ mm}$

Thiết kế lỗ hình như trên cho phép thực hiện hạn chế giãn rộng. Vì vậy chọn $B_0 = 160 \text{ mm}$. Tổng hợp các số liệu ta lập được bảng 7.11

7.6. Thiết kế lỗ hình cán một số sản phẩm đơn giản

7.6.1. Thiết kế lỗ hình cán thép tròn

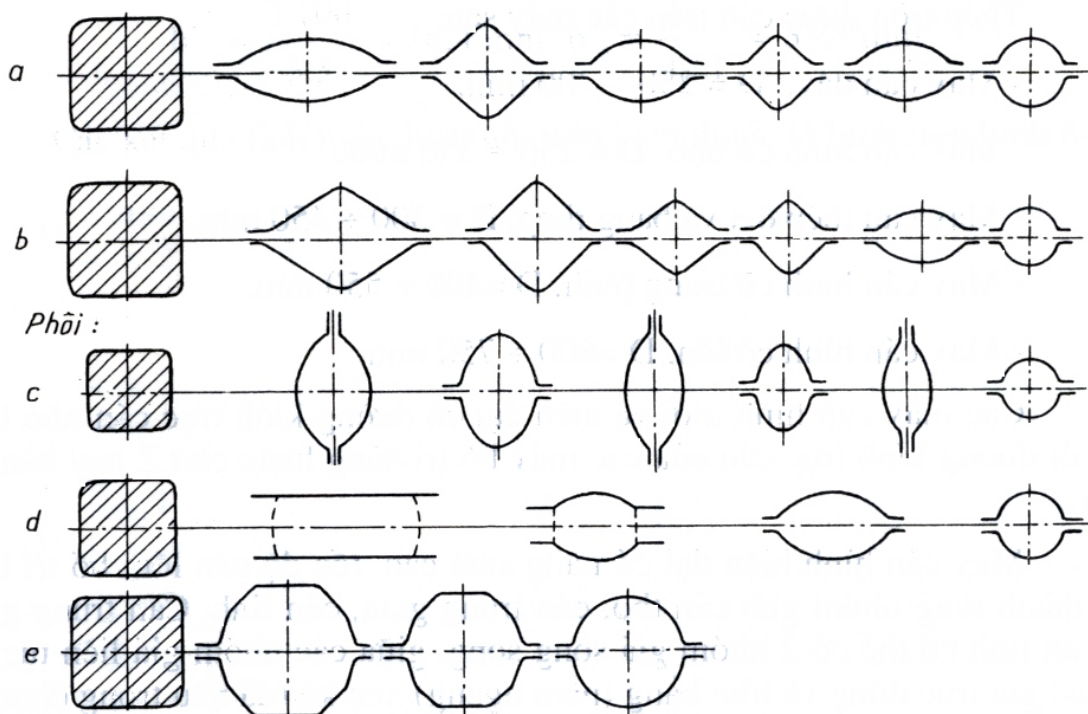
a/ Máy cán thép tròn và phương pháp cán

Thép tròn được cán trên các máy sau:

- Máy cán dây $D = 250 \div 300$ mm.
- Máy cán hình cỡ nhỏ $D = 250 \div 350$ mm.
- Máy cán dẹt và băng thép $D = 300 \div 450$ mm.
- Máy cán hình cỡ trung $D = 400 \div 550$ mm.
- Máy cán hình cỡ lớn $D = 600 \div 750$ mm.

Các máy cán hình mới và hiện đại có đường kính trục cán nhỏ hơn so với đường kính trục cán của các máy bố trí hàng, chữ Z (bàn cờ) v.v ...

Máy cán hình hiện đại có năng suất cao, tốc độ cán lớn, bố trí liên tục thành từng nhóm giá: cán thô, cán trung gian, cán tinh. Cán trung gian và cán tinh có thể có 2 nhóm giá song song, giữa các nhóm giá liên tục có có giá trục đứng và giá trục nằm ngang xen kẽ. Phôi liệu cho máy cán liên tục có tiết diện vuông (80 x 80) và (100 x 100) dài 12 m, sản lượng đạt đến 0,9 triệu tấn/năm.



H.7.30. Các hệ thống lỗ hình thường dùng để cán thép tròn

Thứ tự và các bước tính toán cho 1 sản phẩm thép tròn như sau:

① Chọn hệ thống lỗ hình cán thô theo kiểu máy (bố trí hàng hay liên tục) với kích thước của thép tròn.

② Quá trình tính là ngược hướng cán, có tính đến một phần dung sai âm, nhiệt độ kết thúc cán.

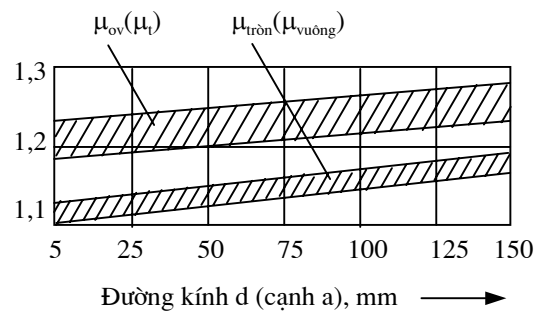
Xác định kích thước sản phẩm ở trạng thái nóng

③ Xác định hệ số giãn dài ở lỗ hình tinh, trước tinh, tìm diện tích tiết diện của lỗ hình ôvan và vuông trước tinh. Để xác định 2 hệ số giãn dài nói trên có thể tham khảo thông số thực nghiệm như trên đồ thị hình 7.31 ta có:

$$\mu_{\text{tròn}} = 1,1 \div 1,2$$

$$\mu_{\text{ôvan}} = 1,18 \div 1,28$$

④ Tính lượng giãn rộng trong lỗ hình tinh để xác định kích thước lỗ hình ôvan trước tinh. Theo diện tích tiết diện của lỗ hình vuông trước tinh xác định cạnh và các kích thước khác của lỗ hình vuông, từ lỗ hình vuông này trở về sau tính theo hệ thống lỗ hình giãn dài (đã học ở chương 2).



H.7.31. Đồ thị xác định hệ số giãn dài của lỗ hình tròn và trước tinh

⑤ Tính các kích thước của lỗ hình thô theo hệ thống lỗ hình tròn và trước tinh

b/ Thiết kế lỗ hình cán thép tròn trên máy cán liên tục

Ngày nay các máy cán hình liên tục được thiết kế và chế tạo rất phổ biến. Khi cán liên tục phải đảm bảo hàng số cán là liên tục đồng thời khi cán liên tục có thể phải lật thép giữa các giá, hoặc không lật thép nếu có các giá trục đứng và trục nằm ngang xen kẽ. Khi thiết kế lỗ hình phải sử dụng một lượng kéo căng giữa các giá và do đó sau khi lật phôi thì thường phôi không ổn định cho nên muốn dẫn hướng vào phải kẹp chặt phôi, điều này làm mài mòn nhanh bề mặt dẫn hướng và chóng hư hỏng.

Khi cán liên tục nhiều xí nghiệp đã sử dụng có hiệu quả hệ lỗ hình ôvan và ôvan cạnh ở nhóm giá cán tinh có trục đứng và trục nằm ngang xen kẽ. Hệ số giãn dài của hệ thống này thường là $\mu = 1,4 \div 1,45$ từ ôvan cạnh nọ sang ôvan cạnh kia (H.7.30)

Các bước thiết kế lỗ hình cán thép tròn theo hệ thống ôvan và ôvan cạnh trên máy cán hình cỡ nhỏ sau:

① Xác định kích thước theo lỗ hình tinh và trước tinh sau đó đến các lỗ hình thô (Hình 7. 30c)

② Tìm kích thước của ôvan cạnh trên cơ sở các đồ thị thể hiện mối liên hệ giữa góc ăn, tốc độ cán, hệ số giãn dài từ các hình 7.32 và 7.33.

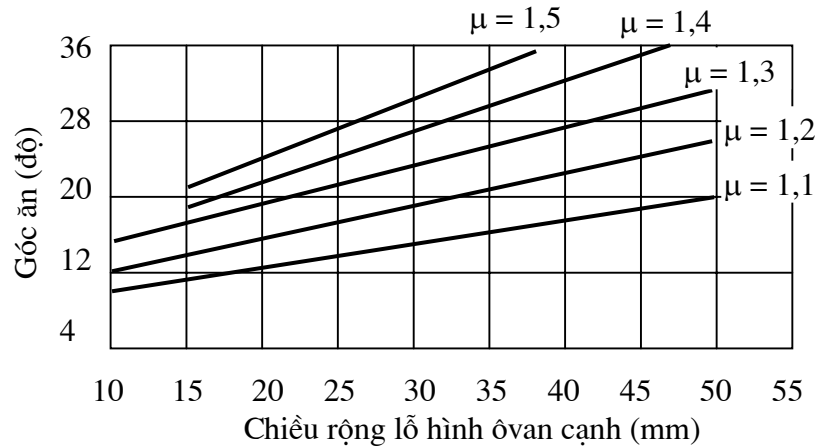
Hệ số giãn dài trong lỗ hình ôvan chọn như sau:

$$\mu_{\text{ôvan}} = 1 + 1,25(\mu_{\text{ôvan-c}} - 1)$$

③ Tìm hệ số giãn dài từ ôvan cạnh nọ sang ôvan cạnh kia:

$$\mu = \mu_{\text{ôvan}} \cdot \mu_{\text{ôvan-c}}$$

Ta có:
$$\mu_{\text{tròn}} = \frac{F_0}{F_n} = \mu_1 \cdot \mu_2 \dots \mu_n$$



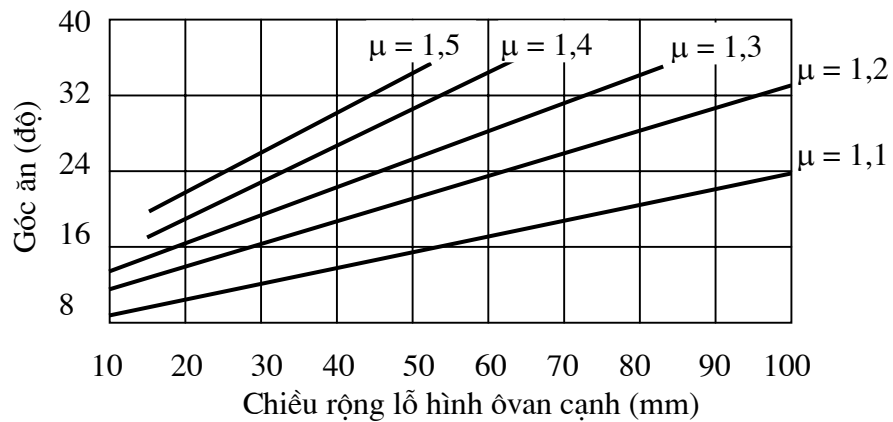
H.7.32. Quan hệ giữa góc ăn, hệ số giãn dài và chiều rộng của lỗ hình ôvan cạnh (đường kính trục cán D = 250 mm)

Trước hết tìm diện tích và kích thước của tất cả các lỗ hình ôvan cạnh:

Lấy tỷ số:
$$\frac{h_{\text{ov-c}}}{b_{\text{ov-c}}} = 1,2 \div 1,25; \text{ chọn } \frac{h_{\text{ov-c}}}{b_{\text{ov-c}}} = 1,25;$$

Ta có
$$F_{\text{ov-c}} = h_{\text{ov-c}} \cdot b_{\text{ov-c}} = 0,94b_{\text{ov-c}}^2$$

Vậy
$$b_{\text{ov-c}} = \sqrt{1,06 \cdot F_{\text{ov-c}}}; \quad h_{\text{ov-c}} = 1,25 \cdot b_{\text{ov-c}}$$



H.7.33. Quan hệ giữa góc ăn, hệ số giãn dài và chiều rộng của lỗ hình ôvan cạnh (đường kính trục cán D = 350 mm)

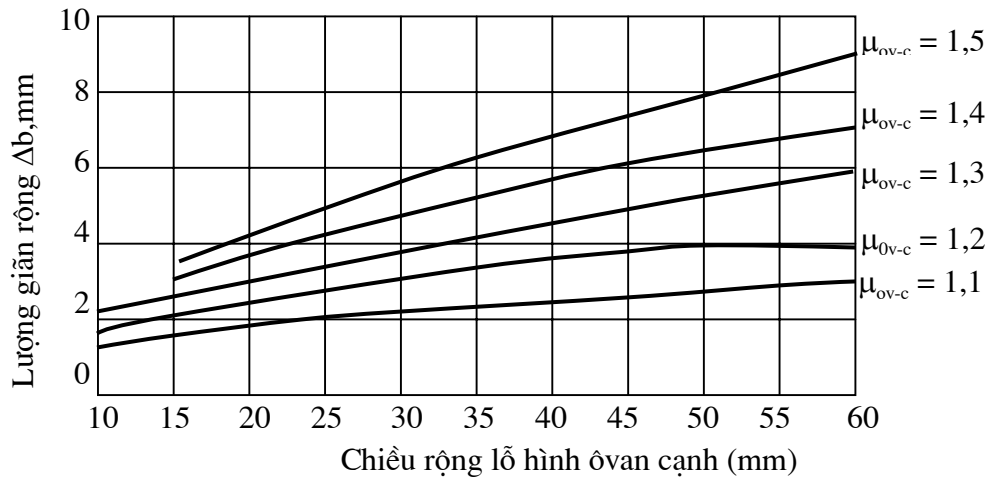
④ Từ diện tích của lỗ hình ôvan cạnh tìm hệ số giãn dài và diện tích của các lỗ hình ôvan trung gian.

Ta có:
$$\mu = \mu_{\text{ov}} \cdot \mu_{\text{ov-c}} = \mu_{\text{ov-c}} [1 + 1,25(\mu_{\text{ov-c}} - 1)] = 1,25\mu_{\text{ov-c}}^2 - 0,25\mu_{\text{ov-c}};$$

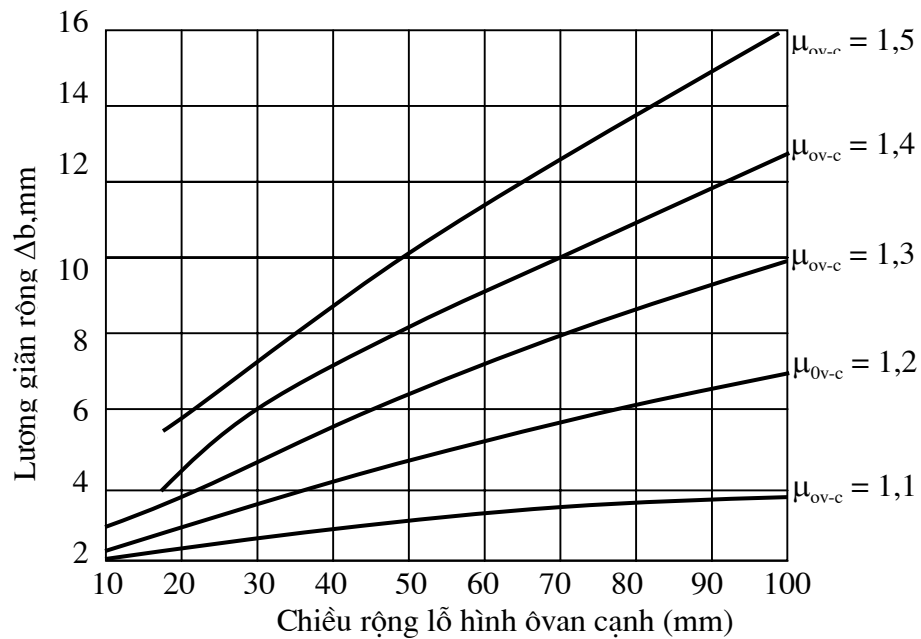
Vậy:
$$\mu_{\text{ov-c}} = \frac{0,25 + \sqrt{0,063 + 5\mu}}{2,5}$$

$$\mu_{\text{ov}} = \frac{\mu}{\mu_{\text{ov-c}}}; \text{ ta có: } F_{\text{ov}} = \mu_{\text{ov-c}} \cdot F_{\text{ov-c}}$$

⑤ Để tìm kích thước của các lỗ hình ôvan trung gian phải tìm lượng giãn rộng trong các lỗ hình ôvan cạnh theo đồ thị hình 7.34 và 7.35



H.7.34. Xác định lượng giãn rộng theo chiều rộng của ôvan cạnh và hệ số giãn dài (đường kính trục cán D = 250 mm)



H.7.35. Xác định lượng giãn rộng theo chiều rộng của ôvan cạnh và hệ số giãn dài (đường kính trục cán D = 350 mm)

Trong trường hợp đường kính trục cán không phù hợp phải làm theo phương pháp nội suy:

$$\Delta b = \Delta B \cdot \sqrt{\frac{D}{350}}$$

Δb: trị số tìm được trên đồ thị khi đường kính trục cán D = 350 mm.

Như vậy chiều rộng và chiều cao lỗ hình ôvan là: $b_{ov} = b_{ov-c} - \Delta b$

$$h_{ov} = \frac{3F_{ov}}{2b_{ov} + S}$$

S: khe hở giữa 2 trục cán (mm).

Có thể tính lại lượng giãn rộng trong lỗ hình ôvan theo biểu thức:

$$\Delta b_{ov} = (0,45 \div 0,5) \cdot \sqrt{\Delta h_{TB} \cdot R_{KTb}} \left(\frac{\Delta h_{TB}}{b'_{TB}} \right)$$

Δb_{ov} : lượng ép trung bình = $(b'_{TB} - b_{ov-TB})$

R_{KTb} : bán kính làm việc

b'_{TB} : chiều dày của phôi ôvan cạnh

b_{ov-TB} : chiều dày trung bình của lỗ hình ôvan

Chiều cao của lỗ hình ôvan:

$$h_{ov} = h' + \Delta b_{ov}$$

Có thể hiệu chỉnh lại kích thước tính toán cho phù hợp.

c/ Ví dụ cán thép tròn $d = 16$ mm trên máy cán liên tục $D = 250$

❶ Các số liệu ban đầu

Nhóm giá cán tinh: 2 giá cuối với đường kính trục cán $D = 280$ mm; các giá còn lại với đường kính trục cán $D = 330$ mm.

Phôi vào nhóm giá cán tinh có các kích thước: $h_7 \cdot b_7 = 44,38$ mm. Diện tích tiết diện: $F_7 = 1280$ mm².

Hệ thống lỗ hình thô: ôvan - ôvan cạnh.

Quá trình tính toán là ngược hướng cán.

❷ Thực hiện tính toán

- Lỗ hình tròn tinh:

$$d_{ng} = \left(16 - \frac{0,5}{2} \right) = 15,75 \text{ mm}$$

$$d_{15} = 15,75 \cdot 1,014 = 16 \text{ mm}$$

$$F_{15} = \frac{\pi \cdot d_{15}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 16^2}{4} = 201 \text{ mm}^2$$

Chọn $\mu_{15} = 1,15$ và $\mu_{14} = 1,2$ (theo đồ thị 7.31)

- Lỗ hình ôvan trước tinh

Diện tích tiết diện:

$$F_{14} = \mu_{15} \cdot F_{15} = 1,15 \cdot 201 = 231 \text{ mm}^2.$$

- Lượng giãn rộng trong lỗ hình tròn xác định theo đồ thị hình 6.12 ta có: $\Delta b = 2$ mm.

Chiều rộng lỗ hình trên giá 14:

$$b_{14} = d_{15} - \Delta b_{15} = 16 - 2 = 14 \text{ mm}$$

Chiều cao lỗ hình ôvan trên giá trục đứng 14 với khe hở $S = 2$ mm.

$$h_{14} = \frac{3F_{14}}{2b_{14} + S} = \frac{3 \cdot 231}{2 \cdot 14 + 2} = 23,1 \text{ mm}.$$

Các lỗ hình còn lại ở các giá cán khác nhau sẽ tính theo hệ thống ôvan-ôvan cạnh.

Hệ số giãn dài chọn như sau: $\mu_{\text{ov-c}} = 1,2 \div 1,3$

Hệ số giãn dài ở lỗ hình ôvan: $\mu_{\text{ov-c}} = 1,25 \div 1,4$

Hệ số giãn dài từ ôvan cạnh nọ sang ôvan cạnh kia: $\mu = \mu_{\text{ov}} \cdot \mu_{\text{ov-c}} = 1,5 \div 1,8$

Tại giá 13:

Lỗ hình ôvan cạnh của giá có trục nằm ngang:

$$F_{13} = \mu_{14} \cdot F_{14} = 1,2 \cdot 231 = 277 \text{ mm}^2.$$

Phôi đi từ giá thứ 7 đến giá 13 do đó có 3 cặp lỗ hình ôvan cạnh với:

$$F_7 = 1280 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Vậy: } \mu = \mu_{\text{ov}} \cdot \mu_{\text{ov-c}} = \sqrt[3]{\frac{F_7}{F_{13}}} = \sqrt[3]{\frac{1280}{277}} = 1,665.$$

Nói chung khi cán liên tục có tốc độ lớn, ở nhóm giá cán tinh không nên dùng hệ số giãn dài lớn để tránh mòn lỗ hình, ở lỗ hình ôvan lấy hệ số giãn dài lớn hơn ở lỗ hình ôvan cạnh. Biết được hệ số giãn dài xác định diện tích tiết diện và các kích thước của lỗ hình.

$$\text{Diện tích ôvan cạnh: } F_{13} = 0,75 \cdot b_{13} \cdot h_{13} = 277 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Vậy chiều rộng lỗ hình: } b_{13} = \sqrt{1,06 \cdot F_{13}} = 17,1 \text{ mm};$$

$$\text{Chiều cao lỗ hình: } h_{13} = 1,25 \cdot b_{13} = 21,4 \text{ mm}.$$

- Lượng giãn rộng trong lỗ hình xác định theo đồ thị H.7.34 và H.7.35:

$$\Delta b_{13} = 3 \text{ mm}.$$

Giá cán 12 - ôvan:

$$\text{Diện tích lỗ hình: } F_{12} = 338 \text{ mm}^2$$

$$\text{Chiều rộng lỗ hình: } b_{12} = b_{13} - \Delta b_{13} = 17,1 - 3 = 14,1 \text{ mm}$$

Chiều cao lỗ hình, khi khe hở $S = 3,5 \text{ mm}$:

$$h_{12} = \frac{3F_{12}}{2b_{12} + S} = \frac{3 \cdot 338}{2 \cdot 14,1 + 3,5} = 32 \text{ mm};$$

$$\text{Bán kính lỗ hình tính theo biểu thức: } R_{12} = \frac{b_{\text{ov}}^2 + h_{\text{ov}}^2}{4h_{\text{ov}}}$$

Giá cán 11 - ôvan cạnh:

$$\text{Diện tích lỗ hình: } F_{11} = 426 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Chiều rộng lỗ hình: } b_{11} = \sqrt{1,06 \cdot F_{11}} = \sqrt{1,06 \cdot 426} = 21,2 \text{ mm}$$

$$\text{Chiều cao lỗ hình: } h_{11} = 1,25 \cdot 21,2 = 26,5 \text{ mm}$$

Với $\mu_{11} = 1,28$ tìm Δb_{11} theo đồ thị H.7.34 và H.7.35 ta có: $\Delta b_{11} = 4 \text{ mm}$

Kiểm tra lại lượng giãn rộng ở giá 12 theo biểu thức:

$$\Delta b_{12} = (0,45 \div 0,5) \cdot \sqrt{\Delta h_{TB} \cdot R_{KTB}} \left(\frac{\Delta h_{TB}}{b'_{TB}} \right)$$

Với $\Delta h_{TB} = 0,75 \cdot 21,2 - \frac{338}{32} = 15,9 - 10,8 = 5,4 \text{ mm}$

$$R_{KTB} = \frac{330 - 10,5}{2} = 159,8 \text{ mm};$$

$$\Delta b_{12} = 0,45 \cdot \sqrt{5,4 \cdot 159,8} \left(\frac{5,4}{15,9} \right) = 4,5 \text{ mm}.$$

Khoảng trống dành cho giãn rộng ở lỗ hình giá 12:

$$\Delta B_{12} = h_{12} - h_{11} = 32 - 26,5 = 5,5 \text{ mm}.$$

Các kích thước ôvan không phải thay đổi lại vì lượng giãn rộng có thể điều chỉnh bởi khe hở giữa 2 trục cán.

Giá cán 10 - lỗ hình ôvan

Diện tích lỗ hình: $F_{10} = 337 \text{ mm}^2$

Chiều rộng nằm ngang (chiều dày lỗ hình):

$$b_{10} = b_{11} - \Delta b_{11} = 21,2 - 4 = 17,2 \text{ mm}$$

Chiều cao lỗ hình, khi khe hở $S = 5 \text{ mm}$.

$$h_{10} = \frac{3F_{10}}{2b_{10} + S} = \frac{3 \cdot 337}{2 \cdot 17,2 + 5} = 40,8 \text{ mm};$$

Bán kính lỗ hình tính theo biểu thức: $R_{10} = \frac{b_{10}^2 + h_{10}^2}{4h_{10}}$

Giá cán 9 - ôvan cạnh:

Diện tích lỗ hình: $F_9 = 709 \text{ mm}^2$.

Chiều rộng lỗ hình: $b_9 = \sqrt{1,06 \cdot F_9} = \sqrt{1,06 \cdot 709} = 27,4 \text{ mm}$

Chiều cao lỗ hình: $h_9 = 1,25 \cdot 27,4 = 34,2 \text{ mm}$

Tìm Δb_9 theo đồ thị H.7.34 và H.7.35 ta có: $\Delta b_9 = 4,5 \text{ mm}$

Kiểm tra lại lượng giãn rộng Δb_{10} theo biểu thức:

$$\Delta b_{10} = (0,45 \div 0,5) \cdot \sqrt{\Delta h_{TB} \cdot R_{KTB}} \left(\frac{\Delta h_{TB}}{b'_{TB}} \right)$$

Với $\Delta h_{TB} = 0,75 \cdot 27,4 - \frac{537}{40,8} = 20,5 - 13,1 = 7,4 \text{ mm}$

$$R_{KTB} = \frac{330 - 13,1}{2} = 158,5 \text{ mm};$$

$$\Delta b_{10} = 0,45 \cdot \sqrt{7,4 \cdot 158,5} \left(\frac{7,4}{20,5} \right) = 5,6 \text{ mm}.$$

Khoảng trống dành cho giãn rộng ở lỗ hình giá 10:

$$\Delta B_{10} = h_{10} - h_9 = 40,8 - 34,2 = 6,6 \text{ mm} .$$

Các kích thước ôvan không phải thay đổi lại vì lượng giãn rộng có thể điều chỉnh bởi khe hở giữa 2 trục cán.

Giá cán 8 - ôvan

Diện tích lỗ hình: $F_8 = 920 \text{ mm}^2$

Chiều rộng nằm ngang (chiều dày lỗ hình):

$$b_8 = b_9 - \Delta b_9 = 27,4 - 4,5 = 22,9 \text{ mm}$$

Chiều cao lỗ hình, khi khe hở $S = 6,5 \text{ mm}$.

$$h_8 = \frac{3F_8}{2b_8 + S} = \frac{3.920}{2.22,9 + 6,5} = 52,8 \text{ mm} ;$$

Diện tích phôi vào lỗ hình 8:

$$F_7 = h_7 \cdot b_7 = 44 \cdot 38 = 1672 \text{ mm}^2$$

Khoảng trống của lỗ hình ôvan dành cho giãn rộng:

$$\Delta b_8 = h_8 - h_7 = 52,8 - 44 = 8,8 \text{ mm} ;$$

Kiểm tra lại lượng giãn rộng theo biểu thức:

$$\Delta h_{\text{TB}} = 0,75 \cdot 38 - \frac{920}{52,8} = 28,5 - 17,4 = 11,1 \text{ mm}$$

$$R_{\text{KTB}} = \frac{330 - 17,4}{2} = 156,3 \text{ mm}$$

$$\Delta b_8 = 0,45 \cdot \sqrt{11,1 \cdot 156,3} \left(\frac{11,1}{28,5} \right) = 7,3 \text{ mm}$$

Do $7,3 < 8,8$ nên quá trình cán sẽ không tạo bavaria.

Diện tích tiết diện ôvan có thể tính chính xác bằng biểu thức:

$$F_{\text{ov}} = h_{\text{ov}} \cdot S + K_{\text{bn}} \cdot h_{\text{ov}} (b_{\text{ov}} - S).$$

S : khe hở giữa 2 trục cán;

h_{ov} : chiều cao ôvan ở trục đứng;

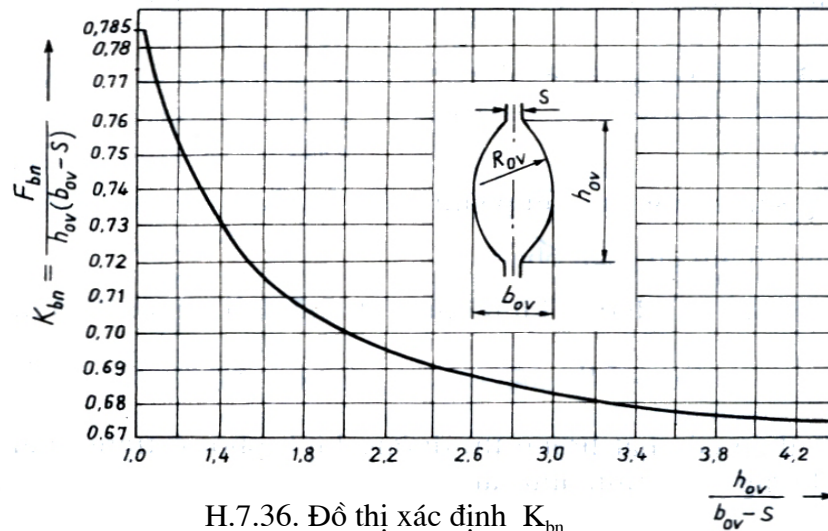
b_{ov} : chiều dày (rộng) ôvan;

K_{bn} : hệ số tính theo tỷ số $\frac{h_{\text{ov}}}{b_{\text{ov}} - S}$; (hình 7.36)

$$D_{\text{KTB}} = D_0 - \frac{F}{b} = D_0 - h_{\text{TB}} .$$

D_0 : đường kính ban đầu và là khoảng cách giữa 2 đường tâm trục cán khi đã gá lắp trục để cán.

Đường kính vành trục: $D_v = D - S$ trong thực tế là đường kính danh nghĩa, trên cơ sở của đường kính này người ta tính đường kính làm việc trung bình D_{KTB} . Hằng số cán liên tục được tính từ giá cuối cùng (giá 15) với $V = 15 \text{ m/s}$; suy ra $n = 1023,6$ vòng/phút.

H.7.36. Đồ thị xác định K_{bn}

Đường kính làm việc trung bình:

$$D_{KTB} = D - H_0 = D - \frac{F_{15}}{d} = 280 - \frac{201}{16} = 267,4\text{mm}$$

$$K_{15} = F_{15} \cdot D_{KTB} \cdot n = 201 \cdot 267,4 \cdot 1023,6 = 55 \cdot 10^6.$$

d/ Cấu tạo lỗ hình tinh và 2 lỗ hình trước tinh

① cấu tạo lỗ hình tinh

Có nhiều cách thiết kế lỗ hình tinh khi cán thép tròn.

Kích thước của lỗ hình tròn, với phôi ở trạng thái nóng:

$$d_{\text{nóng}} = (1,012 \div 1,015)d - \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{2}$$

Trong đó: Δ_1 : dung sai dương của sản phẩm

Δ_2 : dung sai âm của sản phẩm

Thông thường thì đường kính phôi ở trạng thái nguội theo dung sai âm là:

$$d_{\text{nguội}} = d - \frac{\Delta_2}{2}$$

Đối với thép có chất lượng thì đường kính phôi ở trạng thái nguội theo dung sai dương được tính như sau:

$$d_{\text{nguội}} = d + \frac{\Delta_2}{2}; \quad \text{hoặc: } d_{\text{nguội}} = d - \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{2}$$

Ví dụ, để cán thép tròn với độ chính xác thường $d = 20_{-0,5}^{+0,4}$ và với độ chính xác cao $d = 20_{-0,4}^{+0,2}$.

Ta có:
$$d_{\text{nguội}} = 20 - \frac{+0,2 - 0,4}{2} = 19,9\text{mm}$$

$$d_{\text{nóng}} = (1,012 \div 1,015) \cdot 19,9 \approx 20,16\text{mm}.$$

Khi thiết kế lỗ hình tròn tinh thông thường ta có:

- Chiều rộng lỗ hình tròn B_K (đường kính thép tròn ở trạng nóng) như trên hình 7.37a:

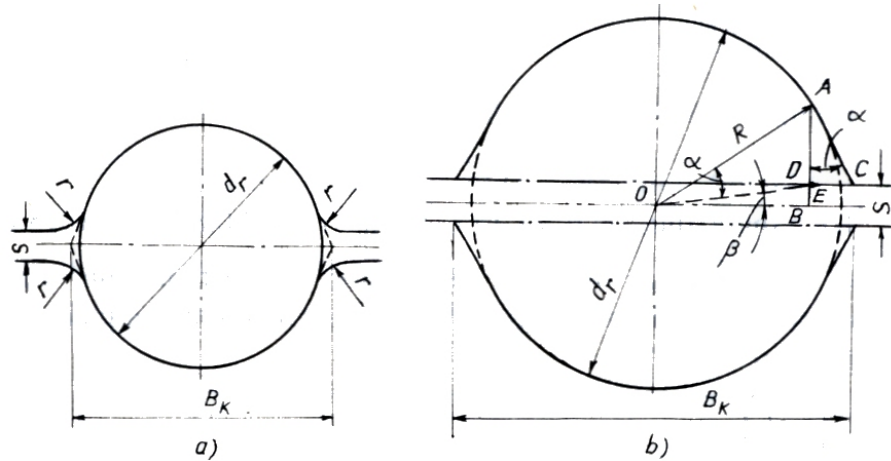
$$B_K = (d + \Delta_1)(1,012 \div 1,015);$$

- Khe hở giữa các vành trục: $s = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{25}\right).D$;

D: đường kính trục.

- Bán kính ở vành trục: $r \approx 0,1d$

d: đường kính thép tròn.



H.7.37. Cấu tạo lỗ hình tròn tinh
a/ cấu tạo thông thường; b/ cấu tạo có độ nghiêng

Đối với thép tròn có đường kính nhỏ thì khe hở giữa các vành trục lỗ hình có một độ nghiêng (làm rộng miệng lỗ hình) nhằm tránh bavia trên sản phẩm (H7.37b). Cách cấu tạo là vẽ vòng tròn có đường kính ở trạng thái nóng của sản phẩm ($d_{\text{nóng}} = 1,013.d$) sau đó kẻ trục nằm ngang và xác định khe hở S, tiếp theo kẻ một đường nghiêng với trục nằm ngang tiếp tuyến với vòng tròn (H7.37b).

Từ hình vẽ ta thấy:

$$k = \frac{AB}{OB} = \frac{AD}{DC} = \text{tg}\alpha.$$

Với độ nghiêng k khác nhau (tùy theo kích thước sản phẩm) tìm được giá trị B_k (chiều rộng lỗ hình) ở bảng 7.12.

Bán kính lượn ở vành trục: $r = (0,08 \div 0,1).d$

② Cấu tạo lỗ hình ôvan và vuông trước tinh

Đối với lỗ hình ôvan (H2.28) và ta có biểu thức (xem lại chương 2):

$$\text{Bán kính vẽ ôvan: } R_{\text{ov}} = \frac{b_{\text{ov}}^2 + h_{\text{ov}}^2}{4h_{\text{ov}}};$$

Khe hở giữa 2 trục cán $S = (0,01 \div 0,05).D$

Bảng 7.12. Độ nghiêng và đường kính nằm ngang của lỗ hình tinh

D	k	α	B_k
105 ÷ 50	0,2	11 ⁰ 20'	1,021.d _{nong} - 0,2.S
55 ÷ 50	0,3	16 ⁰ 40'	1,050.d _{nong} - 0,3.S
45 ÷ 30	0,4	21 ⁰ 50'	1,081.d _{nong} - 0,4.S
30 ÷ 10	0,5	26 ⁰ 35'	1,12.d _{nong} - 0,5.S

D: đường kính sản phẩm

α : góc nghiêng với tiếp tuyến

k: độ nghiêng

B_k : chiều rộng lỗ hình

Lỗ hình vuông có bán kính lượn (H.2.30):

$$H = b = 1,14.C$$

Kích thước thực tế: $b'_v = 1,14.C - S$; $h_v = 1,14.C - 0,82.r$; $r = 0,15.C$

③ Ví dụ: xác định các kích thước của lỗ hình tinh, trước tinh (ôvan) và trước lỗ hình ôvan theo phương pháp đồ thị để cán thép tròn $d = 50$ mm.

Lỗ hình tinh

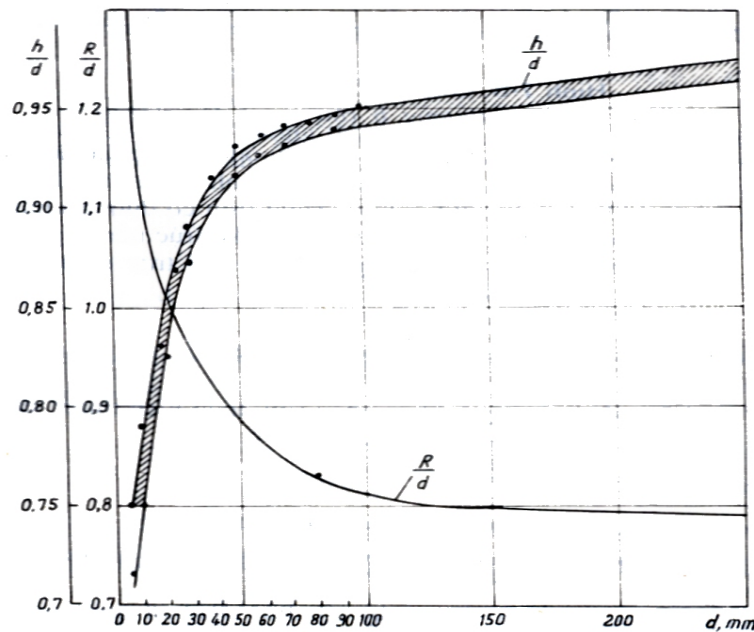
Không xét dung sai ta có đường kính sản phẩm ở trạng thái nóng như sau:

$$d_{nong} = 1,013.50 = 50,7\text{mm}$$

Chọn $k = 0,4$ và $S = 5$ mm. Theo bảng 7.1 ta có:

$$d_{nong} - B_k = 1,081.d_{nong} - 0,4.S = 1,081.50,7 - 0,4.5 = 52,8\text{mm}$$

Bán kính lượn vành trục: $r = 0,08.50,7 = 4$ mm

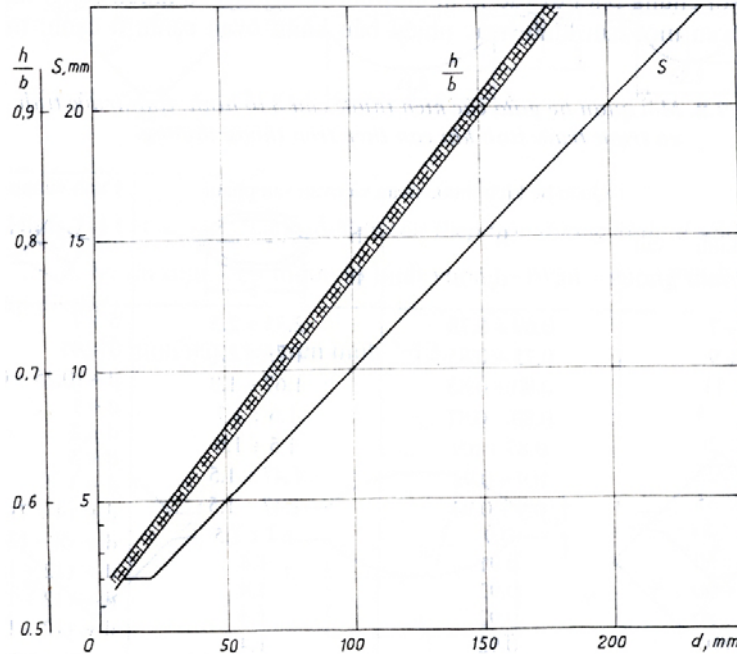


H.7.38. Đồ thị xác định chiều cao ôvan một bán kính theo đường kính thép tròn thành phẩm

Lỗ hình ôvan trước tinh (một bán kính).

Theo đồ thị hình 7.38 với thép tròn $d = 50 \text{ mm}$ ta tìm được $h/d = 0,93$. Vậy chiều cao của lỗ hình ôvan là: $h = 0,93 \cdot d = 0,93 \cdot 50 = 46,5 \text{ mm}$.

Từ đồ thị hình 7.39 với thép tròn $d = 50 \text{ mm}$ ta tìm được $h/b = 0,65$.



H.7.39. Quan hệ giữa đường kính thép tròn d với tỷ số h/b của trục ôvan một bán kính

Do đó chiều rộng lỗ hình ôvan là: $b = \frac{h}{0,65} = \frac{46,5}{0,65} = 71,5 \text{ mm}$.

Chọn khe hở $S = 5 \text{ mm}$.

Bán kính vẽ ôvan:

$$R_{ov} = \frac{b^2 - (h - S)}{4(h - S)} = \frac{71,5^2 - (46,5 - 5)^2}{4 \cdot (46,5 - 5)} = 41 \text{ mm}$$

Diện tích tiết diện ôvan:

$$F_{ov} = b \cdot S + \frac{2}{3} b(h - S) = 71,5 \cdot 5 + \frac{2}{3} \cdot 71,5 \cdot (46,5 - 5) = 2327,5 \text{ mm}^2;$$

Lỗ hình vuông trước lỗ hình ôvan

Nói chung phi đi vào lỗ hình ôvan (trước tinh) có nhiều dạng: hình vuông, ôvan một bán kính hoặc nhiều bán kính, ôvan cạnh, sáu cạnh, tròn v.v...

Ở đây tính cho một dạng lỗ hình là hình vuông (hệ vuông-ôvan-tròn). Đối với phương pháp này có thể chọn kích thước cạnh C của lỗ hình vuông trước lỗ hình ôvan trước tinh theo kích thước sản phẩm thép tròn d . Mối quan hệ giữa các kích thước này có thể xem trong bảng 7.13 trên cơ sở các thông số thực nghiệm.

Bảng 7.13. mối quan hệ giữa các kích thước của 3 lỗ hình: tinh, trước tinh và trước trước tinh khi cán thép trong thông thường.

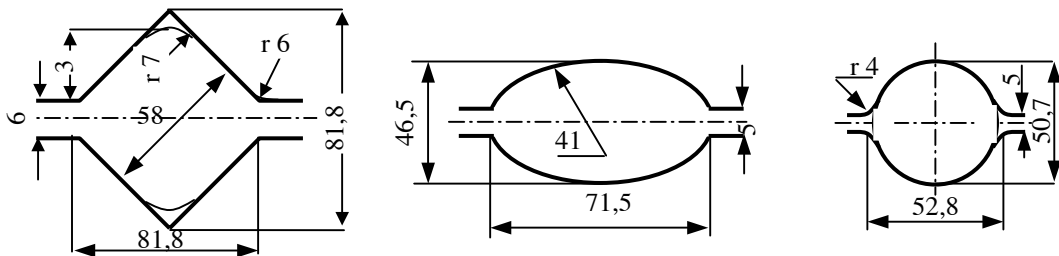
Đường kính sản phẩm tròn d (mm)	Quan hệ kích thước ôvan và ôvan sản phẩm		Cạnh vuông C
	h d	b h	
5 ÷ 7	0,69 ÷ 0,78	2,35 ÷ 2,5	5 ÷ 7
7 ÷ 9	0,75 ÷ 0,85	1,75 ÷ 2,1	7 ÷ 9
9 ÷ 11	0,80 ÷ 0,85	1,67 ÷ 1,8	d + (0,25 ÷ 0,5)
12 ÷ 15	0,80 ÷ 0,87	1,6 ÷ 1,7	d + 1
16 ÷ 20	0,87 ÷ 0,90	1,5 ÷ 1,6	d + 2
21 ÷ 25	0,90 ÷ 0,92	1,47 ÷ 1,5	d + 3
26 ÷ 35	0,90 ÷ 0,94	1,47 ÷ 1,5	d + 3
36 ÷ 40	0,9	1,4 ÷ 1,5	d + (4 ÷ 7)
42 ÷ 50	0,91	1,4	d + (8 ÷ 12)
52 ÷ 60	0,92	1,4	d + (12 ÷ 15)
65 ÷ 80	0,92	1,4	d + (12 ÷ 15)
> 80	0,92	1,4	d + (12 ÷ 15)

Từ ví dụ trên với thép tròn d = 50 mm, ta có:

Cạnh lỗ hình vuông trước lỗ hình ôvan: $C = d + 8 = 50 + 8 = 58 \text{ mm}$

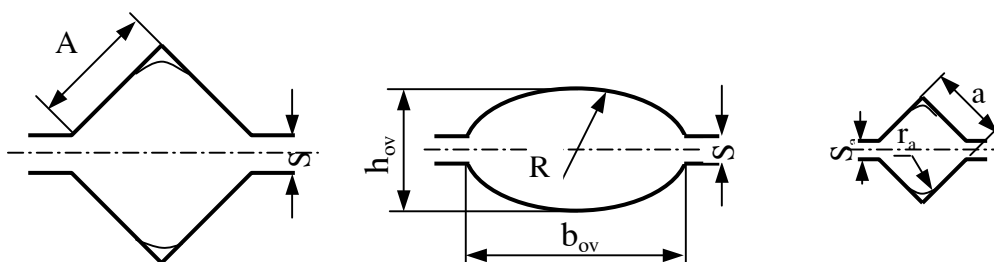
Bán kính lượn ở đỉnh lỗ hình: $r = (0,1 \div 0,15).C = 0,12.58 = 7 \text{ mm}$.

Diện tích lỗ hình vuông: $F_v = C^2 - 0,86.r^2 = 58^2 - 42 = 3322 \text{ mm}^2$.



H.7.40- Các kích thước lỗ hình cán thép tròn đường kính d = 50mm.

④ Ví dụ tính kích thước lỗ hình vuông-ôvan-vuông theo phương pháp đồ thị. Hệ lỗ hình này trên hình 7.41



H.7.41 Hệ thống lỗ hình ôvan - vuông.

Với $A = 45 \text{ mm}$, theo đồ thị hình 7.42 tìm được

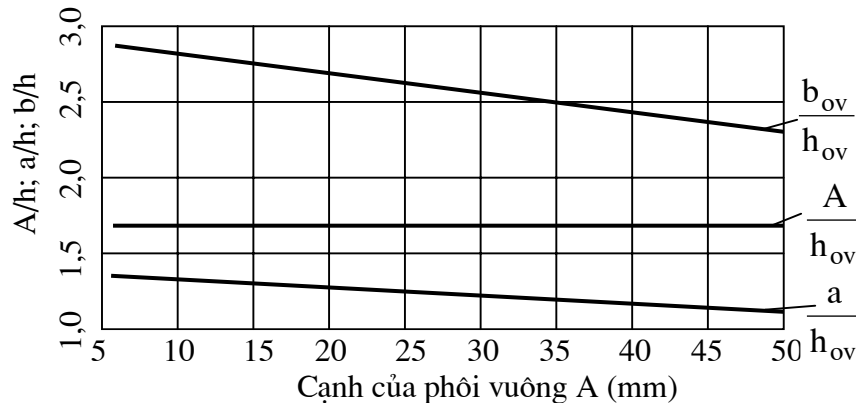
$$\frac{A}{h_{ov}} = 1,68; \frac{a}{h_{ov}} = 1,16; \frac{b_{ov}}{h_{ov}} = 2,35.$$

Vậy:
$$h_{ov} = \frac{A}{1,68} = \frac{45}{1,68} = 26,8 \text{ mm}.$$

Khe hở S được xác định theo biểu thức sau:

$$S_{ov} = (0,15 \div 0,2) \cdot A$$

$$S_{ov} = (0,15 \div 0,2) \cdot h_{ov}$$



H.7. 42. Quan hệ giữa kích thước của phôi vuông cạnh A đưa vào ôvan theo hệ thống ôvan-vuông

Khe hở S cũng có thể chọn theo đồ thị hình 7.39 như sau:

$$S_{ov} = 0,15 \cdot h_{ov} = 0,15 \cdot 26,8 = 4 \text{ mm}$$

Chiều rộng của ôvan: $b_{ov} = 2,25 \cdot h_{ov} = 2,35 \cdot 26,8 = 63 \text{ mm}.$

Bán kính ôvan:
$$R_{ov} = \frac{63^2 - (26,8 - 4)^2}{4(26,8 - 4)} = 49,25 \text{ mm};$$

Cạnh của lỗ vuông (a) tiếp theo:

$$A = 1,16 \cdot h_{ov} = 1,16 \cdot 26,8 = 31 \text{ mm};$$

Khe hở của lỗ hình vuông cạnh A : $S_A = 5 \text{ mm}.$

Khe hở của lỗ hình vuông cạnh a :

$$S_a = 0,12 \cdot 31 = 4 \text{ mm}$$

Bán kính lượn ở đỉnh lỗ hình vuông A : $r_A = 5 \text{ mm}$

Bán kính lượn ở đỉnh lỗ hình vuông a : $r_a = 4 \text{ mm}.$

Diện tích hình vuông A :

$$F_A = 45^2 - 0,86 \cdot 5^2 = 2004 \text{ mm}^2;$$

Diện tích lỗ hình ôvan:

$$F_{ov} = b_{ov} \cdot S + 2/3 b_{ov} (h_{ov} - S) = 63 \cdot 4 + 2/3 \cdot 63 (26,8 - 4) = 1212 \text{ mm}^2$$

Diện tích hình vuông a :

$$F_a = 31^2 - 0,86 \cdot 4^2 = 947 \text{ mm}^2.$$

Hệ số giãn dài trong lỗ hình ôvan:
$$\mu_{ov} = \frac{F_A}{F_{ov}} = \frac{2004}{1212} = 1,65$$

Hệ số giãn dài trong lỗ hình vuông a: $\mu_a = \frac{F_{ov}}{F_a} = \frac{1212}{947} = 1,28$.

Trong trường hợp đã biết các cạnh a và A, ta tìm chiều rộng của lỗ hình ôvan trên cơ sở cạnh A. Sau đó tìm chiều cao ôvan trên cơ sở cạnh a.

Ví dụ: có cạnh A = 30 mm và a = 21 mm, theo đồ thị hình 7.42 tìm được tỷ số A/h = 1,69; b/h = 2,53.

Vậy chiều cao của ôvan là: $h_{ov} = \frac{A}{1,69} = \frac{30}{1,69} = 17,75 \text{ mm}$;

Chiều rộng của lỗ hình ôvan: $b_{ov} = 2,53 \cdot h = 2,53 \cdot 17,7 = 45 \text{ mm}$;

Để tìm chiều cao thật của lỗ hình ôvan, tìm a/h, quy ước rằng a = A_{quy ước} = 21 mm. Theo đồ thị hình 7.13 ta có: a/h = 1,28; vậy:

$$h = \frac{a}{1,28} = \frac{21}{1,28} = 16,4 \approx 16,5 \text{ mm}$$

Lấy $h_{ov} = 16,5$. Các kích thước khác được tính như sau:

$S_A = 4 \text{ mm}$, $r_A = 4 \text{ mm}$, $S_{ov} = 3 \text{ mm}$, $S_a = 3 \text{ mm}$, $r_a = 3 \text{ mm}$.

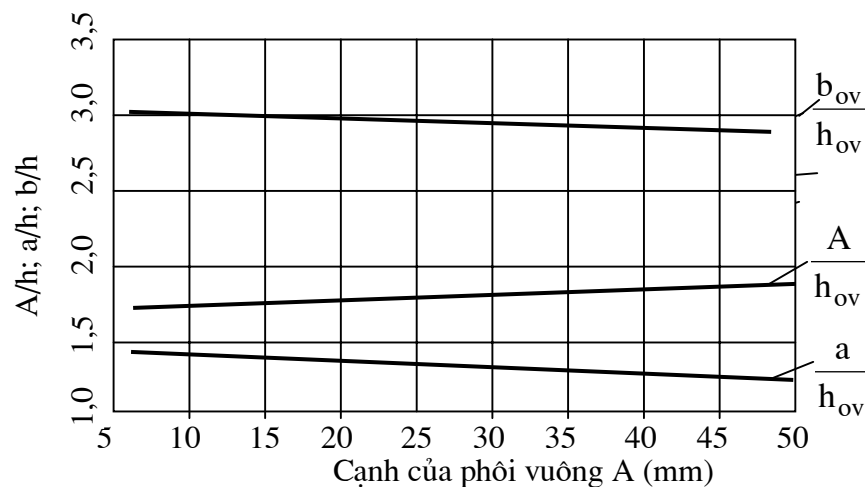
Bán kính ôvan: $R_{ov} = 40,9 \text{ mm}$.

Diện tích tiết diện $F_A = 886 \text{ mm}^2$, $F_{ov} = 540 \text{ mm}^2$, $F_a = 433 \text{ mm}^2$.

Hệ số giãn dài trong lỗ hình ôvan: $\mu_{ov} = \frac{F_A}{F_{ov}} = \frac{886}{540} = 1,64$;

Hệ số giãn dài trong lỗ hình ôvan: $\mu_a = \frac{F_{ov}}{F_a} = \frac{540}{433} = 1,25$;

Ở các máy cán dây thép vì kích thước sản phẩm nhỏ nên cần phải đảm bảo nhiệt độ cán cuối cùng do đó phải ứng dụng hệ số giãn dài lớn (phải đảm bảo điều kiện ăn kim loại) vì vậy mối quan hệ giữa các kích thước có thể tham khảo các đồ thị ở hình 7.43.



H.7. 43. Quan hệ giữa kích thước của phôi vuông và ôvan theo hệ thống vuông- ôvan-vuông trên máy cán dây

đ/ Ví dụ: thiết kế lỗ hình cán thép dây $\phi 6,5$ mm trên máy cán dây liên tục**① Các số liệu ban đầu**

Máy cán dây gồm nhóm giá cán thô 9 giá; hai nhóm giá cán trung gian mỗi nhóm 4 giá; hai nhóm giá cán tinh mỗi nhóm 6 giá. Máy có thể cán dây với đường kính $\phi 5,5 \div 6$ mm sau 21 lần cán; cán dây $\phi 6,5$ sau 19 lần cán (bỏ giá 16 và giá 17-nhóm giá cán tinh); Kích thước phôi vuông $80 \times 80 \times 12000$. (Cũng có máy cán dây với đường kính $\phi 6,5$ từ phôi vuông 60×60 sau 17 lần cán.

Quá trình biến dạng xảy ra chủ yếu ở nhóm giá cán thô, lượng ép chọn theo góc ăn cho phép. Ở các giá cuối của nhóm giá cán tinh, hệ số giãn dài chọn theo điều kiện bảo đảm độ chính xác của sản phẩm, tránh sự mài mòn lỗ hình. Ở nhóm giá cán trung gian, hệ số giãn dài chọn theo khả năng của hệ lỗ hình ôvan-vuông.

② Tính và thiết kế lỗ hình

Nếu với dây $\phi 6,5$ mm có dung sai $\pm 0,5$ mm thì đường kính dây ở trạng thái nguội được tính như sau:

$$d_{\text{nguội}} = d - \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{2} = 6,5 - \frac{0,5 - 0,5}{2} = 6,5 \text{ mm};$$

Đường kính dây ở trạng thái nóng:

$$d_{\text{nóng}} = 1,014 \cdot d_{\text{nguội}} = 1,014 \cdot 6,5 = 6,6 \text{ mm};$$

Diện tích lỗ hình tinh:

$$F_{19} = \frac{\pi \cdot d_{19}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 6,6^2}{4} = 34,2 \text{ mm}^2;$$

Cho rằng sau 17 lần cán sẽ có dây đường kính 8 mm và đường kính dây ở trạng thái nóng:

$$d_{\text{nóng}} = \left(8 - \frac{0,5 - 0,5}{2} \right) 1,014 = 8,1 \text{ mm};$$

Hệ số giãn dài từ sau lần cán 17 đến lần cán 19 sẽ là:

$$\mu_{17-19} = \frac{8,1^2}{6,6^2} = 1,51;$$

Hệ số này tương đối cao do đó phải chỉnh lại lần cán thứ 17 sao cho:

$$\mu_{17-19} = 1,4 \div 1,45;$$

Chọn hệ số giãn dài trong lỗ hình tinh $\mu_{19} = 1,15$.

Vậy ở lần cán thứ 18 ta có: $\mu_{18} = \frac{1,42}{1,15} = 1,23$;

Diện tích tiết diện lỗ hình 18: $F_{18} = \mu_{19} \cdot F_{19} = 39,3 \text{ mm}^2$;

Diện tích tiết diện lỗ hình 17 ôvan cạnh hoặc tròn):

$$F_{17} = 1,23 \cdot 39,3 = 48,5 \text{ mm}^2;$$

Từ giá 10 đến giá 17 là quá trình cán theo hệ thống ôvan-vuông

Do đó hệ số giãn dài từ lỗ hình vuông nọ đến lỗ hình vuông kia là:

Hệ số giãn dài tổng từ sau lần cán 15 đến lần cán 17 (vuông-ôvan-tròn) là $\mu_{15 \div 17} = 1,45$ cho rằng lần cán thứ 17 có thể nhận được dây 8 mm. Kích thước các lỗ hình vuông trung gian ghi trong bảng 7.14. Trên cơ sở kích thước các lỗ hình vuông tìm kích thước và diện tích của các lỗ hình ôvan và ôvan trước tinh.

Bảng 7.14. Kích thước lỗ hình vuông nhóm giá cán trung gian để cán dây thép $d = 6,5\text{mm}$

Số giá cán	Số lần cán	Diện tích tiết diện F, mm.	Hệ số giãn dài	Cạnh hình vuông C, mm
9	9	286		17
11	11	168	1,7	13,2
13	13	105,8	1,6	10,9
15	15	70,3	1,5	8,5
19	17	48,5	1,45	-

Ở lần cán 18 trên giá trục đứng, lượng giãn rộng trong lỗ hình tròn có thể tính theo biểu thức thực nghiệm sau:

$$\Delta b_{19} = 0,03 \cdot \sqrt{D} \cdot \sqrt{d} = 0,03 \cdot \sqrt{270} \cdot \sqrt{6,6} \approx 1,3\text{mm}$$

Để có được một khoảng trống dự phòng ta lấy $\Delta b_{19} = 1,5\text{ mm}$.

$$\text{Vậy } b_{18} = 6,6 - 1,5 = 5,1\text{ mm}$$

Chiều cao lỗ hình ôvan trước tinh

$$h_{18} = \frac{3 \cdot F_{18}}{2 \cdot b_{18} - S} = \frac{3 \cdot 39,3}{2 \cdot 5,1 - 1} = 10,5\text{mm}$$

Lỗ hình ôvan cạnh lân cận 17

Ở trên đã dự định sau lần cán 17 có thể nhận được dây $d = 8\text{ mm}$; song khi cán dây $d = 6,5\text{ mm}$ thì lỗ hình này phải giảm tiết diện.

$$F_{17} = 48,5\text{ mm}^2$$

Vậy nếu chọn lỗ hình này với tỷ số trục: $\frac{h_{17}}{b_{17}} = 1,15$

Thì từ hình 2.13 ta có:

$$F_{17} = 0,75 \cdot h_{17} \cdot b_{17} = 0,75 \cdot 1,15 \cdot b_{17}^2 = 0,86 \cdot b_{17}^2 = 48,5\text{mm}^2;$$

Do đó: $b_{17} = \sqrt{\frac{48,5}{0,86}} = 7,5\text{mm}$; $h_{17} = 1,15 \cdot 7,5 = 8,6\text{ mm}$;

Lỗ hình trung gian 16

Tổng hệ số giãn dài trong 2 lỗ hình 16 và 17:

$$\mu_{16-17} = 1,45$$

Lỗ hình 16 là một lỗ hình ôvan trước tinh khi cán dây $d = 8 \text{ mm}$. Vì thế hệ số giãn dài lần cán 16 và 17 lấy như nhau:

$$\mu_{16} = \mu_{17} = \sqrt{1,45} = 1,21$$

Diện tích ôvan sau lần cán 16 là:

$$F_{16} = \mu_{17} \cdot F_{17} = 1,21 \cdot 48,5 = 58,5 \text{ mm}^2;$$

Khi hệ số giãn dài $\mu_{17} = 1,21$ và chiều rộng ôvan cạnh $b_{17} = 7,5 \text{ mm}$ thì lượng giãn rộng trong lỗ hình 17 chọn theo đồ thị 7.35 và nội suy ta được:

$$\Delta b_{17} = 1,8 \text{ mm};$$

Chiều dày ôvan (chiều rộng nằm ngang) của lỗ hình 16:

$$b_{16} = b_{17} - \Delta b_{17} = 7,5 - 1,8 = 5,7 \text{ mm};$$

Chiều cao lỗ hình (giá trực đứng):

$$h_{16} = \frac{3 \cdot F_{16}}{2 \cdot b_{16} + S} = \frac{3 \cdot 58,5}{2 \cdot 5,7 + 2} = 13,1 \text{ mm};$$

Lỗ hình ôvan 14 (giá trung gian)

Ta có $\mu_{14-15} = 1,5$. ở đây chọn hệ số giãn dài ở lỗ hình ôvan lớn hơn ở lỗ hình vuông:

$$\mu_{ov} = 1 + 1,25(\mu_v - 1).$$

$$\text{với } \mu = \mu_{ov} \cdot \mu_v = \mu_v [1 + 1,25(\mu_v - 1)];$$

$$\text{Do đó: } \mu_v = \frac{0,25 + \sqrt{0,063 + 5 \cdot \mu}}{2,5}; \text{ đồng thời } \mu_v = \frac{\mu}{\mu_{ov}};$$

$$\text{Vậy: } \mu_{15} = \mu_v = \frac{0,25 + \sqrt{0,063 + 5 \cdot 1,5}}{2,5} = 1,2; \quad \mu_{14} = \frac{1,5}{1,2} = 1,25;$$

$$\text{Diện tích ôvan: } F_{14} = \mu_{15} \cdot F_{15} = 1,2 \cdot 70,3 = 84,5 \text{ mm}^2.$$

Khi $C_{15} = 8,5$, $\mu_{15} = 1,2$ chọn lượng giãn rộng Δb_{15} theo đồ thị hình 7.44 được $\Delta b_{15} = 3 \text{ mm}$.

$$\text{Chiều cao của ôvan: } h_{14} = 1,14 \cdot C_{15} - \Delta b_{15} - S = 1,14 \cdot 8,5 - 3 - 2 = 7 \text{ mm};$$

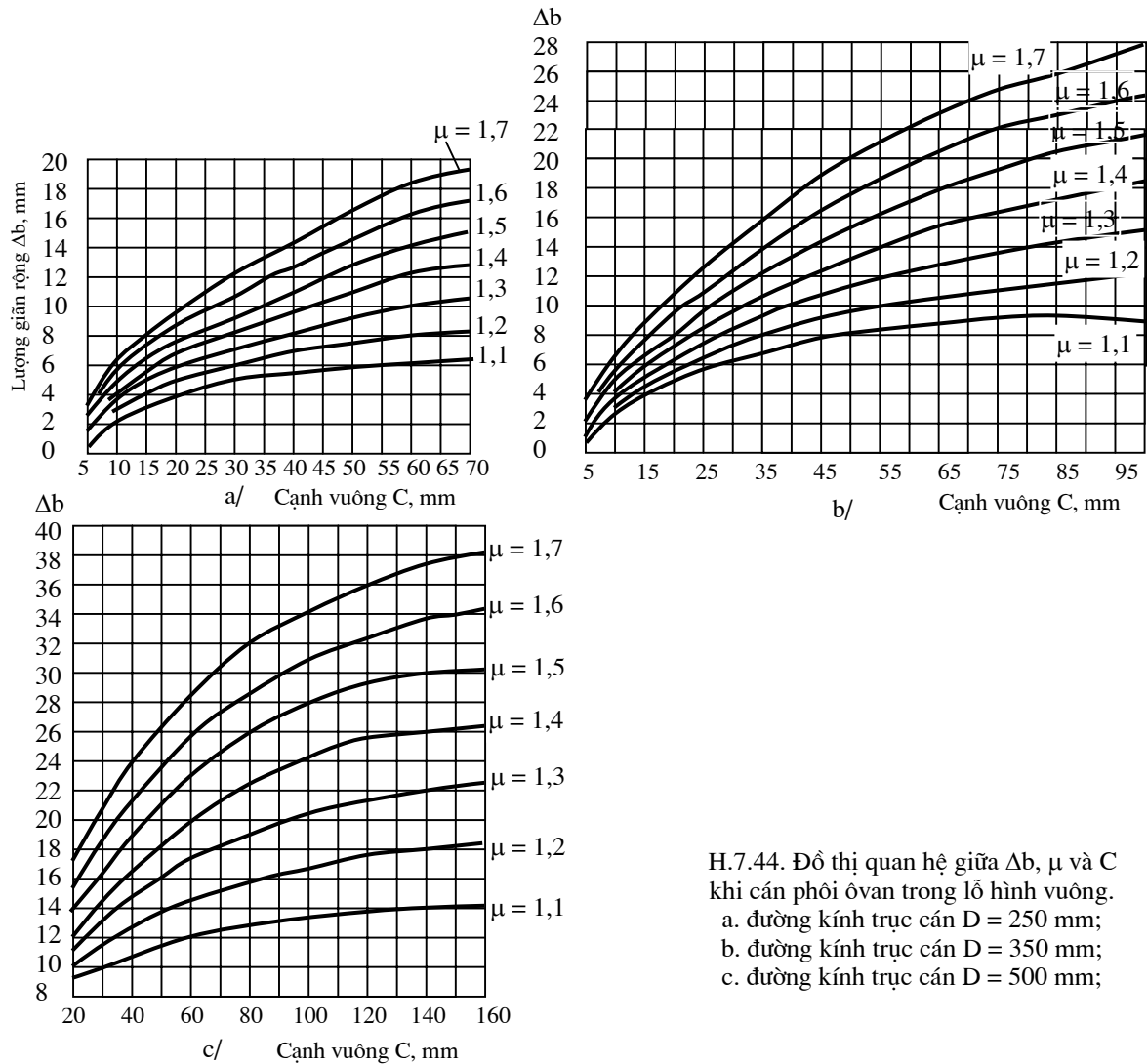
$$\text{Chiều rộng ôvan: } b_{14} = \frac{3 \cdot F_{14}}{3 \cdot h_{14} + S} = \frac{3 \cdot 84,5}{2 \cdot 7 + 2} = 15,8 \text{ mm};$$

Lỗ hình ôvan □ lần cán 12

Ta có: $\mu_{12-13} = 1,6$

$$\text{Vậy: } \mu_{13} = \frac{0,25 + \sqrt{0,063 + 5 \cdot 1,6}}{2,5} = 1,24; \quad \mu_{12} = \frac{1,6}{1,24} = 1,29;$$

$$\text{Diện tích ôvan: } F_{12} = \mu_{13} \cdot F_{13} = 1,24 \cdot 105,3 = 130 \text{ mm}^2.$$



H.7.44. Đồ thị quan hệ giữa Δb , μ và C khi cán phôi ôvan trong lỗ hình vuông.
 a. đường kính trục cán $D = 250$ mm;
 b. đường kính trục cán $D = 350$ mm;
 c. đường kính trục cán $D = 500$ mm;

Lượng giãn rộng Δb_{13} chọn theo đồ thị hình 7.44 được $\Delta b_{13} = 3,8$ mm.

Chiều cao của ôvan h_{12} :

$$h_{12} = 1,14.C_{13} - \Delta b_{13} - S = 1,14.10,9 - 3,8 - 2,5 = 9,1\text{mm} ;$$

Chiều rộng ôvan 12:

$$b_{12} = \frac{3.F_{12}}{3.h_{12} + S} = \frac{3.130}{2.9,1 + 2,5} = 18,6\text{mm} ;$$

Lỗ hình ôvan- lần cán 10

Tính tương tự ta có kết quả sau:

$$\mu_{11} = 1,27; \mu_{10} = 1,34; F_{10} = 214 \text{ mm}^2;$$

$$h_{10} = 11,1; b_{10} = 26; \Delta b_{11} = 5 \text{ mm};$$

Kiểm tra xem lượng giãn rộng khi cán phôi ôvan trong lỗ hình vuông có đảm bảo không.

Với $C_9 = 17$ mm; $D_{10} = 350$ mm; Vậy lượng giãn rộng được tính:

$$\Delta b = 0,4 \sqrt{\Delta h_{TB} \cdot R_{KTB}} \cdot \frac{\Delta h_{TB}}{C} = 0,4 \sqrt{(C - h_{TB}) \cdot R_{KTB}} \cdot \frac{C - h_{TB}}{C} =$$

$$= 0,4 \sqrt{(17 - 8,2) \cdot 171} \cdot \frac{17 - 8,2}{17} = 8 \text{ mm}$$

Như vậy khoảng trống dành cho giãn rộng trong lỗ hình vuông là:

$$\Delta B_v = b_{10} - C_9 = 26 - 17 = 9 \text{ mm};$$

Như vậy lượng giãn rộng nhỏ hơn khoảng trống dành cho nó. Với các lỗ hình khác cũng phải kiểm tra như trên.

Trên nhóm giá cán thô và cán trung gian với các máy cán liên tục dùng hệ thống hình hộp chữ nhật-vuông cho phôi có tiết diện vuông 80 x 80 mm ở các giá cán đầu, sau đó dùng hệ thống lỗ hình ôvan-vuông.

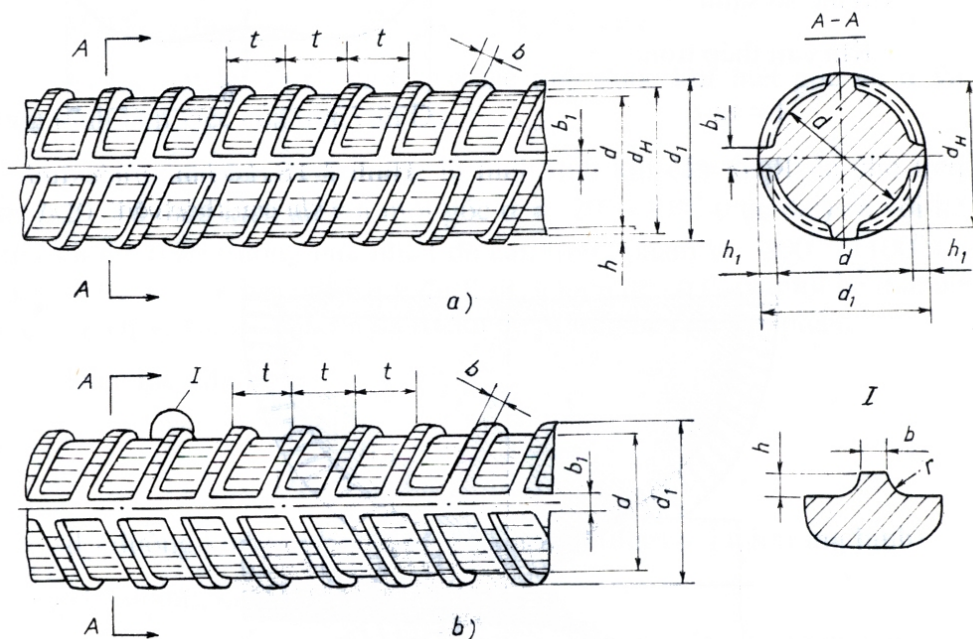
Ngoài cách tính trên người ta cũng có thể dùng phương pháp đồ thị, phương pháp phân bố hệ số giãn dài. Hàng số cán liên tục cũng phải xuất phát từ tốc độ cán giá cuối cùng để xác định.

e/ Cán và thiết kế lỗ hình cho thép vằn

Đường kính danh nghĩa của thép vằn tính theo biểu thức: $d_d = \frac{d_1 + d}{2}$

d_1 : đường kính ngoài của thép vằn, mm; d : đường kính trong của thép vằn, mm

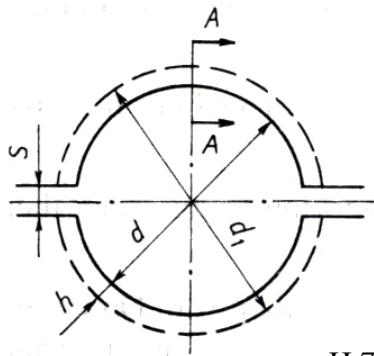
Thép vằn được chế tạo theo các kích thước $d_d = 6 \div 90$ mm, mác thép là CT51 hoặc thép hợp kim thấp. Quá trình cán thép vằn được thực hiện trên máy cán hình cỡ nhỏ, trung bình và máy cán dây. Hệ lỗ hình sử dụng ở đây cũng như hệ lỗ hình cán thép tròn, chỉ kích thước của 2 hệ là khác nhau. Kích thước và hình dáng lỗ hình cán thép vằn cho trên hình 7.45. Theo hình 7.45 thì lỗ hình tinh (H.7.46) và lỗ hình trước tinh (H.7.47) để cán thép vằn khác với cán thép tròn.



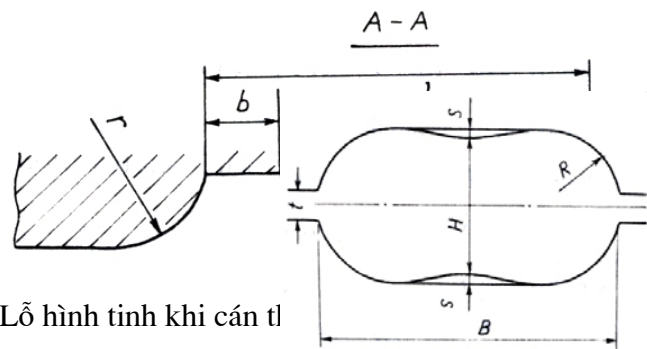
H.7.45. Hình dáng và kích thước của thép vằn

Khi chế tạo lỗ hình tinh để cán thép vằn người ta thực hiện 2 bước:

- Tiện rãnh trên trục theo kích thước đường kính trong d của thép vằn.



H.7.46. Lỗ hình tinh khi cán tl

H.7.47. Lỗ hình trước
tinh khi cán thép vằn

Phay trên bề mặt rãnh theo kích thước gờ của thép vằn.

Đường gờ dọc theo thanh thép do khe hở giữa 2 trục cán

tạo

nên trong quá trình cán. Nếu thiết kế lỗ hình không đúng hoặc thực hiện công nghệ không đúng thì kích thước (chiều cao) của gờ dọc sẽ khác với kích thước của gờ (vằn).

Thép vằn được cán theo dung sai âm:

- Với $d_d = 6 \div 20$ mm, có dung sai $d_d^{+0,3}_{-0,5}$

- Với $d_d = 20 \div 90$ mm, có dung sai $d_d^{+0,5}_{-1,3}$

Để đảm bảo được kích thước và hình dáng của thép vằn thì điều quan trọng là phải chọn được hình dáng và kích thước của lỗ hình ôvan trước tinh.

Khi cán thép vằn đòi hỏi sự tiêu hao năng lượng lớn. Sơ đồ cán thép vằn cho trên hình 7.48. Từ hình 7.48 ta dễ dàng nhận thấy là điều kiện ăn khi cán thép vằn thuận lợi hơn khi cán thép tròn, có nghĩa là điều kiện ma sát lớn hơn, chiều dài cung tiếp xúc cũng lớn hơn.

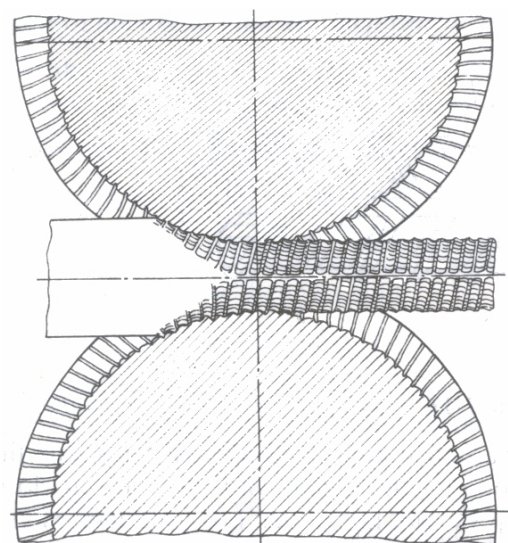
Có thể so sánh:

- Khi cán thép tròn: $f = \operatorname{tg} \alpha$; $R_k \cdot \alpha = l_x$.
- Khi cán thép vằn: $f = C_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$; $R_k \cdot \alpha = C_2 \cdot l_x$;

$$l_x = \sqrt{R_k \cdot \Delta h}$$

$$\text{Ta có: } \alpha = C_2 \cdot \sqrt{\frac{\Delta h}{R_k}}$$

$$\text{do đó: } f = C_1 \cdot C_2 \cdot \sqrt{\frac{\Delta h}{R_k}}$$



H.7.48. Sơ đồ cán thép vằn

Suy ra:
$$\Delta h_{\text{MAX}} = \frac{1}{(C_1 \cdot C_2)^2} \cdot f^2 \cdot R_k$$

Trong đó, C_1, C_2 - các hệ số so sánh quá trình ăn khi cán thép tròn và cán thép vằn. Mặt khác ta có: $\Delta h_{\text{max}} = 2R_k (1 - \cos \alpha)$.

Vì thế hai hệ số C_1, C_2 có thể tính được khi biết góc ăn α và đường kính làm việc của trục cán D_k . Từ điều kiện ăn với một góc $\alpha = 29^\circ \div 30^\circ$ (cực đại) và với hệ số ma sát $f = 0,36$ (tương ứng nhiệt độ cán trong phạm vi $800 \div 1100^\circ\text{C}$) và tích số $C_1 \cdot C_2 = 1,13$ có thể tìm được điều kiện để có được một bề mặt gờ xoắn tốt nhất và tốc độ cán tối đa ở mọi điểm trên bề mặt sản phẩm.

Điều kiện đó là:
$$\frac{d_d}{D_k} = 0,1$$

d_d : đường kính danh nghĩa của thép vằn (đường kính trung bình).

D_k : đường kính làm việc của trục cán.

Khi cán thép tròn với kích thước nhỏ và trung bình thì lỗ hình ôvan trước tinh có thể dùng lỗ hình ôvan một bán kính. Nhưng khi cán thép vằn, nếu dùng kiểu lỗ hình ôvan một bán kính sẽ kém hiệu quả vì trong lỗ hình tinh vì có đường phay rãnh nên tồn tại tính chất biến dạng, chưa kể đến sự biến dạng không đều do hình dạng lỗ hình tạo ra (ôvan cán trong lỗ hình tròn).

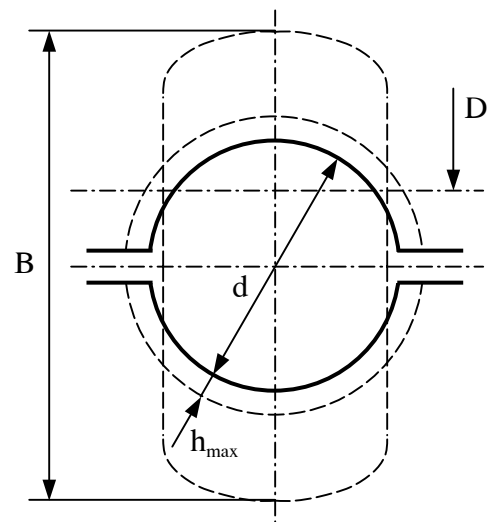
Như vậy tính chất biến dạng không đều khi cán thép vằn là nhiều hơn nếu dùng lỗ hình ôvan một bán kính, do đó dễ gây ra hiện tượng kích thước gờ xoắn không đúng.

Khi nhiệt độ ở định lỗ hình ôvan một bán kính bị nguội (không đồng đều nhiệt độ trên tiết diện phôi).

Hình dáng và kích thước của phôi ôvan đưa vào lỗ hình tinh trên hình 7.49

Nhiều công trình nghiên cứu cũng như từ thực tế sản xuất cho thấy để cán thép vằn, tốt nhất dùng hệ lỗ hình ôvan bằng trước tinh có hình dáng như hình 7.47. Số liệu để thiết kế lỗ hình ôvan bằng trước tinh khi cán thép vằn tùy theo kích thước đường kính cho trong bảng 7.15 và các hình 7.45 ÷ 7.47.

Với lỗ hình vuông trước lỗ hình ôvan, khi khảo sát thực nghiệm người ta thấy rằng: phôi vuông đưa vào lỗ hình ôvan có thể có những tiết diện khác nhau: phôi có tiết diện vuông cho thép vằn có đường kính nhỏ ($d_d < 16$ mm); phôi có tiết diện chữ nhật cho thép vằn có đường kính $d_d = 18 \div 45$ mm và phôi có tiết diện đặc biệt cho thép vằn có đường kính lớn hơn ($d > 45$ mm).



Hình 7.49- Sơ đồ cán phôi ôvan trong lỗ hình tinh khi cán thép vằn.

Bảng 7.15. Kích thước để thiết kế lỗ hình ôvan bằng trước tinh khi cán thép vằn có đường kính khác nhau.

d_d	d	d_1	H	B	t	R	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	14,5	24	3	7,5	-
18	17	20	15	26	3	8,5	-
20	19	22	18	30,5	3	9	0,5
22	21	24	19	35	3	12	0,5
25	24	27	23	40	3	12	0,5
28	26,5	30	26	45	4	12	0,5
32	30,5	34	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	37	72	6	26	0,5
50	48	54	38	90	8	24	0,5
55	53	59	41	95,5	8	28	0,5
60	58	64	48	96	11	28	0,5
70	68	74	58	115	12	38	0,5
80	77,5	83,5	66	135	13	50	0,5
90	87,5	93,5	77	154	19	65	0,5

d_1 : đường kính ngoài của thép vằn, mm

d : đường kính trong của thép vằn, mm

d_d : đường kính danh nghĩa của thép vằn, mm

H: chiều cao ôvan, mm

B: chiều rộng ôvan, mm

t: khe hở, mm

R: bán kính lượn của ôvan, mm

S: độ võng của ôvan, mm

Theo thực nghiệm thì hình dáng và kích thước của phôi vào lỗ hình ôvan bằng trước để cán thép vằn các loại (bảng 7.15).

Có thể nói rằng việc thiết kế lỗ hình để cán thép vằn các loại là hết sức linh hoạt và phải xuất phát từ kinh nghiệm thực tế để lựa chọn tiết diện phôi đưa vào lỗ hình ôvan. Việc này có thể thực hiện bằng cách tăng giảm khe hở giữa hai trục cán để có thể sử dụng phôi có những tiết diện khác nhau khi cán trong lỗ hình tinh đảm bảo sự điền đầy và đạt kích thước theo tiêu chuẩn của thép vằn.

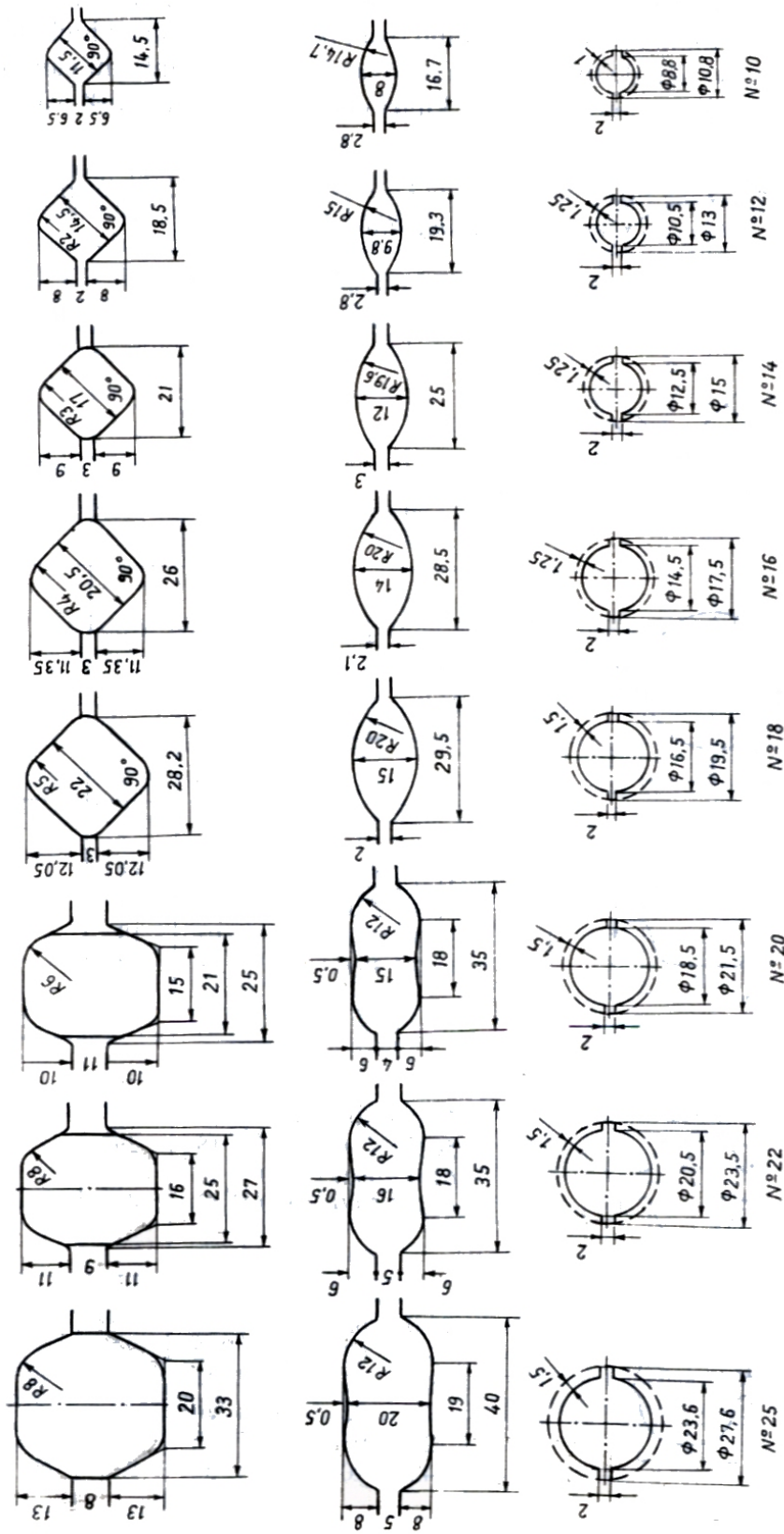
Khi dùng phôi có tiết diện không phải là vuông để đưa vào lỗ hình ôvan thì chọn tỷ số giữa chiều cao H và chiều rộng B của phôi như sau:

$$\frac{H}{B} = 0,84 \div 0,65;$$

Nếu phôi đưa vào lỗ hình ôvan có tiết diện vuông thì cạnh A của hình vuông tính theo biểu thức sau:

$$A = (1,2 \div 1,25) \cdot d_d;$$

Trên hình 7.50 giới thiệu ba lỗ hình cuối cùng khi cán thép vằn có $d_d = 10 \div 25$ mm.



H.7.50. Hình dáng và kích thước của 3 lô hình cuối cùng (tính, trước tinh và trước trước tinh) khi cán thép vằn có đường kính danh nghĩa $d_d = 10 \div 25$ mm

7.6.2. Thiết kế lỗ hình cán thép vuông

Thép vuông theo TCVN có cạnh $C = 5 \div 250$ mm. Thép vuông có cạnh $C \leq 100$ mm có góc vuông sắc cạnh, theo đơn đặt hàng có thể có cạnh $C \leq 50$ mm có góc vuông sắc cạnh.

Dung sai của thép vuông có cạnh $C \leq 100$ mm:

- Với độ chính xác thường $C_{-0,5}^{+0,4}$;
- Với độ chính xác cao $C_{-0,4}^{+0,2}$;

Thép vuông có cạnh $C > 100$ mm ở góc vuông có bán kính lượn $R \leq 0,15 \cdot C$.
Dung sai của thép vuông có cạnh $C > 100$ mm:

- Với độ chính xác thường $C_{-1,7}^{+0,6}$;
- Với độ chính xác cao $C_{-1,5}^{+0,5}$;

Thép vuông có cạnh $C \leq 14$ mm được xuất xưởng ở dạng cuộn.

Các hệ thống lỗ hình dùng để cán thép vuông thường là: thoi - vuông; ôvan - vuông; hộp chữ nhật - vuông. Nhưng với 3 lỗ hình cuối cùng bắt buộc phải là vuông-thoi-vuông.

a/ Các bước tính toán và thiết kế lỗ hình cán thép vuông

Tương tự như cán thép tròn.

① Theo kiểu máy, kích thước sản phẩm

Xuất phát từ kiểu máy và kích thước sản phẩm thiết kế một hệ lỗ hình cán thô. Ví dụ: với kích thước sản phẩm nhỏ dùng hệ lỗ hình ôvan-vuông; với kích thước sản phẩm lớn dùng hệ lỗ hình thoi-vuông.

② Quá trình tính toán là ngược hướng cán.

Tính kích thước cho 3 lỗ hình cuối cùng trước tiên, sau đó tính kích thước lỗ hình thô.

③ Xác định kích thước lỗ hình tinh.

Kích thước lỗ hình tinh được thiết kế trên cơ sở kích thước của sản phẩm ở trạng thái nóng có xét đến dung sai.

④ Xác định hệ số giãn dài.

Xác định hệ số giãn dài ở lỗ hình tinh và trước tinh theo đồ thị hình 7.31.

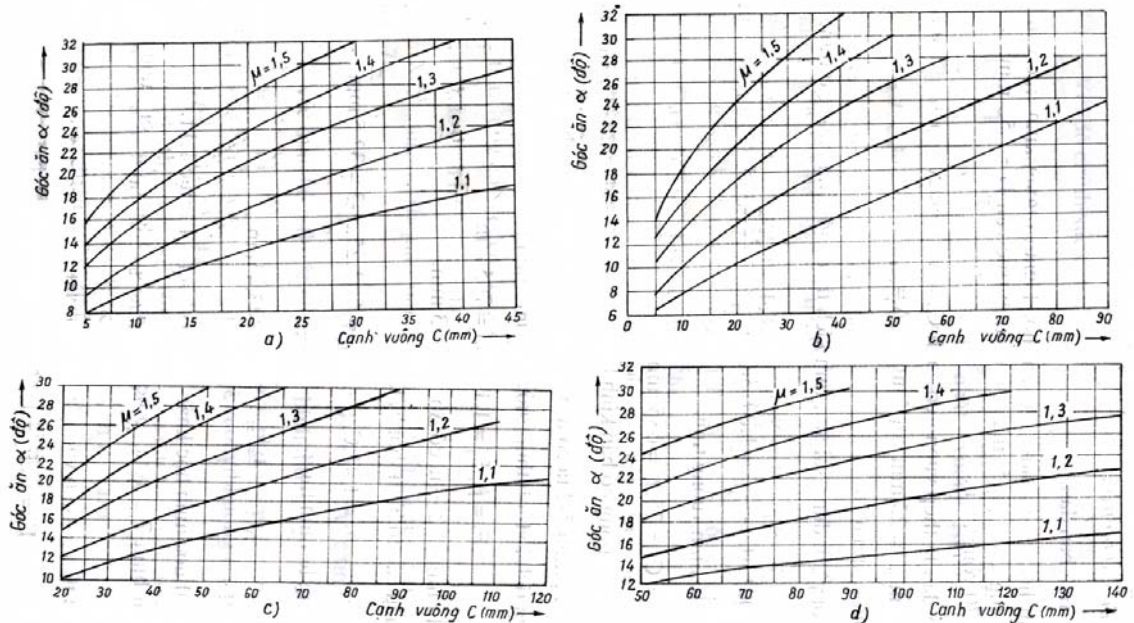
⑤ Tính diện tích và cạnh của lỗ hình vuông trước tinh.

⑥ Xác định kích thước của các lỗ hình thô.

Nếu chọn hệ lỗ hình ôvan-vuông, phương pháp tính tương tự như với thép tròn. Nếu chọn hệ lỗ hình thoi-vuông phương pháp tính tương tự như hệ lỗ hình ôvan-vuông.

Theo đồ thị hình 7.51 tìm hệ số giãn dài theo góc ăn cho phép, tính diện tích của lỗ hình thoi và vuông thô. Theo đồ thị hình 7.52 tìm lượng giãn rộng Δb . Khi cán phôi có tiết diện hình thoi trong lỗ hình vuông, cho phép ta tìm được chiều cao và chiều rộng của lỗ hình thoi trung gian.

⑦ Tổng hợp thành bảng các số liệu đã tính toán và vẽ lỗ hình.



H.7.51. Quan hệ giữa góc ăn và hệ số giãn dài và cạnh vuông c theo hệ thống lỗ hình thoi-vuông.

- a. đường kính trục cán $D = 250$ mm; b. đường kính trục cán $D = 350$ mm;
- c. đường kính trục cán $D = 500$ mm; d. đường kính trục cán $D = 800$ mm.

b/ Ví dụ về thiết kế lỗ hình cán thép vuông cạnh $C_n = 25$ mm, trên máy cán hình 350 bố trí hàng

① Các số liệu ban đầu

Máy gồm 2 hàng: hàng giá cán thô một giá có đường kính trục cán $D = 550$ mm; hàng cán tinh 5 giá với đường kính trục cán $D = 350$ mm; số vòng quay $n = 270$ v/ph.

Phôi ban đầu là thép vuông có cạnh $C_0 = 45$ mm; cán ra sản phẩm thép vuông có cạnh $C_n = 25$ mm với dung sai $\Delta = \begin{matrix} +0,2 \\ -0,4 \end{matrix}$;

② các bước tính toán.

- Xét một phần dung sai âm, tính kích thước lỗ hình vuông ở trạng thái nóng:

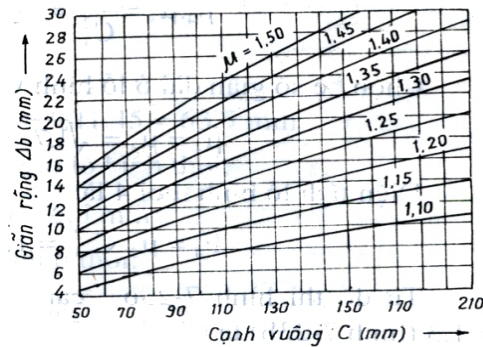
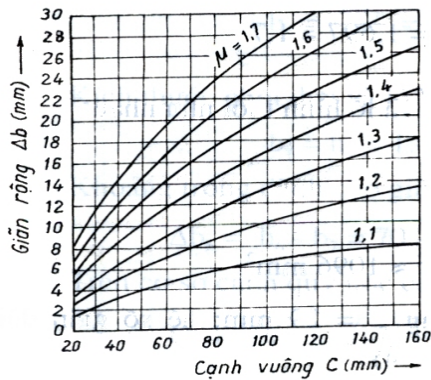
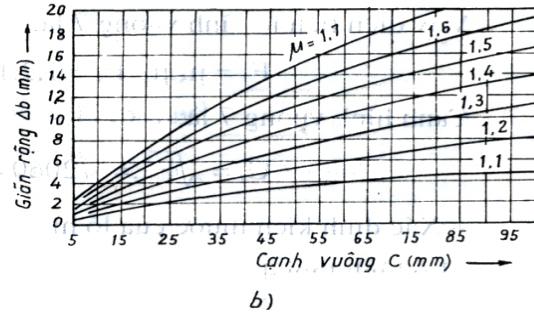
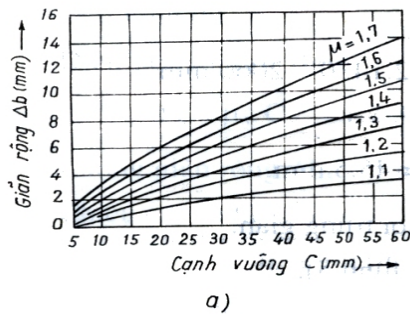
$$C_{\text{nóng}} = 1,0013 \left(C_n - \frac{\Delta}{2} \right) = 1,0013 \left(25 - \frac{0,4}{2} \right) = 25,2 \text{ mm};$$

Diện tích lỗ hình vuông tinh:

$$F_1 = C_1^2 = 25,2^2 = 635 \text{ mm}^2;$$

Lỗ hình tinh không có bán kính lượn.

Theo đồ thị hình 7.31 ta có $\mu_1 = 1,11$. Vậy diện tích lỗ hình thoi trước tinh là:

$$F_2 = \mu_1 \cdot F_1 = 1,11 \cdot 635 = 705 \text{ mm}^2;$$


H.7.52. Quan hệ giữa lượng giãn rộng Δb , cạnh vuông C và hệ số giãn dài khi cán phôi hình vuông. Hệ thống lỗ hình thoi-vuông.

- a. đường kính trục cán $D = 250 \text{ mm}$; b. đường kính trục cán $D = 350 \text{ mm}$;
- c. đường kính trục cán $D = 500 \text{ mm}$; d. đường kính trục cán $D = 800 \text{ mm}$;

Từ đồ thị 7.52b ta có $\Delta b_1 = 2 \div 3 \text{ mm}$:

Vậy chiều cao lỗ hình thoi là:

$$h_2 = 1,14 \cdot C_{\text{nóng}} - \Delta b_1 = 1,14 \cdot 25,2 - 3 = 32,5 \text{ mm} ;$$

Chiều rộng lỗ hình thoi:

$$b_2 = \frac{2 \cdot q_2}{h_2} = \frac{2 \cdot 705}{32,5} = 43,4 \text{ mm} ;$$

Các kích thước hình học khác xem ở chương 2.

Từ đồ thị hình 7.52b ta có hệ số giãn dài ở lỗ hình thoi trước tinh $\mu_2 = 1,2$.

Vậy diện tích lỗ hình vuông trước tinh là:

$$F_3 = \mu_2 \cdot F_2 = 1,2 \cdot 705 = 845 \text{ mm}^2 ;$$

Cạnh hình vuông trước tinh là:

$$C_3 = \sqrt{q_3} = \sqrt{845} = 29 \text{ mm} ;$$

Các lỗ hình tiếp theo cũng là hệ lỗ hình thoi-vuông. Nếu tốc độ cán là 5 m/s và nhiệt độ cán là 1000°C thì từ đồ thị hình 6.11 tìm được góc ăn cực đại $\alpha = 20^\circ$.

Khi góc ăn $\alpha = 20^0$, cạnh vuông $C_3 = 29$ mm ta có hệ số giãn dài lỗ hình vuông 3 là: $\mu_3 = 1,3$ (hình 7.52b).

Với lỗ hình thoi 4 ta lấy hệ số giãn dài như ở lỗ hình vuông 3: $\mu_4 = \mu_3 = 1,3$.

Vậy diện tích lỗ hình vuông 5 là:

$$F_5 = \mu_3 \cdot \mu_4 \cdot F_3 = 1,3 \cdot 1,3 \cdot 845 = 1430 \text{mm}^2;$$

Cạnh hình vuông 5 là:

$$C_5 = \sqrt{F_5} = \sqrt{1430} = 37,8 \text{mm};$$

Khi góc ăn $\alpha = 20^0$, cạnh vuông $C_5 = 37,8$ mm ta có hệ số giãn dài lỗ hình vuông 5 là: $\mu_5 = 1,2$ (hình 7.52b).

Hệ số giãn dài ở lỗ hình thoi tiếp theo $\mu_6 = 1,2$.

Vậy diện tích lỗ hình vuông 7 là:

$$F_7 = \mu_5 \cdot \mu_6 \cdot F_5 = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1430 \approx 2060 \text{mm}^2;$$

Cạnh hình vuông 7 là:

$$C_7 = \sqrt{F_7} = \sqrt{2060} = 45,5 \text{mm};$$

- Xác định kích thước của lỗ hình thoi trung gian

Lỗ hình thoi 4:

Hệ số giãn dài ở lỗ hình 4 và lỗ hình 3 là:

$$\mu_4 \cdot \mu_3 = \frac{C_5^2}{C_3^2} = \frac{37,8^2}{29^2} = 1,697 \approx 1,7;$$

Chọn hệ số giãn dài ở lỗ hình vuông và lỗ hình thoi như nhau:

$$\mu_4 = \mu_3 = \sqrt{1,7} = 1,3;$$

Diện tích lỗ hình thoi 4 là:

$$F_4 = \mu_3 \cdot C_3^2 = 1,3 \cdot 29^2 \approx 1096 \text{mm}^2;$$

Từ đồ thị hình 7.52b; cạnh vuông $C = 29$ mm; hệ số giãn dài $\mu_3 = 1,3$ ta có $\Delta b_3 = 5$ mm, như vậy:

Chiều cao lỗ hình thoi 4 là:

$$h_4 = 1,14 \cdot C_3 - \Delta b_3 = 1,14 \cdot 29 - 5 = 36 \text{mm};$$

Chiều rộng lỗ hình thoi 4:

$$b_4 = \frac{2 \cdot F_4}{h_4} = \frac{2 \cdot 1096}{36} = 60 \text{mm};$$

Kích thước của lỗ hình vuông 5: $b_5 = h_5 = 1,14 \cdot C_5 = 1,14 \cdot 37,8 = 53 \text{mm};$

Khoảng trống dành cho giãn rộng ở lỗ hình thoi 4:

$$\Delta B_4 = b_4 - 1,14 \cdot C_5 = 60 - 53 = 7 \text{mm};$$

Theo đồ thị hình 7.52b thì lượng giãn rộng để đưa phôi vuông vào lỗ hình thoi với $\mu_4 = 1,3$ và cạnh hình thoi quy ước $\sqrt{C_4} = \sqrt{1095} = 33\text{mm}$; là $\Delta b_4 = 5,5\text{ m}$. trong khi đó khoảng trống tính toán cho giãn rộng là 7 mm vậy không cần thay đổi kích thước lỗ hình thoi 4.

Lỗ hình thoi 6:

Diện tích lỗ hình thoi 6 là:

$$F_6 = \mu_5 \cdot C_5^2 = 1,2 \cdot 37,8^2 = 1715\text{mm}^2;$$

Từ đồ thị hình 7.52b; cạnh vuông $C_5 = 37,8\text{ mm}$; hệ số giãn dài $\mu_4 = 1,2$ ta có $\Delta b_5 = 5\text{ mm}$, như vậy:

Chiều cao lỗ hình thoi 6 là:

$$h_6 = 1,14 \cdot C_5 - \Delta b_5 = 1,14 \cdot 37,8 - 5 = 48\text{mm};$$

Chiều rộng lỗ hình thoi 6:

$$b_6 = \frac{2 \cdot F_6}{h_6} = \frac{2 \cdot 1715}{48} = 71,44 \approx 70\text{mm};$$

Kích thước của phôi đưa vào lỗ hình 6:

$$b_7 = h_7 = 1,14 \cdot C_7 = 1,14 \cdot 45 = 63,5\text{mm};$$

Khoảng trống dành cho giãn rộng ở lỗ hình thoi 6:

$$\Delta B_6 = b_6 - b_7 = 70 - 63,5 = 6,5\text{mm};$$

Trên cơ sở cạnh quy ước của lỗ hình thoi là:

$$C_6 = \sqrt{F_6} = \sqrt{1715} = 41\text{mm};$$

Từ đồ thị hình 7.52b; cạnh vuông $C_6 = 41\text{ mm}$; hệ số giãn dài $\mu = 1,2$ ta có $\Delta b_6 = 5\text{ mm}$, như vậy kích thước lỗ hình thoi 6 không cần hiệu chỉnh.

Trong quá trình tính toán trên đây không xét đến bán kính lượn ở đỉnh và ở vành trục của lỗ hình thoi và lỗ hình vuông. Nếu có bán kính lượn thì kích thước lỗ hình có thay đổi chút ít về diện tích, song hệ số giãn dài thay đổi không đáng kể vì có sự bù trừ ở giữa đỉnh lỗ hình và ở vành trục cán.

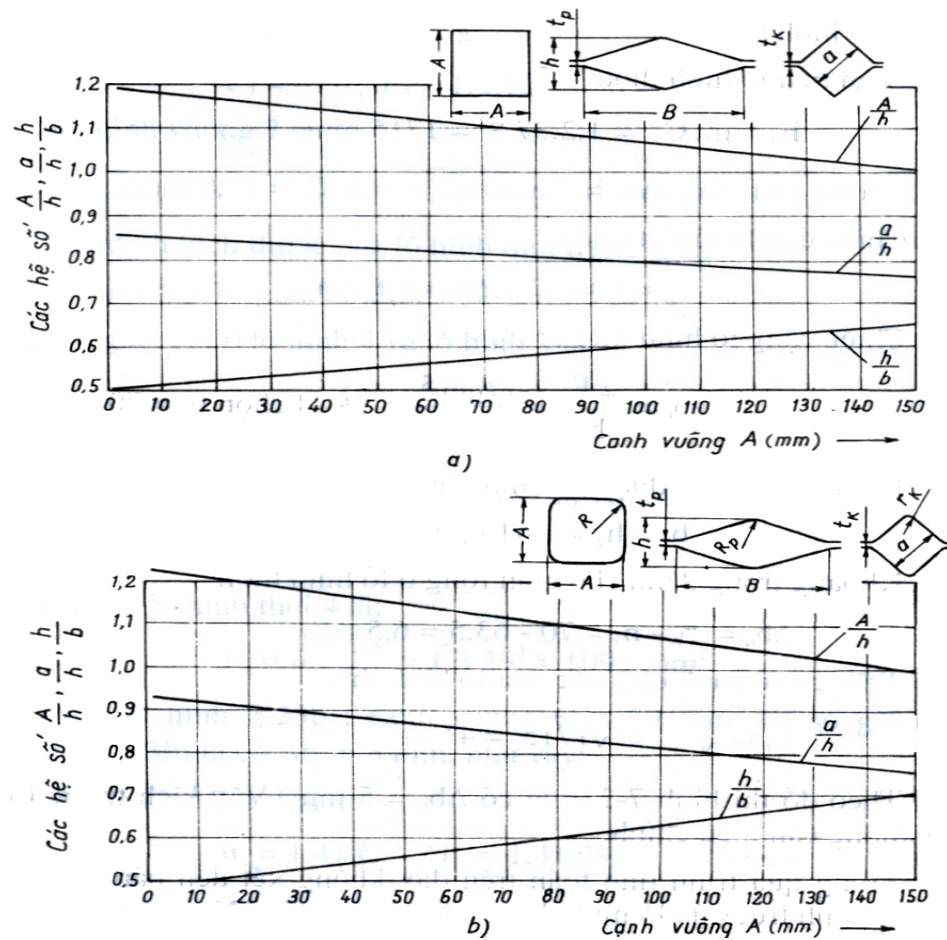
c/ Cán thép vuông theo phương pháp phân tích đồ thị của hệ thống lỗ hình thoi-vuông.

Đối với phương pháp này có các đồ thị biểu thị các quan hệ giữa các đại lượng $\frac{A}{h}; \frac{h}{b}; \frac{a}{h}$ với cạnh của phôi vuông vào lỗ hình thoi (H.7.53). Đồ thị được xây dựng trên các cơ sở các thông số thực nghiệm của nhiều nhà máy cán thép, mỗi giá trị của tỷ số $\frac{A}{h}$ ứng với một đại lượng $\frac{h}{b}$ và $\frac{a}{h}$. Khi xác định kích thước trung bình của từng cặp lỗ hình thoi-vuông. Trên cơ sở đồ thị với một cạnh của lỗ hình vuông

trước lỗ hình thoi A tìm tỷ số $\frac{A}{h}$ từ đó có một giá trị quy ước h. Từ giá trị h tìm b.

Khi đã biết $\frac{h}{b}$ (theo đồ thị hình 7.53) tìm chiều cao thực của lỗ hình thoi theo tỷ số:

$\frac{a}{h}$. (A; a; b; h: các kích thước được ghi trên hình vẽ và đồ thị 7.53)



H.7.53. Đồ thị quan hệ giữa các tỷ số $\frac{A}{h}$; $\frac{a}{h}$; $\frac{h}{b}$ với cạnh vuông A

khi thiết lỗ hình cán thép vuông theo hệ thống lỗ hình thoi-vuông.
a. vuông sắc cạnh; b. vuông có bán kính lượn đầu cạnh

Đồ thị cho giá trị kích thước trung bình của nhiều nhà máy. các giá trị này giúp xác định các kích thước lỗ hình với các thông số thực nghiệm của các nhà máy đang cán thép vuông với sai số không đáng kể.

Sai số $\pm 8\div 10\%$ khi cán thép vuông có cạnh nhỏ và sai số $\pm 3\%$ khi cán thép vuông có cạnh lớn. Vì vậy khi sử dụng đồ thị ở hình 7.53, các giá trị vẫn cho ta độ chính xác khi tính toán.

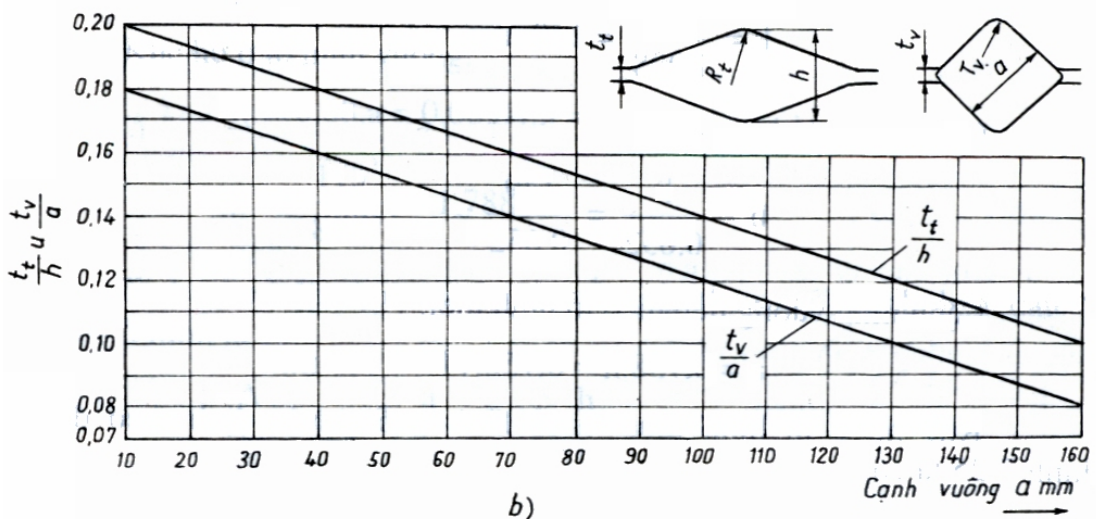
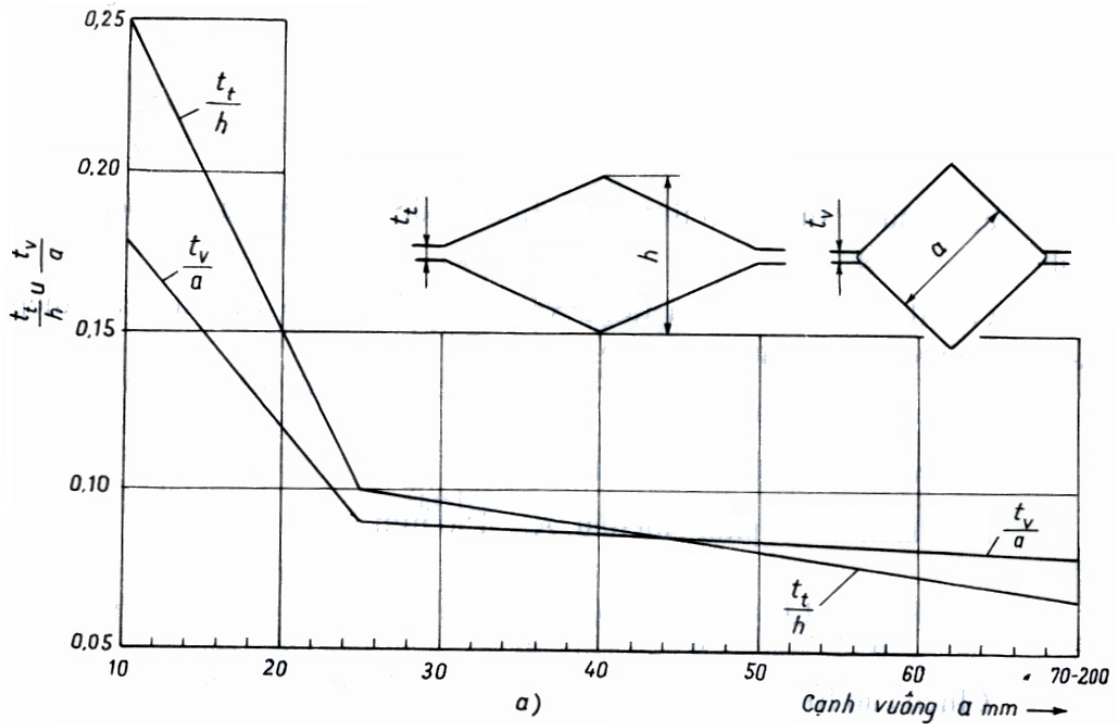
Khe hở giữa 2 trục cán của lỗ hình thoi và lỗ hình vuông cùng được chọn khác nhau theo đồ thị (hình 7.54)

$$r_v = 0,15.a$$

$$R_{thoi} = (1,2 \div 1,3).r_v$$

① Ví dụ về tính kích thước của lỗ hình để cán thép vuông theo theo hệ lỗ hình thoi-vuông.

Giả thiết máy cán đã được xác định sơ bộ và trên đó cán thép vuông; tính toán theo phương pháp đồ thị.



H.7.54. Đồ thị tìm khe hở ở lỗ hình thoi-vuông khi cán thép vuông theo hệ thống lỗ hình thoi-vuông
 a. vuông sắc cạnh; b. vuông có bán kính lượn đầu cạnh

② Quá trình tính toán

Dựa vào đồ thị (H.7.51a) tìm được: A = 150 mm là kích thước phôi ban đầu.

Ta có: $\frac{A}{h} = 1,008; \frac{h}{b} = 0,652; \frac{a}{h} = 0,758$ (đồ thị sắc cạnh)

Chiều cao lỗ hình thoi: $h = \frac{150}{1,008} = 149\text{mm}$;

Chiều rộng lỗ hình thoi: $b = \frac{h}{0,652} = \frac{149}{0,652} = 229\text{mm}$;

Cạnh hình vuông tiếp theo lỗ hình thoi: $a = 0,758.h = 0,758.149 = 113\text{ mm}$;
Khe hở ở lỗ hình thoi và lỗ hình vuông xác định theo đồ thị hình 7.54 ta có:

$$\frac{t_{\text{thoi}}}{h} = 0,065 ; \text{ suy ra } t_{\text{thoi}} = 0,065.h = 10\text{mm} ;$$

$$\frac{t_v}{a} = 0,08 ; \text{ suy ra } t_v = 0,08.a = 9\text{mm} ;$$

Hệ số giãn dài từ lỗ hình vuông nọ đến lỗ hình vuông kia ($A \Rightarrow a$):

$$\mu = \frac{150^2}{113^2} = 1,762 ;$$

Tiếp tục tính cho một cặp lỗ hình thoi-vuông tiếp theo, với $a = a$ là kích thước phôi vào lỗ hình thoi. Căn cứ vào kích thước này để tìm các hệ số trên đồ thị với $A = 113\text{ mm}$, ta có:

$$\frac{A}{h} = 1,052; \frac{a}{h} = 0,787; \frac{h}{b} = 0,615 ;$$

Vậy chiều cao lỗ hình thoi: $h = \frac{113}{1,052} = 107\text{mm}$;

Chiều rộng lỗ hình thoi: $b = \frac{107}{0,615} = 174\text{mm}$;

Cạnh của lỗ hình vuông tiếp theo:

$$A = 0,787.h = 0,787.107 = 84,5\text{ mm};$$

Khe hở ở lỗ hình thoi: $t_{\text{thoi}} = 0,065.h = 7\text{ mm}$;

Khe hở ở lỗ hình vuông: $t_v = 0,08.a = 0,08.84,5 = 7\text{ mm}$;

$$\mu = \frac{113^2}{84,5^2} = 1,788 ;$$

Tính cho cặp thoi-vuông thứ 3 tiếp theo, với cạnh ban đầu là $A = 84,5$

mm, ta có: $\frac{A}{h} = 1,087; \frac{a}{h} = 0,81; \frac{h}{b} = 0,588 ;$

Vậy chiều cao lỗ hình thoi: $h = \frac{84,5}{1,087} = 77,7\text{mm}$;

Chiều rộng lỗ hình thoi: $b = \frac{77,7}{0,588} = 132,5\text{mm}$;

Cạnh của lỗ hình vuông tiếp theo: $a = 0,07.h = 0,81.77,7 = 63 \text{ mm}$;

Khe hở ở lỗ hình thoi: $t_{\text{thoi}} = 0,07.h = 0,07.77,7 = 5 \text{ mm}$;

Khe hở ở lỗ hình vuông: $t_v = 0,08.a = 0,08.63 = 5 \text{ mm}$;

Hệ số giãn dài: $\mu = \frac{84,5^2}{63^2} = 1,799$;

Sau khi có các kích thước của lỗ hình cần thử lại lượng giãn rộng trong các lỗ hình theo các biểu thức đã có nhằm tránh sự quá điền đầy tạo bavaria trên phôi cán và sản phẩm. Đồng thời phải thử lại điều kiện ăn cho phép.

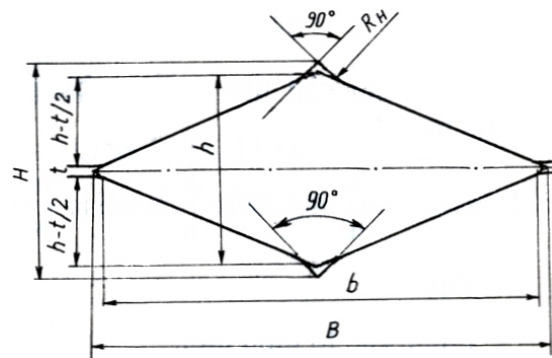
Nếu để cán thép vuông sắc cạnh thì các lỗ hình thoi-vuông thô và trung gian không cần phải có bán kính lượn ở đỉnh lỗ hình.

Nếu cán thép vuông tròn cạnh thì các bán kính lượn ở đỉnh lỗ hình chọn theo các biểu thức đã cho.

Thép vuông tròn cạnh thường có kích thước $a = 50 \div 90 \text{ mm}$, tương ứng với nó có các tỷ số $h/b = 0,62 \div 0,74$ và bán kính lượn ở lỗ hình thoi $R_{\text{thoi}} = (0,2 \div 0,3)a$.

Khi các tỷ số về kích thước của lỗ hình thoi trước tinh và vuông tinh tròn cạnh là: $\frac{a}{b} = 0,59$; $\frac{a}{h} = 0,835$; $\frac{h}{b} = 0,74$ người ta nhận thấy đối với sản phẩm có $a = 50 \div 100 \text{ mm}$, quá trình cán ổn định và đảm bảo hoàn toàn kích thước và hình dáng sản phẩm.

Khi cán thép vuông sắc cạnh với $a = 10 \div 50 \text{ mm}$ với tỷ số kích thước ở lỗ hình tinh và trước tinh là: $\frac{a}{b} = 0,58$; $\frac{a}{h} = 0,77$; $\frac{h}{b} = 0,76$ thì theo nghiên cứu của Mekelin, cấu tạo của lỗ hình thoi trước tinh phải có mũ giả với góc ở đỉnh là 90° (H.7.55).



Để thiết kế lỗ hình như trên hình 7.55 thực hiện như sau: tăng chiều cao h của lỗ hình lên H một giá trị sao cho $H - h = 2 \div 8 \text{ mm}$ tương ứng với kích thước cạnh vuông sản phẩm $a = 10 \div 150 \text{ mm}$. Nghĩa là: $\frac{H-h}{2} = 1 \div 4 \text{ mm}$ (giá trị nhỏ tương ứng với kích thước cạnh nhỏ của sản phẩm; giá trị lớn tương ứng với kích thước cạnh lớn của sản phẩm). Từ đỉnh của góc vuông 90° nối tiếp với cạnh của hình thoi bằng một bán kính R_H có giá trị $R_H = (1 \div 2).h$.

7.6.3. Thiết kế lỗ hình và các phương pháp cán các loại thép dẹt

Thép dẹt các loại được sử dụng rất rộng rãi trong đời sống hàng ngày và trong các ngành công nghiệp, vận tải, chế tạo máy... Kích thước thép dẹt theo tiêu chuẩn cho trong bảng 7.16.

Bảng 7.16. Kích thước của các loại thép dẹt

Chiều rộng B (mm)	Chiều dày của thép dẹt H (mm)											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18
12 ÷ 14												
16 ÷ 18												
20 ÷ 22												
25 ÷ 28												
30 ÷ 200												

Ngoài ra, thép dẹt còn có hình dáng khác nhau: Thép dẹt làm lò xo lá, thép dẹt cả hai mặt lõm, thép lòng máng, thép làm vành bánh ô-tô, thép đai thùng...

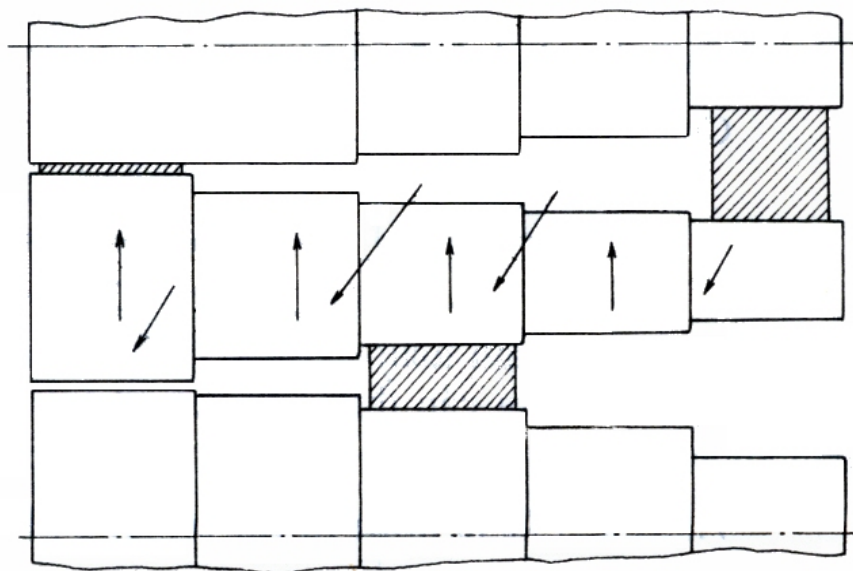
Dung sai của thép dẹt theo chiều dày H: $H_{-0,5}^{+0,2}$ khi H = 7 ÷ 16 mm

$H_{-1,2}^{+0,2}$ khi H = 28 ÷ 32 mm

Dung sai của thép dẹt theo chiều rộng B: $B_{-1,0}^{+0,5}$ khi B = 12 ÷ 50 mm

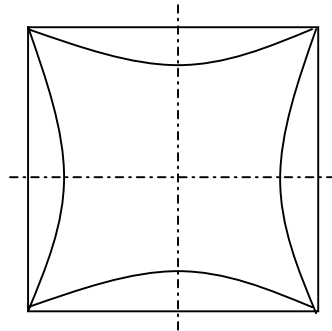
a/ Các phương pháp cán thép dẹt

① Cán trên trục bậc (phương pháp cũ)

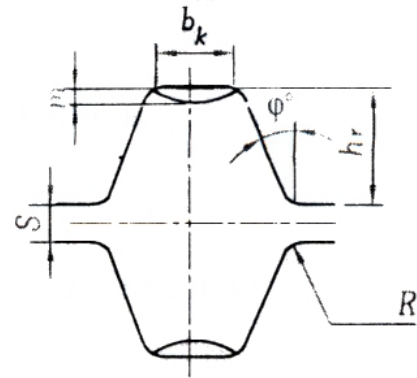


H.7.56. Cán thép dẹt trên trục bậc.

Phương pháp này có nhiều nhược điểm (H.7.56) như chiều rộng sản phẩm không chính xác vì lượng giãn rộng thay đổi luôn theo các yếu tố công nghệ. Mặt khác, bị hạn chế kích thước sản phẩm, hình dáng hai mặt của thép dẹt không phù hợp vì không được gia công (không có góc vuông). Nhược điểm không vuông ở mặt bên có thể khắc phục bằng cách dùng phôi có mặt cong (H.7.57).



H.7.57. hình dáng phôi khi cán thép dẹt trên trục bậc



H.7.58. lỗ hình ép cạnh khi cán thép dẹt trên trục

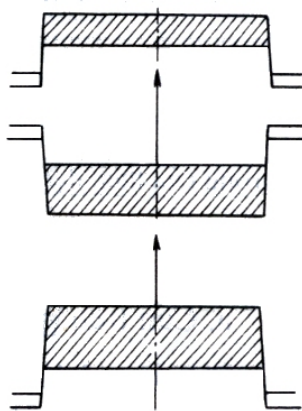
Với mục đích gia công hai mặt bên của thép dẹt khi cán trên trục bậc, người ta sử dụng phối hợp các lỗ hình gia công cạnh (H.7.58) trên những giá cán riêng biệt phối hợp trong hệ thống các giá cán.

$$b_k = (0,98 \div 1,06)b_1; \quad \text{tg}\varphi = 0,05 \div 0,1;$$

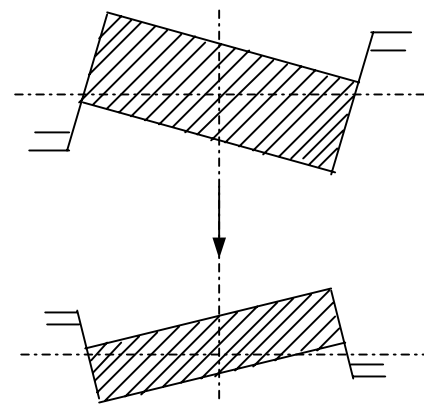
$$m = (0,5 \div 1) \text{ mm}; \quad R = 2 \div 10 \text{ mm}; \quad 0,015.D = S < \frac{1}{3}.h;$$

② Cán trong các lỗ hình kín, giãn rộng hạn chế (H.7.59)

Với lỗ hình kín 2 mặt bên của sản phẩm được gia công tốt, hạn chế kích thước về chiều rộng trên một cặp trục. Do lỗ hình phải có một độ côn nhỏ, hạn chế giãn rộng nên lỗ hình mòn nhanh.



H.7.59. Lỗ hình kín cán thép dẹt



H.7.60. Lỗ hình chữ nhật bố trí chéo

③ Cán trong lò hình chữ nhật bố trí theo đường chéo trên trục cán.

Phương pháp này đảm bảo biến dạng ở mọi phía (H.7.60), cạnh sườn được gia công tốt, nhưng lại xuất hiện lực chiều trục nên phải định vị trục tốt và khi vật cán ra khỏi trục cán để bị vận xoắn nên phải có cơ cấu dẫn hướng phụ.

④ Cán trên máy cán chuyên dùng liên tục hoặc nối tiếp.

Ở đây dùng hệ lò hình cán trên trục phẳng kết hợp với các lò hình ép cạnh.

b/ Xác định kích thước phôi để cán thép dẹt

① Phôi là một hình vuông: $H = B_0$

Để có thép dẹt với kích thước $h \times b$, ta có: $b = H + \Sigma \Delta b$

h, b - chiều cao và chiều rộng của thép dẹt

$\Sigma \Delta b$ - tổng lượng giãn rộng, $\Sigma \Delta b = K_{\Delta b} \cdot (H - h)$.

$K_{\Delta b}$ - hệ số hạn chế giãn rộng

$$\text{Vậy: } H = \frac{b + K_{\Delta b} \cdot h}{1 + K_{\Delta b}}$$

Biểu thức trên chưa xét đến các lượng ép cạnh của thép dẹt trong lò hình ép cạnh, mặt khác chọn hệ số $K_{\Delta b}$ cho phù hợp là khó. Kích thước phôi phụ thuộc vào kích thước sản phẩm, cho nên:

$$H = h + \sum_1^n \Delta h_{TB} = h + n \cdot \Delta h_{TB} = h \cdot \eta_{\Sigma} = h \cdot \eta_{TB}^n$$

n - số lần cán (tính cho lần ép phôi theo chiều cao).

$$B_0 = b - \sum_1^n \Delta b + \sum_1^{n_1} \Delta h_c$$

Δh_c - lượng ép cạnh theo chiều rộng thép dẹt.

n_1 - số lần cán ép cạnh theo chiều rộng.

Từ thông số thực nghiệm cho phép chọn:

$$\Delta h_c = (0,2 \div 0,3) \cdot \Delta h_{TB} \approx 0,25 \cdot \Delta h_{TB}$$

$$\text{Với } \Delta h_{TB} = \frac{H - h}{n}$$

Từ biểu thức trên sau khi biến đổi với điều kiện phôi cho cán thép dẹt là phôi vuông ($H = B_0$) ta có:

$$H = \frac{b + h(K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n})}{1 + K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n}}$$

Hệ số giãn rộng $K_{\Delta b}$ có thể tìm theo đồ thị hoặc tính theo các biểu thức

- Biểu thức Djiben:
$$K_{\Delta b} = \frac{0,05.D_K}{h + 0,04.n.D_K}$$

- Cho trục cán bằng thép:
$$K_{\Delta b} = \frac{0,06.D_K}{h + 0,04.n.D_K}$$

- Cho trục cán bằng gang:
$$K_{\Delta b} = \frac{0,525.D_K}{h + 0,04.n.D_K}$$

D_K - đường kính làm việc của trục cán.

② Phôi tiết diện hình chữ nhật

+ Với điều kiện không có các lần cán ép sườn, có nghĩa là:

$$b = B_0 + K_{\Delta b} \cdot (H - h)$$

do đó
$$H = \frac{b - B_0 + K_{\Delta b} \cdot h}{K_{\Delta b}}$$

H, B_0 - chiều cao và chiều rộng của phôi hình chữ nhật.

+ Nhưng nếu có lượng ép sườn thì tương tự ta có biểu thức để xác định chiều cao phôi như sau:

$$H = \frac{b - B_0 + h(K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n})}{K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n}}$$

Từ các thông số thực nghiệm cho thấy vì các lượng ép sườn nên chiều rộng của sản phẩm (thép dẹt) b không khác biệt nhiều so với chiều rộng của phôi B_0 , thường là:

$$B_0 = (0,99 \div 0,985) \cdot b$$

Trong biểu thức tính H thay trị số B_0 bằng b ta có:

$$H = \frac{b - 0,987 \cdot b + h(K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n})}{K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n}} = \frac{0,013 \cdot b + h \cdot (K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n})}{K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n}}$$

③ Xác định kích thước phôi ban đầu để cán thép dẹt có kích thước $h = 3\text{mm}$; $b = 200\text{mm}$.

Máy cán liên tục có 14 giá cán, trong đó: 10 giá trục nằm ngang (n) và 4 giá trục đứng để ép sườn (n_1); đường kính làm việc trung bình $D_K = 350\text{mm}$.

- Xác định hệ số hạn chế giãn rộng $K_{\Delta b}$ theo biểu thức Djiben

$$K_{\Delta b} = \frac{0,05.D_K}{h + 0,04.n.D_K} = \frac{0,05 \cdot 350}{3 + 0,04 \cdot 10 \cdot 350} = 0,1225$$

- Xác định chiều cao phôi khi phôi là một hình vuông $H = B_0$

Theo biểu thức tính H, ta có:

$$H = \frac{b + h(K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n})}{1 + K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n}} = \frac{200 + 3 \cdot (0,1225 - 0,25 \cdot \frac{4}{10})}{1 + 0,1225 - 0,25 \cdot \frac{4}{10}} = 195 \text{ mm}$$

Khi phôi là hình chữ nhật ($H \neq B_0$) và $B_0 = 0,987 \cdot b$, ta có:

$$H = \frac{0,013 \cdot b + h \cdot (K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n})}{K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n}} = \frac{0,013 \cdot 200 + 3 \cdot (0,1225 - 0,25 \cdot \frac{4}{10})}{0,1225 - 0,25 \cdot \frac{4}{10}} = 118,5 \text{ mm}$$

④ Xác định chiều cao phôi H để cán thép dẹt có kích thước $h \times b = 5 \times 125$.

Từ phôi ban đầu có chiều rộng $B_0 = 120 \text{ mm}$, với 10 lần cán ép theo chiều cao và 2 lần ép sườn ($n = 10$; $n_1 = 2$); hệ số hạn chế lượng giãn rộng $k_{\Delta b} = 0,1225$.

Áp dụng biểu thức tính H ta có chiều cao phôi cần thiết là:

$$H = \frac{(b - B_0) + h(K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n})}{K_{\Delta b} - 0,25 \cdot \frac{n_1}{n}} = \frac{(125 - 120) + 3 \cdot (0,1225 - 0,25 \cdot \frac{2}{10})}{0,1225 - 0,25 \cdot \frac{2}{10}} = 74 \text{ mm}$$

c/ Phương pháp xác định chế độ ép khi cán thép dẹt

Có 3 phương pháp chủ yếu sau:

- Theo điều kiện ăn kim loại.
- Theo công suất động cơ cực đại.
- Theo hệ số biến dạng cao trên cơ sở các thông số thực nghiệm.

① Theo điều kiện ăn kim loại.

Như đã biết hệ số ma sát $f = \tan \alpha$. Xét điều kiện dự phòng của hệ số ma sát và đường kính trục cán khi phục hồi lại (thường 10%), thì lượng ép tối đa Δh_{\max} cho một lần khi cán thép dẹt có thể tính theo biểu thức sau:

$$\Delta h_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 0,855 \cdot f^2 \cdot D_K$$

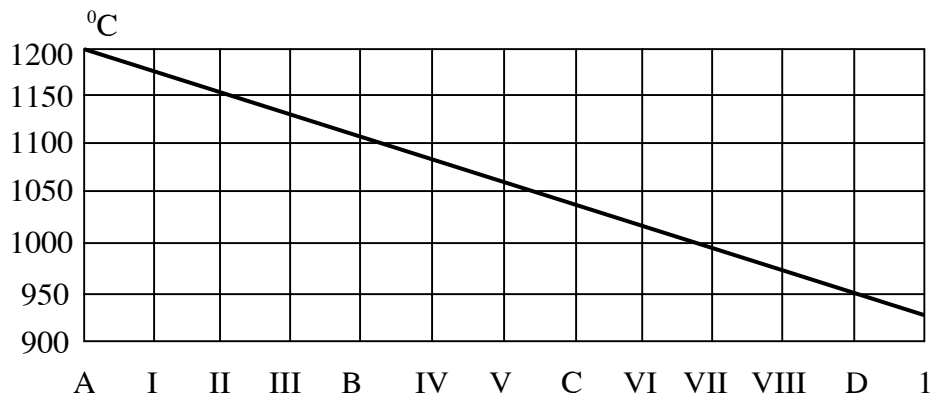
f - hệ số ma sát, $f = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot T)$

T - nhiệt độ cán tương ứng với lần cán (có thể xác định bằng phương pháp tính hoặc đo trực tiếp).

Để đơn giản có thể xác định T bằng đồ thị.

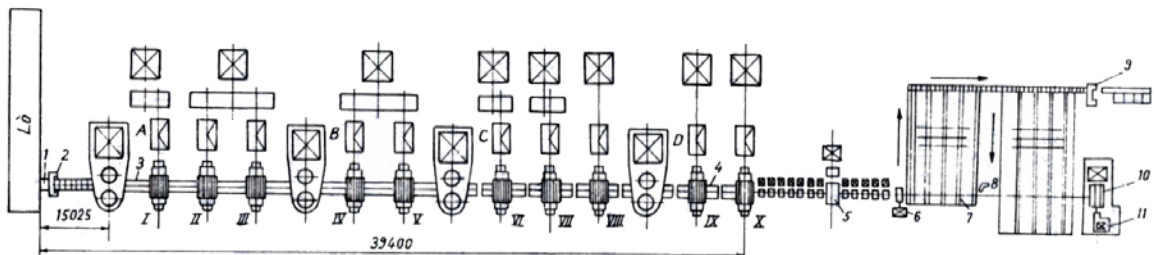
Nhiệt độ bắt đầu cán sẽ giảm dần theo khoảng cách giữa các giá cán đến nhiệt độ kết thúc cán (hình 7.61). Nếu tính theo phương pháp này, lượng ép qua từng lần cán không phụ thuộc vào phôi ban đầu. Chiều cao của phôi được như tổng lượng ép từng phần. Chiều rộng của phôi xác định trên cơ sở chiều rộng sản phẩm

và lượng giãn rộng tính toán. Riêng lượng ép Δh ở giá cán tinh và trước tinh không được lấy giá trị cực đại, vì nếu lấy giá trị cực đại sẽ ảnh hưởng lớn đến kích thước sản phẩm. Thường ở giá cán tinh $\Delta h = 2 \div 5$ mm; ở giá trước tinh $\Delta h = 0,5 \cdot \Delta h_{\max}$.



Hình 7.61. Xác định nhiệt độ t theo khoảng cách giữa các giá cán trên máy cán thép dẹt 300: 10 giá trục nằm ngang I÷X; 4 giá trục đứng A, B, C, D.

Trên hình 7.62 là sơ đồ máy cán dẹt 300 với 14 giá.



Hình 7.62- Sơ đồ máy cán thép dẹt 300. A, B, C, D là các trục thẳng đứng. Các trục A, B, C có $D = 460$ mm; D có $D = 440$ mm; các trục I ÷ V có $D = 400$ mm; các trục VI, VII có $D = 370$ mm; các trục VIII ÷ X có $D = 330$ mm.

+ Các số liệu ban đầu

Số vòng quay ở giá cuối cùng là 400 vòng/phút; vật liệu làm trục cán là gang.

Trên máy này người ta cán thép dẹt: $b \times h = 80 \times 6$ mm

+ Tính và thiết kế lỗ hình cho máy cán hình 7.61.

Quá trình tính ngược hướng cán, không xét đến bán kính lượn ở các diện tích tiết diện:

- **Giá X:**

$$D_{10} = 330 \text{ mm}; h_{10} = 6 \text{ mm}; t^0 = 900^\circ\text{C}; b_{10} = 1,013 \cdot 80 = 81 \text{ mm}$$

Với $\Delta h_{10} = 2$ mm, phôi vào giá 10: $H_{10} = h_9$; $h_9 = 6 + 2 = 8$ mm với số vòng quay 400v/ph; $t^0 = 900^\circ\text{C}$; trục cán bằng gang, hệ số ma sát $f = 0,29$.

Xác định lượng giãn rộng theo biểu thức:

$$\Delta b_{10} = 1,15 \frac{\Delta h_{10}}{2 \cdot H} \left(\sqrt{R \cdot \Delta h} - \frac{\Delta h}{2 \cdot f} \right) = 1,15 \cdot \frac{2}{2 \cdot 8} \left(\sqrt{\frac{330}{2} \cdot 2} - \frac{2}{2 \cdot 0,29} \right) = 2,1 \text{ mm}$$

Diện tích tiết diện của sản phẩm:

$$F_{10} = 6.81 = 486 \text{ mm}^2$$

Hằng số cán liên tục C_{10} :

$$C_{10} = F.D_{K10}.n = 846.330.400 = 64.10^6$$

- **Giá IX:**

$$D_9 = 330 \text{ mm}; h_9 = 8 \text{ mm}; t^0 = 925^0\text{C};$$

$$b_9 = b_{10} - 2,1 = 81 - 2,1 = 78,9 \text{ mm}; F_9 = h_9.b_9 = 8.78,9 = 630 \text{ mm}^2$$

Trên cơ sở hằng số cán liên tục C_{10} , tìm số vòng quay n_9 . Theo F_9, D_9 tìm được hệ số ma sát $f_9 = 0,306$.

$$\text{Vậy, } \Delta h_9 = 0,5.\Delta h_{\max} = 0,5.0,855.f^2.R_{K9} = 0,5.0,855.0,306^2.165 = 6 \text{ mm}$$

$$\text{Và: } H_9 = h_9 + \Delta h_9 = 8 + 6 = 14 \text{ mm}$$

Lượng giãn rộng trên giá IX:

$$\Delta b_9 = 1,15 \cdot \frac{6}{2.14} \left(\sqrt{165.6} - \frac{6}{2.0,306} \right) = 5,3 \text{ mm}$$

- **Giá trục đứng D (có lượng ép sườn):**

Giá thiết không tạo lỗ hình trên thân trục (trục phẳng) và khe hở giữa hai vành trục $S = 10\text{mm}$. Đường kính giá trục đứng $D = 440\text{mm}$, vậy đường kính làm việc ở lần ép sườn là:

$$D_{KD} = 440 + 10 - b_D = 450 - b_D$$

Với b_D : chiều rộng thép dẹt trên giá ép sườn

$$b_D = b_9 - \Delta b_9 = 78,9 - 5,3 = 73,6\text{mm}$$

Chọn lượng ép sườn bằng lượng giãn rộng ở giá IX, do đó:

$$D_{KD} = 450 - 73,6 = 376,4\text{mm}$$

Vì lượng ép sườn không lớn nên lượng giãn rộng trên giá này là không đáng kể, do đó chiều dày phôi lúc ra khỏi giá ép sườn bằng chiều dày ở giá IX:

$$h_D = 14\text{mm}; F_D = 14.73,6 = 1030\text{mm}^2$$

$$\text{Số vòng quay của trục cán: } n_D = \frac{64.10^6}{1030.376} = 165 \text{ v/ph}$$

- **Giá VIII:** $D_8 = 330 \text{ mm}; h_8 = 14 \text{ mm}; t^0 = 974^0\text{C};$

Chọn chiều rộng vật cán trên giá VIII đúng bằng chiều rộng thép dẹt trên giá ép sườn b_D cộng thêm lượng ép sườn là 5 mm ($\Delta h_D = 5 \text{ mm}$):

$$b_8 = b_D + \Delta h_D = 73,6 + 5 = 78,6 \text{ mm}$$

$$\text{Diện tích tiết diện phôi: } F_8 = h_8.b_8 = 14.78,6 = 1100 \text{ mm}^2$$

Từ đây tìm số vòng quay qua hằng số cán liên tục và suy ra tốc độ cán để tính được hệ số ma sát $f = 0,405$.

$$\text{Lượng ép ở giá VIII: } \Delta h_8 = 0,855.f^2.D_{K8} = 0,855.0,405^2.165 = 20,8 \text{ mm}$$

$$\text{Chiều cao phôi lúc vào giá VIII: } H_8 = h_8 + \Delta h_8 = 14 + 20,8 = 34,8 \text{ mm}$$

Lượng giãn rộng trong lỗ hình VIII:

$$\Delta b_8 = 1,15 \cdot \frac{20,8}{2.34,8} \left(\sqrt{165 \cdot 20,8} - \frac{20,8}{2.0,405} \right) = 11,3 \text{ mm}$$

- Giá VII:

$$D_7 = 370 \text{ mm}; h_7 = H_8 = 34,8 \text{ mm}; t^0 = 1000^\circ\text{C};$$

Chiều rộng vật cán trên giá VII:

$$b_7 = b_8 - \Delta b_8 = 78,6 - 11,3 = 67,3 \text{ mm}$$

Diện tích tiết diện phôi:

$$F_7 = h_7 \cdot b_7 = 34,8 \cdot 67,3 = 2340 \text{ mm}^2$$

Lần lượt tính số vòng quay, tốc độ cán và hệ số ma sát $f_7 = 0,44$.

Lượng ép ở giá VII:

$$\Delta h_7 = 0,855 \cdot f_7^2 \cdot D_{K7} = 0,855 \cdot 0,44^2 \cdot 165 = 27,4 \text{ mm}$$

Chiều cao phôi lúc vào giá VII:

$$H_7 = h_7 + \Delta h_7 = 34,8 + 27,4 = 62,2 \text{ mm}$$

Lượng giãn rộng trong lỗ hình VII:

$$\Delta b_7 = 10,2 \text{ mm}$$

- Giá VI:

$$D_6 = 370 \text{ mm}; h_6 = H_7 = 62,2 \text{ mm}; t^0 = 1026^\circ\text{C};$$

Chiều rộng vật cán trên giá VI:

$$b_6 = b_7 - \Delta b_7 = 67,3 - 10,2 = 57,1 \text{ mm}$$

Diện tích tiết diện phôi:

$$F_6 = h_6 \cdot b_6 = 62,2 \cdot 57,1 = 2450 \text{ mm}^2$$

Căn cứ vào hàng số cán liên tục tính số vòng quay, tốc độ cán và hệ số ma sát $f_6 = 0,43$.

Lượng ép ở giá VI:

$$\Delta h_6 = 0,855 \cdot f_6^2 \cdot D_{K6} = 0,855 \cdot 0,43^2 \cdot 185 = 26,2 \text{ mm}$$

Chiều cao phôi lúc vào giá VI:

$$H_6 = h_6 + \Delta h_6 = 62,2 + 26,2 = 88,4 \text{ mm}$$

Lượng giãn rộng trong lỗ hình VI:

$$\Delta b_6 = 1,15 \cdot \frac{26,2}{2.88,4} \left(\sqrt{185 \cdot 26,2} - \frac{26,2}{2.0,43} \right) = 6,7 \text{ mm}$$

- Giá C (trục đứng ép sườn):

$$D_C = 460 \text{ mm}; t^0 = 1054^\circ\text{C};$$

Khe hở giữa hai vành trục $S = 10 \text{ mm}$.

Chiều cao phôi lúc ra khỏi lỗ hình ép sườn:

$$h_C = b_6 - \Delta b_6 = 57,1 - 6,7 = 50,4 \text{ mm}$$

Đường kính làm việc: $D_{KC} = 460 + 10 - h_C = 420 \text{ mm}$

Hệ số ma sát: $f_C = (1,05 - 0,0005 \cdot t) = 0,42$

Lượng ép sườn tính theo điều kiện ăn kim loại:

$$\Delta h_C = 0,25 \cdot \Delta h_{\max} = 0,25 \cdot 0,855 \cdot 0,42^2 \cdot 210 = 7 \text{ mm}$$

Chiều cao phôi lúc vào lỗ hình ép sườn:

$$H_C = h_C + \Delta h_C = 50,4 + 7 = 57,4 \text{ mm}$$

Với lượng ép $\Delta h_C = 7 \text{ mm}$. ta có lượng giãn rộng ở giá ép sườn:

$$\Delta b_C = 1,15 \cdot \frac{7}{2.57,1} \left(\sqrt{210 \cdot 7} - \frac{7}{2.0,42} \right) = 2,1 \text{ mm}$$

Chiều rộng phôi lúc vào giá ép sườn:

$$B_C = h_5 = H_6 - \Delta b_C = 88,4 - 2,1 = 86,3 \text{ mm}$$

Chiều rộng phôi lúc ra khỏi giá ép sườn: $b_C = H_6 = 88,4 \text{ mm}$

Diện tích tiết diện phôi: $F_C = h_C \cdot b_C = 4450 \text{ mm}^2$

Số vòng quay của trục cán:

$$n_C = \frac{64 \cdot 10^6}{4450 \cdot 420} = 34,3 \text{ v/ph}$$

- Giá V:

$$D_5 = 400 \text{ mm}; h_5 = 86,3 \text{ mm}; t^0 = 1076^0\text{C};$$

Chiều rộng vật cán trên giá V:

$$b_5 = h_C + \Delta h_C = 50,4 + 7 = 57,4 \text{ mm}$$

Diện tích tiết diện phôi:

$$F_5 = h_5 \cdot b_5 = 86,3 \cdot 57,4 = 4950 \text{ mm}^2$$

Căn cứ vào hằng số cán liên tục tính số vòng quay $n_5 = 32,25 \text{ (v/ph)}$, tốc độ cán và hệ số ma sát $f_5 = 0,408$.

Lượng ép ở giá V:

$$\Delta h_5 = 0,855 \cdot f_5^2 \cdot D_{K5} = 0,855 \cdot 0,408^2 \cdot 200 = 25,5 \text{ mm}$$

Chiều cao phôi lúc vào giá V:

$$H_5 = h_5 + \Delta h_5 = 86,3 + 25,5 = 111,8 \text{ mm}$$

Lượng giãn rộng trong lỗ hình V: $\Delta b_5 = 5 \text{ mm}$

- Giá IV:

Giá IV và giá V truyền động chung một động cơ, vậy tỷ số truyền của hai giá phụ thuộc vào nhau. Đã biết $i_5 = 5,29$; $i_4 = 7,25$.

$$\text{Hệ số giữa hai tỷ số truyền: } k_i = \frac{7,25}{5,29} = 1,37$$

Xét trường hợp cụ thể ở giá IV: $D_4 = 400 \text{ mm}; t^0 = 1094^0\text{C};$

Diện tích tiết diện của phôi:

$$F_1 = \frac{64 \cdot 10^6}{400 \cdot \frac{n_5}{k_i}} = \frac{64 \cdot 10^6}{400 \cdot \frac{32,25}{1,37}} = 6810 \text{ mm}^2$$

Chiều rộng của phôi lúc ra khỏi giá IV:

$$b_4 = b_5 - \Delta b_5 = 57,4 - 5 = 52,4 \text{ mm}$$

Chiều cao phôi:

$$h_4 = \frac{F_4}{b_4} = \frac{6810}{52,4} = 130 \text{ mm} \neq H_5 = 118,5 \text{ mm}$$

So sánh kết quả lượng ép ở giá V, ta có:

$$\Delta h_5 = h_4 - h_5 = 130 - 86,3 = 43,7 \text{ mm}$$

Song Δh_5 đã tính trước đây là $\Delta h_5 = 25,5 \text{ mm}$.

Hiệu số lượng ép: $43,7 - 25,5 = 18,2 \text{ mm}$.

Kết luận: trục sẽ không ăn được kim loại. Để xử lý sự khác nhau này hoặc phải dùng lực đẩy phôi hoặc phải tính toán lại cho phù hợp.

Để tính lại phải thay đổi đường kính trục cán ở giá IV, cụ thể lấy $D_4 = 460 \text{ mm}$ (theo kết cấu giá, điều này hoàn toàn cho phép).

$$F_4 = \frac{64 \cdot 10^6}{460 \cdot \frac{32,25}{1,37}} = 5900 \text{ mm}^2$$

$$h_4 = \frac{F_4}{b_4} = \frac{5900}{52,4} = 112 \text{ mm}$$

Chiều cao này phù hợp với $h_5 = 111,8 \text{ mm}$; $f_4 = 0,4$

$$\Delta h_4 = 0,855 \cdot 0,4^2 \cdot 230 = 28,2 \text{ mm}$$

$$H_4 = h_4 + \Delta h_4 = 112 + 28,2 = 140,2 \text{ mm}$$

Lượng giãn rộng:

$$\Delta b_4 = 1,15 \cdot \frac{28,2}{2 \cdot 140,2} \left(\sqrt{230 \cdot 28,2} - \frac{28,2}{2 \cdot 0,4} \right) = 5,2 \text{ mm}$$

$$B_4 = b_4 - \Delta b_4 = 52,2 - 5,2 = 47,2 \text{ mm}$$

- Giá B:

$$h_B = 47,2 \text{ mm}; b_B = H_4 = 140,2 \text{ mm}; T^0 = 1115^\circ\text{C};$$

Khe hở giữa hai vành trục $S = 10 \text{ mm}$.

$$D_{KB} = D_B + 10 - h_B = 460 + 10 - h_B = 422,8 \text{ mm}$$

$$f_B = 0,396$$

Với mục đích khử hết vẩy rên, chọn Δh_B toàn phần theo hệ số ma sát f_B :

$$\Delta h_B = \Delta h_{\max} = 0,855 \cdot 0,396^2 \cdot 210 = 25,2 \text{ mm}$$

Chiều rộng phôi trên giá trục đứng:

$$B_B = h_B + \Delta h_B = 47,2 + 25,2 = 72,4 \text{ mm}$$

$$\text{Vậy, } \Delta h_B = 1,15 \cdot \frac{25,2}{2 \cdot 72,4} \left(\sqrt{210 \cdot 25,2} - \frac{25,2}{2 \cdot 0,396} \right) = 8,2 \text{ mm}$$

Chiều cao phôi lúc vào giá B:

$$H_B = h_3 = b_B - \Delta b_B = 140,2 - 8,2 = 132 \text{ mm}$$

Diện tích tiết diện phôi:

$$F_B = h_B \cdot b_B = 140,2 \cdot 47,2 = 6600 \text{ mm}^2$$

Số vòng quay của trục cán:

$$n_C = \frac{64 \cdot 10^6}{6600 \cdot 420} = 23,1 \text{ v/ph}$$

- Giá III:

$$D_3 = 400 \text{ mm}; b_3 = H_B = 132 \text{ mm}; T^0 = 1135^{\circ}\text{C};$$

$$h_3 = B_3 = 72,4 \text{ mm}$$

$$\text{Diện tích tiết diện phôi: } F_3 = h_3 \cdot b_3 = 132 \cdot 72,4 = 9550 \text{ mm}^2$$

$$n_3 = 16,75 \text{ (v/ph)}, f_3 = 0,384.$$

$$\text{Lượng ép ở giá III: } \Delta h_3 = 22,6 \text{ mm}$$

$$\text{Chiều cao phôi lúc vào giá III: } H_3 = h_3 + \Delta h_3 = 132 + 22,6 = 154,6 \text{ mm}$$

- Giá II:

Giá II có chuyển động chung với giá III và có hệ số tỷ số truyền $k_1 = 1,37$.

Cách tính tương tự như ở giá IV và giá V.

$$\text{Ta có: } h_2 = H_3 = 154,6 \text{ mm}; b_2 = b_3 - \Delta b_3 = 72,4 - 3,2 = 69,2 \text{ mm}$$

$$\text{Diện tích tiết diện phôi: } F_2 = h_2 \cdot b_2 = 154,6 \cdot 69,2 = 10700 \text{ mm}^2$$

$$n_2 = \frac{16,75^2}{1,37} = 12,25 \text{ v/ph}$$

$$D_2 = \frac{64 \cdot 10^6}{10700 \cdot 2,25} = 485 \text{ mm}; \quad f_2 = 0,378$$

$$\text{Chiều cao phôi: } H_2 = h_1 = h_2 + \Delta h_2 = 154,6 + 26,6 = 181,2 \text{ mm}$$

$$\text{Lượng giãn rộng: } \Delta b_2 = 3,84 \text{ mm}$$

- Giá I:

$$D_1 = 400 \text{ mm}; h_1 = H_2 = 181,2 \text{ mm}; t^0 = 1178^{\circ}\text{C};$$

$$\text{Chiều rộng vật cán trên giá I: } b_1 = b_2 - \Delta b_2 = 69,2 - 3,84 = 65,4 \text{ mm}$$

$$\text{Diện tích tiết diện phôi: } F_1 = h_1 \cdot b_1 = 181,2 \cdot 65,4 = 11900 \text{ mm}^2$$

$$n_1 = 13,4 \text{ (v/ph)}; f_1 = 0,368.$$

Lượng ép ở giá I:

$$\Delta h_1 = 0,855 \cdot f_1^2 \cdot D_{K1} = 0,855 \cdot 0,368^2 \cdot 200 = 20,9 \text{ mm}$$

Chiều cao phôi lúc vào giá I:

$$H_1 = b_A = h_1 + \Delta h_1 = 181,2 + 20,9 = 202,1 \text{ mm}$$

$$\text{Lượng giãn rộng trong lỗ hình I: } \Delta b_1 = 2,2 \text{ mm}$$

- Giá A:

$$D_A = 460 \text{ mm}; b_A = H_1 = 202,1 \text{ mm}; t^0 = 1200^{\circ}\text{C};$$

$$h_A = b_1 - \Delta b_1 = 65,4 - 2,2 = 63,2 \text{ mm}$$

Khe hở giữa hai vành trục $S = 10 \text{ mm}$.

$$D_{KA} = D_A + 10 - h_A = 460 + 10 - 63,2 = 406,8 \text{ mm}$$

$$\text{Lấy tròn: } D_{KA} = 400 \text{ mm}$$

$$F_A = h_A \cdot b_A = 63,2 \cdot 202,1 = 12800 \text{ mm}^2$$

$$n_A = 12,5 \text{ v/ph}; f_A = 0,36$$

$$\Delta h_A = \Delta h_{\max} = 0,855 \cdot 0,36^2 \cdot 200 = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Chiều rộng phôi: } B_A = h_A + \Delta h_A = 63,2 + 20 = 83,2 \text{ mm}$$

$$\text{Vậy, } \Delta b_A = 1,15 \cdot \frac{20}{2 \cdot 83,2} \left(\sqrt{200 \cdot 20} - \frac{20}{2 \cdot 0,36} \right) = 4,9 \text{ mm}$$

$$\text{Chiều cao phôi: } H = b_A = h_1 - \Delta b_A = 202,1 - 4,9 = 197,2 \text{ mm}$$

② Theo công suất động cơ cực đại

Tổng công suất động cơ là N_{Σ} , khi cán thì công suất tiêu thụ cho biến dạng kim loại là N_I , thắng ma sát trong lỗ hình là N_{II} , thắng ma sát ở cổ trục là N_{III} . Các công suất này được tính toán theo các biểu thức khi tính toán công nghệ.

Các công suất tiêu thụ khác như: công suất không tải, công suất động sẽ được tính theo % của công suất tiêu thụ thuần túy cho cán hoặc qua thực nghiệm, với:

$$N_{III} = 2P \frac{d_{cổ}}{D_K} = V \cdot f_{cổ}$$

trong đó, P: áp lực kim loại lên trục cán, kG (N); $d_{cổ}$: đường kính cổ trục, mm

D_K : đường kính làm việc của trục cán, mm

V: tốc độ vòng quay theo D_K , m/s; $f_{cổ}$: hệ số ma sát ở cổ trục

$$N_{I-II} = p \cdot B \cdot \Delta h \cdot V$$

Trong đó, p: áp lực đơn vị, N/mm² (kG/mm²); B: chiều rộng phôi trước lúc cán, mm

$$\text{Từ công thức trên, ta có: } \Delta h = \frac{N_{I-II}}{p \cdot B \cdot V}$$

Thường thì nên lấy N_{I-II} nhỏ hơn thực tế tính toán khoảng 5 ÷ 10%.

Ở từng lần cán sẽ có:

$$\Delta h_1 = \frac{N_I}{p_1 \cdot B_1 \cdot V_1}; \quad \Delta h_2 = \frac{N_{II}}{p_2 \cdot B_2 \cdot V_2}; \quad \dots; \quad \Delta h_n = \frac{N_n}{p_n \cdot B_n \cdot V_n}$$

Phương pháp này được sử dụng khi cán thép tấm và thép dẹt rộng bản. Ở đây để xác định được lượng ép cần phải biết áp lực đơn vị p, song áp lực đơn vị p lại chỉ có khi có lượng ép. Vì vậy, thông thường phải sử dụng các thông số thực nghiệm. Chiều rộng B được tính toán xuất phát từ chiều rộng sản phẩm. Tốc độ cán V xác định theo công nghệ đã lựa chọn.

Ví dụ: Tính lượng ép khi $N = 450 \text{ kW}$; $p = 10 \text{ kG/mm}^2$; trục gang $D = 400 \text{ mm}$; $t^0 = 1000^0\text{C}$; $V = 3,5 \text{ m/s}$; chiều rộng vật cán $B = 300 \text{ mm}$.

Biểu thị thứ nguyên của công suất: kG.m/s

$$\text{Vậy, } N = 450 \cdot 1,36 \cdot 75 = 45900 \text{ kG.m/s}$$

Công suất tiêu thụ cho các thành phần khác là 20%.

$$\text{Vậy, } \Delta h = \frac{45900 \cdot 0,8 \cdot 10^3}{10 \cdot 300 \cdot 3500} = 3,5 \text{ mm}$$

Theo cách tính trên đây, động cơ có thể làm việc với phụ tải không đổi và không phụ thuộc vào sản phẩm.

③ Theo hệ số biến dạng cao

Trong thực tế, người ta ứng dụng hệ số biến dạng cao H/h theo từng mức, cho trong bảng 7.17.

Bảng 7.17

Số lần cán (ngược hướng cán)	Hệ số biến dạng với các chế độ ép khác nhau			
	Rất lớn	Lớn	Trung bình	Nhỏ
1	1,35 ÷ 1,4	1,28 ÷ 1,3	1,2 ÷ 1,25	1,1 ÷ 1,15
2	1,55 ÷ 1,6	1,45 ÷ 1,5	1,35 ÷ 1,4	1,15 ÷ 1,2
3	1,75 ÷ 1,8	1,6 ÷ 1,7	1,45 ÷ 1,5	1,2 ÷ 1,25
4	1,95 ÷ 2,0	1,75 ÷ 1,8	1,55 ÷ 1,6	1,25 ÷ 1,3
5	1,95 ÷ 2,0	1,75 ÷ 1,85	1,55 ÷ 1,6	1,25 ÷ 1,3
6	-	1,75 ÷ 1,9	1,65	1,3
7	-	1,9	1,65	1,3
8	-	1,9	1,65	1,3

Khi xác định một chế độ hệ số biến dạng cần phải kiểm tra lại công suất động cơ; điều kiện ăn kim loại; độ bền trục cán; và các chi tiết khác. Với các lần cán trong lỗ hình ép sườn lượng ép trong phạm vi như sau:

- Cho lần ép sườn trước tinh: $\Delta h_s = 0,5 \cdot \Delta h_{\max}$

- Cho lần ép sườn còn lại: $\Delta h_s = \Delta h_{\max}$

Số lần ép sườn tùy theo công nghệ và thiết bị để xác định.

Quá trình thiết kế lỗ hình có thể thực hiện theo hướng cán nếu kích thước phôi đã được xác định và phù hợp với tổng hệ số biến dạng đã chọn.

Ví dụ: Tính chế độ ép để cán thép dẹt $b \times h = 160 \times 18$ trên máy cán 500, có 9 giá cán theo phương pháp hệ số biến dạng cao.

* Đặc tính thiết bị:

Giá 1 ÷ 4 có đường kính trục cán $D = 630$ mm, vật liệu trục cán là thép.

Giá 5 ÷ 9 có đường kính trục cán $D = 540$ mm, vật liệu trục cán là gang.

Chế độ ép theo bảng 7.17.

* Xác định hai lần ép sườn ở giá 8 và giá 5. Quá trình thiết kế ngược hướng cán.

- **Giá 9:**

$$\eta_9 = 1,25; D_9 = 540 \text{ mm}$$

Kích thước sản phẩm ở trạng thái nóng:

$$b_9 = 1,013 \cdot 160 = 162 \text{ mm}$$

$$h_9 = 1,013 \cdot 18 = 18,25 \text{ mm}$$

Chiều cao phôi vào lỗ hình 9:

$$H_9 = \eta_9 \cdot h_9 = 1,25 \cdot 18,25 = 22,8 \text{ mm}$$

Lượng giãn rộng:

$$\Delta b_9 = 0,35 \cdot \frac{\Delta h_9}{H_9} \sqrt{R_9 \cdot \Delta h_9} = 0,35 \cdot \frac{4,55}{22,8} \sqrt{270 \cdot 4,55} = 2,5 \text{ mm}$$

Diện tích tiết diện:

$$F_9 = b_9 \cdot h_9 = 162 \cdot 18,25 = 2960 \text{ mm}^2$$

Chiều rộng phôi vào lỗ hình 9:

$$B_9 = b_9 - \Delta b_9 = 162 - 2,5 = 159,5 \text{ mm}$$

- **Giá 8:** lần cán ép sườn: $D_8 = 540 \text{ mm}$

Khe hở giữa hai vành trục $S = 10 \text{ mm}$.

Đường kính làm việc: $D_{K8} = D_8 = 10 - h_8 = 540 + 10 - 159,5 = 390,5 \text{ mm}$

Chọn $D_{K8} = 390 \text{ mm}$; $\eta_8 = 1,05$. Ta có: $b_8 = 22,8 \text{ mm}$; $h_8 = 159,5 \text{ mm}$

Chiều cao phôi vào lỗ hình ép sườn:

$$H_8 = \eta_8 \cdot h_8 = 1,05 \cdot 159,5 = 4,55 \text{ mm}$$

Lượng ép trong lỗ hình ép sườn:

$$\Delta h_8 = H_8 - h_8 = 167,5 - 159,5 = 8 \text{ mm}$$

Vì lượng ép nhỏ, cho nên lượng giãn rộng có thể bỏ qua.

Kích thước cuối cùng của phôi vào lỗ hình ép sườn là:

$$H_8 = b_7 = 167,5 \text{ mm}; B_8 = h_7 = 22,8 \text{ mm}$$

Diện tích tiết diện: $F_8 = 159,5 \cdot 22,8 = 3640 \text{ mm}^2$

- **Giá 7:**

Ta có: $\eta_7 = 1,4$; $D_7 = 540 \text{ mm}$; $h_7 = 22,8 \text{ mm}$; $b_7 = 167,5 \text{ mm}$

Chiều cao phôi vào lỗ hình 7: $H_7 = \eta_7 \cdot h_7 = 1,4 \cdot 22,8 = 32 \text{ mm}$

Lượng ép: $\Delta h_7 = H_7 - h_7 = 32 - 22,8 = 9,2 \text{ mm}$

Lượng giãn rộng:

$$\Delta b_7 = 0,35 \cdot \frac{\Delta h_7}{H_7} \sqrt{R_7 \cdot \Delta h_7} = 0,35 \cdot \frac{9,2}{32} \sqrt{270 \cdot 9,2} = 5 \text{ mm}$$

Chiều rộng phôi vào lỗ hình 7: $B_7 = b_7 - \Delta b_7 = 167,5 - 5 = 162,5 \text{ mm}$

Diện tích tiết diện: $F_7 = b_7 \cdot h_7 = 167,5 \cdot 22,8 = 3810 \text{ mm}^2$

Tương tự như cách tính toán trên đây, có thể vận dụng để tính cho các giá cán còn lại.

Trong trường hợp tính ra lượng ép lớn, phải kiểm tra lại theo công thức:

$$\Delta h_{\max} = 0,855 \cdot f^2 \cdot R_K$$

Trong thực tế, người ta lấy các trị số Δh_{\max} có khấu trừ 10% trị số tính toán nhằm bảo đảm cho điều kiện ăn tuyệt đối.

7.7. CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ KỸ THUẬT CỦA SẢN XUẤT THÉP HÌNH

7.7.1. Năng suất của máy cán hình

a/ Năng suất giờ (tấn/h) của thép hình được tính theo công thức sau:

$$A = \frac{3600.G}{T} \quad (\text{tấn/h})$$

Năng suất thực tế được tính theo công thức sau:

$$A = \frac{3600.G}{T}.k \quad (\text{tấn/h})$$

Trong đó:

k: Hệ số sử dụng máy cán.

k = 0,85: đối với các máy cán Ray-dầm, máy cán hình cỡ lớn, nhỏ, vừa được bố trí hàng.

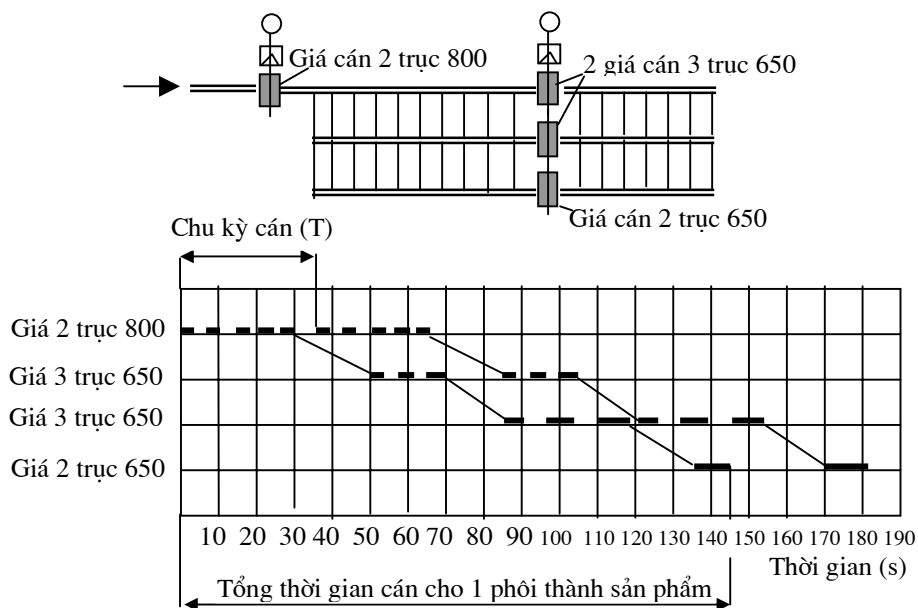
k = 0,9 đối với máy cán hình liên tục và máy kéo dây thép.

G: Trọng lượng thỏi đúc (tấn).

T: Chu kỳ cán.

Để xác định chu kỳ cán trên máy cán hình người ta dùng đồ thị làm việc của máy cán theo thời gian. Đồ thị đó là cơ sở tính toán chính xác chu kỳ cán và tổng thời gian cán cho một phôi cán từ lúc bắt đầu tới khi kết thúc.

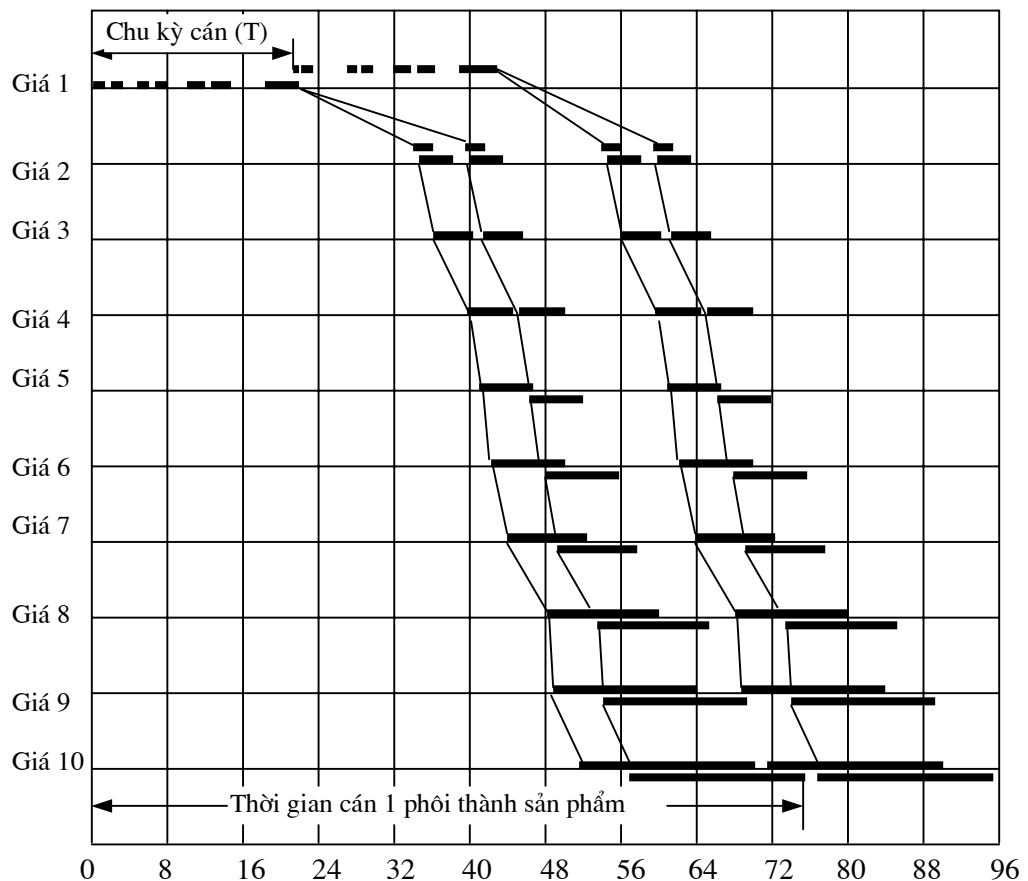
Hình 7.63 là biểu đồ cán của máy cán hình cỡ lớn 650. Máy gồm có 4 giá cán, bố trí theo 2 hàng. Tổng thời gian để cán một phôi từ đầu cho đến kết thúc là tổng thời gian cán ở trên 4 giá cán và tổng thời gian ngừng cán giữa các giá cán. Còn chu kỳ cán (T) được tính bằng tổng thời gian cán và nghỉ kể từ khi bắt đầu cán phôi trước cho tới phôi thứ hai sau trên giá cán thứ nhất.



H.7.63. Biểu đồ cán theo thời gian của máy cán hình 650 bố trí hàng

Chu kỳ cán trên máy cán nhiều giá bố trí hàng thì phụ thuộc vào số giá cán và hành trình cán giữa các giá trong máy cán. Chu kỳ cán sẽ càng nhỏ nếu như số giá cán trong máy lớn và tổng thời gian cán một phôi được phân bố đều đặn trong tất cả các giá cán. Chu kỳ cán sẽ nhỏ nhất nếu như một trong các giá cán của máy không bị tắt, ứ đọng lại phôi cán.

Từ biểu đồ làm việc theo thời gian của máy cán 650 ta dễ dàng thấy được rằng: chỗ ứ đọng phôi của máy này là giá cán thứ 2 (máy 3 trục). Tổng thời gian cán ở máy này tương đối lớn. Để giảm thời gian của chu kỳ cán, tăng năng suất của máy chúng ta phải cán phôi khác tiếp theo trên máy 3 trục của giá thứ 2 mà không phải chờ đợi cho phôi cán trước khi ra khỏi máy này. Nghĩa là phôi cán trước chưa ra khỏi máy ở lỗ hình cuối cùng thì ta phải cho phôi cán sau tiếp tục ăn vào lỗ hình đầu tiên của máy.



H.7.64. Biểu đồ cán theo thời gian của máy cán hình cỡ nhỏ 250 bố trí hàng

Trên máy cán hình cỡ nhỏ 250 bố trí hàng dải cán được đồng thời cán trên một vài giá cán. Mỗi giá cán của hàng cán tinh có thể cán những dải cán tương ứng có tiết diện nhỏ. Mặc dù trên máy cán có sự trùng khớp nhưng chỗ ứ đọng trong khâu làm việc của máy là ở giá cán đầu tiên, ở đây còn tồn tại nhiều phôi, có nhiều hành trình qua lại khi cán.

Những yếu tố chính để tăng năng suất của máy cán hình liên tục là:

- Tăng tốc độ cán
- Tăng trọng lượng thổi đúc, thổi ban đầu.
- Tăng lượng ép cho mỗi giá cán trong máy đạt tới cực đại để phù hợp với việc tăng trọng lượng và tiết diện thổi. Tuy nhiên cần phải lưu ý đến góc ăn cho phép của vật cán vào trục, tính toán tới khả năng làm việc của máy cán và độ bền của lỗ hình v.v...

Xác định chu kỳ cán cho loại máy cán hình tổng hợp nghĩa là máy đó cán được nhiều loại sản phẩm khác nhau thì ta xác định chu kỳ cán cho từng loại thép hình, từ đó xác định năng suất/ giờ cho máy cán theo từng loại sản phẩm.

Việc xác định năng suất/giờ cho máy cán này ta tính toán theo công thức tính năng suất trung bình (công thức thực tế):

$$A_{TB} = \frac{1}{\frac{a_1}{A_1} + \frac{a_2}{A_2} + \frac{a_3}{A_3}} \quad (\text{tấn/h})$$

Trong đó:

A_1, A_2, A_3 : năng suất khi cán các loại thép hình khác nhau.

a_1, a_2, a_3 : số phần trăm của các loại thép hình hoặc nhóm thép hình được cán ở máy theo kế hoạch sản xuất đã thực hiện.

b/ Năng suất năm (tấn/năm)

Muốn tính được năng suất/năm thì phải biết tổng số thời gian làm việc thực tế trong năm của máy. Đối với các máy cán hình hiện đại thời gian làm việc là liên tục theo chương trình đã định trước.

Thời gian dừng máy dùng vào công việc sửa chữa lớn (đại tu), sửa chữa dự phòng, sửa chữa riêng nhỏ và thời gian thay trục cán.

Giống như máy cán thô và cán thổi, thời gian sửa chữa lớn của máy cán hình có thể thực hiện bằng cách thay thế sửa chữa từng phần (cục bộ) riêng biệt trang thiết bị của máy khi máy ngừng làm việc.

Theo các tài liệu từ thực tế sản xuất cho ta thấy rằng: thời gian dừng vào sửa chữa dự phòng của máy cán hình cỡ lớn và trung bình là 40h trong 1 tháng. Tính ra mất 20 ngày trong một năm. Như vậy ngày làm việc của máy trong năm là:

$$365 - 20 = 345 \text{ ngày}$$

Số giờ làm việc của máy trong năm được tính theo một ngày 3 ca sản xuất, mỗi ca là 8h. Vậy tổng số giờ làm việc trong năm của máy là:

$$t = 345 \times 24\text{h} = 8280 \text{ h}$$

Năng suất năm của máy được tính:

$$A(\text{năm}) = \frac{3600.G}{T} .K.t \quad (\text{tấn}) = \frac{3.6006.K.8280}{T} \quad (\text{tấn})$$

Với t là thời gian làm việc của máy trong năm. Đối với các máy cán hình khác nhau thì thời gian sửa chữa lớn, sửa chữa dự phòng ... khác nhau và thời gian làm việc cũng khác nhau.

7.7.2. Tiêu hao kim loại, nhiên liệu, điện, trục cán và nước

a/ Tiêu hao kim loại

Tiêu hao kim loại từ phôi ban đầu bao gồm:

- Mất mát kim loại do cháy khi nung.
- Vảy sắt bong ra khi cán.
- Cát đầu, đuôi.
- Phế phẩm do khuyết tật.

Lượng tiêu hao kim loại cho 1 tấn sản phẩm thép hình là 1,06, khi cán thép hình cỡ lớn tiêu hao kim loại nhiều hơn khi cán thép hình trung bình, cỡ nhỏ và dây thép.

Năng suất trên máy cán hình hiện đại trung bình từ (91 ÷ 96)%. Năng suất của máy cán hình cỡ nhỏ lớn nhất. Lượng tiêu hao kim loại của sản phẩm thép hình từ 1 tấn phôi cho 1 tấn sản phẩm là:

$$\frac{100}{(91 \div 96)} = (1,009 \div 1,041)$$

b/ Tiêu hao điện năng

Tiêu hao điện trên máy cán hình phụ thuộc vào hình dáng và kích thước của sản phẩm cán, kích thước phôi, thành phần hoá học, loại máy cán và các yếu tố khác.

Bảng 7.18. Tiêu hao điện ở máy cán hình

Máy cán	Tiêu hao điện năng (kw.h/tấn)
Máy cán Ray-dầm	65
Máy cán hình cỡ lớn 600 ÷ 750	50 ÷ 55
Máy cán hình cỡ trung 300 ÷ 350 liên tục	35 ÷ 45
Máy cán hình cỡ nhỏ 250	50
Máy cán dây thép	70
Máy cán thép dẹt liên tục	50

c/ Tiêu hao nhiên liệu

Tiêu hao nhiên liệu trên máy cán hình khi nung phôi ở 2 lò liên tục hoặc lò thu hồi nhiệt là 500 Mcal/tấn phôi. Đối với máy cán hình cỡ nhỏ, máy cán dây thép, máy cán thép dẹt thì lượng tiêu hao nhiệt khi nung phôi trong lò liên tục là:

$$360 \text{ Mcal/cho 1 tấn phôi (1 Mcal = } 10^6 \text{ Cal)}$$

d/ Tiêu hao trục cán**Bảng 7.19 Tiêu hao trục cán trên máy cán hình**

Máy cán	Số lần mài, tiện lại trục cán	Số lượng sản phẩm cán (1000 tấn)		Tiêu hao trục cán (kg/tấn)
		Giữa 2 lần mài	Sau các lần mài	
Máy cán hình cỡ lớn 650÷750 kiểu hàng				
- Máy cán thô 2 trục đảo chiều	6	20 ÷ 25	120 ÷ 150	2,5
- Máy cán thô 3 trục	6 ÷ 8	3 ÷ 5	18 ÷ 40	
- Máy cán tinh 2 trục	6 ÷ 8	2 ÷ 2,5	12 ÷ 20	
Máy cán hình cỡ trung 350÷400 liên tục				
- Nhóm giá cán thô có trục nằm ngang	5 ÷ 6	10 ÷ 15	50 ÷ 90	1÷1,5
- Nhóm giá cán tinh trục nằm ngang	5 ÷ 7	5 ÷ 6	25 ÷ 42	
- Nhóm giá cán tinh trục thẳng đứng	5 ÷ 7	6 ÷ 8	30 ÷ 56	
Máy cán hình cỡ nhỏ 250÷300 liên tục				
- Nhóm cán thô	5 ÷ 6	10 ÷ 12	50 ÷ 72	0,4
- Nhóm giá cán tinh trục nằm ngang	6 ÷ 7	5 ÷ 6	30 ÷ 42	
- Nhóm giá cán tinh trục thẳng đứng	6 ÷ 7	4 ÷ 5	28 ÷ 40	
Máy cán dây thép liên tục				
- Nhóm cán thô	6 ÷ 7	12 ÷ 15	72 ÷ 105	0,3
- nhóm cán trung gian	7	8 ÷ 10	56 ÷ 70	
- Nhóm cán tinh	10	2 ÷ 4	20 ÷ 40	
Máy cán thép dẹt liên tục				
- Nhóm giá cán thô có trục thẳng đứng	10	20 ÷ 25	200 ÷ 250	0,3
- Nhóm giá cán thô trục nằm ngang	12 ÷ 15	6 ÷ 10	72 ÷ 150	
- Nhóm giá cán tinh	15 ÷ 20	2 ÷ 4	30 ÷ 80	

đ/ Tiêu hao nước

Việc tiêu hao nước trên các máy cán hình khác nhau được trình bày trong bảng sau. Tiêu hao nước này không kể đến việc sử dụng nước tuần hoàn lặp lại.

Bảng 7.20. Tiêu hao nước trên máy cán hình

Máy cán	Tiêu hao nước ở khâu làm nguội (m ³ /h)						Tỏi và tróc vảy sắt	Tổng tiêu hao
	Thiết bị nung	Trục cán	ổ đỡ	Ngoài không khí	T. bị bôi trơn	Thiết bị phụ		
Máy cán hình cỡ lớn	1200	250	400	500	250	600	200	340
Máy cán hình cỡ trung	900	400	450	500	300	200	300	2600
Máy cán hình cỡ nhỏ	150	500	500	500	160	300	200	1800
Máy cán thép dây	150	600	550	400	150	450	250	2000

