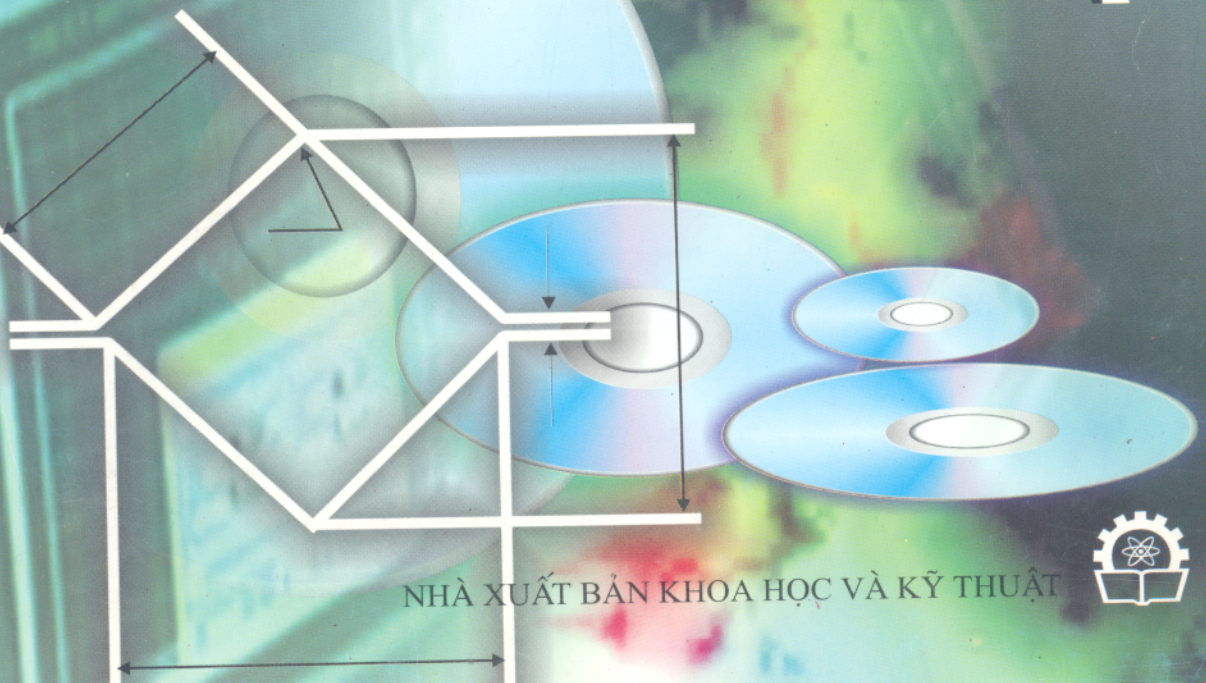
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
ThS. PHẠM VĂN CÔI

GIÁO TRÌNH

TIN HỌC CHUYÊN NGÀNH

Cơ học biến dạng & cán kim loại



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TRƯỜNG ĐẠI HOC BÁCH KHOA HÀ NỘI

ThS. PHẠM VĂN CÔI

GIÁO TRÌNH
TIN HỌC CHUYÊN NGÀNH
CƠ HỌC BIẾN DẠNG VÀ CÁN KIM LOẠI

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Sự phát triển hết sức nhanh chóng của công nghệ thông tin và điện tử viễn thông đã mang lại những hiệu quả vô cùng to lớn. Trong tất cả các lĩnh vực KHTN, KHXH, công nghiệp, nông nghiệp, tài chính, giao thông, chinh phục vũ trụ v.v... không ngành nào là không sử dụng tin học. Ngày nay, bất cứ ai trên hành tinh chúng ta đều có thể truy nhập vào mạng thông tin toàn cầu Internet để nắm bắt những gì có thể.

So với các nước khác, Việt Nam đến với công nghệ thông tin khá muộn. Mãi tới năm 1989-1990 mới xuất hiện những máy tính XT, AT với ổ cứng nhỏ, tốc độ trao đổi thông tin rất hạn chế. Đến nay, như tất cả các nước khác, chúng ta đã sử dụng những máy tính (PC) với công nghệ vi xử lý vào loại mạnh nhất thế giới Intel Pentium IV cả về ổ cứng, bộ nhớ lẫn tốc độ tính toán, thoả mãn yêu cầu của người tiêu dùng. Mới đây, Nhật Bản đã tạo ra máy tính có thể thực hiện tới 300 tỉ phép tính/giây. Máy tính này có cấu tạo gồm tới 1024 bộ vi xử lý ghép lại. Và gần đây nhất, hãng IBM vừa công bố kế hoạch tạo ra trong 5 năm đầu của thiên niên kỷ thứ ba loại máy tính nhanh nhất mang tên Blue Gene với khả năng tính toán 1 triệu tỷ phép tính/giây.

Tuy nhiên máy tính mới chỉ là công cụ. Những phần mềm ứng dụng trong các lĩnh vực của ta còn rất thiếu, tất cả gần như của nước ngoài. Trong lĩnh vực luyện kim nói chung và cán kéo kim loại nói riêng, có thể nói ta chưa tự có được một phần mềm có giá trị nào mặc dù chúng ta có khá nhiều công ty liên doanh sản xuất thép với nước ngoài.

Để có được một phần mềm khá dĩ về công nghệ cán kim loại, tác giả đã bắt đầu nghiên cứu từ những năm 1994 và đã đạt được những kết quả nhất định. Công việc nghiên cứu và kết quả đạt được, trên mặt bằng thực tế công nghệ phần mềm còn quá non trẻ của Việt Nam càng được khẳng định là một trong những bước đi tất yếu phát triển công nghệ thông tin trong ngành theo tinh thần Nghị quyết 07/NQ-CP ngày 5-6-2000 của Chính phủ về phát triển công nghệ phần mềm góp phần CNH-HĐH nền kinh tế nước nhà. Trong phạm vi một giáo trình "Tin học chuyên ngành Cán kim loại" chỉ xin được giới thiệu một phần của những kết quả đó. Nội dung của cuốn sách gồm hai phần chính:

- Phần mềm công nghệ cán hình trên máy cán hình cỡ nhỏ liên tục (Đầu vào lấy điều kiện thực tế của một số cơ sở - Công ty liên doanh sản xuất thép cán với nước ngoài);

- Chương trình ứng dụng công nghệ cán tấm.

Để dễ hiểu, cả hai phần riêm ứng dụng này được trình bày dưới dạng :

- Cơ sở lý thuyết tin học công nghệ cán hình và tấm;

- Thuật toán, chương trình và một số kết quả tính toán.

Ngoài ra giáo trình còn giới thiệu tổng quát một vấn đề mà nhiều cán bộ và sinh viên trong ngành quan tâm, đó là: tối ưu công nghệ cán tấm nguội liên tục.

Những phần mềm công nghệ cán hình và tấm được chạy cả trong trường TURBO PASCAL cũng như trong trường C++ trên nền Windows. Giáo trình giới thiệu một số nét khái quát và kết quả của phần mềm công nghệ cán hình (thép tròn và thép góc) chạy trong MICROSOFT VISUAL C++ 6.0.

Sách được viết cho cán bộ, sinh viên, NCS ngành CHBD và Cán kim loại có kiến thức cơ bản về Tin học cơ sở.

Đây là một môn khoa học mới nên nội dung, bố cục của sách có thể sẽ còn có điểm chưa hợp lý. Tác giả cám ơn những cựu sinh viên: Đỗ Quang Vượng, Phạm Sỹ Hùng, Nguyễn Hồng Phong .... đã hoàn thành xuất sắc nhiệm vụ học tập và NCKH theo hướng đề tài đã được giao; cám ơn những ý kiến đóng góp và phê bình từ bạn đọc.

Tác giả

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Phần thứ nhất : **CƠ SỞ LÝ THUYẾT TIN HỌC CÔNG NGHỆ CÁN HÌNH VÀ TẤM**	7
Chương I: CƠ SỞ LÝ THUYẾT TIN HỌC CÔNG NGHỆ CÁN HÌNH	9
I.1 - Đại cương	9
I.2 - Phương pháp tính	11
I.2.1- Thiết kế lỗ hình thành phẩm	12
I.2.2- Thiết kế lỗ hình vuông trước tinh	13
I.2.3- Thiết kế lỗ hình ôvan tước tinh	14
I.2.4- Thiết kế các lỗ hình kéo dài	15
I.2.5- Tính vận tốc - (lượng) vượt trước	24
I.2.6- Tính lực, mômen, công suất động cơ	30
Chương II : TÍNH KÉO CĂNG VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA KÉO CĂNG	33
II.1- Khái niệm chung	33
II.2- Áp lực kim loại lên trục	33
II.3- Áp lực riêng	34
II.4- Mặt tiếp xúc	36
II.5- Áp lực riêng và kéo căng	37
II.6- Xác định mômen cán	37
II.7- Độ co thắt của kim loại khi có kéo căng	38
II.8- Vượt trước	40
II.9- Kéo căng giữa các giá cán	40
Chương III : CƠ SỞ THUẬT TOÁN CÔNG NGHỆ CÁN TẤM	45
Những công thức giải tích	46
III.1- Áp lực riêng trung bình theo Selicov A.I.	46
III.2- Chiều dài cung biến dạng	47
III.3- Phương pháp Stoun	49
III.4- Trở kháng của kim loại biến dạng	51
III.5- Lực cán toàn phần	52

Cơ bản về phương pháp số 52

III.6- Tính lực và các TSCN cán tấm bằng phương pháp số kết hợp với phương pháp giải tích 52

Lời giải phương trình vi phân 53

Thuật giải 55

III.7- Vài nét về tối ưu quá trình cán tấm nguội 57

III.7.1- Đặt vấn đề 57

III.7.2- Phương pháp điều khiển tối ưu 61

Phương pháp điều kiện tới hạn 61

Phương pháp quy hoạch động 64

III.7.3- Một số công thức cơ bản trong thuật toán 64

Phần thứ hai : **THUẬT TOÁN – CHƯƠNG TRÌNH VÀ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN** 67

Chương I : THUẬT TOÁN VÀ CHƯƠNG TRÌNH CÔNG NGHỆ CÁN HÌNH 69

I.1- Những yêu cầu cơ bản 69

I.2- Thuật toán kéo căng 71

I.3- Thuật toán cán hình trên máy cán liên tục 74

I.4- Chương trình tính công nghệ cán hình thép tròn trên máy cán 79

I.5- Chương trình tính kéo căng và ảnh hưởng của kéo căng 91

I.6- Chương trình tính công nghệ cán thép góc 102

Chương II : THUẬT TOÁN TÍNH CÔNG NGHỆ CÁN TẤM 113

II.1- Thuật toán tính áp lực kim loại lên trục 113

II.2- Thuật toán tính các TSCN cơ bản khi cán tấm 116

II.3- Thuật toán cán tối ưu công nghệ cán tấm 118

Chương III: VÀI NÉT VỀ PHẦN MỀM CÔNG NGHỆ CÁN HÌNH CHẠY TRONG MICROSOFT VISUAL C++ 6.0 TRÊN NỀN WINDOWS 121

III.1- Vài nét về ngôn ngữ Microsoft Visual C++ 6.0 trong Tin học chuyên ngành 121

III.2- Phần mềm Công nghệ cán hình 121

III.3- Thuật toán PMCNCH M.Visual C++ 127

PHỤ LỤC *(Để tham khảo)* 138

1- Chương trình tính CN cán thép góc chạy trong Windows 138

2- Một số kết quả tính toán 162

TÀI LIỆU THAM KHẢO 174

PHẦN THỨ NHẤT

CƠ SỞ LÝ THUYẾT TIN HỌC CÔNG NGHỆ CÁN HÌNH VÀ TẤM

CHƯƠNG I

CƠ SỞ LÝ THUYẾT TIN HỌC CÔNG NGHỆ CÁN HÌNH

I.1- Đại cương

Như ta đã biết, hơn 80% sản lượng thép trong các nhà máy luyện kim được đưa tới xưởng cán để sản xuất thép hình và thép tấm. Chủng loại thép hình hiện có tới hàng ngàn profin khác nhau. Sản phẩm thép hình đơn giản chiếm khoảng 50-60% trong toàn bộ sản lượng thép hình cỡ nhỏ, cỡ trung bình và cỡ lớn.

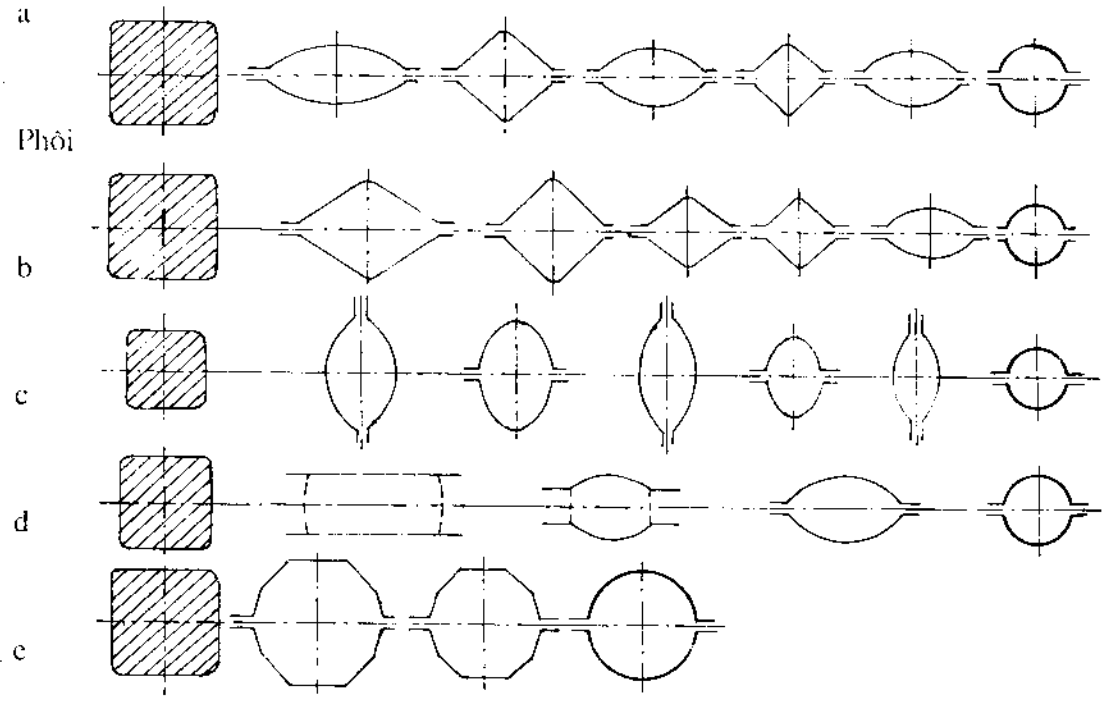
Sản xuất cán kim loại ở Việt Nam hiện nay đã đạt được những thành tựu đáng kể. Ngoài các cơ sở sản xuất thép trước đây, từ những năm 1990, chúng ta đã có hàng loạt công ty liên doanh với nước ngoài với tổng sản lượng đạt khoảng hơn một triệu tấn.

Theo kế hoạch phát triển do Tổng Công ty Thép Việt Nam đề xuất và được Nhà nước thông qua thì đến năm 2000, Việt Nam cần khoảng 3,5 triệu tấn thép, trong đó riêng thép hình, thanh, dây là 2 triệu tấn và tới năm 2010 chúng ta cần có khoảng 7 triệu tấn với trên 50% là thép hình. Hiện nay sản lượng thép cán của ta đạt hơn một triệu tấn, chủ yếu phục vụ xây dựng.

Xuất phát từ tỷ lệ thép hình trong toàn bộ sản lượng thép cán trên thế giới nói chung và của Việt Nam nói riêng, việc tính toán công nghệ sản xuất thép hình, rõ ràng giữ một vai trò vô cùng quan trọng. Thép tròn, thép xây dựng lại chiếm một tỷ lệ lớn trong thép hình.Vì vậy bài toán ứng dụng tin học cơ bản nhất và quan trọng nhất, đó là điểm qua những nét chính về lý thuyết, trên cơ sở đó sử dụng kiến thức tin học để lập ra thuật toán, chương trình ứng dụng - hay hoàn thiện hơn - một phần mềm hoàn chỉnh tính toán các thông số công nghệ- năng lượng cán hình - sản phẩm thép tròn các loại với đường kính khác nhau từ phôi kích thước bất kỳ. Như vậy đầu vào chương trình ứng dụng là kích thước phôi và sản phẩm. Chương trình ứng dụng sẽ tính toán kích thước lỗ hình, tất cả các thông số công nghệ, năng lượng cần thiết để cán loại sản phẩm theo yêu cầu từ phôi đã cho.

Để tạo ra thuật toán và chương trình chính xác và nhanh chóng nhất, ta điểm qua một số hệ thống lỗ hình hiện đang được sử dụng rộng rãi nhất để cán thép tròn.

Phụ thuộc vào kích thước profin, chất lượng thép cán, loại máy cán và những yếu tố khác mà những cơ sở sản xuất sử dụng những phương pháp khác nhau để cán thép tròn. Trên hình 1 biểu diễn một số hệ thống lỗ hình phổ biến hơn cả.



Hình 1. *Một số sơ đồ cán thép tròn sử dụng các hệ thống lỗ hình khác nhau: a:- ôvan-vuông; b:- thoi-vuông; c: ôvan-ôvan cạnh; d: - hệ thống lỗ hình tổng hợp; e: - hệ lỗ hình sử dụng các lỗ hình mười cạnh.*

Hình 1a là sơ đồ cán thép tròn theo hệ thống lỗ hình ôvan-vuông trong những lỗ hình thô, sau đó dải cán vào lỗ hình vuông và tiếp theo đó vào lỗ hình ôvan trước tinh và tròn tinh.

Đây là hệ thống lỗ hình phổ biến nhất được nhiều nước sử dụng. Tại Việt Nam, hệ thống lỗ hình này cũng được đa số các công ty đang dùng trên thực tế.

Phương pháp cán theo hệ thống ôvan-vuông đang được sử dụng rộng rãi để cán thép thanh, dây trên các máy cán theo hàng và dây liên tục cũng như để cán thép tròn đường kính 10 ÷ 30 mm trên những máy cán hình cỡ nhỏ liên tục.

Hệ thống lỗ hình ôvan - vuông được đặc trưng bởi hệ số dãn dài lớn. Điều này rất có ý nghĩa khi cán những sản phẩm thép hình cỡ nhỏ. Trong trường hợp điều kiện cán chỉ cho phép sử dụng dãn dài nhỏ, những lỗ hình kéo dài có thể là thoi-vuông. Vì vậy người ta sử dụng hệ thống thoi-vuông để cán thép tròn có đường kính từ 30 mm trở lên trên các máy cán hình cỡ trung bình (hình 1b).

Để cán thép tròn người ta cũng sử dụng hệ hỗn hợp những lỗ hình thô-là tập hợp các hệ: thoi-vuông và ôvan-vuông.

Hệ thống lỗ hình ôvan-ôvan cạnh (hình 1 c) cũng được sử dụng nhiều trêncác máy cán hình cỡ nhỏ liên tục mặc dù cán theo hệ thống lỗ hình này thì hệ số dãn dài không lớn- khoảng 1,3-1,4. Tuy nhiên lượng dãn dài này trên máy cán liên tục, đặc

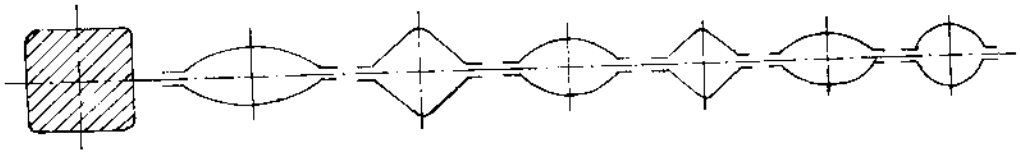
biệt là ở nhóm cán tinh, hoàn toàn đảm bảo nhận được sản phẩm thép tròn kích thước khác nhau.

Hình 1,d là hệ thống lỗ hình tổng hợp dùng để cán những profin tròn từ thép chất lượng.

Còn hình 1,d là hệ thông lỗ hình mười cạnh sử dụng cho việc cán sản phẩm tròn đường kính 100-300 mm.

Từ ưu việt của những hệ thống lỗ hình trên, chương trình ứng dụng tính công nghệ cán thép tròn được thiết kế theo hệ thông lỗ hình :

ôvan-vuông - ..... - vuông-ôvan-tròn.



Hình 2. *Hệ thống lỗ hình thiết kế trong chương trình ứng dụng.*

Như trên đã nói, đây là hệ thống lỗ hình sử dụng rộng rãi nhất. Phôi cấp cho hệ thống lỗ hình này là vuông cạnh $A_0 \times A_0$. Thông thường hiện nay phôi ban đầu của các cơ sở sản xuất có kích thước vuông từ 100 ×100 mm trở lên và để cán thép tròn với hệ thống lỗ hình ôvan-vuông, người ta thường sử dụng máy cán thô ba trục tạo phôi vuông cạnh $A_0 \times A_0$.

Trên cơ sở phôi cạnh $A_0 \times A_0$ đã cho, sản phẩm đường kính d xác định, hệ thống lỗ hình ôvan-vuông- ..... - vuông-ôvan-tròn cần xác định thuật toán và lập trình. Thuật toán và chương trình ứng dụng được xác lập theo các bước sau:

- Phương pháp tính;
- Cơ sở tính toán.

Sau khi chương trình thực hiện việc tính toán những thông số công nghệ như: hệ số dãn dài , lượng ép, các kích thước lỗ hình, diện tích tiếp xúc, đường kính cán, áp lực riêng, lực cán toàn phần, mômen, công suất v.v... + kết quả của chương trình tính công nghệ sẽ được sử dụng để tính kéo căng và ảnh hưởng của kéo căng.

I.2- Phương pháp tính

Để dễ hiểu ta giới hạn bài toán trong việc tính toán công nghệ cán sản phẩm thép vằn xây dựng từ Φ10 ÷ Φ30 với mác thép là các loại CT, kích thước sản phẩm thuộc loại trung bình. Như đã phân tích ở trên phần đại cương, hệ thống lỗ hình thô

thông dụng được chọn là hệ thống lỗ hình hộp chữ nhật-vuông , các giá thuộc nhóm cán trung và cán tinh dùng hệ lỗ hình ôvan-vuông, ba lỗ hình cuối cùng là vuông-ôvan-tròn: Hệ thống lỗ hình phổ biến nhất. Hệ thống lỗ hình này còn phù hợp với thực tế thiết bị của nhiều cơ sở sản xuất ở nước ta. Việc tính toán công nghệ phải bảo đảm kích thước lỗ hình hợp lý, không ba via, kim loại dễ ăn vào trục, tốc độ giữa các giá cán thích hợp (bằng cách tính toán chính xác lượng vượt trước) và cuối cùng là phải đảm bảo điều kiện bền của thiết bị và công suất động cơ.

Như trên đã nói hệ thống lỗ hình ôvan-vuông cho phép sử dụng hệ số dãn dài μ lớn, nhiệt độ vật cán đồng đều và giảm ít. Đối với cán thô thì hệ chữ nhật-vuông còn phù hợp với hệ ôvan-vuông sau đó.

Khi thiết kế, ta có thể tính toán theo hướng cán hay đi ngược từ lỗ hình tinh thành phẩm tới lỗ hình thô (phôi), hay tính xuôi từ phôi xuống, hoặc đi từ hai đầu vào giữa. Với chúng ta, sản phẩm đã cho (biết trước), phôi cũng biết trước và tính cho nhiều loại sản phẩm có cách tính tương tự (cùng là thép tròn) nên ta tiến hành tính từ sản phẩm lên tới phôi. Trong phần này chỉ trình bày các bước tính, cách tính và những công thức tính. Việc tính toán cụ thể sẽ được chương trình thực hiện bằng máy tính. Một số kết quả tính cho những sản phẩm cụ thể được trình bày trong *Phần thứ hai*.

Phương pháp tính gồm các bước sau:

- Tính toán lỗ hình tròn tinh.
- Tính toán lỗ hình ôvan trước tinh.
- Tính toán lỗ hình vuông trước trước tinh.
- Tính toán hệ lỗ hình kéo dài ôvan-vuông.
- Tính toán vượt trước, vận tốc cán.
- Tính toán lực, mômen, công suất cán.

I.2.1- Thiết kế lỗ hình thành phẩm

Theo kinh nghiệm, đường kính theo chiều ngang của lỗ hình thành phẩm phải nên lớn hơn theo chiều thẳng đứng 1 ÷ 2% do nhiệt độ theo hướng ngang lớn hơn theo hướng đứng. Vì vậy khi nguội, kim loại ở phần ngang sẽ co rút nhiều hơn. Hơn nữa do điều kiện ma sát luôn thay đổi để làm lỗ hình bị quá đầy, gây ba via.

Thường lấy:

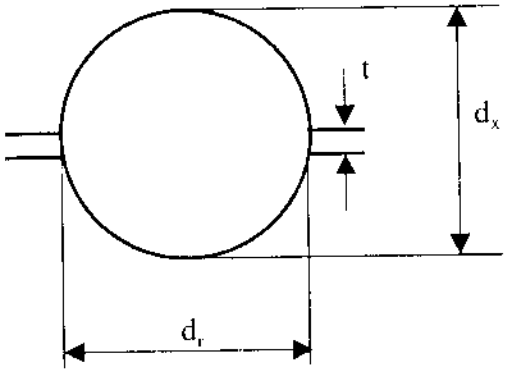
$$d_r = (1{,}012 \div 1{,}015)\, d_x - \Delta + 0{,}01\, d_x\,,$$

trong đó: Δ - là dung sai âm.

Thông thường Δ và $0{,}01 d_x$ xấp xỉ nhau nên ta có:

$$d_r = (0{,}012 \div 0{,}015)d_x,$$

trong đó: d_x - đường kính sản phẩm ở trạng thái nguội.



Hình 3. Lỗ hình tròn tinh.

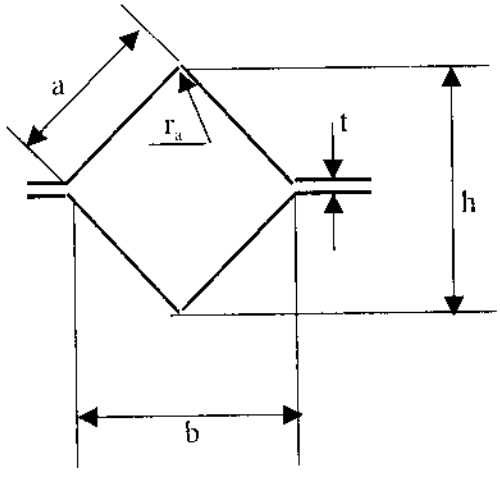
I.2.2- Thiết kế lỗ hình vuông trước tinh

Thông thường cạnh a của lỗ hình vuông trước tinh lấy là:

$a = (1{,}0 \div 1{,}1)\,d$ - với thép tròn nhỏ, đường kính $d = 5 \div 20$ mm,

$a = (1{,}12 \div 1{,}19)\,d$ - với thép tròn có đường kính lớn hơn 20 mm.

Có thể xác định diện tích hay cạnh a của lỗ hình vuông theo đường biểu diễn quan hệ giữa hệ số kéo dài μ từ hình vuông này tới thành phẩm với đường kính d của lỗ hình thành phẩm (hình 146, tài liệu [2]) hoặc theo công thức kinh nghiệm:



Hình 4. Lỗ hình vuông.

Bảng 1.

Đường kính sản phẩm	Chiều dài cạnh a, khe hở t	Bán kính lượn r_n, chiều rộng b
Từ Φ6÷Φ10	$a = (1,0 \div 1,05)d$ $t = (1,0 \div 1,5)$	$r_n = 0,15a$
Từ Φ12÷Φ32	$a = (1,10 \div 1,14)d$ $t = (1,5 \div 4,0)$	$b = 1,41 \div 1,4$

(Đơn vị tính bằng: mm)

Việc chọn kích thước cạnh a của lỗ hình vuông cần phải xuất phát từ khả năng dãn rộng ở lỗ hình ôvan trước tinh. Thường nếu theo hệ số dãn dài trung bình thì μ của lỗ hình tinh bằng 1,10 ÷ 1,15; của những lần cán trước tinh μ =1,15 ÷ 1,35. Trong tài liệu [2] tác giả đưa ra biểu đồ quan hệ giữa μ_{n-1} với đường kính sản phẩm và là μ_{tg} của cặp lỗ hình này.

$$F_{n-2} = F_n \cdot \mu_{n-1} \quad \Leftrightarrow \quad a = \sqrt{F_n \cdot \mu_{n-1}}$$. Suy ra ta có:

$$a = \sqrt{\frac{\pi d^2}{4} \cdot \mu_{n-1}} \qquad (1.1)$$

Khe hở trục cán $t = (0,10 \div 0,15)a$.

I.2.3- Thiết kế lỗ hình ôvan trước tinh

Về mặt lý thuyết, để cán ra được thép vằn chính xác phải dùng hệ thống lỗ hình bầu dục nhiều bán kính là thích hợp. Nhưng khi đó do hình dạng lỗ hình mà quá trình cán sẽ không ổn định và không thể điều chỉnh được kích thước một cách rộng rãi nên hệ lỗ hình này ít được dùng. Khi cán thép tròn nhỏ thì hình dạng lỗ hình bầu dục thường là loại một bán kính và với loại nhiều bán kính có sự chênh lệch không lớn. Loại nhiều bán kính chỉ dùng cho cán thép tròn có đường kính lớn hơn 60 mm (loại lỗ hình bầu dục 2 hoặc 3 bán kính).

Lượng ép trong hệ lỗ hình bầu dục này cũng không nên quá lớn bởi vì chất lượng bề mặt của lỗ hình bầu dục ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sản phẩm.

Về nguyên tắc, muốn cán được thép tròn có kích thước chính xác phải chọn tỷ số chiều rộng trên chiều cao b/h của lỗ hình ôvan này nhỏ nhất. Ngược lại, khi đó lỗ hình ôvan này sẽ rất khó ăn vật cán có tiết diện vuông trước đó và cán ôvan rất dễ

bị xoắn dù có dẫn hướng khi đi vào lỗ hình tròn tinh. Tính toán lỗ hình ôvan trước tinh đi từ việc xác định chiều dày h của nó. Chiều dày này phụ thuộc vào lượng dãn rộng của dải cán trong lỗ hình tròn. Để xác định chiều dày h ta có thể dựa vào bảng 31 trong [6] Vinhôgradov A.P lập trên cơ sở kinh nghiệm. Một phương pháp khác là dựa vào biểu đồ trong tài liệu [2] (trang 134), cụ thể là để xác định kích thước của lỗ hình ôvan một bán kính, từ biểu đồ tra được tỷ số h/d và tìm được chiều cao h. Cũng theo biểu đồ này ta tìm được giá trị h/b, từ đó ta tính được b, đồng thời ta cũng tìm được bán kính R của lo hình ôvan:

$$R = \frac{b^2 + (h-t)^2}{4(h-t)} \qquad (I.2)$$

Diện tích của lỗ hình ovan trước tinh là:

$$F_{n-1} = \frac{2}{3}b(h-t) + bt = \frac{2}{3}bh + \frac{1}{3}bt \qquad (I.3)$$

I.2.4- Thiết kế lỗ hình kéo dài

Sau khi tính toán được kích thước các lỗ hình trước tinh, với hệ ta đang xem là: vuông - ôvan - tròn, tính được cạnh lỗ hình vuông a_{n-2} theo công thức (I.1). Công việc tiếp theo là phân phối hệ số dãn dài của các cặp lỗ hình kéo dài và của từng lỗ hình. Như đã đặt vấn đề ở trên, hệ thống lỗ hình chọn là hệ ôvan-vuông và hệ lỗ hình cán thô là hộp-vuông. Giả sử sau hệ thống hộp-vuông có phôi vuông để vào dãy cán liên tục. Thực tế tại các cơ sở, để sản xuất thép tròn đều dùng phôi vuông. Phôi này được cán theo hệ ôvan-vuông cho tới sản phẩm tròn. Trong chương trình ứng dụng tính công nghệ sau này, phôi vuông có cạnh là A_0. Trong thực tế sản xuất, một số cơ sở dùng phôi cạnh A_0 kích thước khác nhau để cán ra thép tròn đường kính khác nhau. Để đa dạng hoá việc dùng phôi cạnh A_0 khác nhau, trong chương trình ứng dụng có sử dụng hai loại phôi cạnh Ao1 và Ao2 giá trị theo yêu cầu mà cơ sở có . Bài toán đi vào cụ thể hơn: Tính công nghệ cán thép tròn đường kính d từ phôi Ao1 hoặc Ao2.

Trước hết, để tính được những kích thước khác của lỗ hình, cần tính số lần cán cho từng loại sản phẩm. Theo các tài liệu, số lần cán tính theo công thức sau:

$$n = \frac{LgF_0 - LgF_n}{Lg\mu_{tb}} \qquad (I.4)$$

Tuy nhiên trong Turbo Pascal, công thức (I.4) cần viết là:

$$n = \frac{Ln(F_o / F_n)}{Ln\mu_{th}} \qquad (I.5)$$

trong đó: μ_{th} là hệ số dãn dài trung bình. Với hệ lỗ hình ôvan-vuông ở đây lấy μ_{th} = 1,35 là hợp lý. Biết kích thước phôi và kích thước của lỗ hình n - 2, dễ dàng tính được số lần cán n.

Từ đây có nhiều cách khác nhau để tính toán các thông số công nghệ. Trước tiên tính hệ số dãn dài cho từng cặp lỗ hình.

a- Tính toán và phân bố hệ số dãn dài cho các lỗ hình

Trong các tài liệu [2], [3], [5], đều đưa ra những phương pháp khác nhau để tính. Trong tài liệu [5] tác giả đưa ra một đồ thị để tra các hệ số kéo dài cho từng cặp ôvan-vuông, từ đó tính được kích thước của lỗ hình vuông trong các cặp vuông-ôvan đó. Phụ thuộc vào cạnh lỗ hình vuông trước và sau lỗ hình ôvan mà có thể tính được kích thước của lỗ hình ôvan. Biểu đồ trang 134 của [5] cho phép tra được kích thước lỗ hình ôvan, sau đó tính toán các thông số còn lại.

Tương tự như vậy, trong tài liệu [3] tác giả cũng đưa ra một số biểu đồ để tra các thông số khi biết một vài thông số có trước. Đa số những tài liệu này được xây dựng trên cơ sở kinh nghiệm. Trong tài liệu [3], tác giả Minkin A.B đưa ra cách tính hệ số kéo dài như sau:

Hệ số dãn dài tổng μ_{tg} cho các cặp lỗ hình ôvan-vuông tính theo :

$$\mu_{tg} = 1 + 32\left[\frac{2 + A}{20 + \frac{D_{tc} - \sqrt{2a}}{\sqrt{2a}}}\right] \qquad (I.6)$$

trong đó: A- là một hệ số, A= 4÷6,

a- cạnh lỗ hình vuông, còn D_{tc} - đường kính trục cán.

Cách tính như sau: Bắt đầu từ lỗ hình vuông thứ n-2 trở về đầu, tính μ_{tg} với a_{n-2} đã biết. Diện tích lỗ hình vuông thứ n-4 tính theo công thức:

$$F_{n-4} = \mu_{tg} \cdot a_{n-2}^2 \qquad (I.7)$$

Từ công thức (I.7) ta sẽ tính được cạnh lỗ hình vuông thứ n-4 là a_{n-4}.

Sau khi tính được cạnh lỗ hình vuông a_{n-4}, thay vào công thức (I.6) tính được μ_{tg} thứ hai theo a_{n-4} ; tiếp tục thay vào (I.7) tính đến kích thước phôi gần nhất thì

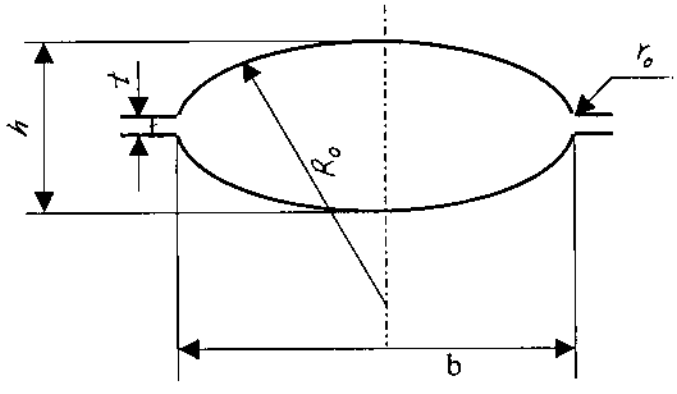
dừng lại. Theo cách tính trên ta đã tính được kích thước các lỗ hình vuông và tính được diện tích mặt cắt lỗ hình vuông theo công thức:

$$F_{2n} = a_{2n}^2 - 0{,}86\, r_a^2 \qquad (I.8)$$

trong đó: r_a là bán kính lượn đỉnh của lỗ hình vuông.

Theo bảng 1, bán kính lượn r_a có giá trị:

$$r_a = 0{,}15 a_{2n}$$



Hình 5. *Lỗ hình ôvan.*

Tiếp theo cần tính chính xác hệ số dãn dài μ_{tgt} của từng cặp lỗ hình theo diện tích thực xác định bởi công thức (I.8) có tính tới bán kính góc lượn r_a .

$$\mu_{tgt} = F_{2n}/F_{2n-2}$$

Sau khi tính được hệ số dãn dài μ_{tgt} của từng cặp lỗ hình, hệ số dãn dài lớn nhất ở các lỗ hình ôvan được tính theo công thức:

$$\mu_{i\max} = \left[1 + \frac{1}{18}\left(7 + \frac{D_{tc} - a_{i+1}\sqrt{2}}{a_{i+1}\sqrt{2}}\right)\left(\sqrt{\mu_{tgt}} - 1\right)^3\right]\sqrt{\mu_{tgt}} \qquad (I.9)$$

Hệ số dãn dài ở lỗ hình ôvan xác định theo công thức:

$$\mu_i = \sqrt{\mu_{i\max}\sqrt{\mu_{tgti}}}$$

trong đó: $\mu_{i\max}$ – hệ số dãn dài lớn nhất trong lỗ hình ôvan thứ *i*, được tính theo công thức (I.9).

Để thống nhất ký hiệu, từ đây trở đi lấy i là chỉ số của lỗ hình ôvan, còn i+1 là chỉ số của lỗ hình vuông.

Hệ số dãn dài ở lỗ hình vuông:

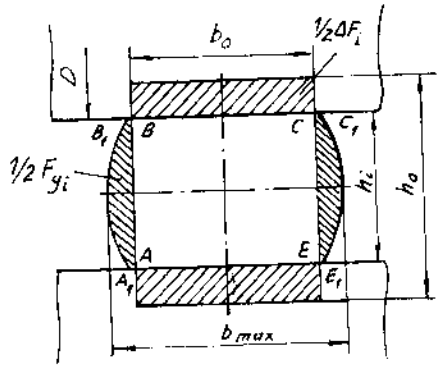
$$\mu_{i+1} = \mu_{tgi}/\mu_i \qquad (1.10)$$

Từ những biểu thức trên ta xác định được diện tích tiết diện lỗ hình.

b - Tính các kích thước của lỗ hình ôvan

Kích thước của các lỗ hình ôvan đòi hỏi phải tính toán thật chính xác mới đảm bảo điền đầy lỗ hình và không bị ba via cũng như điều kiện ăn phôi. Trong tài liệu [3] , tác giả coi quá trình cán như một quá trình chồn (hình 5), khi cán từ lỗ hình

Hình 6. *Tính lỗ hình dãn dài.*



này sang lỗ hình khác, vật cán giảm diện tích, chiều cao và dãn rộng sang hai bên. Gọi c_y là hệ số dãn rộng, theo Minkin A.B., có thể tính theo công thức sau:

$$c_y = \Delta F_y/\Delta F\ ;$$

Với: $\Delta F_y = F_1 - F_{01}$, còn $\Delta F = F_0 - F_{01}$, và

$F_0 = h_0 b_0$; $F_1 = h_1 b_1$; $F_{01} = F_{ABCE} = h_1 b_0$.

Thay vào ta có:

$$c_y = \frac{F_1 - h_1 h_0}{F_0 - h_1 b_0} \qquad (1.11)$$

Với hệ thống lỗ hình đang xem là ôvan-vuông, tác giả đưa ra công thức tính hệ số dãn rộng cho hai lỗ hình này như sau:

- Đối với lỗ hình ôvan:

$$c_y = \frac{1}{1 + \frac{Ah_o}{4h_o + D}\,\frac{h_o(h_o+\Delta h)}{\Delta h h_1}\left[1 + 12{,}5A\left(\frac{\Delta h}{R_0}\right)^3\right]}, \qquad (1.12)$$

- Đối với lỗ hình vuông:

$$c_y = \frac{1}{1+15Ah_k/(4h_k+D)}, \qquad (I.13)$$

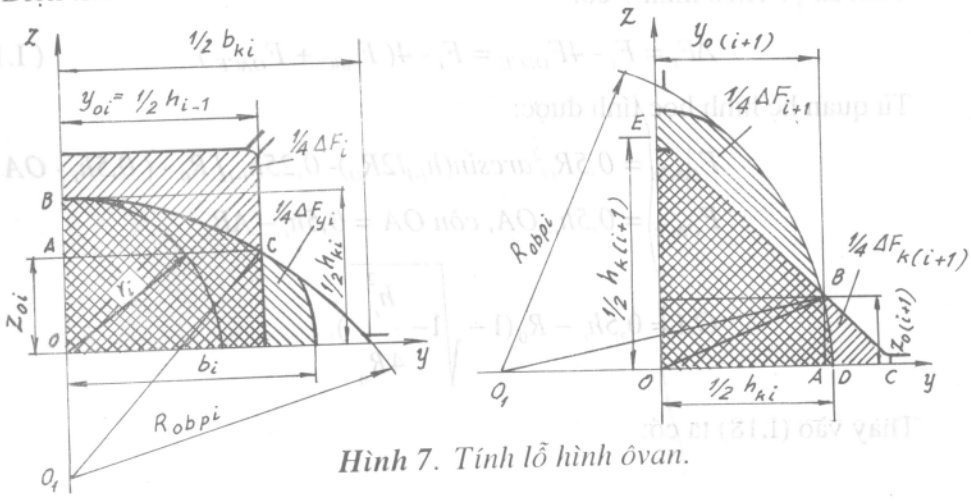
trong đó: $\Delta h = h_0 - h_1$; D - đường kính trục cán;

h_0 - chiều cao của lỗ hình phía trước;

$h_k = 1{,}414a$; a - cạnh lỗ hình vuông.

Khi cán phải đảm bảo điều kiện này. Nếu không sẽ bị ba via, không điền đầy lỗ hình. Trên cơ sở những dẫn giải ở trên những công thức để tính toán kích thước của lỗ hình ôvan sẽ như sau:

Diện tích của các lỗ hình ôvan có thể tính theo (hình 7):



***Hình 7**. Tính lỗ hình ôvan.*

$$F_i = 2R_0^2 \arcsin\frac{b_i}{2R_0} - b_i(R_0 - h_{pi}) + b_i t_i; \qquad (I.14)$$

$$h_{pi} = (h_i - t_i)/2 .$$

trong đó:

R_0 - bán kính lỗ hình ôvan;

b_i - chiều rộng của lỗ hình ôvan;

h_i - chiều cao lỗ hình ôvan kể cả khe hở trục cán;

h_{pi} - chiều cao lỗ hình ôvan không kể khe hở trục cán;

t_i - khe hở giữa hai trục.

Chiều rộng miệng lỗ hình có thể tính:

$$b_i = (h_i - t_i)\sqrt{4\frac{R_0}{h_i - t_i} - 1}. \qquad (I.15)$$

Đặt : $\beta_i = R_0/0,5h_i$ và thay vào hai công thức trên ta có:

$$F_i = 0,5h_i^2\left[\beta_i \arcsin\frac{\sqrt{2\beta_i - 1}}{\beta_i} - (\beta_i - 1)\sqrt{2\beta_i - 1}\right]; \qquad (I.16)$$

$$b_i = h_i\sqrt{2\beta_i - 1}. \qquad (I.17)$$

Tính ΔF_i . Theo hình 7 có:

$$\Delta F_i = F_i - 4F_{OBCE} = F_i - 4(F_{ABC} + F_{OACE}) \qquad (I.18)$$

Từ quan hệ hình học tính được:

$$F_{OACE} = 0,5R_0^2 \arcsin(h_{i-1}/2R_0) - 0,25h_{i-1}[R_0 - (0,5h_i - OA)]$$

$$F_{OACE} = 0,5h_{i-1}OA, \text{ còn } OA = 0,5h_i - AB$$

$$OA = 0,5h_i - R_0\left(1 - \sqrt{1 - \frac{h_i^2}{4R_0}}\right).$$

Thay vào (I.18) ta có:

$$\Delta F_i = h_{i-1}^2\left[1 + \frac{\beta_i\psi_i^2}{\mu_{tgi}}\arcsin\frac{\sqrt{\mu_{tgi}}}{\sqrt{2\beta_i\psi_i}} - \frac{\beta_i\psi_i}{\sqrt{2\mu_{tgi}}}\sqrt{1 - \frac{\mu_{tgi}}{2\beta_i^2\psi_i^2}} + \frac{\sqrt{2\psi_i}}{\sqrt{\mu_{tgi}}}(\beta_i - 1)\right]; \qquad (I.19)$$

với:

$$\psi_i = h_i/h_{i+1}. \qquad (I.19a)$$

Theo hình vẽ, để đảm bảo điền đầy lỗ hình thì:

$$F_i - \Delta F_{ki} = F_{i+1} - \Delta F_{yi}, \qquad (I.20)$$

trong đó: F_i , F_{i+1} - diện tích lỗ hình trước và sau khi cán;

ΔF_{ki}, ΔF_{yi}- phần diện tích lỗ hình dư khi không có dãn rộng và có dãn rộng.

Từ công thức (I.11) ta có:

$\Delta F_{yi} = c_{yi}\Delta F_{yi}\Delta F_i$, c_y - là hệ số dãn dài của lỗ hình thứ i.

Mặt khác ta lại có: $\Delta F_i = F_i - (F_{i+1} - \Delta F_{i+1})$. Hay:

$\Delta F_{i+1} = c_{yi}(F_i - (F_{i+1} - \Delta F_{i+1}))$; thay vào công thức (I.20) biểu thức sẽ là:

$$F_i - \Delta F_i = \frac{1-\mu_i c_{yi}}{1-c_{yi}} F_{i+1}. \qquad (I.21)$$

Ta lại có: $F_i = \mu_i F_{i+1}$. Công thức (I.21) sẽ có dạng sau:

$$\Delta F_i = \frac{\mu_i - 1}{1-c_{yi}} F_i \qquad (I.22)$$

Đối với lỗ hình $i+1$ thì:

$$\Delta F_{i+1} = \frac{\mu_{i+1} - 1}{1-c_{yi+1}} \qquad (I.23)$$

Suy ra:

$$\beta_i^2 \arcsin\frac{\sqrt{\mu_{tgi}}}{\sqrt{2}\beta_i\psi_i} + \frac{\beta_i\psi_i}{\sqrt{2\mu_{tgi}}}\sqrt{1-\frac{\mu_{tgi}}{2\beta_i^2\psi_i^2}} - \frac{\sqrt{2}\psi_i}{\sqrt{\mu_{tgi}}}(\beta_i - 1) = \frac{\mu_{tgi}(1-\mu_i c_{yi})}{\psi_i^2\mu_i(1-c_{yi})} \qquad (I.24)$$

Tương tự tính cho lỗ hình vuông:

$$\Delta F_{i+1} = \frac{h_{i+1}^2 c_{yi+1}(\mu_{i+1} - 1)}{2(1-c_{yi+1})} \qquad (I.25)$$

Cũng trên quan hệ hình học tính được:

$$\Delta F_{i+1} = 4F_{ABC} = 4(F_{ADB} - F_{ABD})$$

Thay các giá trị vào công thức trên, sau khi biến đổi, nhận được:

$$\Delta F_i = F_i - 0{,}5h_i^2\frac{\sqrt{2\mu_{tgi}}}{\psi_i}\left(1 - \frac{\mu_{tgi}}{12(\beta_i - 0{,}2)\beta_i^2}\right) \qquad (I.26)$$

$$\Delta F_{i+1} = 0{,}5h_i \frac{(1-\psi_i)^2}{\psi_i^2}\left[1+\frac{2}{\beta_i}(1-\psi_i)^2\right] \qquad (I.27)$$

Qua các công thức (I.24), (I.25) và (I.26), (I.27) rút ra hai phương trình sau:

$$-\frac{\mu_{tgi}}{12(\beta_i-0{,}2)\psi_i^2} + \frac{\sqrt{\mu_{tgi}}}{\sqrt{2}\psi_i}\frac{(1-c_{yi}\mu_i)}{\mu_i(1-c_{yi})} - 1 = 0; \qquad (I.28)$$

$$(1-\psi_i)^4 + 0{,}5\beta_i(1-\psi_i)^2 - 0{,}5\beta_i\frac{c_{yi+1}(\mu_{i+1}-1)}{1-c_{yi+1}} = 0 \qquad (I.29)$$

Kết hợp với công thức (I.12), hệ số dãn rộng ở lỗ hình ôvan sẽ có dạng:

$$c_{yi} = \frac{1}{1+\dfrac{A(2-\psi_i\sqrt{2/\mu_{tgi}})\left[1+100A(\sqrt{\mu_{tgi}/2}/\psi_i-1)^3/\beta_i^3\right]}{(4+D_i\sqrt{2/\mu_{tgi}}/h_{ki+1})(1-\psi_i\sqrt{2/\mu_{tgi}})\psi_i\sqrt{2/\mu_{tgi}}}} \qquad (I.30)$$

trong đó: $D_i = D_{ki} - h_i$; h_i - chiều cao lỗ hình thứ i.

Các hệ số không thứ nguyên β_i, ψ_i là những hàm số phụ thuộc lẫn nhau $\beta_i = f(\beta_i, \psi_i)$ và $\psi_i = f(\psi_i, \beta_i)$. Kết hợp với điều kiện (I.13), sau khi biến đổi, giá trị hệ số β_i được tính theo công thức dưới đây:

$$\beta_i = 0{,}2 + \mu_{tgi} \Big/ \left[12\psi_i^2\left(1-\frac{\sqrt{\mu_{tgi}/2}}{\psi_i}\frac{1-c_{yi}\mu_i}{\mu_i(1-c_{yi})}\right)\right] \qquad (I.31)$$

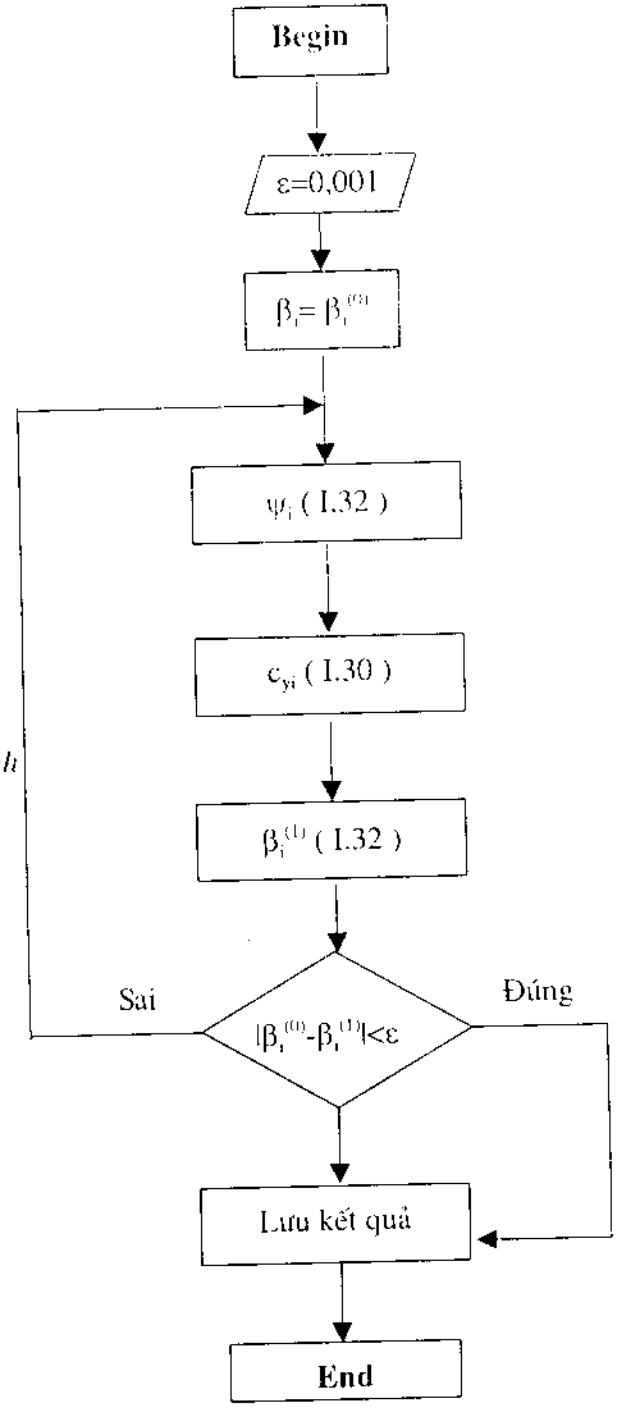
và:

$$\psi_i = 1 - 0{,}5\sqrt{\beta_i\sqrt{1+\frac{8}{15A\beta_i}\left(4+\frac{D_{i+1}-\sqrt{2}a_{i+1}}{\sqrt{2}a_{i+1}}\right)(\mu_{i+1}-1)}-1}. \qquad (I.32)$$

Việc tính toán β_i có thể được bằng cách kết hợp hai công thức (I.31) và (I.32):

$$\beta_i^{(0)} = 1 + 28{,}5\,\frac{2+\dfrac{D_{i+1}-\sqrt{2}a_{i+1}}{\sqrt{2}a_{i+1}}}{\mu_{tgi}}\,\frac{(\sqrt{\mu_{tgi}}-1)^3}{(\mu_i-1)}\,\frac{(\mu_{i+1}-1)^2}{(\mu_i-1)} \qquad (I.33)$$

Đầu tiên tính β_i theo công thức (I.33). Đây là công thức khá chính xác, cho kết quả gần đúng với β_i. Sau đó tính hiệu $\beta_i - \beta_i^{(0)}$. Nếu nhỏ hơn 0,001 thì lấy giá trị $\beta_i = \beta_i^{(0)}$, còn nếu lớn hơn 0,001 thì lấy giá trị $\beta_i^{(0)}$ mới bằng $(\beta_i - \beta_i^{(0)})$ thay vào (I.32), (I.30), (I.33) tính tới khi thoả mãn điều kiện hiệu này nhỏ hơn 0,001 thì dừng lại (xem sơ đồ thuật toán dưới đây).



Hình 8. *Sơ đồ thuật toán tính β_i, ψ_i*

Giá trị thử ở đây lấy bằng 0,001 - tuỳ chọn. Tất nhiên càng nhỏ càng tốt. Thực tế, giá trị này bằng 0,001 là đã bảo đảm độ chính xác cao.

Việc tính chính xác các thông số không thứ nguyên β_i , Ψ_i , c_y là rất quan trọng vì từ các thông số này ta tính được các thông số công nghệ của lỗ hình.

Qua các phần phân tích và xây dựng các công thức trên, có thể tóm tắt các bước tính toán như sau:

- Tính toán các hệ số không thứ nguyên β_i , Ψ_i (theo sơ đồ thuật toán);

- Khi đã có các hệ số trên, tính các kích thước của lô hình ôvan theo công thức (I.17), (I.19a);

- Tính các thông số khác như: hệ số dãn dài, bán kính lỗ hình ôvan ... .

I.2.5- Tính vận tốc - Lượng vượt trước

Đối với máy cán liên tục, về mặt lý thuyết, để quá trình cán tiến hành đảm bảo thì yêu cầu công nghệ quan trọng nhất là phải thoả mãn điều kiện thể tích giây không đổi (Const). Nghĩa là:

$$F_1V_1 = F_2V_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots = F_{n-1}V_{n-1} = F_nV_n\,; \qquad (I.34)$$

hay:

$$F_vV_n = \text{Const},$$

trong đó:

F_i - diện tích vật cán đi qua giá thứ i của máy cán liên tục;

V_i - vận tốc của giá cán thứ i của máy cán liên tục;

n - số giá cán trong dãy cán liên tục.

Ta lại có hệ số dãn dài: $\mu_i = F_{i-1}/F_i$. Suy ra: $\mu_i = v_i/v_{i-1}$.

Như vậy nếu biết được vận tốc của giá cán cuối cùng của máy cán liên tục có thể tính được vận tốc các giá còn lại. Nhưng trong thực tế không thể tính như vậy được, bởi vì trong quá trình cán liên tục có tham gia thành phần vượt trước và trễ của kim loại so với vận tốc trục cán. Gọi s là lượng vượt trước tính theo % thì công thức (I.34) được viết lại là:

$$F_1V_1(1 + s_1) = F_2V_2(1 + s_2) = \ldots\ldots = F_{n-1}V_{n-1}(1 + s_{n-1}) = F_nV_n(1 + s_n); \qquad (I.35)$$

hay:

$$F_nV_n(1 + s_n) = \text{Const}$$

Như vậy, khi kim loại ra khỏi trục cán vận tốc của nó lớn hơn vận tốc trục. Thông thường thì giá trị vượt trước s đạt khoảng 3÷6%, có khi lên tới 10%. Qua đó ta thấy đối với những dây chuyền cán liên tục hiện đại, có vận tốc cán lớn và qua nhiều giá cán, nếu lượng dư (lượng vượt trước) này tính không đúng sẽ dẫn tới kim loại bị nén (chùng) hoặc kéo căng. Nếu ứng suất kéo căng quá lớn sẽ làm đứt dải cán, còn

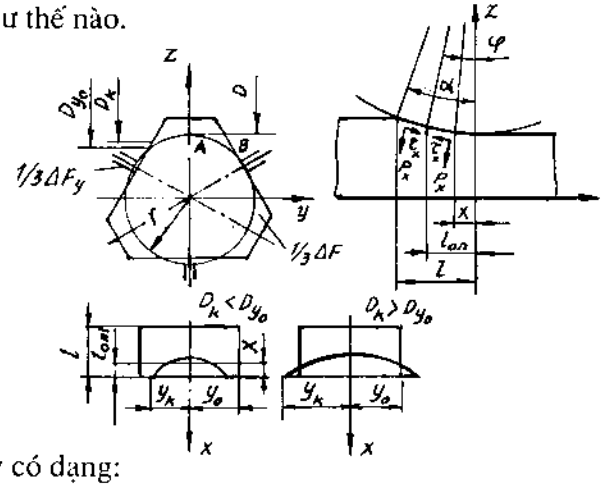
nếu đủ lớn thì kim loại sẽ không điền đầy lỗ hình. Vấn đề kéo căng sẽ được xem chi tiết hơn ở phần I, chương II.

Có nhiều phương pháp khác nhau tính lượng vượt trước. Trong chương trình ở đây giới thiệu phương pháp tính vượt trước bằng cách quy về tính đường kính gọi là "Đường kính cán". Bản chất của phương pháp này là: giả sử vận tốc kim loại ra khỏi trục cán là v_k, vận tốc góc của trục là ω thì vận tốc $v_k = \omega R_k$

với R_k hay (D_k) là bán kính (đường kính) cần phải tính.

a) Cơ sở tính toán lượng vượt trước

Trên hình 9 nhận thấy nếu bỏ qua lượng dãn rộng và không có sự kéo căng trong khi cán thì phương trình cân bằng các hình chiếu của các ngoại lực tác dụng lên trục cán theo hướng chuyển động của kim loại trên hệ toạ độ *x, y, z* không phụ thuộc vào số trục cán hay sự tạo hình như thế nào.



Hình 9. *Tính vượt trước*

Phương trình cân bằng này có dạng:

$$\iint_{S_k} (\tau_x - p_x) tg\varphi dxdy - 2\iint_{S_{an}} \tau_x dxdy = 0 \qquad (1.35b)$$

trong đó: τ_x, p_x lần lượt là ứng suất tiếp và ứng suất pháp trên bề mặt tiếp xúc giữa trục cán và kim loại trong lỗ hình. Theo [3] thì quan hệ giữa ứng suất tiếp và ứng suất pháp $\tau_x = \mu p_x$, ở đây μ là hệ số ma sát giữa bề mặt kim loại và trục cán. Trị số của μ có thể được tính theo các công thức kinh nghiệm sau:

$$\mu = k_1(1{,}05 - 0{,}0005t);$$

$$\mu = 0{,}05 - 0{,}0005t - 0{,}0056v,$$

trong đó:

k_1 - hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm trục cán, $k_1 = 1$ nếu trục cán là gang hay thép;

t - nhiệt độ kim loại cán;

v - vận tốc cán.

Phương trình cân bằng thể tích:

$$F_x v_x = F_1 v_1,$$

trong đó:

v_x , F_x - là vận tốc và diện tích của kim loại tại vị trí có toạ độ x;

v_1 , F_1 - là vận tốc và diện tích của kim loại khi ra khỏi trục cán.

Như đã phân tích ở trên, vận tốc $v_1 = R_k\omega$. Khi $x = l_{cp}$ (l_{cp} là độ dài đoạn vượt trước) thì :

$$v_x = R_y\,\omega\cos\gamma; \text{ với } R_y = D_y/2;$$

trong đó: D_y - đường kính trên trục toạ độ x, y, z (xem hình 9),

γ - là góc trung hoà.

Mặt khác lại có:

$F_x = F_\gamma$; F_γ - diện tích mặt cắt tại vị trí góc trung hoà.

Tính giá trị thực của γ rất khó nên khi $x = l_{cp}$ có thể lấy $\cos\gamma = 1$. Khi đó:

$$R_k = R_y.\, F_\gamma/F_1 \qquad (I.36)$$

Giả sử trị số c_y = Const. Ta sẽ có:

$$F_x = F_{0x} + c_y\,(F_0 - F_{0x}), \qquad (I.37)$$

trong đó: F_{0x} - diện tích mặt cắt tại x khi không có dãn rộng;

F_0 - diện tích khi chưa cán.

Chiều dài đoạn cán:

$$l = \sqrt{\Delta h_{cp} D_{cp}} \;; \qquad (I.38)$$

$$D_{cp} = 0{,}5(D + D_y);$$

Giá trị: $\Delta h_{cp} = \Delta F/2N\beta_0 y_0;$

ở đây: ΔF - lượng giảm diện tích khi cán; N - số trục cán;

β_0 - hệ số phụ thuộc vào mức độ biến dạng và hình dạng lỗ hình. Hệ số này có thể xác định theo công thức:

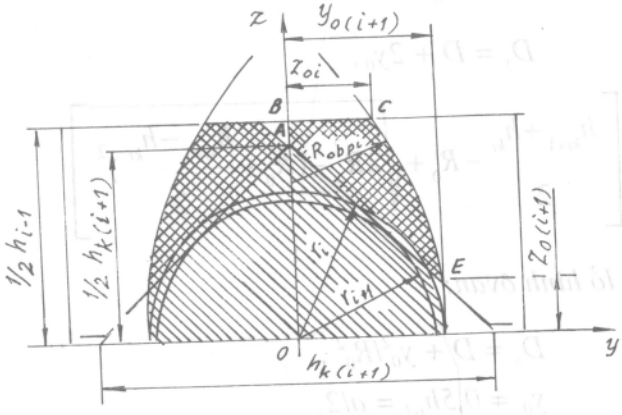
$$\beta_0 = \frac{1}{y_0}\int_0^{y_0}(l_y/l_0)dy;$$

với : l_0 - độ dài phần kim loại cán;

l_y - độ dài đoạn cán tại toạ độ y và $l_y = \sqrt{\Delta h_y D_y}$, (Δh_y có thể tính toán dựa vào các quan hệ hình học trên hình 9).

Tính toán các thông số và thay vào (I.36), độ dài đoạn cán sẽ là:

$$l_i = \sqrt{\frac{F_i(\mu_i - 1)D_{cp}}{4y_0\beta_0(1-c_{yi})}}; \qquad (I.39)$$



Hình 10. Tính lỗ hình vuông - ôvan.

Trị số y_0 tính toán được theo quan hệ hình học; còn giá trị β_0 - đối với lỗ hình ôvan bằng 0,85.

Diện tích F_{0x} tính theo công thức:

$$F_{0x} = F_{01} + 2D_{cp}\beta_0 y_0(1 - \sqrt{1 - x^2/R^2_{cp}}).$$

Vì đại lượng $x^2/R^2_{cp} \leq 1$ nên có thể bỏ qua. Do đó công thức trên có thể viết lại như sau:

$$F_{0x} = F_{01} + (F_0 - F_{01})x^2/l^2; \qquad (I.40)$$

trong đó:

F_{01} - là diện tích vật cán ra khỏi trục khi không có dãn rộng.

$$F_{01} = F_1 - \Delta F_y = F_1 - (F_0 - F_{01})c_y$$

ở đây:

$$F_{01} = (F_1 - F_0 c_y)/(1-c_y).$$

Thay các giá trị trên vào (I.36) ta có:

$$F_x = F_1 + (F_0 - F_1)x^2/l^2. \qquad (I.41)$$

Từ biểu thức (I.40), khi $x = l_{op}$ sẽ có:

$$F_x = F_y = F_1 + (F_0 + F_1)l^2_{op}/l^2 . \qquad (I.42)$$

Từ các biểu thức (I.36) và (I.42) biểu thức l_{op} sẽ là:

$$l_{op} = l\sqrt{(D_k - D_y)/(\mu - 1)D_y} \quad . \qquad (I.43)$$

Từ hình vẽ, dựa trên quan hệ hình học ta thấy:

- *Đối với lỗ hình vuông:*

$$D_y = D + 2y_0 , \qquad (I.44)$$

$$y_0 = 0{,}5\left[\frac{h_{ki+1} + h_{ki}}{2} - R_0 + \sqrt{2R_0^2 - (R_0 + \frac{h_{ki+1} - h_{ki}}{2})^2}\right] \qquad (I.45)$$

- *Đối với lỗ hình ôvan:*

$$D_y = D + y_0^2/R_0^2 , \qquad (I.46)$$

$$y_0 = 0{,}5h_{i-1} = a/2. \qquad (I.47)$$

$$tg\varphi = l/D_{cp}$$

Thay: $p_x = p_{cp}$; $\tau_x = \tau_{cp} = \mu\, p_{cp}$ vào (I.35) ta có:

- Nếu $D_k < D_{y_0}$ thì:

$$ly_0(1 - \frac{1}{\mu D_{cp}}) - 2\int_0^{y_1} l_{op}\,dy = 0. \qquad (I.48)$$

- Nếu $D_k > D_{y0}$:

$$ly_0(1 - \frac{1}{\mu D_{cp}}) - 2\int_0^{y_0} l_{op}\,dy = 0. \qquad (I.49)$$

Thay các trị số đã biết và giải hai phương trình trên, đường kính D_k cho các loại lỗ hình sẽ có dạng:

- Đối với lỗ hình ôvan:

$$D_k = D\left[1 + \frac{y_0}{\pi D}(1 - \frac{1}{\mu D_{cp}})\sqrt{(\mu - 1)\frac{D_{cp}}{R_0}}\right]; \qquad (I.50)$$

- Đối với lỗ hình vuông:

$$D_k = D\left[1+\sqrt[3]{\frac{9y_0^2}{4D^3}(\mu-1)\left(1-\frac{1}{\mu D_{cp}}\right)^2 D_{cp}}\right] \qquad (I.51)$$

Sau khi tính được đường kính D_k, so sánh với D_y ; nếu tại lỗ hình nào đó mà có $D_k > D_y$ thì cần điều chỉnh lại D_k theo công thức tính sau:

$$D_k = D\left[1+\left(\frac{D_k}{D}-1\right)\delta\right] \qquad (I.52)$$

trong đó δ là hệ số điều chỉnh, tính theo công thức:

$$\delta = 0{,}032 + 0{,}737x + 0{,}25x^2 \quad khi\ x<1{,}5,$$

$$\delta = 0{,}6x + 0{,}31 \quad khi\ x>1{,}5.$$

Với:

$$x = \frac{D_k^{(0)} - D}{D_{y_0} - D}$$

ở đây $D_k^{(0)}$ là trị số tính được theo công thức (I.50) và (I.51).

Từ đó ta tính được đường kính cán D_k của các lỗ hình theo hai công thức trên.

Trên cơ sở của D_k sẽ tính được số vòng quay của trục cán cũng như vận tốc trục và vận tốc kim loại ra khỏi trục cán.

Đó là bản chất của việc tính lượng vượt trước theo phương pháp "Đường kính cán". Giá trị vượt trước tính theo phương pháp đã nêu trên tỏ ra khá chính xác và được nhiều nhà chuyên môn áp dụng. Trong chương trình ứng dụng tính công nghệ ở giáo trình này, cách tính trên đã có hiệu quả cao.

b) Vận tốc trục cán

Sau khi tính toán được đường kính cán, vận tốc vòng của trục cũng dễ dàng được xác định, trên cơ sở đó có thể tính được vận tốc của trục tại các giá bất kỳ. Việc tính toán được bắt đầu từ giá cuối cùng ngược lên trên. Giả sử vận tốc của giá cuối cùng theo yêu cầu là v_n thì vận tốc vòng sẽ là:

$$n_n = \frac{60v_n}{\pi D_{kn}}. \qquad (I.53)$$

Số vòng quay của trục giá trước đó sẽ là:

$$n_i = \frac{60v_n}{\pi D_{ki}\mu_{i+1}} \qquad (1.54)$$

trong đó: $i = (n-1), 1$

Vận tốc góc và vận tốc dài của trục sẽ là:

$$\omega_i = \pi n_i/30 \; ; \qquad (1.55)$$

$$v_{tci} = R_{ti}\omega_i \; ; \qquad (1.56)$$

trong đó:

$$R_{ti} = F_i/b_i \; ; \qquad (1.57)$$

F_i - diện tích lỗ hình thứ i;

b_i - chiều rộng lỗ hình thứ i.

Vận tốc của kim loại ra khỏi trục được xác định theo công thức:

$$v_i = \omega_i R_k \; . \qquad (1.58)$$

Còn giá trị lượng vượt trước, bình thường được tính như sau:

$$S_i = \frac{v_i - v_{tci}}{v_{tci}} 100\% \qquad (1.59)$$

I.2.6 - Tính toán lực cán, mômen, công suất động cơ

a) Lực cán

Lực cán P còn gọi là áp lực toàn phần của kim loại tác dụng lên trục cán. Áp lực này được tính theo công thức sau:

$$P = p_{th}F_{tx} \; . \qquad (1.60)$$

trong đó: p_{th} - là áp lực trung bình hay áp lực riêng (N/mm^2 hoặc kG/mm^2);

F_{tx} - diện tích tiếp xúc giữa kim loại và trục cán, tính theo:

$$F_{tx} = b_{tb}L = \frac{b_1 + b_2}{2}\sqrt{R\Delta h} \qquad (1.61)$$

ở đây:

$L = \sqrt{R\Delta h}$ - là chiều dài cung tiếp xúc.

Cho đến nay, chưa có một công thức lý thuyết nào hoàn chỉnh để tính p_{th}

Tất cả các tác giả đều đưa ra công thức bằng thực nghiệm. Mặt khác đối với công nghệ cán nóng, cán các loại thép khác nhau thì áp lực riêng p_{th} sẽ khác nhau. Dưới đây là một trong những công thức tính áp lực trung bình cho cán thép. Theo Panzunov V.A. thì:

$$p_{th} = P_0 K_F , \qquad (I.62)$$

trong đó: P_0 - áp lực riêng có lợi (hữu ích) khi cán;

K_F - hệ số tính tới ảnh hưởng trở kháng hình thức bên ngoài.

Áp lực riêng P_0 là hàm phụ thuộc vào nhiệt độ cán. Cụ thể như sau:

Khi nhiệt độ cán lớn hơn nhiệt độ chảy - 575°C :

$$P_0 = \frac{T_{ch}^o - (t_c^o + 75)}{1500} \sigma_b ; \qquad (I.63)$$

Khi nhiệt độ cán nhỏ hơn nhiệt độ chảy - 575°C :

$$P_0 = \frac{T_{ch}^o - t_c^o}{1000} \sigma_b ; \qquad (I.64)$$

trong đó:

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

t_c^o - nhiệt độ cán;

σ_b - ứng suất bền của kim loại.

Giá trị của K_f xác định theo:

$$K_f = 1 + f\left(\frac{2\sqrt{R\Delta h}}{h_1 + h_2} - 1\right) \qquad (I.65)$$

trong đó:

f - hệ số ma sát giữa kim loại và trục cán;

h_1, h_2 - chiều dày kim loại trước và sau khi cán;

$\sqrt{R\Delta h} = L$ - chiều dài cung tiếp xúc.

Kết hợp những biểu thức (I.60), (I.61), (I.62), (I.63), (I.64) ta có:

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

$$p_{th} = \left[1 + f\left(\frac{2\sqrt{R\Delta h}}{h_1 + h_2} - 1\right)\right] \frac{T_{ch}^o - (t_c^o + 75^o)}{1500^o} \sigma_b \qquad (I.66)$$

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

$$p_{th} = \left[1 + f\left(\frac{2\sqrt{R\Delta h}}{h_1 + h_2} - 1\right)\right]\left(\frac{T_{ch}^o - t_c^o}{1000^o}\right)^2.\sigma_b \qquad (1.67)$$

b) Mômen cán

Mômen cán M_c do lực cán sinh ra và được tính theo công thức:

$$M_c = 2.P.a\ ; \qquad (1.68)$$

trong đó: a - cánh tay đòn;

$a = (0,45 \div 0,50)L = (0,45 \div 0,50)\sqrt{R\Delta h}$ khi cán nóng;

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

c) Công suất động cơ

Công suất động cơ N_{dc} khi cán được xác định:

$$N_{dc} = M_{tdc}.\omega_{dc}\ ; \qquad (1.69)$$

trong đó: ω_{dc} - vận tốc góc, xác định theo:

$\omega_{dc} = \pi n/30$;

n - số vòng quay;

M_{tdc} - mômen tĩnh trên trục động cơ.

Mômen tĩnh đặt lên trục động cơ M_{tdc} là thành phần chính của mômen tải trong quá trình cán. Nó bao gồm mômen cán và mômen ma sát ở cổ trục cán, xác định theo công thức:

$$M_{tdc} = \frac{M_c + M_{msct}}{\eta_t i} \qquad (1.70)$$

trong đó: M_c - mômen cán;

M_{msct} - mômen ma sát tại cổ trục cán;

$M_{msct} = P.f'.d$;

Ở đây: f' - hệ số ma sát cổ trục;

d - đường kính cổ trục cán;

η_t - hệ số truyền động hữu ích của máy $\eta_t = 0,85 \div 0,93$;

i - tỷ số truyền.

CHƯƠNG II

TÍNH KÉO CĂNG VÀ ẢNH HƯỞNG

II.1- Khái niệm chung

Máy cán hình cỡ nhỏ liên tục (MCLT) là đường công nghệ chính để sản xuất thép hình trong các nhà máy luyện kim. MCLT được đặc trưng bởi công suất truyền động lớn, có vận tốc cao và mức độ cao về cơ khí hoá, tự động hoá những công đoạn chính.

MCLT là một hệ cơ điện phức tạp. Dải cán có thể xem như một thanh gắn chặt vào ổ đỡ - là các lỗ hình. Trên dải có tác dụng tải trọng đều do trọng lượng dải, do lực hướng tâm tạo ra bởi quỹ đạo uốn cong của dải chuyển động và do lực dọc dải từ trục cán (lực kéo căng hay nén). Cả về lý thuyết lẫn thực tế ở nhiều cơ sở MCLT đều rất đúng khi coi dải là một thanh được ngàm cứng tại hai đầu - lỗ hình.

Sự tác động về lực của các giá qua dải cán tạo ra trong dải lực kéo căng hoặc lực nén. Vì khoảng cách giữa các giá cán của nhóm cán tinh là lớn (3-4 m) mà kích thước tiết diện dải lại nhỏ nên việc cán có nén ở nhóm này là không thể có được. Nén dải đương nhiên dẫn đến sự tạo vòng kim loại ở giữa các giá cán.

Kéo căng là một đại lượng quan trọng của công nghệ cán hình cỡ nhỏ liên tục. Nguyên nhân chủ yếu gây ra kéo căng là sự không đồng bộ vận tốc của các giá. Nó là yếu tố chính ảnh hưởng đến kích thước sản phẩm, trong đó kéo sau gây nhiều ảnh hưởng hơn so với kéo trước. Khi xuất hiện lực kéo căng trong dải, lượng vượt trước của giá trước đó sẽ tăng và cũng tăng lượng trễ vào giá tiếp theo. Điều này dẫn tới việc tạo vòng kim loại giữa hai giá và tới sự giảm kéo căng đến một giá trị xác định bởi sự chênh lệch vận tốc trục của các giá liên tục.

Những yếu tố ảnh hưởng đến quá trình cán liên tục khá nhiều như nhiệt độ nung không đồng đều theo chiều dài, dao động kích thước phôi, gia công lỗ hình v.v... . Nhưng yếu tố cơ bản cần xét tới là sự chênh lệch vận tốc, nguyên nhân chính tạo ra lực kéo căng.

Để có thuật toán và sau đó viết được chương trình tạo ra một phần mềm tính toán các thông số về công nghệ, lỗ hình, về năng lượng cho các loại sản phẩm thép tròn cũng như xem xét vấn đề kéo căng, trước tiên ta cần điểm qua một số khái niệm cơ bản của công nghệ cán hình khi có kéo căng.

II.2- Áp lực kim loại lên trục

Áp lực kim loại lên trục là một trong những thông số cơ sở để tính các chi tiết của giá cán và công suất truyền động. Áp lực phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: kích

thước, thành phần kim loại cán, lượng ép, nhiệt độ, vận tốc cán, ma sát, kéo căng; còn trong lồ hình - độ dãn rộng v.v... .

Tính được ảnh hưởng của tất cả các yếu tố trên là việc làm hết sức khó khăn, nếu như không nói là không thực hiện được. Vì vậy khi tính áp lực kim loại lên trục người ta phải chấp nhận bỏ qua một loạt các yếu tố.

Áp lực cán toàn phần:

$$P = b_{cp} \cdot \int_0^l p_x dx = p_c . F \quad , \qquad \text{(II.71)}$$

trong đó: p_c - áp lực riêng của kim loại lên trục;

F - diện tích tiếp xúc của kim loại với trục;

b_{cp}- chiều rộng trung bình của bề mặt tiếp xúc;

l - chiều dài cung tiếp xúc.

II.3- Áp lực riêng

Với cán hình, nhiều tác giả đưa ra công thức tính áp lực. Trong tính toán, thiết kế người ta sử dụng chủ yếu những công thức của Treemarev A.P [7] hoặc của Selicov A.I. [8].

Theo Treemarev A.P., áp lực riêng tính theo công thức:

cho vùng trễ:

$$p_\varphi^1 = 1 + 2 f_c \sigma_s^* \sqrt{\frac{R}{h}} \left(\text{arctg}\sqrt{\frac{R}{h}}\alpha - \text{arctg}\sqrt{\frac{R}{h}}\varphi \right) - \ln\frac{h_o}{h_\varphi}\sigma_s^* - \sigma_o ; \qquad \text{(II.72)}$$

cho vùng vượt trước:

$$p_\varphi^{II} = 1 + 2 f_c \sigma_s^* \sqrt{\frac{R}{h}} \text{arctg}\sqrt{\frac{R}{h}}\varphi + \ln\frac{h_\varphi}{h}\sigma_s^* - \sigma_1 ; \qquad \text{(II.73)}$$

trong đó:

h_φ - chiều cao hiện thời của dải;

h_o - chiều cao ban đầu của dải;

α - góc ăn;

f_c - hệ số ma sát;

σ_s^* ,σ_1 , σ_o - tương ứng trở kháng biến dạng, lực kéo trước, kéo sau;

γ, α - góc của tiết diện trung hoà, góc ăn;

R - bán kính trục cán.

Theo Treemarev A. P., khi cán hình nóng, việc tính toán công nghệ sử dụng hệ số ma sát cao, cán với kéo căng, từ biểu thức (II.72) và (II.73) ta có công thức tính giá trị góc trung hoà khi có kéo căng:

$$\gamma_H = \sqrt{\frac{h}{R}} tg \frac{1}{2}\left[\text{arctg}\sqrt{\frac{R}{h}}\alpha - \frac{1}{2f_c}\sqrt{\frac{h}{R}}\ln\frac{h_o}{h} + \frac{1}{2f_c}\sqrt{\frac{h}{R}}\frac{\sigma_1 - \sigma_o}{\sigma_s^*}\right]; \quad \text{(II.74)}$$

Và như vậy, áp lực riêng trung bình có thể xác định như giá trị trung bình tích phân của áp lực riêng trong vùng biến dạng:

$$p_c = \frac{1}{\alpha}\left(\int_\gamma^\alpha p_\varphi^I d\varphi + \int_0^\gamma p_\varphi^{II} d\varphi\right). \quad \text{(II.75)}$$

Sử dụng các biểu thức (II.72), (II.73), (II.75), sau khi biến đổi ta có công thức chung tính áp lực riêng cho cả vùng vượt trước và vùng trễ:

$$p_c = \frac{\sigma_s^*}{\alpha}\left[f_c \ln\frac{h_o h}{h^2} + \gamma_H \ln\frac{h_0}{h} + 2\left(\sqrt{\frac{h}{R}} - f_c\gamma_H\sqrt{\frac{R}{h}}\right)\text{arctg}\sqrt{\frac{R}{h}}\alpha + \right.$$

$$\left. + 4f_c\gamma_H\sqrt{\frac{R}{h}}\text{arctg}\sqrt{\frac{R}{h}}\gamma_H - \alpha - \frac{\sigma_1}{\sigma_s^*} - \frac{\sigma_o}{\sigma_s^*}(\alpha - \gamma_H)\right] \quad \text{(II.76)}$$

Biểu thức (II.76), nếu còn thay giá trị γ_H từ biểu thức (II.74) sẽ rất phức tạp. Vì vậy khi tính toán công nghệ ta có thể sử dụng công thức kinh nghiệm tính áp lực riêng như sau (I.66):

Cụ thể là, theo Pazunov V.A.:

Khi nhiệt độ cán $t_c^o > (t^o_{ch} - 575^o)^o$ C thì:

$$p_c = \sigma_B\left[\frac{t_{ch}^o - (t_c^o + 75^o)}{1500}\right]\cdot\left[1 + f\left(\frac{2\sqrt{R\Delta h}}{h_1 + h_2} - 1\right)\right]. \quad \text{(II.77)}$$

Khi nhiệt độ cán $t_c^o < (t_{ch}^o - 575^o)^o$ C thì:

$$p_c = \sigma_B\left[\left(\frac{t_{ch}^o - t_c^o}{1000}\right)^2\right]\cdot\left[1 + f\left(\frac{2\sqrt{R\Delta h}}{h_1 + h_2} - 1\right)\right]. \quad \text{(II.78)}$$

trong đó:

h_1, h_2 - chiều dày kim loại trước và sau khi cán;

$R, \Delta h$ - bán kính trục và lượng ép của lần cán;

t_{ch}^o - nhiệt độ chảy của kim loại cán;

t_c^o - nhiệt độ cán;

σ_B - giới hạn bền của thép cán.

Rõ ràng công thức kinh nghiệm (II.77), (II.78) tính toán rất đơn giản và khá chính xác. Qua thực tế tính toán, kết quả do công thức (II.77) và (II.78) cho ra và của (II.76) chênh lệch nhau không nhiều, có thể chấp nhận được.

II.4- Mặt tiếp xúc

Thông thường diện tích bề mặt tiếp xúc giữa kim loại và trục cán được xác định theo công thức:

$$F = l.b_{cp}$$

trong đó: l - chiều dài cung tiếp xúc;

b_{cp} - chiều rộng trung bình của dải cán.

Giá trị l có thể xác định như sau:

$$l = \sqrt{R\Delta h} \text{ , nghĩa là } F = b_{cp}\sqrt{R\Delta h} \text{ ;}$$

hoặc khi biết góc ăn thì:

$$l = R\sin\alpha \qquad \text{(II.79)}$$

Tuy nhiên khi cán trong lỗ hình, quá trình xảy ra theo một mặt cầu phức tạp nên việc xác định diện tích tiếp xúc gặp nhiều khó khăn. Song ta vẫn có thể dùng phương pháp gần đúng tính diện tích bề mặt tiếp xúc theo (II.79).

Với những lỗ hình đơn giản, giá trị lượng ép xác định theo:

$$\Delta h = \frac{F_o}{b_o} - \frac{F_1}{b_1} \text{ ,} \qquad \text{(II.80)}$$

trong đó: $\frac{F_o}{b_o}$, $\frac{F_1}{b_1}$ - chiều cao trung bình của dải trước và sau khi cán.

Theo [9] và [10] ta có diện tích tiếp xúc:

đối với lỗ hình vuông cán từ ôvan

$$F = 0{,}75b_1\sqrt{R(h_0 - h_1)} \text{ ;} \qquad \text{(II.81)}$$

đối với lỗ hình ôvan cán từ vuông

$$F = 0{,}54(b_o + b_1)\sqrt{R(h_0 - h_1)} \text{ .} \qquad \text{(I.I.82)}$$

trong đó:

h_o, h_1 - chiều cao dải trước và sau khi cán;

b_o, b_1 - chiều rộng dải trước và sau khi cán;

R - bán kính trục theo giữa lỗ hình.

Theo [7] , với công thức (II.81) thì:

$b_1 = \sqrt{2}a_v$, a_v là cạnh hình vuông;

$h_o \approx b_1$ và h_1 là chiều cao của ôvan.

Với (2.81) ta có:

$b_o = h_1$ - chiều cao của tiết diện vuông;

h_o, h_1 - chiều cao và rộng của ôvan.

Điều này cần chú ý khi viết chương trình công nghệ.

II.5- Áp lực riêng và kéo căng

Nói chung, khi cán có kéo căng, diện tích mặt tiếp xúc giảm do độ dãn rộng giảm. Trên MCLT, kéo sau có ảnh hưởng hiệu quả hơn đến sự giảm lực cán so với kéo trước. Kéo sau liên quan trực tiếp tới vùng trễ, còn kéo trước - vùng vượt trước. Trong điều kiện cán thực tế, chiều dài vùng trễ luôn lớn hơn so với vùng vượt trước. Điều này giải thích vì sao kéo sau làm giảm lực cán nhiều hơn so với kéo trước. Áp lực toàn phần giảm khi có kéo căng chủ yếu là do sự giảm áp lực riêng trung bình (tới 92-97%) , còn lại (3-8%) là do giảm diện tích bề mặt tiếp xúc.

Theo Trecmarev A.P. [7], khi cán có kéo căng, áp lực riêng có thể tính theo công thức(*) :

- cán trong lỗ hình ôvan có kéo trước:

$$p_{c\sigma} = p_c\,(1 - 0{,}036\sigma_1)\,; \qquad \text{(II.83)}$$

- cán trong lỗ hình vuông có kéo sau :

$$p_{c\sigma} = p_c\,(1 - 0{,}07\sigma_0); \qquad \text{(II.84)}$$

trong đó:

p_c - áp lực riêng trung bình khi cán tự do.

II.6- Xác định mômen cán

Việc tính toán mômen cán có thể theo áp lực riêng lên trục hoặc theo lực ma sát tiếp xúc.

Theo phương pháp thứ nhất, tính cho một trục, ta có:

$$M_c = P.a,$$

trong đó:

P- thành phần tác dụng cân bằng của lực cán; còn a - cánh tay đòn của lực cán.

Khi cán có kéo căng, giá trị cánh tay đòn a có thể xác định theo:

$$a = M_c/P, \qquad \text{(II.85)}$$

(*) Ở đây các công thức chỉ dùng để tính cho hệ thống lỗ hình ôvan - vuông thiết kế trên dãy cán liên tục

Trong điều kiện cán có kéo căng, theo Trecmarev A.P. mômen cán có thể xác định theo công thức:

$$M = p_c b_c R^2 (\Psi \sin\alpha - \sqrt{1-\Psi^2 \sin^2\alpha}\,\frac{Q_1 - Q_0}{2P_c})\sin\alpha, \qquad \text{(II.86)}$$

trong đó: b_c - chiều rộng trung bình của dải cán;

Ψ - hệ số cánh tay đòn khi cán nóng;

α - góc ăn;

Q_1, Q_0 - lực kéo trước, kéo sau.

Để tính được mômen theo công thức (I.86) phải biết được Q_1, Q_0 hay σ_1, σ_0. Việc xác định ứng suất kéo trước σ_1 và ứng suất kéo sau σ_0 sẽ được đề cập tới ở cuối chương này. Tính toán σ_1, σ_0 cho máy cán liên tục (không phải bằng phương pháp thực nghiệm) là một công việc phức tạp, mất rất nhiều thời gian và công sức. Tuy nhiên đây cũng là vấn đề mà giáo trình đề cập đến.

Với một mức độ khá chính xác, ta có thể sử dụng công thức (I.68) để tính toán mômen cán khi có kéo căng. Với công thức (I.68), áp lực kéo trung bình đã được tính theo lực kéo căng (II.83), (II.84).

Nếu tính theo lực ma sát tiếp xúc, mômen cán có dạng:

$$M = 2 f_c \sigma_s^* b_c R^2 \left[\alpha - 2\sqrt{\frac{h}{R}}\,\mathrm{tg}\frac{1}{2}\left(\mathrm{arctg}\sqrt{\frac{R}{h}}\,\alpha - \frac{1}{2f_c}\sqrt{\frac{h}{R}}\ln\frac{h_0}{h} + \frac{1}{2f_c}\sqrt{\frac{h}{R}}\,\frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_s^*}\right)\right]$$

(II.87)

Luật phân bố lực ma sát tiếp xúc cũng như lượng trễ và vượt trước trong lỗ hình chưa có công thức thật chuẩn để xác định. Vì thế khi cán trong lỗ hình, hiện phổ biến hơn cả, người ta xác định mômen cán theo phương pháp áp lực kim loại tác dụng lên trục.

Khi cán có kéo căng, mômen cán giảm khi có kéo trước và tăng khi có kéo sau. Mômen này bằng không khi lực tác dụng cân bằng (lực cán) đi qua tâm trục.

II.7- Độ co thắt kim loại khi cán có kéo căng

Ta sẽ coi sự giảm dãn rộng tự do do kéo căng là độ co thắt dải kim loại cán. Khi giá trị kéo căng đủ lớn, sự dãn rộng bằng không, thậm trí đạt âm. Với kéo căng lớn, chiều rộng cuối cùng của dải có thể thậm trí nhỏ hơn chiều rộng ban đầu. Trong trường hợp này dải cán có lượng dãn rộng âm. Vì thế, việc tính đúng giá trị kéo căng nghĩa là một trị số vừa đủ để lượng dãn rộng nhỏ nhất (hoặc bằng không) có ý nghĩa

quan trọng trong việc thiết kế lỗ hình của máy cán liên tục cũng như trong việc xác định chế độ cán tối ưu.

Theo tác giả [7] với dải tiết diện vuông cạnh 15 mm, giá trị kéo căng lớn hơn 3,5kG/mm^2 độ co thắt tăng mạnh (nghĩa là giảm mạnh sự dãn rộng) do sự chảy dẻo của kim loại giữa các giá. Sự nứt dải xảy ra khi ứng suất kéo căng đạt từ 5 kG/mm^2 trở lên. Độ co thắt dải tạo nên bởi độ co thắt dải ở vùng biến dạng và độ co thắt giữa các giá cán và là hàm của kéo căng, tốc độ biến dạng, chiều dài khoảng cách giữa các giá cán. Kim loại càng ở lâu trong vùng biến dạng có kéo căng thì độ dãn dài dẻo (allongement plastique) càng lớn. Khi khoảng cách giữa các giá cán nhỏ và vận tốc cán lớn thì dải khó đứt, thường xuất hiện sự dát mỏng kim loại.

Trong quá trình cán có kéo căng, điều kiện biến dạng của dải giữa các giá cán và trong vùng biến dạng khác nhau rất xa: tốc độ, mức độ biến dạng kim loại trong vùng biến dạng lớn hơn rất nhiều so với ở giữa các giá cán. Vì vậy giới hạn chảy của kim loại giữa các giá nhỏ hơn trở kháng biến dạng trong vùng biến dạng. Nếu tốc độ giữa các giá vênh lớn, dải bị co thắt và có thể bị đứt.

Trong thực tế tính toán công nghệ cán hình ta thường sử dụng công thức tính lượng dãn rộng sau:

$$\Delta b = 1{,}15\frac{\Delta h}{2h_1}\left(\sqrt{R\Delta h} - \frac{\Delta h}{2f}\right), \qquad \text{(II.88)}$$

trong đó: h_1 - chiều cao của dải trước khi vào lỗ hình;

R, f - bán kính trục và hệ số ma sát.

Với tiết diện là lỗ hình vuông ta thấy dễ dàng:

$$h = b = \sqrt{2}a.$$

Còn đối với lỗ hình ôvan, theo Trecmarev A.P., Trernobrivenco Y.S., Culacov L.V., Onisenco I.I. [11], chiều rộng lỗ hình ôvan có thể xác định theo công thức:

$$b_1 = b_0\left(\frac{a_o}{a_k}\right)^{\frac{1+k}{2}}\left(\frac{h_o}{h_1}\right)^{\frac{1+k}{2}} \qquad \text{(II.89)}$$

trong đó:

a_o, a_k - hệ số hình dạng lỗ hình, xác định bằng thực nghiệm;

$$b_o = \frac{0{,}160h_o}{a_o - 0{,}625}; \qquad \text{(II.90)}$$

k - chỉ số trạng thái ứng suất; xác định theo tính toán hoặc thực nghiệm.

II.8- Vượt trước

Thường thường, vượt trước tính theo biểu thức (I.59) hay:

$$s = \frac{v_{kl} - v_t}{v_t}, \qquad \text{(II.91)}$$

trong đó: v_{kl} - vận tốc kim loại ra khỏi trục;

v_t - vận tốc trục cán.

Tại mục I.2.5. chương I đã giới thiệu phương pháp tính vận tốc cán và vượt trước.

Sau khi đã tính được lượng vượt trước khi không có kéo căng (cán tự do) ta đã có thể tính giá trị này trong điều kiện có kéo căng:

- cho lỗ hình ôvan:

$$S_{\sigma_1} = S\,(0{,}022\sigma^2_1 + 0{,}106\sigma_1 + 1)\,; \qquad \text{(II.92)}$$

- cho lỗ hình vuông:

$$S_{\sigma_0} = S(1 - 0{,}01\sigma^2_0 - 0{,}01\sigma_0)\,; \qquad \text{(II.93)}$$

- cho lỗ hình tròn:

$$S_{\sigma_0} = S\,(0{,}02\sigma^2_0 - 0{,}22\sigma_0 + 1)\,. \qquad \text{(II.94)}$$

II.9- Kéo căng giữa các giá cán

Khi có sự vênh tốc độ giữa các giá của máy cán liên tục, trong dải cán xuất hiện lực kéo căng (hoặc nén). Kéo căng hoặc nén dải có ảnh hưởng đến các thông số động học (dinamique et cinematique) như: kích thước dải, vượt trước, áp lực, mômen cán .v.v... . Vì thế việc xác định lực kéo căng hoặc nén dải cán là cần thiết khi tính toán chế độ cán, lỗ hình cũng như công suất động cơ truyền động và độ bền giá cán.

Khi giải bài toán cán nóng dải với tỷ số l/h_{cp} lớn, người ta sử dụng điều kiện ma sát $\tau = \pm k/2$, ở đây k- giới hạn chảy thực, $k = 1{,}15\sigma_s$ vàhệ số ma sát cao: $f = 0{,}5$.

Trong cán nóng, khi tỷ số l/h_{cp} lớn, có thể áp dụng điều kiện ma sát

$$\tau = f\sigma_s^* .$$

Trên cơ sở định luật thể tích giây không đổi qua một tiết diện bất kỳ trên đường cán liên tục, đối với hai giá liên tiếp nhau, ta có:

$$h_1 b_1 v_1 \left(1 + \frac{R_1}{h_1}\gamma^2_{1H}\right) = h_2 b_2 v_2 \left(1 + \frac{R_2}{h_2}\gamma^2_{2H}\right), \qquad \text{(II.95)}$$

trong đó:

v_1, v_2 - vận tốc giá cán I, II;

$R\gamma^2_H/h$ - lượng vượt trước.

Để tính giá trị góc trung hoà γ_H khi có kéo căng, Trecmarev A.P. [7] đưa ra công thức như đã biết:

$$\gamma_H = \sqrt{\frac{h}{R}}\,\mathrm{tg}\frac{1}{2}\left[\mathrm{arctg}\sqrt{\frac{R}{h}}\alpha - \frac{1}{2f_c}\sqrt{\frac{h}{R}}\ln\frac{h_o}{h_1} + \frac{1}{2f_c}\sqrt{\frac{h}{R}}\frac{\sigma_1-\sigma_o}{\sigma_s^*}\right]. \qquad \text{(II.96)}$$

Theo Trecmarev A.P., biểu thức (I.96) là kết quả việc giải tổng hợp các phương trình tính áp lực riêng trong vùng trễ và vùng vượt trước khi có kéo căng kết hợp định luật ma sát $\tau = f\sigma^*_s$. Về ý nghĩa vật lý, những điều kiện này phù hợp với cán nóng và được nhiều người sử dụng.

Còn khi tính tới dãn rộng và cũng sử dụng điều kiện ma sát hợp với cán nóng $\tau = f\sigma^*_s$, tác giả Vưdrin V.N. đưa ra công thức:

$$\gamma_H = \sqrt{\frac{h}{R}}\,\mathrm{tg}\frac{1}{2}\left\{\mathrm{arctg}\sqrt{\frac{\Delta h}{h}} - \frac{1}{2}\sqrt{\frac{h}{R}}\left[\frac{\alpha_o}{16}\left(\frac{\Delta b}{\Delta h}\right)^2 + \frac{\sigma_s}{\tau_c}\right]\ln\frac{h_o}{h} + \sqrt{\frac{h}{R}}\left(\frac{\sigma_1-\sigma_o}{2\tau_c}\right)\right\}.$$

(II.97)

Đặt những đại lượng γ_{1H}, γ_{2H} theo công thức (II.96) hoặc (II.74), lấy giá trị theo (II.88) và (II.89) và tính rằng kéo sau đối với giá I và kéo trước đối với giá II bằng không, còn $\sigma_{11}=\sigma_{02}$, sau khi biến đổi ta nhận được:

$$\frac{v_{02}h_2}{v_{01}h_1} = \frac{1+\cos\left(\mathrm{arctg}\sqrt{C_2}-D_2F_2\right)\cos\left(D_2E_2\right)+\sin\left(\mathrm{arctg}\sqrt{C_2}-D_2F_2\right)\sin\left(D_2E_2\right)}{1+\cos\left(\mathrm{arctg}\sqrt{C_1}-D_1F_1\right)\cos\left(D_1E_1\right)+\sin\left(\mathrm{arctg}\sqrt{C_1}-D_1F_1\right)\sin\left(D_1E_1\right)}.$$

(II.98)

Ở đây những giá trị:

$$C = \frac{R}{h}\alpha,$$

$$D = \frac{1}{2f_c}\sqrt{\frac{h}{D_{tr}}},$$

$$F = \ln(1 + C'^2).$$

$$E = \frac{\sigma}{\dot{\sigma}_s}$$

Trong điều liện cán thực tế, giá trị DE thường không vượt quá 0,2-0,3; vì thế sẽ không mang sai số lớn khi tính rằng $\sin(DE) \approx DE$, còn $\cos(DE) \approx 1$.

Với những điều kiện như trên, giải phương trình (II.98) theo σ ta sẽ nhận được giá trị ứng suất kéo căng giữa hai giá cán bất kỳ của dãy cán liên tục là một hàm của nhiều đại lượng công nghệ. Cụ thể hàm đó có dạng như sau:

$$\sigma = K \frac{\dfrac{v_{02}h_2}{v_{01}h_1}\left[1+\sqrt{\dfrac{h_1}{h_{01}}\left(1+A_1^2\right)}+A_1\sqrt{\dfrac{\Delta h_1}{h_{01}}}\right]-\sqrt{\dfrac{h_2}{h_{02}}\left(1-A_2^2\right)}-A_2\sqrt{\dfrac{\Delta h_2}{h_{02}}}-1}{B_1\dfrac{v_{02}h_2}{v_{01}h_1}\left[\sqrt{\dfrac{\Delta h_1}{h_{01}}\left(1-A_1^2\right)}-A_1\sqrt{\dfrac{h_1}{h_{01}}}\right]+B_2\left[\sqrt{\dfrac{\Delta h_2}{h_{02}}\left(1-A_2^2\right)}-A_2\sqrt{\dfrac{h_2}{h_{02}}}\right]};$$

(II.99)

trong đó:

$$\sin\left(\frac{\alpha_1}{2f_{c1}}\sqrt{\frac{h_1}{\Delta h_1}}\ln\frac{h_{01}}{h_1}\right) = A_1; \qquad \text{(II.100)}$$

$$\sin\left(\frac{\alpha_2}{2f_{c2}}\sqrt{\frac{h_2}{\Delta h_2}}\ln\frac{h_{02}}{h_2}\right) = A_2; \qquad \text{(II.101)}$$

$$\cos\left(\frac{\alpha_1}{2f_{c1}}\sqrt{\frac{h_1}{\Delta h_1}}\ln\frac{h_{01}}{h_1}\right) = \sqrt{1-A_1^2}; \qquad \text{(II.102)}$$

$$\cos\left(\frac{\alpha_2}{2f_{c2}}\sqrt{\frac{h_2}{\Delta h_2}}\ln\frac{h_{02}}{h_2}\right) = \sqrt{1-A_2^2}; \qquad \text{(II.103)}$$

$$\frac{\alpha_1}{2f_{c1}\sigma^*_{s1}}\sqrt{\frac{h_1}{\Delta h_1}} = B_1; \qquad \text{(II.104)}$$

và:

$$\frac{\alpha_2}{2f_{c2}\sigma^*_{s2}}\sqrt{\frac{h_2}{\Delta h_2}} = B_2. \qquad \text{(II.105)}$$

Khi lập trình trên máy tính có n giá cán liên tục, đương nhiên các giá trị trên không thể viết như trên được mà phải viết ở dạng tổng quát phù hợp với ngôn ngữ máy tính. Điều này sẽ được đề cập cụ thể trong *Phần thứ hai* của giáo trình này.

Nếu trong dải cán không có lực kéo căng ($\sigma_{1i} = \sigma_{0i+1} = \sigma = 0$) thì tỷ số vận tốc của hai giá cán kế tiếp nhau trong MCLT sẽ là:

$$\frac{v_{02}}{v_{01}} = K\frac{\dfrac{h_1}{h_2}\left[1+\sqrt{\dfrac{h_2}{h_{02}}}\cos\left(\dfrac{\alpha_2}{2f_{c2}}\sqrt{\dfrac{h_2}{\Delta h_2}}\ln\dfrac{h_{02}}{h_2}\right)+\sqrt{\dfrac{\Delta h_2}{h_{01}}}\sin\left(\dfrac{\alpha_2}{2f_{c2}}\sqrt{\dfrac{h_2}{\Delta h_2}}\ln\dfrac{h_{02}}{h_2}\right)\right]}{1+\sqrt{\dfrac{h_1}{h_{01}}}\cos\left(\dfrac{\alpha_1}{2f_{c1}}\sqrt{\dfrac{h_1}{\Delta h_1}}\ln\dfrac{h_{01}}{h_1}\right)+\sqrt{\dfrac{\Delta h_1}{h_{01}}}\sin\left(\dfrac{\alpha_1}{2f_{c1}}\sqrt{\dfrac{h_1}{\Delta h_1}}\ln\dfrac{h_{01}}{h_1}\right)}$$

(II.106)

Nếu trong (II.99), giá trị kéo căng $\sigma < 0$, điều này nghĩa là giữa hai giá cán liên tục không có lực kéo căng mà dải bị nén, và có nghĩa là có vòng thép được tạo ra.

Tương tự như trên ta có thể tính lực kéo căng từ giá thứ nhất đến giá thứ n của dãy cán liên tục.

CHƯƠNG III

CƠ SỞ THUẬT TOÁN CÔNG NGHỆ CÁN TẤM

Thực tế và lý thuyết cán nguội có lịch sử phát triển nhiều năm. Bằng công sức của nhiều nhà nghiên cứu đã tìm thấy sự phụ thuộc lý thuyết và thực nghiệm giữa các thông số cơ bản ảnh hưởng tới quá trình cán nguội. Những sự phụ thuộc này được đưa vào nền tảng kết cấu máy cán nguội theo yêu cầu hoặc cần thiết kế. Lúc đầu, những sự phụ thuộc này không được tính tới với việc sử dụng máy tính. Vì vậy phần lớn chúng được dẫn ra dưới dạng công thức và trong hàng loạt trường hợp - dưới dạng biểu đồ.

Sự có mặt của những công thức xác định có nhiều ưu việt. Tuy nhiên với việc sử dụng tin học đã mở ra rộng lớn những khả năng nhận thức và tiến hành các công việc lý thuyết - tính toán. Ví dụ những công thức tính áp lực riêng trung bình được đưa ra với giả thiết: hệ số ma sát ngoài theo chiều dài cung tiếp xúc là hằng số. Nếu như nhờ việc nghiên cứu mà tìm thấy định luật thay đổi hệ số ma sát trong vùng biến dạng thì để tính toán các công thức giải tích theo quy luật đã tìm được, bắt buộc phải bỏ ra rất nhiều công sức cho việc tìm kiếm một lời giải mới. Không loại trừ khả năng rằng sự phức tạp của những công thức toán học nói chung không cho phép giải xong một cách mỹ mãn những phương trình đã nhận được. Điều này có thể tránh được khi có sẵn chương trình tính bằng phương pháp số trên máy tính.

Sự thay đổi chương trình do sử dụng quy luật khác của sự phụ thuộc giữa các thông số đòi hỏi không nhiều công sức mà sau đó có thể đi đến sự tính toán trên cơ sở mới, đến sự phân tích những kết quả nhận được. Sử dụng phương pháp số hoá cho phép xác định cụ thể hơn hàng loạt những thông số có tính tới sự ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Tính ưu việt của phương pháp số so với phương pháp giải tích đã được các nhà nghiên cứu ghi nhận.

Mặc dù phương pháp số hoá có nhiều ưu việt nhưng không thể phủ nhận vai trò hết sức quan trọng của những công thức giải tích, luôn luôn là những công cụ cơ bản trong tính toán và kết quả đưa lại thoả mãn giới chuyên môn.

Với vai trò những công thức giải tích như đã trình bày, trong chương này sẽ giới thiệu cơ sở thuật toán tính một số các thông số công nghệ cơ bản, quan trọng nhất của công nghệ cán tấm nguội. Thuật toán và chương trình tính các thông số nói trên được dựa chủ yếu vào những biểu thức giải tích.

III.1- Áp lực riêng trung bình theo Selicov A.I.

Phương trình xuất xứ để xác định áp lực của kim loại lên trục khi cán dải là phương trình vi phân cân bằng do Karman đề xuất năm 1925. Do những khó khăn xuất hiện khi giải phương trình này, Selicov A.I. đã đưa ra công thức với giả thiết thay cung tiếp xúc trong vùng biến dạng bằng dây cung (corde) và giới thiệu phương pháp tính áp lực kim loại lên trục đối với những trường hợp cán khác nhau trong đó có cán nguội với kéo căng.

Công thức tính áp lực riêng trung bình do Selicov A.I. đề xướng có những giả thiết cơ bản như: giới hạn chảy của kim loại không thay đổi trong vùng biến dạng; không có vùng dính; hệ số ma sát không đổi trên toàn bộ mặt tiếp xúc của kim loại với trục; sự phân bố đều ứng suất pháp và vận tốc kim loại theo tiết diện ngang của dải và cuối cùng là việc thay cung tiếp xúc bằng dây cung.

Với giả thiết: trở kháng biến dạng kim loại bằng áp lực riêng ở nơi dải tiếp xúc với trục; để đơn giản bớt cách giải, Selicov A.I. và Tretiacov A.B. đưa ra công thức tính áp lực riêng trung bình sử dụng trong tính toán thực tế:

$$p_{cp} = 2kn_\sigma, \qquad \text{(III.107)}$$

trong đó:

n_σ - hệ số trạng thái ứng suất;

$$n_\sigma = \frac{1}{\Delta h}\left\{\xi_o \frac{h_o}{\delta-2}\left[\left(\frac{h_o}{h_H}\right)^{\delta-2}-1\right]+\xi_1 \frac{h_1}{\delta+2}\left[\left(\frac{h_H}{h_1}\right)^{\delta+2}-1\right]\right\} \qquad \text{(III.108)}$$

$2k = 1{,}15\sigma_s$ - trở kháng biến dạng nén hai chiều đơn giản;

$\xi_o = 1 - \sigma_o/2k$ - hệ số ảnh hưởng của kéo sau; (III.109a)

$\xi_1 = 1 - \sigma_1/2k$ - hệ số ảnh hưởng của kéo trước; (III109b)

$\delta = 2\mu l_c/\Delta h$ - chỉ số biến dạng. (III.110)

Chiều cao kim loại ở tiết diện trung hoà xác định theo:

$$h_H = \sqrt[2\delta]{\frac{\xi_o}{\xi_1} h_o^{\delta-1} h_1^{\delta+1}}; \qquad \text{(III.111)}$$

trong đó: h_o, h_1 - chiều dày kim loại trước và sau khi cán;

Δh - lượng ép tuyệt đối trong lần cán;

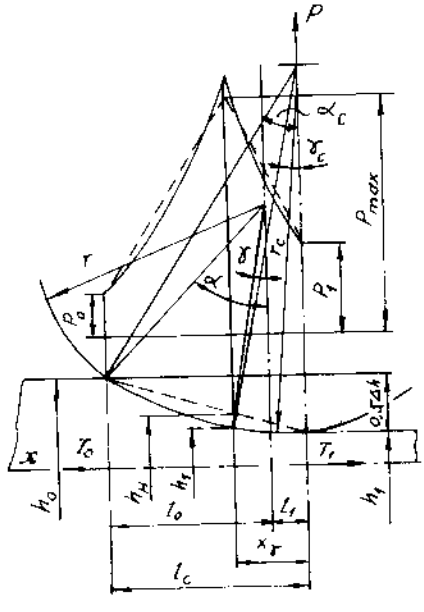
σ_o, σ_1 - ứng suất kéo sau và kéo trước;

μ - hệ số ma sát giữa kim loại và trục.

III.2- Chiều dài cung biến dạng

Giá trị các thông số sử dụng để tính áp lực riêng trung bình theo các công thức (III.107) ÷ (III.111) được coi như đã biết ngoài hình chiếu cung tiếp xúc l_c - chiều dài cung tiếp xúc.

Vấn đề xác định chiều dài cung l_c đã được nhiều nghiên cứu đề cập tới. Những tính toán có sử dụng những kết quả nghiên cứu trên đã cho kết quả khác nhau, thậm chí rất mâu thuan nhau. Trong tính toán thực tế, người ta sử dụng công thức xác định chiều dài cung tiếp xúc l_c do Selicov A.I., Pokotian E.S. cùng một số tác giả khác đề xướng dựa trên cơ sở công thức Khitrcov. Nếu như sử dụng biểu đồ phân bố áp lực trong vùng biến dạng có dạng elip và bỏ qua lượng đàn hồi của kim loại cán thì sự thay đổi đường cong bề mặt trục cán do lực P' đặt lên một đơn vị chiều rộng dải cán và tác dụng lên cung chiều dài l_c sẽ là (xem hình 11) :



Hình 11. *Vùng biến dạng và công thức Selicov A.I.*

$$\frac{1}{r} - \frac{1}{r_c} = \frac{\theta P'}{l_c^2} \quad \text{(III.112)}$$

với: r - bán kính trục làm việc;

r_c - bán kính cung biến dạng;

ở đây: $\theta = \dfrac{16(1-\gamma^2)}{\pi E}$.

trong công thức này: γ - hệ số Poisson của vật liệu trục;

E - môđun đàn hồi của vật liệu trục.

Từ mối quan hệ hình học, chiều dài cung biến dạng:

$$l_c = \sqrt{r_c \Delta h}. \qquad \text{(III.113)}$$

Giải các phương trình (III.112) và (III.113) ta sẽ nhận được công thức tính bán kính cung biến dạng - công thức Khitrcov :

$$h_H = 2\delta \sqrt[\delta]{\frac{\xi_o}{\xi_1} h_o^{\delta-1} h_1^{\delta+1}};$$

$$r_c = r\left(1 - \frac{\theta P'}{\Delta h}\right). \qquad \text{(III.114)}$$

Đặt giá trị r_c từ (III.114) vào biểu thức (III.113) , sau khi biến đổi, ta có:

$$l_c = -\frac{r\theta p_{cp}}{2} + \sqrt{\frac{r^2\theta^2 p_{cp}^2}{4} + r\Delta h}.$$

Nếu như với trục bằng thép, lấy:

E = 22.10^4 MN/m^2 ($2{,}2.10^4$kG/mm^2) và ϑ = 0,3 thì giá trị θ = $0{,}21.10^{-4}$m^2/MN ($2{,}1.10^{-4}$mm^2/kG) .

Khi đó, công thức sử dụng trong thực tế tính hình chiếu cung biến dạng (mm) sẽ có dạng:

$$l_c = 0{,}525.10^{-4}\, p_{cp} D_p + \sqrt{0{,}5 D_p \Delta h + (0{,}525.10^{-4}\, p_{cp} D_p)^2}; \qquad \text{(III.115)}$$

trong (III.115) đơn vị của p_{cp} là kG/mm^2, còn đường kính trục cán D_p là milimet.

Từ quan hệ hình học ta có:

$$l_o = \sqrt{r\Delta h + l_1^2} \qquad \text{(III.116)}$$

trong đó: l_1 - hình chiếu cung biến dạng từ hướng kim loại ra khỏi trục;

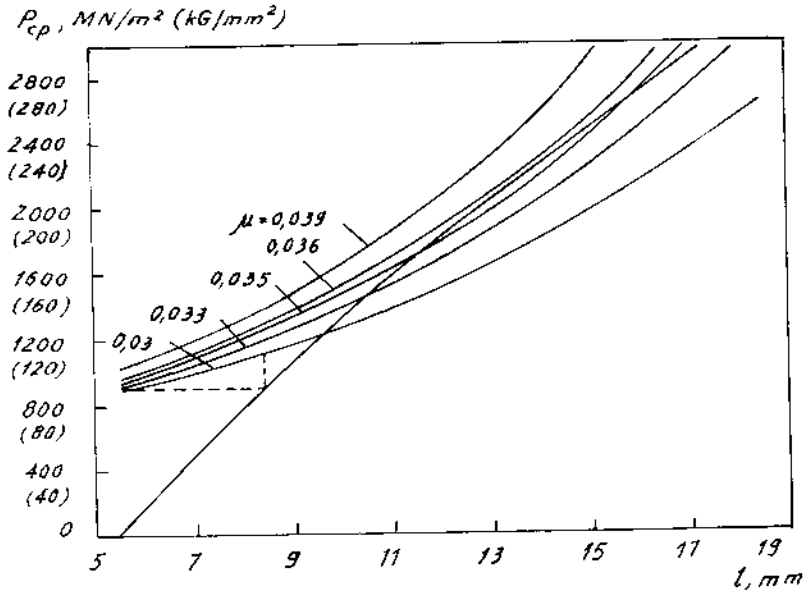
l_o - hình chiếu cung biến dạng từ hướng kim loại vào trục, tính từ đường tâm các trục (hình 11) .

Sau một số biến đổi đơn giản có thể nhận được công thức đã biết tính cung biến dạng do Selicov A.I. cũng như công thức Khitrcov:

$$l_1 = \frac{8(1-\gamma^2)}{\pi E} r p_{cp} \qquad \text{(III.117)}$$

Từ công thức (III.115) thấy rằng để xác định chiều dài cung tiếp xúc cần phải biết áp lực riêng trung bình, mà về phần mình nó lại phụ thuộc vào chiều dài cung biến dạng. Cùng giải phương trình (III.107) và (III.115) có thể bằng đồ thị, có chọn lựa, Korolev A.A. đã dẫn ra đồ thị xác định chiều dài cung tiếp xúc.

Trên hình 12, đường đậm nhất chỉ sự phụ thuộc giữa cung biến dạng và áp lực riêng (đường cong đàn hồi của trục được mô tả bởi phương trình (III.115) khi Δh = 0,12 mm, D_p = 500 mm) ; các đường khác là sự phụ thuộc giữa những thông số này theo công thức (III.107) với những hệ số ma sát khác nhau (các đường cong dẻo) .



Hình 12. *Đường cong đàn hồi và dẻo phụ thuộc giữa chiều dài cung tiếp xúc và áp lực riêng trung bình.*

III.3- Phương pháp Stoun

Bổ sung cho những điều kiện sử dụng khi dẫn ra những công thức (III.107), (III.108), (III.109), Stoun coi quá trình cán là quá trình trồn kim loại giữa hai tấm phẳng. Theo phương pháp Stoun áp lực riêng trung bình xác định như sau:

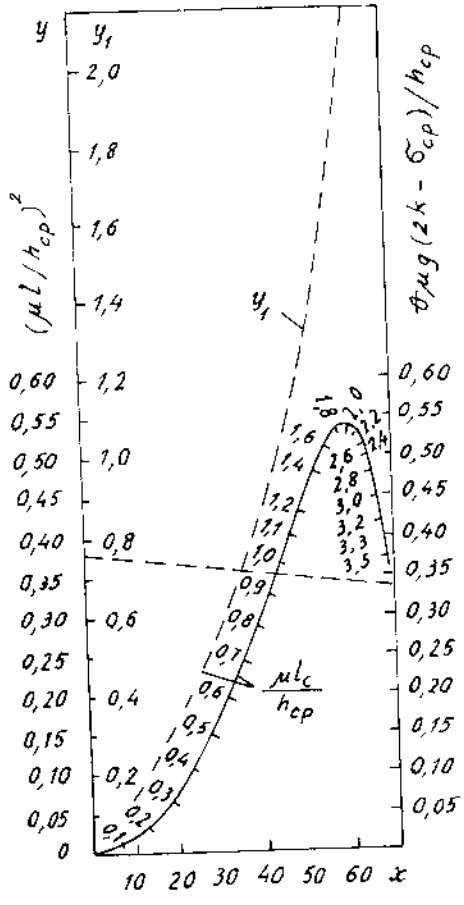
$$p_{cp} = (2k - \sigma_{cp}) \frac{e^{m_c} - 1}{m_c}; \qquad \text{(III.118)}$$

trong đó:

$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_0 + \sigma_1}{2}$ là giá trị trung bình của ứng suất kéo căng dải cán;

$m_c = \frac{\mu l_c}{h_{cp}}$ - thông số xác định cơ bản trong công thức (III.118) tính tới ảnh hưởng của đường kính trục, ma sát, độ biến dạng dải và độ võng trục;

$h_{cp} = \frac{h_0 + h_1}{2}$ - chiều cao trung bình của dải cán.



Hình 13. *Nomogram xác định cung biến dạng theo phương pháp Stoun.*

Để xác định cung biến dạng, Stoun giới thiệu sơ đồ như trên hình 13.

Việc sử dụng trực tiếp nomogram Stoun gặp nhiều khó khăn mặc dù có đưa thêm tung độ $y_1 = \mu l_c/h_{cp}$. Tuy nhiên từ nomogram Stoun ta nhận được công thức tính chiều dài cung biến dạng ở dạng sau:

$$l_c = (0{,}238x_1^2 + 0{,}75x_1)10^{-3}\frac{h_0 + h_1}{\mu},$$

khi $40 \le x_1 = x \le 53$; (III.119)

$$l_c = (0{,}103x_2^2 + 6{,}15x_2)10^{-3}\frac{h_0 + h_1}{\mu},$$

khi $x_2 = x < 40$; (III.119a)

$$l_c = (0{,}0367x_3 + 1.13)\frac{h_0 + h_1}{\mu},$$

khi $53 < x_3 = x \le 62$. (III.119b)

Trong những công thức tính l_c (III.119), (III.119a) và (III.119b) trên, x_1 , x_2 , x_3 , A và B tính theo:

$$x_1 = \frac{10320r\Delta h(\frac{\mu}{h_0+h_1})^2 + 618}{35{,}4 - A\frac{\mu}{h_0+h_1}}; \quad \text{(III.120)}$$

$$x_2 = \frac{\mu}{h_0+h_1}\left(A + \sqrt{A^2 + 2{,}07.10^4 r\Delta h}\right) \quad \text{(III.121a)}$$

$$x_3 = B - \sqrt{B^2 - 3100{,}74 - 3698r\Delta h(\frac{\mu}{h_0+h_1})^2}; \quad \text{(III.121b)}$$

$$A = r\left[1{,}555.10^{-2}\left(2k - \sigma_{cp}\right) - 148\Delta h\frac{\mu}{h_0+h_1}\right];$$

Giá trị $x > 62$ thuộc về chế độ cán hiếm gặp. Trong những biểu thức trên, tuỳ theo giá trị của x mà tính theo công thức (III.119a) và (III.120a) hoặc (III.119b) và (III.120b). Khi sử dụng (III.118) và (III.119) đơn vị dài tính bằng milimét, còn ứng suất - bằng kilogam trên milimét vuông.

III.4- Trở kháng của kim loại biến dạng

Thực tế khi cán nguội, trở kháng của kim loại biến dạng phụ thuộc chỉ vào giới hạn chảy của kim loại và về phần mình, giới hạn chảy lại là hàm của lượng ép.

Ảnh hưởng của lượng ép tới giới hạn chảy khi cán nguội những kim loại và hợp kim khác nhau đã được nhiều tác giả nghiên cứu. Những kết quả nghiên cứu hoàn thiện hơn cả thuộc về Tretiacov A.V. ở dạng hàm giải tích sau đây:

$$\sigma_s = \sigma_{0,2u} + Aq\,\varepsilon_{\Sigma}^{w}\ , \qquad \text{(III.122)}$$

trong đó:

σ_s - giới hạn chảy của kim loại có tính tới hoá bền, MN/m^2 (kG/mm^2);

$\sigma_{0,2u}$ - giới hạn chảy của kim loại ở trạng thái ban đầu sau khi cán nóng hoặc ủ, MN/m^2 (kG/mm^2);

ε_{Σ} - lượng ép tổng tính từ kích thước ban đầu, %;

q, w - đại lượng phản ánh đặc trưng cơ tính của kim loại hoặc hợp kim đã cho;

A - hệ số, bằng 1 khi σ đo bằng kG/mm^2 và bằng 10 khi đơn vị của σ là MN/m^2.

Trong công thức (III.107) có đại lượng $2k$=1,15σ_s , với giá trị σ_s - giới hạn chảy trung bình giữa giới hạn chảy trước lần cán σ_{s0} và sau lần cán σ_{s1} :

$$\sigma_s = \frac{\sigma_{s_0} + \sigma_{s_1}}{2} \qquad \text{(III.123)}$$

III.5- Áp lực cán toàn phần

Áp lực cán toàn phần tác dụng lên một trục hay lực cán xác định theo công thức:

$$P = p_{cp} b l_c\ , \qquad \text{(III.124)}$$

trong đó: b - chiều rộng tấm.

CƠ BẢN VỀ PHƯƠNG PHÁP SỐ

III.6- Tính lực và những TSCN cán tấm bằng phương pháp số kết hợp phương pháp giải tích

Như trên đã đưa ra những công thức giải tích tính lực và những TSCN khác như chiều dài cung tiếp xúc, chiều dày tấm trước và sau lần cán, áp lực riêng v.v... . Những công thức trên đã cho kết quả khá mỹ mãn.

Tuy nhiên thời gian và công sức bỏ ra để tính toán rất lớn. Để có được kết quả chính xác cao và giảm tải chi phí tính toán phải ứng dụng tin học kết hợp sử dụng cả phương pháp giải tích cũng như phương pháp số (methode numerique) . Để hiểu và

sử dụng thuật toán lập trên cơ sở những phương pháp này cần điểm qua một số nét cơ bản sau đây.

LỜI GIẢI PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN

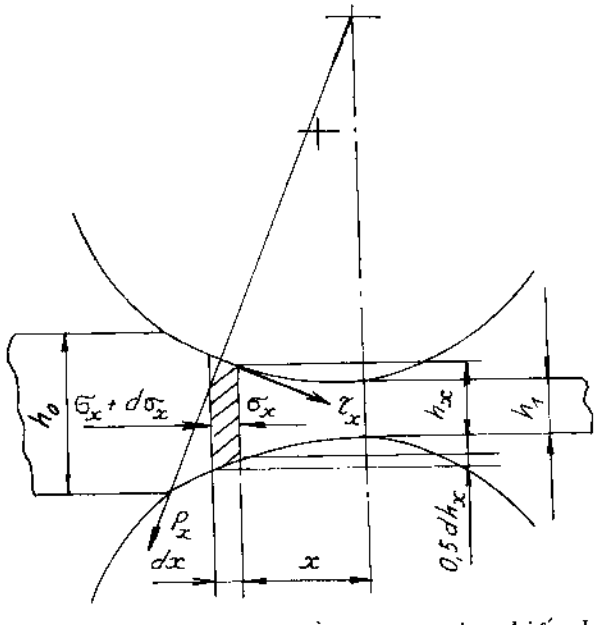
Trong lý thuyết cán, từ điều kiện cân bằng của kim loại trong vùng biến dạng, phương trình cơ bản là:

$$d\sigma_x - (p_x - \sigma_x)\frac{dh_x}{h_x} \pm \frac{\tau_x}{tg\varphi_x}\frac{dh_x}{h_x} = 0. \qquad \text{(III.125)}$$

Điều kiện dẻo ở dạng:

$$p_x - \sigma_x = 2k_x; \qquad \text{(III.126)}$$

trong đó: p_x, τ_x, và $2k_x$ - tương ứng là áp lực riêng của kim loại lên trục, lực ma sát tiếp xúc trong vùng biến dạng và trở kháng biến dạng của kim loại có tính tới sự hoá bền của nó trong tiết diện x.



Hình 14. *Điều kiện cân bằng trong vùng biến dạng*

Giải đồng thời các phương trình (III.125) và (III.126) sẽ có:

$$d(p_x - 2k_x) = \left(\frac{2k_x dh_x}{h_x} \mp \frac{2\tau_x dx}{h_x}\right)$$

hoặc là:

$$\frac{dp_x}{dx} = \frac{2dk_x}{dx} + \frac{2k_x}{h_x}\frac{dh_x}{dx} \mp \frac{2\tau_x}{h_x} \qquad \text{(III.127)}$$

Từ quan hệ hình học:

$$h_x = h_1 + \frac{x^2}{r_c}$$

và:

$$\frac{dh_x}{dx} = \frac{2x}{r_c}$$

Từ biểu thức (III.122), định luật thay đổi k_x là hàm của lượng ép tương đối như sau:

$$k_x = 0{,}575(\sigma_{0,2u} + q\varepsilon_{\Sigma x}^{\omega}), \qquad \text{(III.128)}$$

hoặc là:

$$k_x = A_x + B_x(C_x - x^2)^{\omega},$$

trong đó:

$$A_x = 0{,}575\sigma_{0,2u};$$

$$B_x = 0{,}575q\left(\frac{100}{h_H r_c}\right)^{\omega};$$

$C_x = r_c(h_n - h_1)$; *Tại tiết diện kim loại vào trục:* $h_n = h_0$;

còn lượng ép tổng theo tiết diện x là:

$$\varepsilon_{\Sigma x} = \frac{h_n - h_x}{h_n}.$$

Khi đó, đặt vào biểu thức (III.127) ta sẽ nhận được phương trình vi phân mô tả quy luật thay đổi áp lực p_x ở vùng biến dạng trong sự thay đổi giới hạn chảy của kim loại:

$$\frac{d\varepsilon}{dx} = -\frac{2x}{h_0 r_c}100.$$

$$\varepsilon_{\Sigma x} = \frac{r_c(h_n - h_1) - x^2}{h_n r_c}100;$$

$$\pm\frac{dp_x}{dx} = -4\omega B_x x\left(C_x - x^2\right)^{\omega-1} + \frac{4xk_x \mp 2\mu p_x r_c}{h_1 r_c + x^2};$$

$$\frac{2dk}{dx} = 2\frac{\partial k}{\partial \varepsilon}\frac{d\varepsilon}{dx} = 2.0{,}575\omega q \varepsilon_{\Sigma x}^{\omega-1}\left(-\frac{2x.100}{h_0 r_c}\right) =$$

$$= -2.1{,}15\omega q x\left(\frac{100}{h_n r_c}\right)^{\omega}\left[r_c\left(h_n - h_1\right) - x^2\right]^{\omega-1}.$$

(III.129)

trong đó: p_x - áp lực riêng của kim loại lên trục trong tiết diện x.

Dấu dương trước dp_x/dx dùng khi xem sự thay đổi của p_x theo hướng tăng x, còn dấu âm - theo hướng giảm x; dấu âm trước $2\mu p_x r_c$ đặt cho vùng trễ và dương cho vùng vượt trước.

Thuật giải

Giải phương trình (III.129) bằng phương pháp số Euler.

1. Đối với vùng trễ

Với $x = l_x$, áp lực $p_{x=lc} = 2k_0 - \sigma_0$, trong đó k_0 xác định theo (III.128) với việc lấy $x = l_c$.

2. Đặt $x = l_c$ và $p_{x=lc}$ vào phương trình (III.129), xác định $dp_x/dx_{x=lc}$ ở điểm 0 (hình 15).

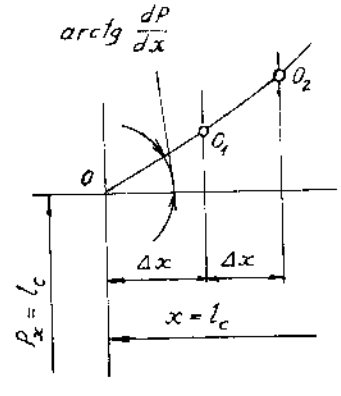
3. Xác định p_x ở điểm 0 bằng cách chia độ dài l_c thành những khoảng Δx:

$$p_{x(0_1)} = p_{x=l_c} + \Delta x\frac{dp_x}{dx_{x=l_c}}.$$

Sau đó, ở điểm 0_1: biết giá trị $x_{01} = l_c - \Delta x$ và $p_{x(01)}$, tìm dp_x/dx, sau đó tìm $p_{x(02)}$ và v.v...

4. Đối với vùng vượt trước

Khi $x = 0$, áp lực $p_{x=0} = 2k_1 - \sigma_1$, trong đó k_1 - xác định theo công thức (III.128) với $x = 0$. Tiếp theo thuật giải thực hiện một cách tương tự khi dịch chuyển từ $x = 0$ theo hướng tăng x.



***Hình 15**. Tính biểu đồ áp lực bằng phương pháp số.*

Chiều cao của tiết diện trung hoà x_γ có giá trị:

$$h_\gamma = h_1 + x_\gamma^2/r_c. \qquad \text{(III.130)}$$

5. Cùng một lúc tính diện tích biểu đồ và mômen tĩnh tương đối so với trục cán. Diện tích biểu đồ - đây là áp lực cán toàn phần trên một đơn vị chiều rộng tấm.

Chia diện tích biểu đồ cho chiều dài cung tiếp xúc l_c sẽ nhận được áp lực riêng trung bình mà giá trị của nó có thể đặt vào công thức (III.115) để làm chính xác chiều dài cung biến dạng với những lần lặp tiếp theo. Đầu tiên, người ta xác định l_c theo một trong những công thức (III.119), (III.119a), hoặc (III.119b).

Công thức (III.108) được dẫn ra từ điều kiện cân bằng ma sát trong vùng biến dạng với μ_{cp} - là hệ số ma sát trung bình. Sự thực thì hệ số ma sát là biến đổi. Vì vậy cần quan tâm đến đặc điểm thay đổi của áp lực riêng và lực pháp tuyến trong vùng biến dạng khi ma sát μ thay đổi. Với mục đích này, cần phải tính nhiều lần theo thứ tự sau.

Lúc đầu tính sơ bộ p_{cp} theo công thức (III.107) với μ_{cp} đã cho; sau đó theo thứ tự gần đúng tìm hàm $\mu = f(x)$ với quy luật đã cho của hàm này sao để áp lực riêng nhận được bằng với áp lực riêng p_{cp} đã tính ở trên. Đặc điểm đặc trưng của quy luật đã cho về sự phụ thuộc của μ là các giá trị $\mu = \mu_H$ tại những tiết diện ngoài cùng và luôn luôn có $\mu_H > \mu_{cp}$.

Công thức để xác định hệ số ma sát ở tiết diện bất kỳ:

$$\mu = \mu_H \left(\frac{x - x_\gamma}{l_c - x_\gamma} \right)^\beta \qquad \text{(III.131)}$$

- cho vùng trễ và

$$\mu = \mu_H \left(\frac{x_\gamma - x}{x_\gamma} \right)^\beta \qquad \text{(III.132)}$$

- cho vùng vượt trước. β - hệ số parabol.

Để tiến hành tính toán các thông số công nghệ mà những đại lượng cơ bản là l_c, p_{cp}, p_c ... cần thiết phải chia cung biến dạng ra làm χ đoạn; mỗi đoạn có chiều dài Δx với số liệu i_x tính từ tiết diện kim loại ra khỏi trục và x - toạ độ điểm giữa của mỗi đoạn.

Với:

$$Q = -4\omega B_x x \left(C_x - x^2 \right)^{\omega - 1} + \frac{4xk_x}{h_x r_c} \qquad \text{(III.134)}$$

là hai số hạng trong phương trình (III.130);

$$x_\gamma = \frac{(h_H - h_1)l_c}{\Delta h} \qquad \text{(III.135)}$$

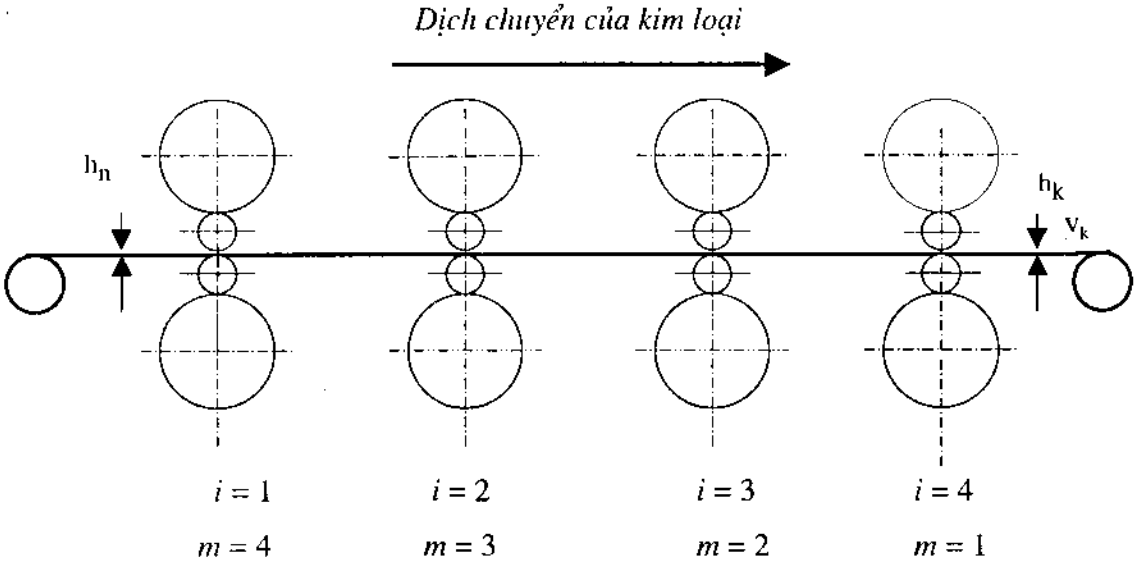
- toạ độ của tiết diện trung hoà tính theo công thức (III.111).

Sau khi đã xác định được lực cán tấm theo công thức (III.124), việc tính mômen cán và công suất động cơ không còn là khó khăn thậm trí là đơn giản với việc sử dụng tin học. Thuật toán tính các thông số công nghệ cơ bản của quá trình cán tấm cũng như thuật toán tính lực cán và những đại lượng khác trong cán tấm như chiều dài cung tiếp xúc, lượng ép, chiều dày của dải trước và sau lần cán v.v.. bằng phương pháp giải tích sẽ được trình bày trong *Phần thứ hai* của giáo trình.

III.7- Vài nét về tối ưu quá trình cán tấm nguội

III.7.1. Đặt vấn đề

Trên máy cán nhiều giá liên tục, quá trình cán tiến hành cùng một lúc trong tất cả các giá (hình 16). Băng tấm đi vào giá đầu tiên từ tang nhả có tác dụng giữ cuộn và tạo ra ứng suất kéo sau trong giá đầu. Lượng kéo căng này không lớn do cuộn không chặt và do những khả năng khống chế của tang nhả.



Hình 16. *Sơ đồ máy cán liên tục bốn giá.*

Băng đi ra từ giá cuối cùng được cuộn chặt vào rulô của máy cuộn. Lực kéo căng tạo ra bởi tang cuộn cũng bị giới hạn bởi những điều kiện của máy cuộn.

Như vậy, trên quan điểm quá trình công nghệ cán, giá đầu và giá cuối của máy cán liên tục làm việc trong điều kiện ít nhiều xấu hơn so với những giá ở giữa.

Ngoài ra, sự chênh lệch khá lớn giữa kéo trước và kéo sau trong các giá này sẽ ảnh hưởng xấu tới khả năng làm việc của ổ bi các trục làm việc, đặc biệt với giá cuối cùng có vận tốc cao. Những giá cán ở giữa làm việc trong điều kiện tốt hơn, đảm bảo được giá trị kéo căng cần thiết.

Trên những máy cán liên tục hiện đại, trong khi đang cán băng từ một cuộn, người ta đã đưa đến máy cán cuộn tiếp theo có đầu trước cuộn kéo sát đến giá đầu tiên. Khi cán xong cuộn trước đó, lập tức đưa luôn dải của cuộn tiếp theo vào trục.

Điều kiện cán đầu trước của băng khác nhau khá nhiều so với điều kiện cán toàn cuộn. Điều này được giải thích: khi dải trong máy cán cần phải đảm bảo một lượng kéo căng cần thiết giữa các giá; mỗi giá làm việc chỉ với một lượng kéo sau đến chừng nào kim loại chưa ăn vào trục của giá tiếp theo và chưa tạo được một ứng suất kéo căng cần thiết.

Lực kéo căng nhỏ cũng như sự tăng ma sát tiếp xúc trong vùng biến dạng do tốc độ cán nhỏ dẫn tới tăng lực cán, tăng biến dạng giá cán và nghĩa là tăng chiều dày đầu trước dải cán so với chiều dày danh nghĩa.

Ngoài ra, việc không có kéo trước trong giai đoạn dải ăn vào máy cán làm tăng đáng kể mômen động cơ. Tuy nhiên, như cách tính đã chỉ ra, sự tăng mômen động cơ vì nguyên nhân này không gây nên quá tải vượt hai lần động cơ vượt tải trong thời gian ngắn. Hơn nữa khi thiết kế máy cán người ta đã kiểm nghiệm động cơ với chế độ quá tải.

Chú ý rằng thời gian những công việc chất tải vào máy cán liên tục cũng như tăng tốc và hãm máy cán, về danh nghĩa chỉ chiếm một phần trăm rất nhỏ so với toàn bộ thời gian cán; những tính toán thực tế máy cán liên tục phần lớn tiến hành để cho chế độ làm việc ổn định với vận tốc cán lớn nhất.

Với máy cán liên tục không tiến hành kiểm tra sự đốt nóng động cơ và vận tốc làm việc lớn nhất được giới hạn bởi công suất truyền động tới hạn cho phép; trục của từng giá được dẫn động bởi động cơ riêng rẽ; số lần cán đã được xác định trước bằng số giá cán. Tuy nhiên đối với máy cán liên tục cần đạt được đặc tính hình chóp vận tốc các giá; và bảo đảm được quan hệ giữa các giá dạng:

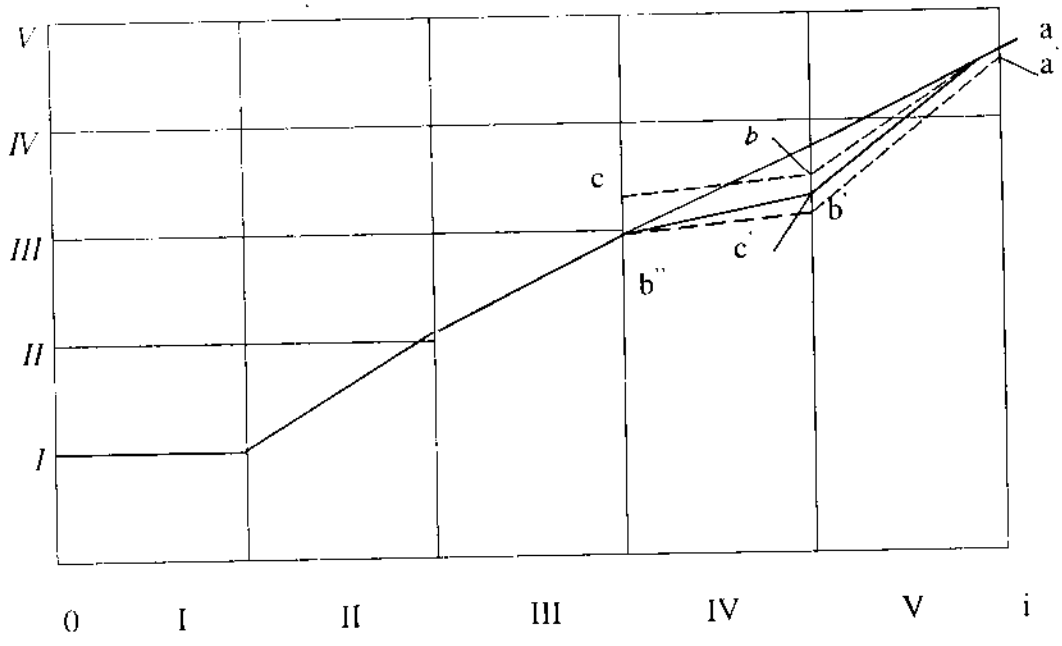
$$v_{0i} = v_{1[i-1]}; \quad \sigma_{0i} = \sigma_{1[i-1]}.$$

Trên cơ sở tính toán, những phần mềm ứng dụng cho máy cán liên tục cho phép giải các bài toán như: tính các thông số năng lượng; xác định chế độ cán tối ưu với chiều dày đã cho của sản phẩm:

a) Cho vận tốc lớn nhất khi dải ra khỏi máy cán (năng suất), xác định chiều

dày lớn nhất có thể được của phôi tấm; trong đó, nếu như chiều dày phôi tấm nhỏ hơn giá trị nhỏ nhất đã cho thì xác định vận tốc cực đại trong điều kiện chiều dày phôi nhỏ nhất đã định;

b) Với chiều dày phôi lớn nhất đã cho, xác định năng suất cực đại; ở đây, nếu vận tốc ra khỏi máy cán nhỏ hơn một giá trị cực tiểu đã cho thì xác định chiều dày cực đại của phôi trong điều kiện vận tốc cực tiểu cho phép.



Hình 17. *Tới đặt vấn đề bài toán cho máy cán liên tục.*

Thường thường người ta xem chóp vận tốc trong hệ toạ độ sau: $N_{\text{giá cán}}$ - V (hình 18) .

Vì trong từng giá cán có $v_i/v_0 = h_0/h_i$ nên có thể biểu diễn trục toạ độ v như trục tỷ số h_k/h. Thuật toán tiến hành cho tốc độ ra từ giá cuối cùng v_k. Độ nghiêng của các đường trên giản đồ phản ánh mức độ ép.

Chúng ta sẽ xem cách đặt vấn đề bài toán xuất hiện khi thiết kế máy cán ở giai đoạn đầu khi còn chưa chọn được động cơ; và ở giai đoạn tìm chế độ cán tối ưu máy cán liên tục với động cơ đã chọn được cũng như kiểm tra máy cán đảm bảo nhận được sản phẩm đã cho với năng suất yêu cầu.

Động cơ chưa được chọn. Trong trường hợp này có thể sử dụng những giải pháp sau cùng một lúc có thể xem xét như cách đặt vấn đề bài toán.

1. Đối với loại sản phẩm đã chọn trước với chiều dày đã cho h_k, thiết lập (s'installer) vận tốc cán lớn nhất ra từ giá cuối cùng v_k và bằng tính toán, xác định

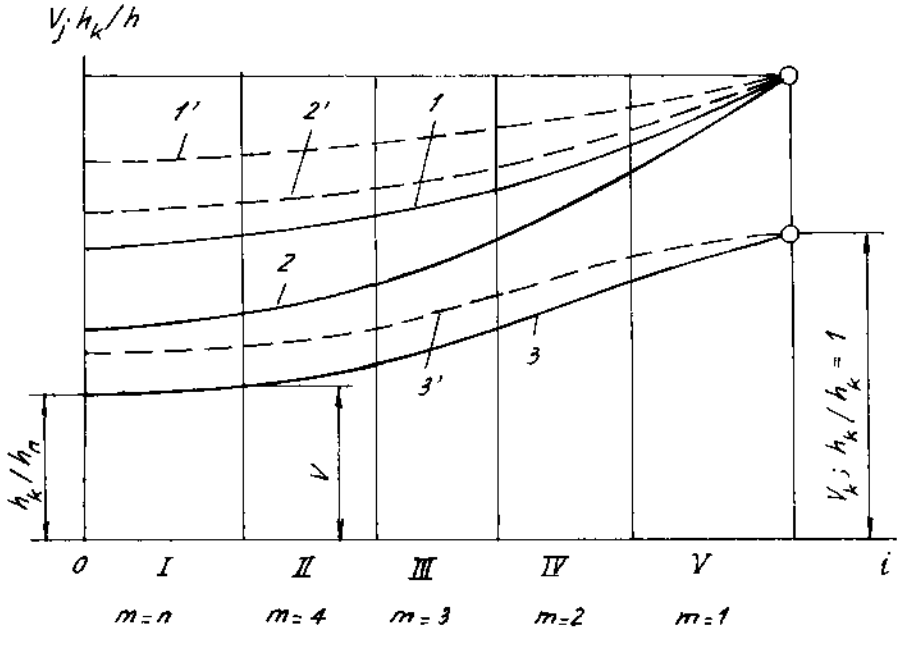
lượng ép lớn nhất theo giá cán có tính tới giá trị tới hạn đã cho của lượng ép và lực cán. Giả sử điều này được biểu diễn bởi các đường 1, 2 và 3 cho những sản phẩm khác nhau (hình 18). Bằng giải pháp này, cùng một lúc sẽ tìm thấy chiều dày lớn nhất của phôi tấm cho máy cán ta đang nghiên cứu không phụ thuộc vào động cơ.

2. Khi đã biết chiều dày lớn nhất có thể của phôi đối với chiều dày phôi nhỏ hơn chiều dày cực đại. Trong trường hợp này cần giới hạn theo công suất, nghĩa là đạt được sự phân bố lượng ép theo các giá với vận tốc đã cho v_k sao để với chiều dày phôi đã cho có chỉ một công suất trong tất cả các giá hoặc là để đảm bảo tỷ lệ đã cho của công suất. Với kiểu tính toán này có thể nhận được chiều dày phôi lớn nhất trong sự phân bố đồng đều công suất.

Giả sử các đường 1', 2' và 3' liên quan tương ứng tới chính loại sản phẩm như các đường 1, 2, 3 nhưng là của chiều dày phôi nhỏ nhất đã cho. Khi đó những đường này sẽ phản ánh hình chóp phía trên của vận tốc. Giản đồ sơ bộ nhận được cho khả năng lựa chọn động cơ theo công suất và xác định tỷ số truyền động để đảm bảo chóp giới hạn cần thiết của vận tốc. Đương nhiên việc thoả mãn chóp tới hạn phía trên (khi chiều dày phôi nhỏ nhất) và phía dưới (khi chiều dày lớn nhất) cho nhiều loại sản phẩm và ở những vận tốc ra khác nhau là không có thể được. Vì vậy người ta chọn động cơ bằng cách lấy trung bình theo sản phẩm chính, còn sau đó với sản phẩm bất kỳ, xác định chế độ cán tối ưu.

Động cơ đã được chọn

Trên hình 17 là tốc độ tới hạn của các giá trong máy cán năm giá căn cứ theo khả năng động cơ của từng giá.



***Hình 18**. Chóp vận tốc trên máy cán liên tục*
(với sự thay đổi vận tốc, thay đổi tỷ lệ h_k/h).

1. Xem trường hợp sau:

Giả sử cho vận tốc ra cực đại có thể v_k từ giá cuối cùng của máy cán liên tục năm giá, tương ứng điểm *a* trên hình 17 và giả sử lượng ép trong giá thứ V cho phép nhận được ở giá thứ IV vận tốc v^{IV} nhỏ hơn vận tốc lớn nhất cho phép trong giá này ($v^{IV}<v^{IV}_{max}$) - điểm *b*. Nhưng trong điều kiện này không thể nhận được ở giá thứ III vận tốc v^{III} nhỏ hơn hoặc bằng vận tốc cực đại cho phép trong giá này v^{III}_{max} vì lượng ép trong giá IV nhỏ và lượng ép này bị giới hạn bởi, ví dụ, lực cán ($v^{III}>v^{III}_{max}$) - điểm *c*.

Khi đó, để đảm bảo cán chất lượng loại sản phẩm này cần phải giảm tốc độ ra v_k từ giá cuối cùng (điểm *a'*) như thế nào để quá trình cán ở hai giá cuối cùng cho phép nhận được trong giá thứ III vận tốc bằng vận tốc cực đại cho phép của giá này, nghĩa là rơi vào điểm *c'* (hình 17) nằm trên đường vận tốc v^{III}_{max}.

Tuy nhiên giảm chiều dày phôi, có thể bảo đảm vận tốc tới hạn cả trong giá V vì trong trường hợp này do giới hạn chảy nhỏ hơn của cùng một chiều dày, sự tăng lượng ép ở hai giá cuối cùng lại trở thành có thể được và quá trình cán tương ứng với các đường *a - b" - c'* (hình 17). Như vậy với mỗi chiều dày phôi tấm đã cho có một vận tốc giới hạn của nó và ở mỗi vận tốc đã cho - nhận được chiều dày phôi của mình. Theo từng mức độ cần thiết mà giải bài toán tương ứng.

2. Trong trường hợp đã xem ở trên, người ta lấy những điều kiện tới hạn theo vận tốc hoặc theo chiều dày phôi ban đầu. Nếu lấy điều kiện ban đầu thấp hơn điều kiện tới hạn thì để nhận được nghiệm duy nhất, người ta đưa vào điều kiện biên: giữ tỷ số xác định đã cho của công suất theo giá cán hoặc đảm bảo cân bằng lực cán (toàn bộ hoặc theo các nhóm giá cán).

Bài toán được đặt vấn đề như sau:

Từ chiều dày sản phẩm đã cho h_k và vận tốc ra của băng ra khỏi máy cán v_k cần chia dải lượng ép tổng Δh_Σ ra thành số khoảng nhất định Δh_i sao cho để trong sự đảm bảo tất cả những điều kiện biên ta nhận được trong tập hợp chiều dày lớn nhất có thể - chiều dày phôi tấm h_n hoặc là trong những chiều dày đã cho h_n và h_k - năng suất cực đại (nghĩa là $v_{k\,max}$); hoặc trong các chiều dày đã cho h_n và h_k và với vận tốc v_k - nhận được tỷ số mong muốn của công suất hay lực cán giữa các giá cán.

III.7.2. Phương pháp điều khiển tối ưu

Phương pháp điều kiện tới hạn

Giả sử rằng: cho chiều dày phôi tấm h_n và chiều dày sản phẩm h_k, cho vận tốc cực đại ra khỏi máy cán v_k đã được tự động giới hạn bởi điều kiện phụ thuộc vào tập hợp lượng ép nhỏ nhất cho phép và vào vận tốc lớn nhất cho phép trong giá cán thứ nhất.

Trong quá trình tính toán một giá i nào đó, lượng ép nhỏ nhất được tính sao để ở giá cán trước đó (i-1) vận tốc không được vượt quá giá trị giới hạn đã cho.

Nếu như động cơ đã biết thì việc kiểm tra tiến hành theo những số liệu cụ thể đã cho. Nếu động cơ chưa được xác định thì điều kiện giới hạn cho các giá sẽ là việc sử dụng đặc tính hypecbol đã cho $G[i]$ đối với từng giá. Đặc tính hypecbol này có thể được giảm một cách đều đặn, nghĩa là thay đổi nhưng giữ được tỷ số đã cho của công suất theo các giá.

Tính toán tiến hành từ giá cuối cùng đến giá đầu tiên có làm khớp chiều dày giữa giá thứ nhất và giá thứ hai. Trong quá trình tính toán, tìm kiếm lượng ép cực đại trong từng giá với sự đảm bảo tất cả các điều kiện biên (giới hạn) để nhận được mômen tới hạn với vận tốc đã biết ở từng giá và nhận được lực cán gần với lực cán đã biết (trong giới hạn sai số đã cho).

Một trong những vấn đề phức tạp nhất của máy cán liên tục là lực kéo căng dải giữa các giá cán. Giá trị kéo căng lớn nhất và nhỏ nhất cho phép $k_{\sigma_{max}}$ và $k_{\sigma_{min}}$ được ra cho từng giá. Kéo căng ở tang cuộn lấy bằng giá trị tới hạn hoặc theo giá trị tuyệt đối của lực kéo căng T hoặc theo ứng suất kéo căng riêng σ; kéo căng ở tang nhả luôn luôn lấy lớn nhất theo giá trị tuyệt đối. Ở đây chúng ta thấy rằng để cán tấm mỏng và thép có độ bền cao, lấy đúng giá trị kéo căng ở giá cuối cùng có một ý nghĩa to lớn. Trong các trường hợp khác một vài dao động kéo căng không gây ảnh hưởng lớn. Tuy nhiên trong hàng loạt trường hợp, bằng cách thay đổi kéo căng có thể đạt được sự tăng năng suất máy cán hoặc tăng chiều dài phôi. Vì vậy lôgic tính toán tự động nhằm tìm kiếm chế độ kéo căng tối ưu.

Do trên máy cán liên tục khoảng cách giữa các giá cán liên quan với nhau nên đầu tiên người ta ấn định kéo trước cho giá cuối cùng, sau đó theo giới hạn lớn nhất có tính tới sự chênh lệch cho phép giữa kéo trước và kéo sau mà xác lập kéo sau cho giá cuối cùng. Kéo sau này đồng thời là kéo trước cho giá trước cuối cùng v.v...

Thường thường, trong giá cán, do kéo sau lớn, lượng ép bị giới hạn bởi mômen. Trong trường hợp này, theo quy luật, giảm kéo sau sẽ đem lại hiệu quả mong muốn. Tuy nhiên, việc giảm kéo sau trong giá nào đó sẽ làm xấu ngay điều kiện làm việc của giá trước đó. Vì thế cách làm này được sử dụng nếu như nó là giải pháp có thể duy nhất để giữ v_k hoặc h_n. Hơn nữa không loại trừ khả năng nhận được kết quả khả quan là do giảm kéo căng trước các giá tiếp theo (kéo sau). Sự giảm kéo căng này có thể dẫn đến giảm kéo trước ở giá đang xem; và giảm kéo trước sẽ làm xấu đi điều kiện làm việc của giá cán. Tuy nhiên nó có thể cho phép tăng lượng ép trong những giá tiếp theo và nghĩa là giảm vận tốc cán và giới hạn chảy của kim loại, làm nhẹ bớt công việc của giá cán.

Sự phân tích bài toán chỉ ra rằng đáp số khả thi của nó có thể tìm được bằng phương pháp quy hoạch động. Chú ý rằng trong quy hoạch động thời gian tính toán

thường rất lớn; lôgic thuật giải báo trước việc sử dụng phương pháp này chỉ được tến hành sau khi tìm được kết quả bằng phương pháp điều kiện tới hạn. Nếu như trong kết quả giải bằng phương pháp điều kiện tới hạn, vận tốc ra khỏi máy cán v_k hoặc chiều dày phôi tấm h_n nhỏ hơn những giá trị ban đầu đã cho thì tăng từng bước thông số tương ứng rồi tính lại toàn bộ chế độ cán bằng phương pháp quy hoạch động. Trong trường hợp nhận được kết quả mong muốn thì vận tốc v_k hoặc chiều dày phôi h_n cần lại tăng lên một bước v.v ... theo chiều hướng nhận được kết quả tốt.

Với phương pháp điều kiện tới hạn, lôgic giảm kéo căng như sau: Trước hết tính toán tiến hành với giá trị kéo căng cực đại cho phép trong tất cả các giá. Nếu như theo điều kiện làm việc của giá thứ i nào đó mà cần phải giảm vận tốc v_k hoặc chiều dày phôi h_n thì với sự quá tải về mômen của giá cán cần giảm đi một bước ứng suất kéo sau ở giá này và kiểm tra xem với sự giảm kéo sau nói trên đặc tính hyperbol G_i của giá có giảm đi hay không. Nếu giảm, kéo căng tiếp tục được giảm dần từng bước cho đến khi đạt được giá trị cần thiết G_i . Lúc này giá trị kéo căng k_σ đạt được, được ấn định là $k_{\sigma_{max}}$ đối với giá cán i mà ta đang tính toán. Nếu không giảm được thì phải lấy chế độ với $k_{\sigma_{max}}$ trước đó.

Nếu như yêu cầu giảm v_k hoặc h_n khi quá tải theo lực cán, hoặc nếu trong quá trình giảm kéo sau trong giá i mà không đạt được giá trị cần thiết G_i thì việc tính toán chuyển sang giá tiếp theo (i+1) với việc giảm đi một bước kéo sau. Sau khi tính toán cho giá (i+1) xong, tiến hành việc tính toán với giá thứ i với việc giảm tiếp theo giá trị k_σ bắt đầu từ $k_{\sigma_{max}}$ và lại so sánh những giá trị G_i với giá trị G_i^* trước đó. Nếu kết quả tốt ($G_i < G_i^*$) thì lại tiếp tục giảm k_σ trong giá (i+1) v.v... Nếu như việc giảm k_σ ở giá (i+1) không đem lại kết quả cần thiết thì đối với giá này, thay vì $k_{\sigma_{max}}$ ta sử dụng k_σ đã cho hiệu quả, và chuyển tính toán đến giá (i+2) v.v... cho đến giá cuối cùng. Nếu sau khi xem xét tất cả các giá cán mà kết quả vẫn không thoả mãn thì tiến hành giảm giảm vận tốc ra khỏi máy cán v_k hoặc chiều dày phôi h_n.

Phương pháp giải bài toán như trình bày ở trên sẽ đưa tới một kết quả cần thiết. Sự nhanh chóng tìm kiếm đặt trên cơ sở: trong những điều kiện ban đầu, tại giá cán nào đó, giá trị $k_{\sigma_{max}}$ thực sự là tốt nhất thì với những giá trị kéo căng khác trong các giá tiếp theo, k_σ cũng sẽ là tốt nhất. Điều này loại bỏ việc lựa chọn tất cả các tập hợp có thể của kéo căng ở tất cả các giá. Tuy nhiên không loại trừ rằng với sự thay đổi kéo căng trong các giá tiếp theo sẽ làm thay đổi điều kiện làm việc ở những giá trước đó đến mức mà phương pháp đã sử dụng tỏ ra không chấp nhận được. Khi đó, để tránh sự mù quáng chọn lựa tập hợp kéo căng người ta quay sang sử dụng phương pháp quy hoạch động.

Phương pháp quy hoạch động

Chúng ta lấy giá trị kéo sau k_{σ_0} làm thông số trạng thái trước từng gía cán trừ giá đầu tiên; lấy lượng ép tổng trong giá đã cho và trong các giá tiếp theo cần cực đại hoá làm chuẩn tối ưu (critère de l'optimisation). Khi đó với từng giá trị k_σ trước giá cán đã cho, những điều khiển tối ưu sẽ là những giá trị kéo căng giữa các giá cán mà với các giá trị này sẽ nhận được lượng ép tổng lớn nhất. Với cách đặt vấn đề như trên, bài toán sẽ được giải vì chuẩn tối ưu (Critère) có tính chất cộng dồn giá trị tối ưu, còn kết quả tính toán không phụ thuộc vào trạng thái: ở giá trước đó sử dụng kéo căng và lượng ép nào nếu như trước giá đầu tiên lấy chiều dày phôi tấm h_n không đổi.

Khác với máy cán đảo chiều, khi tính toán máy cán nguội liên tục lực cán trong giá được so sánh chỉ với lực cán nhận được cho giá tiếp theo.

Tính toán tiến hành từ giá cuối cùng đến giá thứ hai với mỗi giá trị k_{σ_0} trước giá thứ hai, nhận được chiều dày tương ứng h_0; sau đó, sau giá thứ nhất, với mỗi một giá trị $k_{\sigma 1}$, tương ứng bằng k_{σ_0} trước giá thứ hai xác định lượng ép trong giá đầu và nếu cần thiết – độ vênh chiều dày tấm.

Tính toán được coi là thoả mãn nếu như dù chỉ với một giá trị kéo căng k_σ mà đạt được độ vênh chiều dày tấm cho phép. Khi đó chế độ cán với độ vênh theo chiều dày tấm này được cố định lại và tiến hành tính toán với giá trị v_k hoặc h_n mới lớn hơn.

Với kết quả tính toán không đạt yêu cầu, nghĩa là đối với tất cả những giá trị k, nhận được chiều dày tấm không thoả mãn, hoặc là không đảm bảo được lượng ép $[\varepsilon]_{min}$ – khi đó người ta lấy giá trị k_σ trong từng giá cũng như v_k hoặc h_n nhận được ở lần giải thoả mãn cuối cùng; lấy những thông số này làm số liệu ban đầu, tiến hành tính toán lần cuối cùng bằng phương pháp điều kiện tới hạn với sự điều chỉnh và phân bố chính xác lượng ép.

Phương pháp quy hoạch động cho phép giải những bài toán khá phức tạp, ví dụ tối ưu theo chuẩn chất lượng tấm, theo chuẩn chi phí năng lượng v.v... . Trong bài toán tối ưu nêu trên sử dụng thông số trạng thái: kéo căng và chiều dày băng tấm.

III.7.3. Một số công thức cơ bản trong thuật toán

Vận tốc lớn nhất của kim loại ra khỏi máy cán

Do đã cho chiều dày phôi tấm cùng lượng ép nhỏ nhất cho phép ở giá đầu tiên $[\varepsilon_H]_{min}$ nên sử dụng định luật thể tích giây không đổi có thể giới hạn vận tốc lớn nhất khi tấm ra khỏi máy cán v_{kmax}.

Thực vậy:

$$h_k v_{kmax} = h_{Hmax} v_{Hmax} \cdot$$

ở đây:

$h_{1H\max} = \dfrac{h_n(100-[\varepsilon_H]_{\min})}{100}$ – là chiều dày lớn nhất của dải sau giá thứ nhất theo những giá trị đã cho: chiều dày phôi h_0 và lượng ép nhỏ nhất cho phép $[\varepsilon_H]_{\min}$.

Khi đó vận tốc lớn nhất của kim loại ra khỏi máy cán sẽ là:

$$v_{k\max} = \frac{v_{H\max} h_n (100-[\varepsilon_H]_{\min})}{100 h_k} \qquad \text{(III.136)}$$

Lượng ép lớn nhất trong giá cán đầu tiên

Vận tốc thực tế khi kim loại ra khỏi máy cán có thể được cho hoặc có thể nhỏ hơn so với tính toán theo công thức (IV.135) $v_{k\max}$. Khi đó đặt giá trị v_k vào chỗ $v_{k\max}$ trong công thức (IV.135) và thay giá trị $[\varepsilon_H]_{\min}$ bằng lượng ép lớn nhất cho phép ở giá đầu tiên $[\varepsilon_H]$ sẽ nhận được công thức tính lượng ép lớn nhất trong giá đầu tiên từ điều kiện động học:

$$[\varepsilon_H] = 100(1 - \frac{v_k h_k}{v_{h\max} h_n}) \qquad \text{(III.137)}$$

Lượng ép nhỏ nhất trong một giá cán bất kỳ

Khi biết vận tốc dải tấm ra khỏi một giá cán i bất kỳ nào đó có thể xác định được lượng ép nhỏ nhất trong giá đó $\varepsilon_{i\min}$. Lượng ép này được giới hạn bởi vận tốc lớn nhất cho phép trong giá trước đó $v_{(i-1)\max}$.

Từ định luật bảo toàn thể tích kim loại có:

$$h_{1i} v_i = h_{0i} v_{i-1} \quad \text{hoặc} \quad h_{1i}/h_{0i} = v_{i-1}/v_i$$

Khi đó:

$$\varepsilon_{i\min} = 100(1 - \frac{h_{1i}}{h_{0i\min}}) = 100(1 - \frac{v_{(i-1)\max}}{v_i}). \qquad \text{(III.138)}$$

Những biểu thức động học trên được sử dụng trong tính toán và cho phép giảm thời gian tính toán.

Đặc tính hyperbol

Trên những máy cán liên tục, công suất thực tế (khi $v \geq v_H$) hoặc mômen (khi $v \leq v_H$) trong từng giá không được lớn một thành phần nhất định giá trị danh nghĩa. Giá trị danh nghĩa được tính tới khi kiểm nghiệm động cơ theo điều kiện nung nóng bằng hệ số k_M. Để đạt được điều này khi xử lý bằng tin học trên máy tính, những số liệu ban đầu cho mỗi giá là giá trị [G]- Hyperbol tính theo công thức sau:

$$[G] = k_M M_H v_H = k_M \cdot \frac{975 N_H}{n} \cdot \frac{10^{-3} \pi D_p n}{60} = 0.051 k_M N_H D_p,$$

trong đó:

N_H – công suất danh nghĩa của động cơ, kW,

D_p - đường kính trục, mm,

n - số vòng phút của trục cán.

Theo chuẩn đã được xác lập, lấy k_M=0,85.

PHẦN THỨ HAI

THUẬT TOÁN - CHƯƠNG TRÌNH, KẾT QUẢ TRONG CÁC TRƯỜNG TIN HỌC KHÁC NHAU

CHƯƠNG I

THUẬT TOÁN VÀ CHƯƠNG TRÌNH CÔNG NGHỆ CÁN HÌNH

I.1- Những yêu cầu cơ bản

Trên cơ sở lý thuyết và tính toán công nghệ cán hình ở *Phần thứ nhất*, về cơ bản đã có thể lập được thuật toán cũng như chương trình để tính toán các thông số công nghệ cán hình cỡ nhỏ cho các loại sản phẩm từ phôi ban đầu bất kỳ; tính toán kéo căng và ảnh hưởng của nó và sự phụ thuộc của kéo căng vào vận tốc; chương trình ứng dụng công nghệ cán tấm.

Để lập được chương trình cán hình ta cần chú ý những yêu cầu sau:

1. Khi đã có kích thước phôi và sản phẩm, tính số lần cán.

2. Phải chọn hệ thống lỗ hình để tính công nghệ và thiết kế từng lỗ hình cụ thể. Trong giáo trình này hệ thống lỗ hình được chọn cho khu vực cán liên tục là (ôvan-vuông ...)-ôvan-tròn.

3. Rõ ràng ta phải sử dụng vòng lặp xác định để tính các thông số cho từng lỗ hình mà mỗi lỗ hình tiếp theo lại có tiết diện khác so với lỗ hình trước đó. Ví dụ có n lỗ hình - tương ứng n lần cán, theo thứ tự: 1, 2, ...n-1, n. Hệ thống lỗ hình tương ứng sẽ là (cho khu cán trung và cán tinh): ôvan - vuông - ôvan - vuông... - ôvan - tròn. Từng lỗ hình, các thông số sẽ là cụ thể, ví dụ với lỗ hình thứ hai: vuông, các thông số sẽ là: hệ số dãn dài μ, lượng ép Δh, chiều cao h, rộng b, bán kính lượn R_0 , khe hở giữa hai trục t v.v... cũng như những thông số lực, mômen, năng lượng. Song cứ theo vòng lặp, đến lỗ hình thứ ba: lại là ôvan với cách tính các đại lượng trên khác hoàn toàn so với lỗ hình thứ hai trước đó (vuông).

Vì thế, khi lập thuật toán và chương trình phải rất chuẩn và chính xác để khi chạy theo vòng lặp đến một i bất kỳ, nghĩa là một lỗ hình nào đó, máy tiến hành tính toán các thông số cho lỗ hình đó.

4. Để máy chạy liên tục từ lỗ hình đầu đến lỗ hình cuối cùng, một số hàm phải tính trước. Ví dụ hàm số dãn dài, cạnh lỗ hình vuông trước thành phẩm, chiều cao ôvan, chiều cao ôvan trước tinh... .

5. Như trên đã nói, MCLT là một hệ cơ điện phức tạp. Đương nhiên việc tính công nghệ cũng rất phức tạp. Để giảm số lỗi mắc phải, để máy chạy có hiệu quả, tránh luẩn quẩn, chương trình cán cần được lập với sự tạo các thủ tục, hàm. Vòng lặp

phải chuẩn. Các công thức, đơn vị cần được đổi chính xác. Công thức cần đưa về dạng tổng quát. Những biểu thức (I.100), (I.101), (I.102), (I.103), (I.104), (I.105) và (I.99) sẽ như sau:

$$\sin\left(\frac{\alpha_i}{2f_{ci}}\sqrt{\frac{h_i}{\Delta h_i}}\ln\frac{h_{i+1}}{h_i}\right) = A_i \quad ; \qquad (I.139)$$

$$\cos\left(\frac{\alpha_i}{2f_{ci}}\sqrt{\frac{h_i}{\Delta h_i}}\ln\frac{h_{i+1}}{h_i}\right) = \sqrt{1-A_i^2} \quad ; \qquad (I.140)$$

$$\frac{\alpha_i}{2f_{ci}\sigma_{si}^{*}}\sqrt{\frac{h_i}{\Delta h_i}} = B_i \quad ; \qquad (I.141)$$

và:

$$\sigma = K\frac{\dfrac{v_{0(i+1)}h_{(i+1)}}{v_{0i}h_i}\left[1+\sqrt{\dfrac{h_i}{h_{0i}}}(1+A_i^2)+A_i\sqrt{\dfrac{\Delta h_i}{h_{0i}}}\right]-\sqrt{\dfrac{h_{(i+1)}}{h_{0(i+1)}}}(1-A_{i+1}^2)-A_{(i+1)}\sqrt{\dfrac{\Delta h_{(i+1)}}{h_{0(i+1)}}}-1}{B_i\dfrac{v_{0(i+1)}h_{(i+1)}}{v_{0i}h_i}\left[\sqrt{\dfrac{\Delta h_i}{h_{0i}}}(1-A_i^2)-A_i\sqrt{\dfrac{h_i}{h_{0i}}}\right]+B_{(i+1)}\left[\sqrt{\dfrac{\Delta h_{(i+1)}}{h_{0(i+1)}}}(1-A_{i+1}^2)-A_{(i+1)}\sqrt{\dfrac{h_{(i+1)}}{h_{0(i+1)}}}\right]} \qquad (I.142)$$

6. Yêu cầu đặc biệt. Do đối tượng nghiên cứu của ta - MCLT là phức tạp. Khi lập thuật toán và chương trình nhiều khi sử dụng số liệu cục bộ; có những bước tính chỉ sử dụng một phần dữ liệu đã tính trước đó hoặc mảng chương trình chứ không sử dụng toàn bộ chương trình hoặc phần lớn chương trình đã được lập; hoặc khi in kết quả. Để tránh máy phải chạy lại những đoạn chương trình, những số liệu không cần thiết, ngoài việc tạo các thủ tục, hàm, vòng lặp chuẩn, ta phải lập trình ở dạng *Unit* - tức là tập hợp các hằng, biến, kiểu, thủ tục hay hàm được biên dịch như một chương trình độc lập. Các đối tượng mô tả trong *Unit* sẽ được dùng trong các chương trình hay trong các *Unit* khác mà không cần phải khai báo lại. Dùng *Unit* cho phép tạo được thư viện dùng chung khi cần đến (ví dụ thủ tục dùng ma trận khai báo - trong chương trình tính kéo căng và ảnh hưởng - phụ thuộc); giảm các phần giống nhau. Những cái giống nhau gom lại thành một *Unit*. Do chương trình của ta tương đối lớn, nếu dùng *Unit* tiết kiệm được thời gian lập trình, đặc biệt đối với những chương trình có dung tích lớn.

Một yêu cầu đặc biệt nữa với các chương trình của giáo trình là lập trình theo kiểu liệt kê, không cần theo thứ tự công việc mà truy nhập trực tiếp theo thực đơn

(*Menu*). Nói cách khác là lập trình *Có cấu trúc*. Với lập trình có cấu trúc, truy nhập theo thực đơn, giảm được công sức lập trình, tránh được để máy chạy thừa, luẩn quẩn, nhất là với một chương trình lớn.

Dùng *Unit* và lập trình *Có cấu trúc* không những giảm công sức mà còn tiết kiệm thời gian, đảm bảo bộ nhớ, dễ sửa; chương trình gọn gàng, sáng sủa, tránh được đáng kể lỗi rất mệt thường gặp là: *Tratement is too large*.

Chương trình tính kéo căng, ảnh hưởng của kéo căng và kéo căng phụ thuộc vào tốc độ là một chương trình có cấu trúc. Đương nhiên lập chương trình dạng này đòi hỏi tri thức nhiều hơn.

I.2- Thuật toán kéo căng

Thuật toán của chương trình tính công nghệ các sản phẩm Φ10, Φ12, Φ14, Φ16, Φ18, Φ20, Φ22, Φ25 được biểu diễn khá tỷ mỷ và chi tiết trên bản vẽ A_0 kèm theo giáo trình này. Để dễ hiểu và dễ thấy được tính ưu việt của lập trình *Có cấu trúc* ta điểm qua "Sơ đồ thuật toán tính kéo căng và ảnh hưởng; Kéo căng phụ thuộc vào tốc độ "- (xem hình 19). (Chương trình ở cuối chương này).

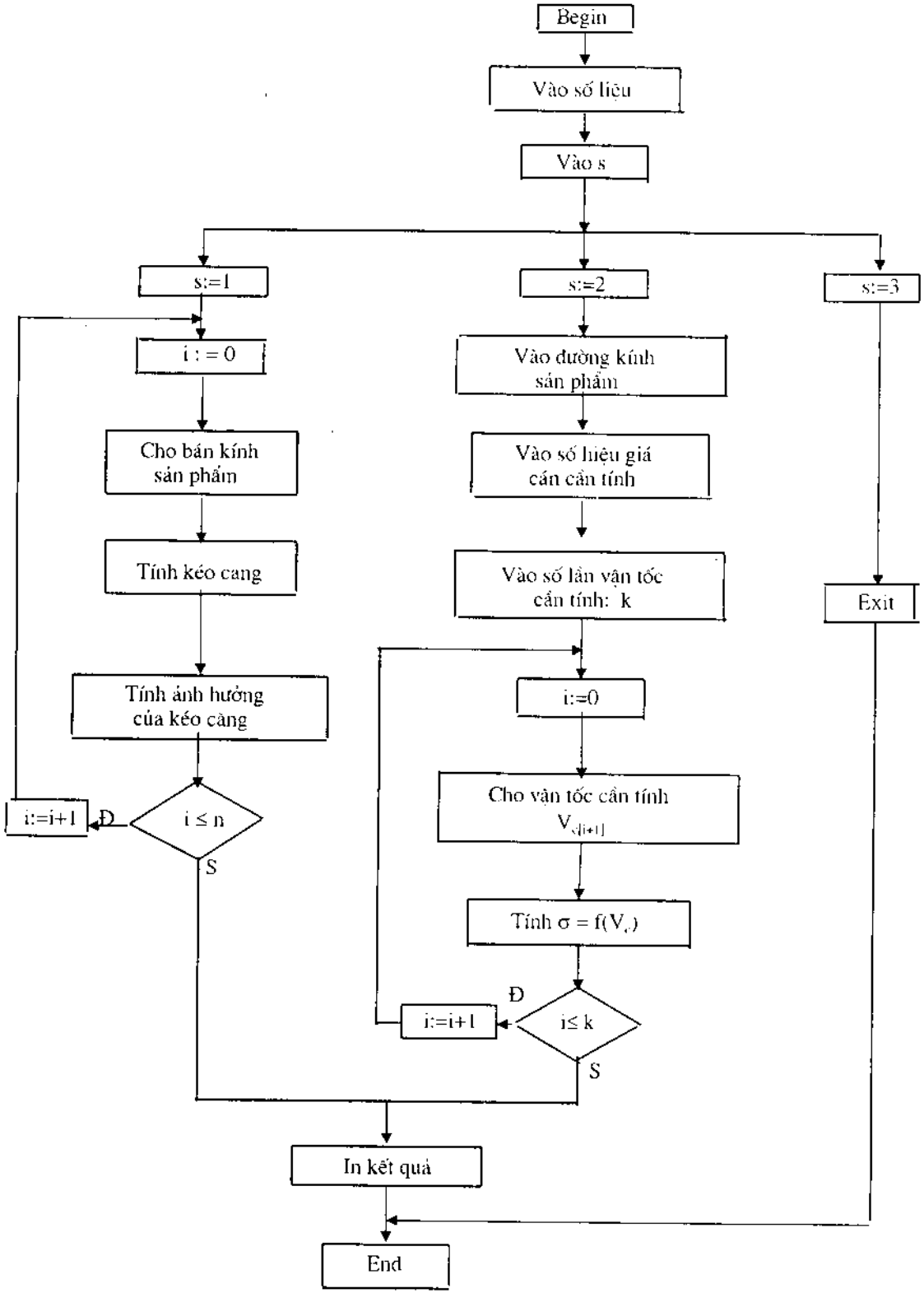
Chương trình bắt đầu bằng việc vào số liệu. Để có số liệu tính kéo căng theo công thức (II.98), số liệu tính được bằng chương trình tính công nghệ được đưa vào ở dạng ma trận (*Unit*). Đồng thời vào *s* để lập trình *Có cấu trúc*.

Khi *s*:=1 ta truy nhập thẳng vào việc tính kéo căng theo số liệu đã vào ở phần trên. Tính kéo căng cho tất cả các lần cán nên nhánh này bắt đầu từ *i*:=0. Sau khi tính kéo căng cho từng loại sản phẩm, mỗi sản phẩm cho tất cả các lần cán. Với Φ10, Φ12 có 19 lần cán, tương ứng tính lực kéo căng cho các giá cán 1-2 là $\sigma_{1\div2}$, các giá 2-3 là $\sigma_{2\div3}$,v.v... cho tới giá 18-19 là $\sigma_{18\div19}$. Cứ như vậy tính cho các sản phẩm Φ14-Φ16 : 17 lần cán, Φ18-Φ20: 15 lần cán, Φ22-Φ25: 13 lần cán và tương ứng kéo căng cho tất cả các sản phẩm. Ta thấy dễ dàng rằng với Φ10, Φ12 tổng có 38 lần cán tương ứng 38 giá trị kéo căng σ.

Tổng các giá trị σ cho tất cả 8 loại sản phẩm từ Φ10 đến Φ25 là 128.

Tính được ứng suất kéo căng cho các cặp giá xong, chương trình cần phải tính ảnh hưởng của kéo căng đến những thông số công nghệ. Trong giáo trình này tính ảnh hưởng của kéo căng tới áp lực riêng, áp lực toàn phần của kim loại lên trục, tới mômen và công suất động cơ. Khi tính kéo căng đã tính tới lượng vượt trước.

Đương nhiên với mỗi $\sigma_{i\div i+1}$ giữa hai giá bất kỳ đều có ảnh hưởng của nó tới các thông số công nghệ (năng lượng). Thuật toán và chương trình cho phép tính sự ảnh hưởng của kéo căng cho tất cả các loại sản phẩm, tất cả các giá - tương ứng các lần cán. Khi chương trình tính đến lần cán cuối cùng *n* của một loại sản phẩm nào đó, máy sẽ dừng và cho ra kết quả.



***Hình 19**. Sơ đồ đơn giản thuật toán tính kéo căng, ảnh hưởng và phụ thuộc.*

Nhánh thứ hai của thuật toán s:=2. Theo nhánh cấu trúc này ta hoàn toàn không sử dụng những gì tính được ở nhánh thứ nhất. Nhánh hai bắt đầu bằng việc vào đường kính sản phẩm, vào số hiệu giá cán cần tính và vào số lần vận tốc cần tính k để có được sự phụ thuộc của kéo căng vào tốc độ:

$$\sigma_{i\div i+1} = f(Vc_{[i+1]}) \qquad (I.143)$$

Nghĩa là: giả sử ta đã tính được theo nhánh s:=1 ứng suất kéo căng $\sigma_{i\div i+1}$ của hai giá liên tiếp nhau trên MCLT. Với một trị số i của một loại sản phẩm cụ thể nào đó, phải vào các giá trị tốc độ của giá i+1 để có hàm (I.143).

Hàm $\sigma_i = f(Vc_i)$ được hình thành trên cơ sở biểu thức (I.143). Thức chất giá trị này là hàm của nhiều biến. Ngoài thành phần chính là vận tốc Vc_i mà đối với máy cán liên tục ta có:

$$Vc_{i_1} = Vc_{(i+1)}$$

còn có các thông số như góc ăn, hệ số ma sát, chiều cao của dải, hệ số dãn dài v.v...

$$\sigma = f(Vc, \text{Muy}, f, \alpha, ...).$$

Rõ ràng, việc tính ứng suất kéo căng theo những công thức trên tỏ ra khá phức tạp. Tuy nhiên nếu có điều kiện, lực kéo căng có thể xác định qua thực nghiệm bằng mesdot lắp vào gối đỡ của giá cán. Trên máy cán liên tục, lực kéo căng xác định nhờ thiết bị tạo vòng trong đó con lăn của tay đòn dẫn được tỳ lên những đầu đo lực.

Cũng với máy cán liên tục, Trecmarev A.P. và Pobegailo G.G. đã giới thiệu phương pháp xác định lực léo căng giữa các giá cán bằng giá cán "dao động". Song vấn đề thiết bị cũng như cách xác định kéo căng không xem xét ở đây, có thể tham khảo trong [7].

Trở lại chương trình ứng dụng tính kéo căng, để thấy được sự phụ thuộc của kéo căng vào tốc độ, ta cần giữ tốc độ của giá trước đó V_{ci} không đổi và chỉ thay đổi vận tốc $V_{c[i+1]}$ của giá tiếp theo. Tốc độ $V_{c[i+1]}$ được thay đổi k giá trị (xem bảng 13). Trong giáo trình này k = 11, đường kính sản phẩm: thép Φ16 và lực kéo căng giữa hai giá 15-16. Như vậy, với mỗi giá trị vận tốc cho $V_{c[i+1]}$ chương trình tính một giá trị $\sigma_{i\div i+1}$ tương ứng. Tập hợp những cặp $V_{c[i+1]} \Leftrightarrow \sigma_{i\div i+1}$ này cho ta sự phụ thuộc của kéo căng vào tốc độ.

Một điều lý thú nữa là, ngoài việc xác định được sự phụ thuộc:

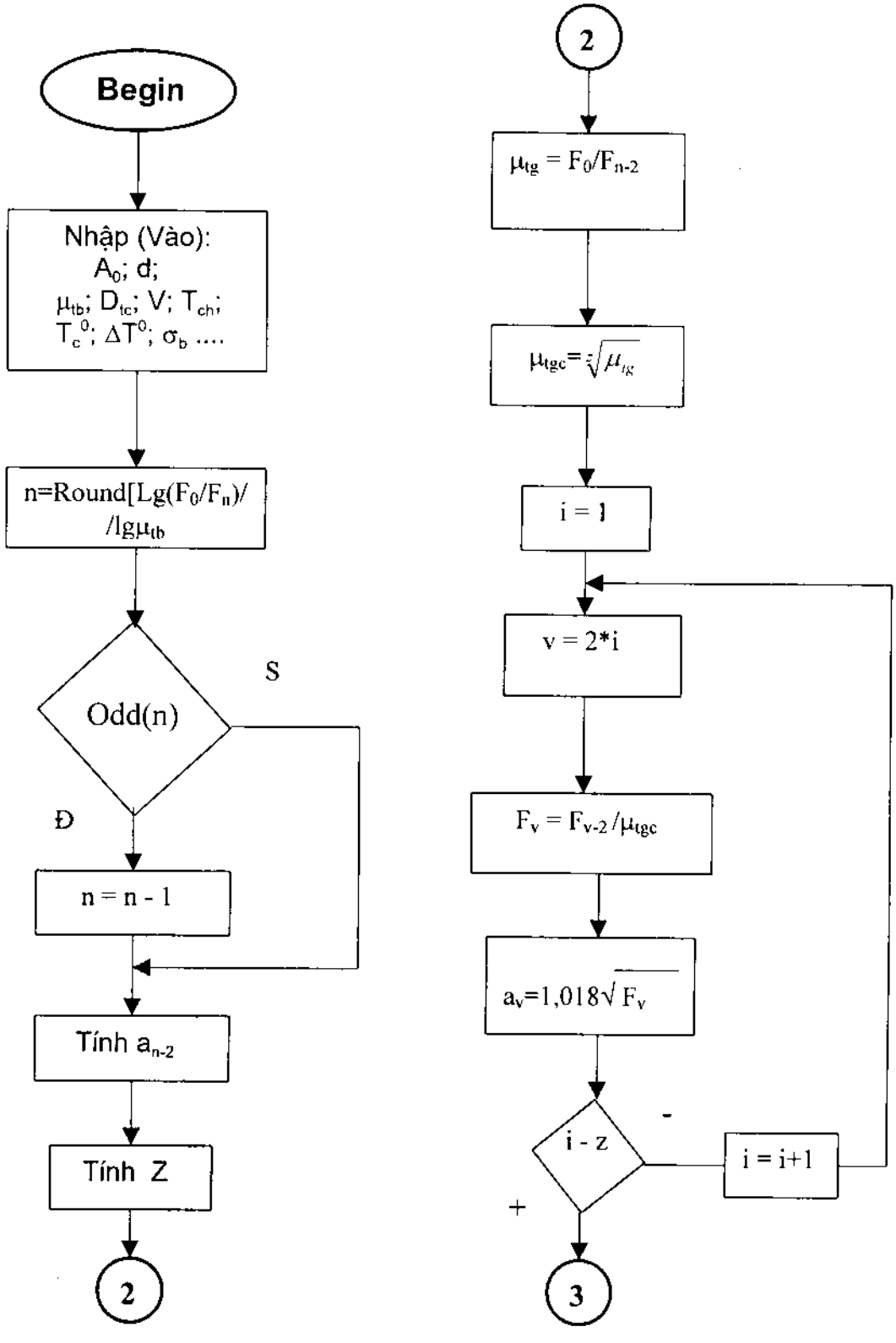
$$\sigma_{i\div i+1} = f(V_{c[i+1]}),$$

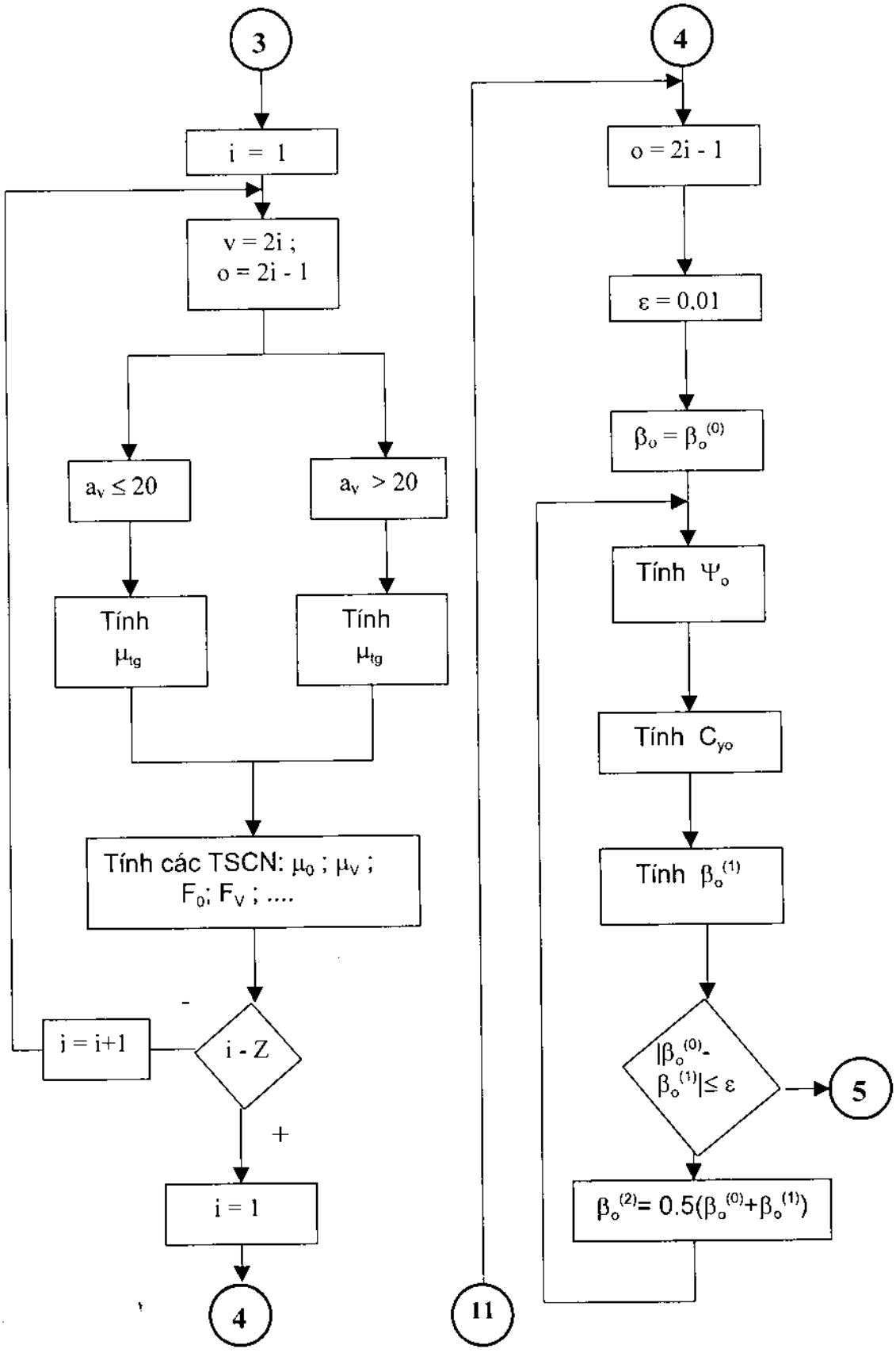
bằng cách thay đổi giá trị vận tốc $V_{c[i+1]}$ theo chiều giảm kéo căng ta dễ dàng thấy ngay với giá trị nào của $V_{c[i+1]}$ thì lực kéo căng giữa hai giá bằng không và nhỏ hơn không. Có nghĩa là khi vận tốc $V_{c[i+1]}$ đạt cụ thể bao nhiêu thì giữa hai giá cán liên tiếp nhau của MCLT không có lực kéo căng ($\sigma_{i\div i+1}$ = 0) và tạo vòng (nén dải, $\sigma_{i\div i+1}$ < 0).

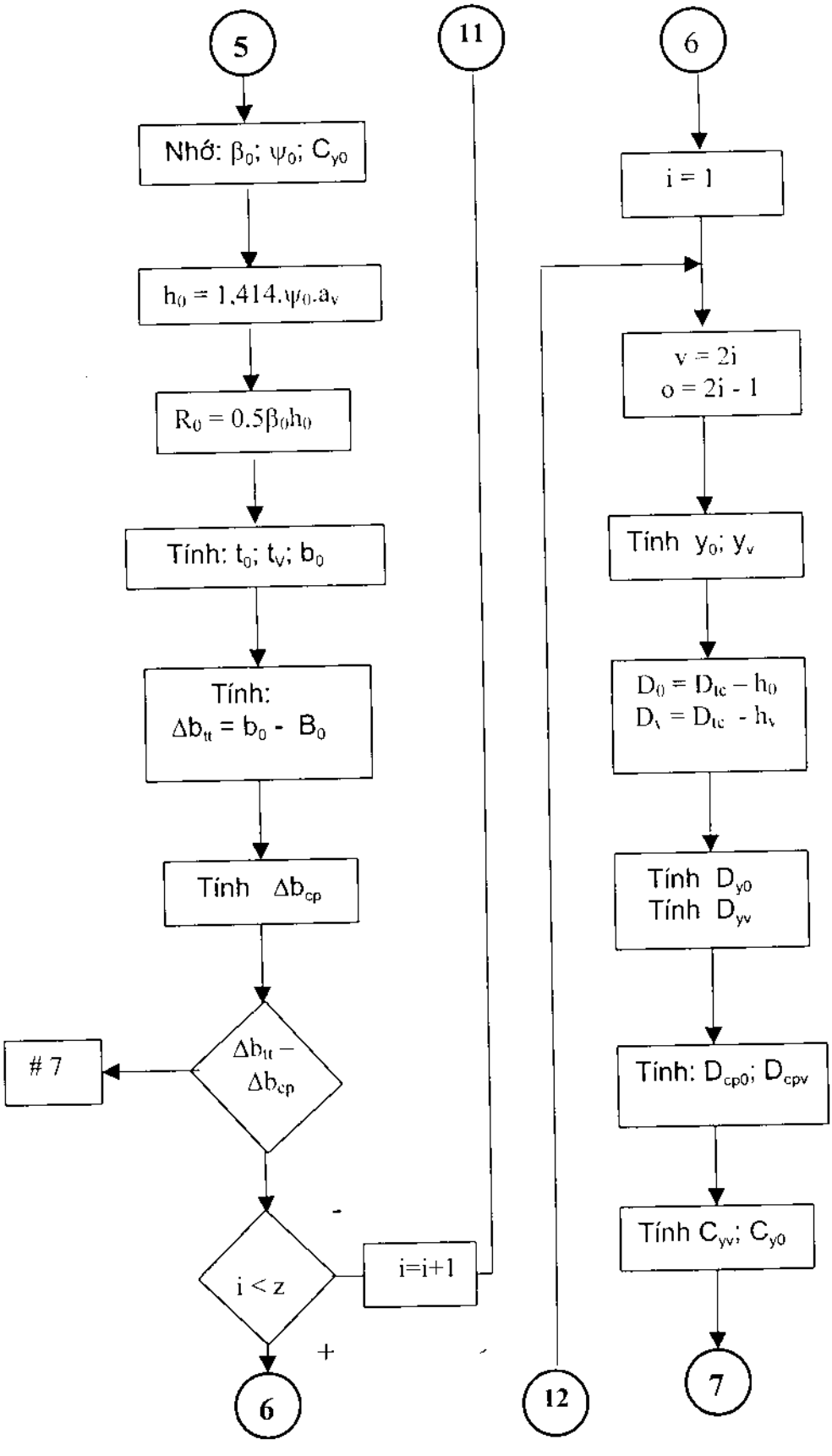
Sau khi tính đủ k lần thay đổi vận tốc $V_{c[i+1]}$, chương trình in cho kết quả.

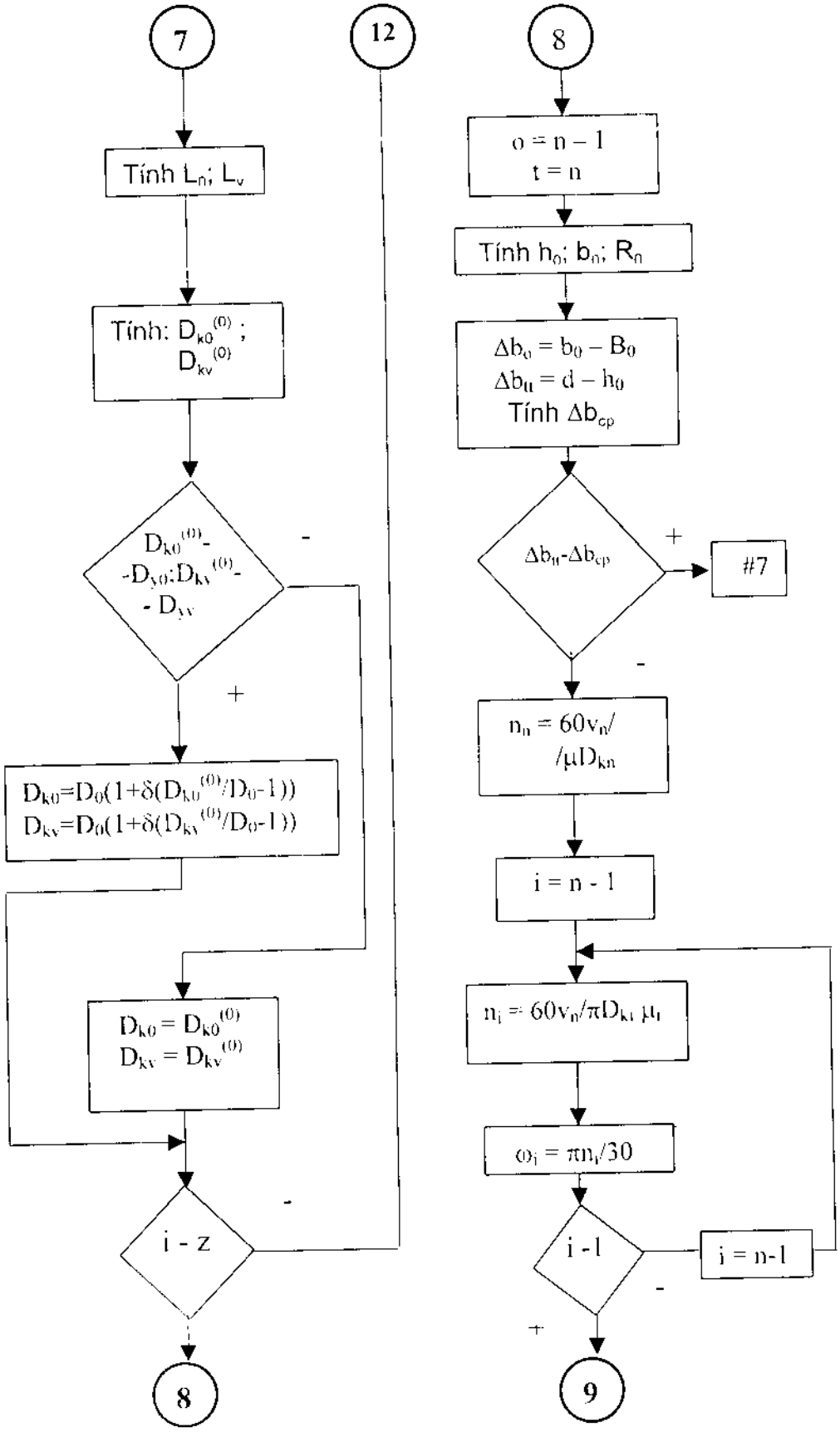
Còn nhánh thứ ba của chương trình s:=3 là nhánh không tính gì cả, nó cho phép thoát ra khỏi chương trình đến ngay kết thúc.

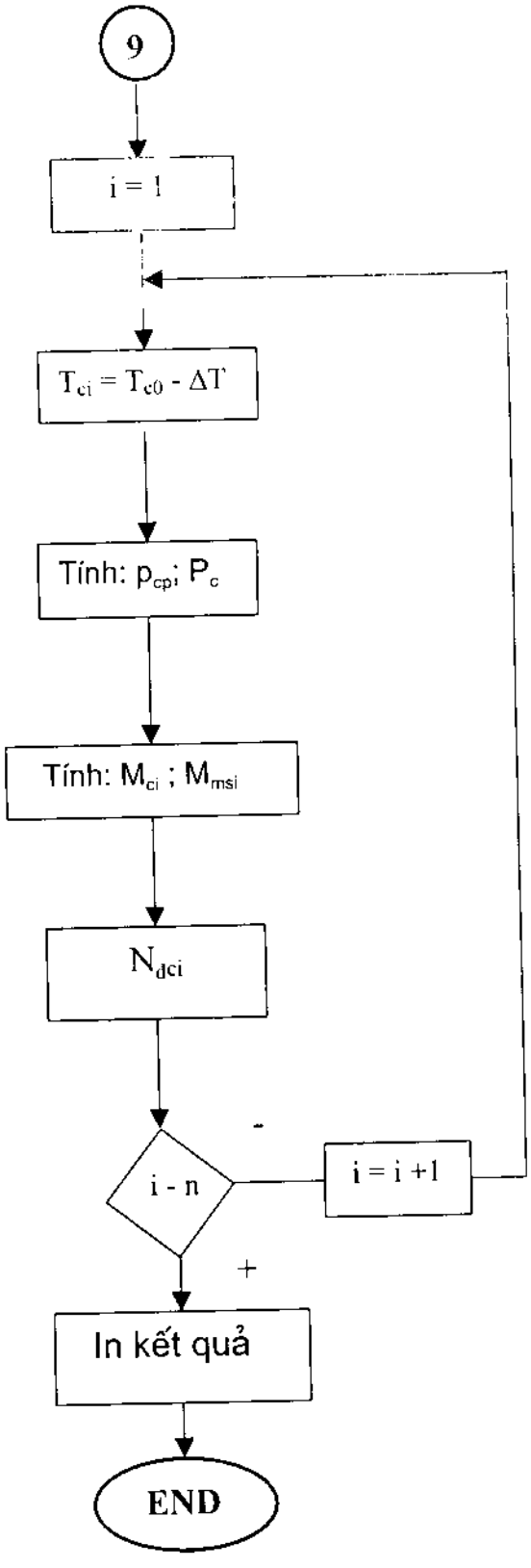
I.3- Thuật toán công nghệ cán hình trên máy cán liên tục




3
i = 1
v = 2i ;
o = 2i - 1
$a_v \leq 20$
$a_v > 20$
Tính μ_{tg}
Tính μ_{tg}
Tính các TSCN: μ_0 ; μ_V ;
F_0; F_V ; ....
i = i+1
i - Z
-
+
i = 1
4
4
o = 2i - 1
$\varepsilon = 0.01$
$\beta_o = \beta_o^{(0)}$
Tính Ψ_o
Tính C_{yo}
Tính $\beta_o^{(1)}$
$|\beta_o^{(0)} - \beta_o^{(1)}| \leq \varepsilon$
5
$\beta_o^{(2)} = 0.5(\beta_o^{(0)} + \beta_o^{(1)})$
11


5
Nhớ: β_0; ψ_0; C_{y0}
$h_0 = 1,414.\psi_0.a_v$
$R_0 = 0.5\beta_0 h_0$
Tính: t_0; t_v; b_0
Tính:
$\Delta b_{tt} = b_0 - B_0$
Tính Δb_{cp}
$\Delta b_{tt} - \Delta b_{cp}$
7
i < z
i=i+1
+
6
11
12
6
i = 1
v = 2i
o = 2i - 1
Tính y_0; y_v
$D_0 = D_{tc} - h_0$
$D_v = D_{tc} - h_v$
Tính D_{y0}
Tính D_{yv}
Tính: D_{cp0}; D_{cpv}
Tính C_{yv}; C_{y0}
7


7
12
8
Tính L_n; L_v
Tính: $D_{k0}^{(0)}$; $D_{kv}^{(0)}$
$D_{k0}^{(0)}$- -D_{y0};$D_{kv}^{(0)}$- - D_{yv}
-
+
$D_{k0}=D_0(1+\delta(D_{k0}^{(0)}/D_0-1))$
$D_{kv}=D_0(1+\delta(D_{kv}^{(0)}/D_0-1))$
$D_{k0} = D_{k0}^{(0)}$
$D_{kv} = D_{kv}^{(0)}$
i - z
-
8
o = n – 1
t = n
Tính h_0; b_n; R_n
$\Delta b_o = b_0 - B_0$
$\Delta b_u = d - h_0$
Tính Δb_{cp}
Δb_u-Δb_{cp}
+
#7
-
$n_n = 60v_n/$ $/\mu D_{kn}$
i = n - 1
$n_i = 60v_n/\pi D_{ki}\ \mu_i$
$\omega_i = \pi n_i/30$
i - 1
i = n-1
-
+
9



Hình 20. *Thuật toán công nghệ cán hình.*

I.4- Chương trình tính công nghệ cán hình thép tròn trên máy cán liên tục

```
{ ****************************************
        CHƯƠNG TRÌNH TÍNH CÔNG NGHỆ CÁN
                HÌNH TRÊN MCLT
            SẢN PHẨM CÁC LOẠI TỪ Φ10
**************************************** }

PROGRAM    CTTCNCH;

USES
Crt;

TYPE
        Mang =Array[0..35] Of Real;

VAR
        F,Tc,Rk,a,b,h,t,C,Ftx,Dbcp          :Mang;
        o,v,i,n,z,tt,d                      :Integer;
        Dh,Db,Dhmax,p,Pc,Mc,tb,Mms,Vtc      :Mang;
        Muy,R,App,Ap,Muyqq,Muym,Ndc         :Mang;
        Muytg,Muyv,Tch,TTT,Muymq,fms        :Real;
        rg,Dtc,Dhm,Wtc,muymx,Dko,Dk         :Mang;
        M,Bo,K,Ao,Dtct,an,l1,Det,phi1       :Real;
        Kt                                  :Char;
        TenFile                             :String;
        Ff                                  :TEXT;
        muytg1,l[illegible],phi,hsa,ntc,Vc,x :Mang;
        c1,c2,c3,[illegible],c5,h1,h2,h3,h4 :Real;
        Dk1,Dk2,y1,y2,x2,muymx1             :Real;
        Do1,Dcp,phio,yo,hsao,Dy,ks          : Mang;
        Vo,ho,kcas,kcac,kca,kcb,kc          :Mang;
        kct,kcm                             :Real;

{ ************************************************ }
PROCEDURE    Tinh_n(Var n1,d1,z1 :Integer);
   Begin
   Write('Cho biet duong kinh san pham: d=');
   Readln(d);
```

```
    begin
    Case  d  of
     10 : n:=12;
     12 : n:=12;
     14 : n:=10;
     16 : n:=10;
     18 : n:=08;
     20 : n:=08;
     22 : n:=06;
     25 : n:=06;
    end ;
   end;
   Readln;
    begin
    Case  n  of
     12 : z:=6;
     10 : z:=5;
     08 : z:=4;
     06 : z:=3;
    end;
    end;
  End;

{ ************************************************** }

PROCEDURE   Chon_Ao(Var Ao:real);
   Begin
   Case  d  of
     10,12,14,16:  Ao:=A1;
     18,20,22,25:  Ao:=A2;
   end;
  End;

{ ************************************************** }

FUNCTION  TG(so:real;mu:real):Real;
  Begin
  TG:=Exp(mu*Ln(so));
  End;
```

```
{ ************************************************ }

PROCEDURE    Tinh(Var a1:Mang);
 Begin

  Tinh_n(n,d,z);
  Chon_Ao(Ao);
  a1[0]:=Ao;
  Muyv:=-0.001*d*d+0.051*d+0.96;
  an:=Sqrt((3.14*d*d/4)*Muyv);
  For i:=1 to z do
   begin
   a[0]:=Ao;
   if a[i-1]<18 then
   tb[i]:=-0.0001557*a[i-1]*a[i-1]+0.01557*a[i-1]+1.20221
   else
   tb[i]:=-0.0000666*a[i-1]+1.421;
   a[i]:=a[i-1]/tb[i];
   end;
  K:=TG(a[z]/an,1/z);
  For i:=1 to z do
   begin
   tb[i]:=K*tb[i];
   a1[2*i]:=a1[2*i-2]/tb[i];
   end;
  End;

{ ************************************************}


FUNCTION ts(x1:real):real;
  begin
  If x1<1.5 then
   begin
   ts:=0.032+0.737*x1+0.125*x1*x1;
   end
  Else
  ts:=0.596*x1+0.31;
  end;
```

```
{ ***************************************************}

BEGIN
  Clrscr;
  Tinh(a);
  Tch:=1400;
  TTT:=15;
  F[0]:=a[0]*a[0]-86;

    Begin


  For i:=1  to z do
    begin
    o:=2*i-1;
    v:=2*i;
    Bo:=a[v-2];
    If i<z Then
    fms:=0.05
    Else fms:=0.004;
    If i<3 Then
    begin
    Dtc[1]:=350;
    Dct:=0.22;
    end
   else
    begin
    Dtc[1]:=320;
    Dct:=0.18;
    end;
    rg[v]:=Round(0.15*a[v]);
    F[v]:=a[v]*a[v]-0.86*rg[v]*rg[v];
    muytg1[i]:=F[v-2]/F[v];
    muymx1:=sqr(sqrt(muytg1[i])-1)* (sqrt(muytg1[i])-1);
    muymx[i]:=(1+(6+Dtc[1]/(a[v]*1.4))*muymx1/18)*sqrt(muyt
    muy[o]:=sqrt(muymx[i]*sqrt(muytg1[i]));
    muy[v]:=muytg1[i]/muy[o];
    F[o]:=F[v]*muy[o];
    h1:=5.18*(Dtc[1]/(a[v]*1.414)+1);
```

```
h2:=(sqr(sqrt(muytg1[i])-1)*(sqrt(muytg1[i])-1))/muytg1[i];
h3:=sqr((muy[v]-1)/(muy[o]-1));
hsao[o]:=1+h2*h1*h3;
phi1:=sqrt(1+0.119*(3+Dtc[1]/(a[v]*1.414))*(muy[v]-1)/hsao[o]);
phio[o]:=abs(1-0.5*sqrt(abs(hsao[o]*(phi1-1))));
c1:=4.5*(2-phio[o]*sqrt(2/muytg1[i]));
c2:=(sqrt(muytg1[i]/2)/phio[o]-1)/hsao[o];
c3:=1+450*sqr(c2)*c2;
c4:=4+(Dtc[1]/(a[v]*1.414)-1)*sqrt(2/muytg1[i]);
c5:=(1-phio[o]*sqrt(2/muytg1[i]))*phio[o]*sqrt(2/muytg1[i]);
cy[o]:=1/(1+(c1*c3)/(c4*c5));
hsa[o]:=hsao[o];
phi[o]:=phio[o];
h[o]:=phi[o]*a[v]*1.414;
h[v]:=1.414*a[v]-0.83*rg[v];
R[o]:=hsa[o]*0.5*h[o];
t[o]:=ROUND((-0.0047*a[v]+0.38)*h[o]);
t[v]:=ROUND((-0.0025*a[v]+0.23)*a[v]);
b[o]:=(h[o]-t[o])*sqrt(4*R[o]/(h[o]-t[o])-1);
b[v]:=1.414*a[v]-t[v];
yo[o]:=a[v-2]/2;
y1:=0.5*(a[v-2]*1.414+h[o]) -R[o];
y2:=sqr(R[o]+(a[v]*1.414-h[o])*0.5);
yo[v]:=0.5*(y1+sqrt(abs(2*sqr(R[o])-y2)));
Do1[o]:=Dtc[1]-h[o];
Do1[v]:=Dtc[1]-a[v]*1.414;
Dy[o]:=Do1[o]+2*R[o]*(1-sqrt(abs(1-sqr(yo[o]/R[o]))));
Dy[v]:=Do1[v]+2*yo[v];
Dcp[o]:=0.5*(Do1[o]+Dy[o]);
Dcp[v]:=0.5*(Do1[v]+Dy[v]);
cy[v]:=1/(1+15*4.5*a[v]*1.414/(4*a[v]*1.414+Do1[v]));
l[o]:=sqrt(abs(F[o]*(muy[o]-1)*Dcp[o]/(3.4*yo[o]*(1-cy[o]))));
l[v]:=sqrt(abs(F[v]*(muy[v]-1)*Dcp[v]/(3.4*yo[v]*(1-cy[v]))));
Dk1:=sqrt(abs(Dcp[o]*(muy[o]-1)/R[o]));
Dko[o]:=Do1[o]*(1+2*yo[o]*(1-l[o]/(0.4*Do1[o]))*Dk1/(Pi*Do1[o]));
Dk2:=abs(2.25*sqr(yo[v]/Do1[v])*(muy[v]-1)*sqr(1-l[v]/(0.4*Dcp[v])));
Dko[v]:=Do1[v]*(1+exp((1/3)*ln(Dk2*Dcp[v]/Do1[v])));
x[o]:=(Dko[o]-Do1[o])/(Dy[o]-Do1[o]);
x[v]:=(Dko[v]-Do1[v])/(Dy[v]-Do1[v]);
If Dko[o]<Dy[o]  Then
```

```
Dk[o]:=Dko[o]
Else
 begin
 x2:=x[o];
 Dk[o]:=Do1[o]*(1+(Dko[o]/Do1[o]-1)*ts(x2));
 end;
If Dko[v]<Dy[v]  then
Dk[v]:=Dko[v]
Else
 begin
 x2:=x[v];
 Dk[v]:=Do1[v]*(1+(Dko[v]/Do1[v]-1)*ts(x2));
 end;
Dh[o]:=Bo-F[o]/b[o];
Dh[v]:=F[o]/h[o]-F[v]/(b[v]);
Db[o]:=b[o] - Bo;
Db[v]:=b[v] - h[o];
Rk[o]:=(Dtc[1]-F[o]/b[o])/2;
Rk[v]:=(Dtc[1]-F[v]/(b[v]))/2;
Dbcp[o]:=0.35*Sqrt(abs(Rk[o]*Dh[o]))*Dh[o]/Bo;
Dbcp[v]:=0.35*Sqrt(abs(Rk[v]*Dh[v]))*Dh[v]/h[o];
If (Db[o]<Dbcp[o]) or (Db[v]<Dbcp[v])  Then
Write(#7);
Tc[0]:=1150;
Tc[o]:=Tc[v-2] -TTT;
Tc[v]:=Tc[o]-TTT;
If  Tc[o]>(Tch-575) then
begin
p[o]:=42*(Tch-Tc[o]-75)/1500*
      1+0.33*(2*Sqrt(Rk[o]*Dh[o])/(Bo+h[o])-1);
end
else
 begin
 p[o]:=42*((Tch-Tc[o])/1000)*((Tch-Tc[o])/1000)*
          1+0.33*(2*Sqrt(Rk[o]*Dh[o])/(Bo+h[o])-1);
 end;
Ftx[o]:=0.5*(b[o] + Bo)*Sqrt(Rk[o]*Dh[o]);
Pc[o]:=Ftx[o]*p[o]/100;
Mc[o]:=2*Pc[o]*0.475*Sqrt(Rk[o]*Dh[o])/1000;
Mms[o]:=Dct*Pc[o]*fms;
```

```
If  Tc[v]>(Tch-575) then
 begin
 p[v]:=42*(Tch-Tc[v]-75)/1500*
        1+0.33*(2*Sqrt(abs(Rk[v]*Dh[v]))/(Bo+h[v])-1);
 end
 else
  begin
  p[v]:=42*((Tch-Tc[v])/1000)*((Tch-Tc[v])/1000)*
            1+0.33*(2*Sqrt(Rk[v]*Dh[v])/(Bo+h[v])-1);
 end;
Ftx[v]:=0.75*b[v]*Sqrt(Rk[v]*Dh[v]);
Pc[v]:=Ftx[v]*p[v]/100;
Mc[v]:=2*Pc[v]*0.475*Sqrt(Rk[v]*Dh[v])/1000;
Mms[v]:=Dct*Pc[v]*fms;
end;
End;

Begin


i:=z+1;
v:=2*i-2;
o:=2*i-1;
tt:=2*i;
Bo:=a[v];
Tc[o]:=Tc[v] - TTT;
Tc[tt]:=Tc[o] - TTT;
h[o]:=Round((-0.00004*d*d + 0.005*d + 0.76)*d);
h[tt]:=d*1.013;
b[o]:=Round(h[o]/(0.0024*d + 0.54));
b[tt]:=1.012*d;
Db[tt]:=d - h[o];
 begin
 if (d=10) or  (d=12) or (d=14) then
 t[o]:=2;
 if (d=16) or  (d=18)  then
 t[o]:=3
 else
 t[o]:=Round(0.15*d);
```

```
end;
begin
if (d=10) or  (d=12) or (d=14) then
t[tt]:=2;
if (d=16) or  (d=18)  then
t[tt]:=3
else
t[tt]:=ROUND(0.15*d);
end;
R[o]:=(b[o]*b[o]+(h[o]-t[o])*(h[o]-t[o]))/(4*(h[o]-t[o]));
F[o]:=(2/3)*b[o]*h[o]+(1/3)*b[o]*t[o];
Muy[o]:=(Bo*Bo-0.86*sqr(0.2*Bo))/F[o];
F[tt]:=Pi*d*d/4;
Muy[tt]:=F[o]/F[tt];
Dh[o]:=Bo-F[o]/b[o];
Dh[tt]:=F[o]/h[o] - F[tt]/d;
Db[o]:=b[o] - Bo;
Db[tt]:=d - h[o];
Rk[o]:=(Dtc[1]-F[o]/b[o])/2;
Rk[tt]:=(Dtc[1]-F[tt]/d)/2;
Dbcp[o]:=0.35*(Sqrt(Rk[o]*Dh[o]))*Dh[o]/Bo;
Dbcp[tt]:=0.35*(Sqrt(Rk[tt]*Dh[tt]))*Dh[o]/h[o];
If  (Db[o]<Dbcp[o]) or (Db[tt]<Dbcp[tt]) Then
Write(#7);
If  Tc[o]>(Tch-575) then
 begin
 p[o]:=42*(Tch-Tc[o]-75)/1500*
        1+0.33*(2*Sqrt(Rk[o]*Dh[o])/(Bo+h[o])-1);
 end
 else
  begin
  p[o]:=42*((Tch-Tc[o])/1000)*((Tch-Tc[o])/1000)*
          1+0.33*(2*Sqrt(Rk[o]*Dh[o])/(Bo+h[o])-1);
 end;
Ftx[o]:=0.5*(b[o] + Bo)*Sqrt(Rk[o]*Dh[o]);
Pc[o]:=Ftx[o]*p[o]/100;
Mc[o]:=2*Pc[o]*0.475*Sqrt(Rk[o]*Dh[o])/1000;
Mms[o]:=0.18*Pc[o]*0.004;
If  Tc[o]>(Tch-575) then
 begin
```

```
p[tt]:=42*(Tch-Tc[tt]-75)/1500*
    1+0.33*(2*Sqrt(Rk[tt]*Dh[tt])/(Bo+d)-1);
end
else
 begin
 p[tt]:=42*((Tch-Tc[tt])/1000)*((Tch-Tc[tt])/1000)*
        1+0.33*(2*Sqrt(Rk[tt]*Dh[tt])/(Bo+d)-1);
 end;
Ftx[tt]:=0.75*d*Sqrt(Rk[tt]*Dh[tt]);
Pc[tt]:=Ftx[tt]*p[tt]/100;
Mc[tt]:=2*Pc[tt]*0.475*Sqrt(Rk[tt]*Dh[tt])/1000;
Mms[tt]:=0.18*Pc[tt]*0.004;
End;

Begin
 For i:=1 to z do
  begin
  muytg1[i]:=F[2*i-2]/F[2*i];
  end;
 For i:=1 to z do
  begin
  o:=2*i-1;
  v:=2*i;
  begin
  If i<3 Then
  Dtc[1]:=350
  Else
  Dtc[1]:=320;
  end;
   end;
 End;


 Begin
 o:=2*z+1;
 v:=2*z;
 Muytg1[o]:=F[v]/F[v+2];
 h1:=sqr((sqrt(Muytg1[o])-1)/(sqrt(Muytg1[o])+1));
 h2:=Muy[v+2]*(Muy[v+2]-1)/(Muy[v+1]*(Muy[v+1]-1));
 hsao[o]:=1+5.2*(9+320/d)*h1*h2;
```

```
Phi1:=((hsao[o]-1)/hsao[o])*sqr((muy[v+2]-1)*(1+(320-d)/(4*d))*4.5);
Phi[o]:=1-0.383*Sqrt((1/3)*ln(Phi1));
c1:=(sqrt(Muytg1[o])/Phi[o]-1)/hsao[o];
c2:=1+540*sqr(c1)*c1;
c3:=sqrt(Muytg1[o])/(Phi[o]*sqrt(1-Phi[o]/sqrt(muytg1[o])));
cy[o]:=1/(1+c2*c3*6/(4+(320-d)*(Muytg1[o])/d));
Do1[o]:=320-h[o];
Do1[v+2]:=320-d;
y1:=sqr((4*R[o]-d*(1+F[v]/F[v+2]))/(4*(2*R[o]-d)));
yo[o]:=d*sqrt(abs(F[v]/F[v+2]-y1))/2;
yo[v+2]:= d*(4*R[o]-d*(1+sqr(1/Phi[o])))/(4*(2*R[o]-d));
Dy[o]:=Do1[o]+2*R[o]*(1-sqrt(abs(1-sqrt(yo[o]/R[o]))));
Dy[v+2]:=Do1[v+2]+d*(1-sqrt(1-sqr(yo[v+2]*2/d)));
Dcp[o]:=(Do1[o]+Dy[o])/2;  Dcp[v+2]:=(Do1[v+2]+Dy[v+2])/2;
cy[v+2]:=1/(1+67.5*d/(4*d+Do1[v+2]));
l[o]:=sqr(abs(F[o]*(muy[o]-1)*Dcp[o]/(3.4*yo[o]*(1-cy[o]))));
l1:= (3.4*yo[v+2]*(1-cy[v+2]));
l[v+2]:=sqr(abs(F[v+2]*(muy[v+2]-1)*Dcp[v+2]/l1));
Dk1:=Pi*sqrt(abs((muy[o]-1)*Dcp[o]/R[o]));
Dko[o]:=Do1[o]*(1+2*yo[o]*(1-l[o]/(0.4*Dcp[o]))*Dk1/(Pi*Do1[o]));
Dk1:=sqrt((muy[o+1]-1)/Dcp[o+1]*2/d)/(Pi*Do1[o+1]);
Dko[v+2]:=Do1[v+2]*(1+2*yo[o+1]/(1-l[o+1]*(0.4*Dcp[o+1]))*Dk1);
x[o]:=(Dko[o]-Do1[o])/(Dy[o]-Do1[o]);
x[v+2]:=(Dko[v+2]-Do1[v+2])/(Dy[v+2]-Do1[v+2]);
If Dko[o]<Dy[o]  Then
Dk[o]:=Dko[o]
Else
  begin
  x2:=x[o];
  Dk[o]:=Do1[o]*(1+(Dko[o]/Do1[o]-1)*ts(x2));
  end;

 If Dko[v+2]<Dy[v+2]  then
 Dk[v+2]:=Dko[v+2]
 Else
  begin
  x2:=x[v+2];
  Dk[v+2]:=Do1[v+2]*(1+(Dko[v+2]/Do1[v+2]-1)*ts(x2));
  end;
End;
```

```
Begin
                    {**********************
                      Tính toán vận tốc cán
                      và công suất động cơ
                    **********************}

 Vc[4]:=3.377;
 ntc[4]:=60000*Vc[4]/(Pi*Dk[4]);
 Wtc[4]:=ntc[4]*Pi/30;
 Vtc[4]:=Wtc[4]*Rk[4]/1000;
 ks[4]:=60000*Vc[4]/Pi;
 For i:=3 downto 1 do
  begin
  ks[i]:=ks[i+1]/muy[i+1];
  ntc[i]:=ks[i]/Dk[i];
  Wtc[i]:=Pi*ntc[i]/30;
  Vc[i]:=Wtc[i]*Dk[i]/2000;
  Vtc[i]:=Wtc[i]*Rk[i]/1000;
  end;
 For i:=1 to 4 do
  begin
  Ndc[i]:=(Mc[i]+Mms[i])*Wtc[i]/0.9;
  end;
 End;

 Begin
 v:=n+2;
 Vc[v]:=12;
 ntc[v]:=60000*Vc[v]/(Pi*Dk[v]);
 Wtc[v]:=ntc[v]*Pi/30;
 Vtc[12]:=Wtc[12]*Rk[12]/1000;
 ks[v]:=60000*Vc[v]/Pi;
 For i:=v-1 downto 5  do
  begin
  ks[i]:=ks[i+1]/muy[i+1];
  ntc[i]:=ks[i]/Dk[i];
  Wtc[i]:=Pi*ntc[i]/30;
  Vc[i]:=Pi*Dk[i]*ntc[i]/60000;
  Vtc[i]:=Wtc[i]*Rk[i]/1000;
```

```
  end;
 For i:=5 to v do
  begin
  Ndc[i]:=(Mc[i]+Mms[i])*Wtc[i]/0.9;
  end;
 End;

Begin
 Clrscr;
 Gotoxy(1,1);
 Write('_____________________________________________________');
 Writeln('_____________________________________');
 Write('|K |hinh |Muy  |ntc  | Vc  | a|  h  | b  | Ro  |');
 Writeln('t | p  | Pc  | Mc  | Ndc |');
 Write('|__|_____|_____|_____|_____|__|_____|_____|_____|');
 Writeln('__|_____|_____|_____|_____|');
 Write('|  |    |    | V/ph | mm | mm| mm  | mm  | mm  |');
 Writeln('mm|N/mm2| KN  |MN.mm| Kw  |');
 Write('|--|-----|-----|------|-----|--|-----|-----|-----|');
 Writeln('--|-----|------|-----|-----|');
 Begin
  For i:=1   to   z   do
   begin
   o:=2*i-1;
   v:=2*i;
   Write('|',o+5:2,'|Ovan |',Muy[o]:5:3,'|',ntc[o]:6:2,'|',Vc[o]:5:3);
   Write('|--|',h[o]:5:2,'|',b[o]:5:2,'|',R[o]:5:2,'|',t[o]:2:0);
   Writeln('|',p[o]:5:2,'|',Pc[o]:6:2,'|',Mc[o]:5:2,'|',Ndc[o]:5:1,'|');
   Write('|',v+5:2,'|Vuong|',Muy[v]:5:3,'|',ntc[v]:6:2,'|',Vc[v]:5:3);
   Write('|',a[v]:2:0,'|',h[v]:5:2,'|',b[v]:5:2,'|-----|',t[v]:2:0);
   Writeln('|',p[v]:5:2,'|',Pc[v]:6:2,'|',Mc[v]:5:2,'|',Ndc[v]:5:1,'|');
   Write('|--|-----|-----|------|-----|--|-----|-----|-----|');
   Writeln('--|-----|------|-----|-----|');
    end;
   o:=n+1;
   tt:=n+2;
   Write('|',o+5:2,'|Ovan |',Muy[o]:5:3,'|',ntc[o]:6:2,'|',Vc[o]:5:2);
   Write('|--|',h[o]:5:2,'|',b[o]:5:2,'|',R[o]:5:2,'|',t[o]:2:0);
   Writeln('|',p[o]:5:2,'|',Pc[o]:6:2,'|',Mc[o]:5:2,'|',Ndc[o]:5:1,'|');
   Write('|',tt+5:2,'|Tron |',Muy[tt]:5:3,'|',ntc[tt]:6:2,'|',Vc[tt]:5:2);
```

```
    Write('|--|',h[tt]:5:2,'|',b[tt]:5:2,'|-----|',t[tt]:2:0);
    Writeln('|',p[tt]:5:2,'|',Pc[tt]:6:2,'|',Mc[tt]:5:2,'|',Ndc[tt]:5:1,'|');
    Write('-----------------------------------------------');
    Writeln('---------------------------');
    End;
   End;
   Readln;
END.
```

I.5- Chương trình tính kéo căng và ảnh hưởng của kéo căng

```
{ ************************************************ ****
   CHƯƠNG TRÌNH TÍNH KÉO CĂNG VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA
        CỦA KÉO CĂNG TRÊN MÁY CÁN LIÊN TỤC
 ****************************************************}

PROGRAM   CTTKC;

   USES Crt;

   TYPE
      Mang= Array[0..20] of real;
   VAR
      Muy,Dh,Vc,a,h,Ftx,Dk,KC                : Mang;
      t,p,Pc,Mc,Mms,Ndc,b,Ro,ntc,wtc,Dtc     : Mang;
      o,v,i,n,z,tt,d                         : Integer;
      fms,Dct,Gt,Canhao,Khehoto              : Real;
      Kk                                     : Char;
      TenFile                                : String;
      Ff                                     : TEXT;
      Chon                                   : Integer;

   { ************************************************** }

     PROCEDURE  Menu;
       Begin
        Gotoxy(20,2);
        Writeln('***** - TINH KC, ANH HUONG VA PHU THUOC - ***** ');
        Writeln;
```

```
    Gotoxy(30,3);
    Writeln('1- Tinh KC & anh huong.');
    Gotoxy(30,4);
    Writeln('2- KC=f(Vc)          ');
    Gotoxy(30,5);
    Writeln('3- Ket thuc.         ');
    Gotoxy(20,6);
     Writeln('************************************** ');
    Gotoxy(30,7);
    Writeln(' An so de chon ! '); Read(Chon);
  End;


{ ************************************************** }

  PROCEDURE  Tinh_n(Var n1, d1, z1:Integer);

   Begin

     begin
      Case d of
       10:n:=12;
       12:n:=12;
       14:n:=10;
       16:n:=10;
       18:n:=08;
       20:n:=08;
       22:n:=06;
       25:n:=06;
      end;
    end;
   Readln;
    begin
      Case n of
       12:z:=6;
       10:z:=5;
       08:z:=4;
      end;
    end;
  End;
```

```
{ ************************************************** }

    PROCEDURE DlieuKC;
Begin

   If (d=10) then
  begin

 k,hinh,Muy,Dh,Vc,a,h,Ftx,Dk,t,p,Pc,Mc,Mms
 6,Ovan,1.387,25.73,1.342,--,53.75,4530.99,312.59, 8, 5.43,246.20,14.79,  2.7
 7,Vuong,1.345,21.58,1.806,48,61.43,2718.61,328.38, 5, 5.59,152.00, 8.41,  1.7
 8,Ovan,1.392,19.14,2.514,--,38.25,2932.10,327.81, 8, 6.76,198.10,10.44,  2.2
 9,Vuong,1.343,16.30,3.377,35,44.99,1699.15,339.71, 5, 6.82,115.83, 5.65,  1.3
 10,Ovan,1.401,14.12,1.115,--,27.28,1783.12,307.19, 7, 8.11,144.68, 6.32,  1.3
 11,Vuong,1.343,12.60,1.498,25,32.57,1040.34,315.37, 4, 8.13, 84.63, 3.50,  0.8
 12,Ovan,1.406,10.29,2.106,--,19.19,1122.26,316.62, 6, 9.85,110.56, 4.16,  1.0
 13,Vuong,1.336,10.12,2.814,19,23.72,684.27,319.31, 3, 9.90, 67.74, 2.53,  0.6
 14,Ovan,1.399,7.72,3.938,--,13.54,726.05,323.69, 4,11.99, 87.03, 2.86,  0.8
 15,Vuong,1.321,7.59,5.204,14,17.57,416.64,324.74, 3,11.79, 49.12, 1.60,  0.4
 16,Ovan,1.354,5.49,7.047,--,10.06,453.37,326.91, 3,14.15, 64.15, 1.78,  0.0
 17,Vuong,1.288,5.79,9.076,10,13.00,285.31,326.81, 2,14.07, 40.13, 1.15,  0.0
 18,Ovan,1.236,4.37,11.22,--, 8.00,319.18,325.29, 216.69, 53.28, 1.33,  0.0
 19|Tron |1.170,2.65,12.00,--,10.13,152.41,315.54, 2,14.32, 21.83, 0.42,  0.0

  end;

     If (d=12) then
  begin

 k,hinh,Muy,Dh,Vc,a,h,Ftx,Dk,t,p,Pc,Mc,Mms
 6,Ovan,1.333,23.61,1.470,--,56.54,4272.10,309.86, 8, 5.31,226.77,13.00,  2.5
 7,Vuong,1.306,19.20,1.921,49,63.74,2654.77,325.64, 5, 5.46,144.94, 7.55,  1.6
 8,Ovan,1.342,18.16,2.578,--,41.76,2896.78,324.31, 9, 6.53,189.24, 9.67,  2.1
 9,Vuong,1.310,15.04,3.377,37,47.60,1754.87,336.66, 5, 6.61,116.08, 5.42,  1.3
 10,Ovan,1.337,13.58,1.360,--,31.09,1819.75,303.09, 8, 7.73,140.59, 5.99,  1.3
 11,Vuong,1.303,11.65,1.773,28,36.41,1117.05,312.43, 4, 7.75, 86.52, 3.43,  0.8
 12,Ovan,1.345,10.74,2.385,--,22.77,1257.76,312.36, 6, 9.35,117.65, 4.51,  1.1
 13,Vuong,1.303,9.12,3.108,21,27.51,724.87,314.49, 4, 9.18, 66.53, 2.35,  0.6
 14,Ovan,1.337,8.02,4.157,--,16.78,827.05,318.04, 5,11.10, 91.83, 3.06,  0.8
```

15,Vuong,1.292,7.47,5.372,16,21.12,502.22,320.53, 3,10.90, 54.74, 1.76, 0.5
16,Ovan,1.290,5.68,6.932,--,13.09,528.65,321.05, 4,12.76, 67.46, 1.90, 0.0
17,Vuong,1.256,5.02,8.707,13,16.31,312.77,322.93, 3,12.30, 38.47, 1.02, 0.0
18,Ovan,1.181,5.37,10.28,--,10.00,444.91,320.62, 215.67, 69.71, 1.92, 0.1
19|Tron |1.167,3.78,12.00,--,12.16,217.91,318.26, 2,14.20, 30.93, 0.71, 0.0

end;

If (d=14) then
begin

k,hinh,Muy,Dh,Vc,a,h,Ftx,Dk,t,p,Pc,Mc,Mms
6,Ovan,1.353,24.47,1.425,--,55.43,4376.66,310.95, 8, 5.36,234.51,13.71, 2.6
7,Vuong,1.322,20.13,1.883,49,62.83,2681.35,326.73, 5, 5.51,147.76, 7.89, 1.6
8,Ovan,1.358,18.61,2.557,--,40.40,2922.13,325.69, 8, 6.62,193.51,10.03, 2.1
9,Vuong,1.321,15.45,3.377,36,47.06,1728.86,337.84, 5, 6.67,115.39, 5.47, 1.3
10,Ovan,1.364,14.09,1.992,--,29.52,1839.83,303.38, 7, 7.91,145.52, 6.33, 1.3
11,Vuong,1.322,12.15,2.633,27,34.87,1092.71,313.65, 4, 7.91, 86.40, 3.50, 0.8
12,Ovan,1.367,10.62,3.600,--,21.31,1208.03,315.24, 6, 9.55,115.40, 4.40, 1.0
13,Vuong,1.317,9.26,4.741,20,25.97,688.03,316.46, 4, 9.39, 64.63, 2.30, 0.6
14,Ovan,1.360,7.75,6.450,--,15.43,772.58,320.28, 5,11.38, 87.91, 2.88, 0.1
15,Vuong,1.304,7.52,8.413,15,19.66,467.45,322.28, 3,11.23, 52.50, 1.70, 0.0
16,Ovan,1.206,6.41,10.15,--,12.00,570.00,319.57, 213.71, 78.14, 2.35, 0.1
17|Tron |1.182,4.17,12.00,--,14.18,266.55,316.61, 2,12.39, 33.02, 0.80, 0.0

end;

If (d=16) then
begin

k,hinh,Muy,Dh,Vc,a,h,Ftx,Dk,t,p,Pc,Mc,Mms
6,Ovan,1.308,22.52,1.543,--,57.95,4139.08,308.48, 8, 5.24,217.09,12.14, 2.4
7,Vuong,1.287,18.07,1.986,50,64.88,2618.55,324.26, 5, 5.40,141.30, 7.13, 1.6
8,Ovan,1.317,17.59,2.615,--,43.60,2873.23,322.48, 9, 6.42,184.55, 9.27, 2.0
9,Vuong,1.291,14.34,3.377,38,49.35,1774.13,335.04, 5, 6.51,115.41, 5.26, 1.3
10,Ovan,1.312,13.39,2.211,--,33.07,1851.54,301.17, 8, 7.56,140.01, 5.91, 1.3
11,Vuong,1.286,10.66,2.842,30,38.40,1095.09,310.86, 5, 7.51, 82.20, 3.10, 0.7
12,Ovan,1.318,10.43,3.747,--,24.71,1275.66,308.82, 7, 9.03,115.23, 4.34, 1.0
13,Vuong,1.286,8.93,4.820,23,29.54,771.86,315.79, 4, 8.92, 68.88, 2.40, 0.6

```
14,Ovan,1.322,8.10,6.371,--,18.50,874.36,317.95, 6,10.71, 93.68, 3.13,  0.1
15,Vuong,1.284,7.56,8.180,17,22.22,554.14,318.49, 3,10.65, 59.02, 1.91,  0.0
16,Ovan,1.387,7.81,11.35,--,13.00,687.17,325.23, 313.56, 93.15, 3.08,  0.1
17|Tron |1.058,3.79,12.00,--,16.21,289.74,310.47, 3,11.39, 33.01, 0.76,  0.0

  end;

     If (d=18) then
  begin

k,hinh,Muy,Dh,Vc,a,h,Ftx,Dk,t,p,Pc,Mc,Mms
6,Ovan,1.370,25.79,1.381,--,56.36,4640.31,309.95, 8, 5.36,248.74,14.91,  2.7
7,Vuong,1.334,21.50,1.842,50,64.19,2827.34,326.14, 5, 5.52,156.08, 8.60,  1.7
8,Ovan,1.375,19.44,2.533,--,40.59,3056.63,325.55, 8, 6.64,203.08,10.76,  2.2
9,Vuong,1.333,16.36,3.377,37,47.53,1796.39,337.92, 5, 6.71,120.45, 5.87,  1.3
10,Ovan,1.382,14.55,3.261,--,29.31,1894.35,303.99, 7, 7.96,150.73, 6.67,  1.4
11,Vuong,1.333,12.73,4.348,27,34.80,1116.86,313.99, 4, 7.97, 88.98, 3.69,  0.8
12,Ovan,1.386,10.82,6.027,--,20.89,1221.58,316.44, 6, 9.64,117.74, 4.54,  0.1
13,Vuong,1.328,9.64,8.001,20,25.62,692.27,317.21, 4, 9.50, 65.79, 2.39,  0.0
14,Ovan,1.334,8.88,10.68,--,15.00,849.75,321.16, 311.90,101.11, 3.56,  0.1
15|Tron |1.124,4.93,12.00,--,18.23,370.67,310.87, 3,10.45, 38.74, 1.01,  0.0

  end;

     If (d=20) then
  begin

k,hinh,Muy,Dh,Vc,a,h,Ftx,Dk,t,p,Pc,Mc,Mms
6,Ovan,1.329,24.19,1.494,--,58.74,4444.99,307.61, 8, 5.27,234.10,13.56,  2.6
7,Vuong,1.304,19.58,1.949,51,65.38,2778.81,323.82, 5, 5.43,150.83, 7.92,  1.7
8,Ovan,1.331,18.46,2.593,--,43.73,3004.63,322.46, 9, 6.45,193.87, 9.97,  2.1
9,Vuong,1.302,15.10,3.377,39,49.72,1833.79,335.20, 5, 6.53,119.77, 5.60,  1.3
10,Ovan,1.330,13.95,3.488,--,32.69,1912.72,301.60, 8, 7.63,145.89, 6.29,  1.3
11,Vuong,1.299,11.28,4.531,29,38.20,1120.31,311.33, 5, 7.58, 84.89, 3.30,  0.8
12,Ovan,1.337,10.71,6.057,--,24.09,1293.15,310.23, 7, 9.14,118.22, 4.51,  0.1
13,Vuong,1.299,9.34,7.869,22,29.01,774.67,316.35, 4, 9.04, 70.05, 2.50,  0.1
14,Ovan,1.339,9.94,10.54,--,17.00,1002.52,318.96, 311.52,115.49, 4.29,  0.1
15|Tron |1.138,5.33,12.00,--,20.26,427.20,309.52, 3,10.14, 43.33, 1.17,  0.0
```

```
  end;

     If (d=22) then
  begin

 k,hinh,Muy,Dh,Vc,a,h,Ftx,Dk,t,p,Pc,Mc,Mms
 6,Ovan,1.420,27.54,1.267,--,53.91,4857.86,312.30, 8, 5.46,265.41,16.49, 2.9
 7,Vuong,1.368,23.69,1.733,48,62.12,2878.28,328.56, 5, 5.63,162.19, 9.40, 1.8
 8,Ovan,1.427,20.08,2.474,--,37.51,3053.43,328.60, 8, 6.83,208.52,11.26, 2.3
 9,Vuong,1.365,17.62,3.377,34,44.52,1748.08,340.61, 5, 6.91,120.84, 6.13, 1.3
 10,Ovan,1.438,14.45,5.707,--,26.14,1795.37,309.51, 7, 8.24,147.96, 6.54, 0.1
 11,Vuong,1.363,13.39,7.781,25,31.52,1037.92,316.40, 4, 8.30, 86.19, 3.67, 0.1
 12,Ovan,1.341,10.97,10.43,--,19.00,1161.05,318.70, 310.11,117.43, 4.57, 0.1
 13|Tron |1.150,5.74,12.00,--,22.29,486.30,308.10, 3, 8.98, 43.67, 1.22, 0.0
end;

     If (d=25) then
  begin


 k,hinh,Muy,Dh,Vc,a,h,Ftx,Dk,t,p,Pc,Mc,Mms
 6,Ovan,1.352,25.17,1.432,--,57.47,4566.30,308.84, 8, 5.32,242.97,14.37, 2.7
 7,Vuong,1.321,20.63,1.892,50,64.34,2809.82,325.05, 5, 5.48,154.08, 8.31, 1.7
 8,Ovan,1.354,18.94,2.561,--,42.08,3022.30,324.10, 9, 6.55,197.90,10.33, 2.2
 9,Vuong,1.319,15.73,3.377,38,48.15,1814.34,336.65, 5, 6.63,120.26, 5.74, 1.3
 10,Ovan,1.353,14.08,5.874,--,30.94,1879.71,303.30, 8, 7.77,146.07, 6.34, 0.1
 11,Vuong,1.315,12.23,7.723,28,36.42,1144.70,312.72, 4, 7.80, 89.26, 3.62, 0.1
 12,Ovan,1.288,12.11, 9.95,--,22.00,1396.35,312.41, 4 9.68,135.20, 5.51, 0.1
 13|Tron |1.206,7.27,12.00,--,25.33,619.73,306.37, 4, 8.93, 55.32, 1.74, 0.0

  end;

 End;

 { ************************************************** }
     PROCEDURE  Tinh_KC&ahKC(n:Integer;
           Muy,Dh,Vc,h,Dk:Mang; Var KC,p,Pc,Mc,Ndc:Mang);
  Var
   Kca,Kcb,Kcac,Kcas  : Mang;
   Kct,Kcm            : Real;
```

```
  ho,Vo                  : Mang;
  i                      : Integer;

Begin

   h[0]:=1.414*Canhao-Khehoto;

      For i:=1 to 4 do
       begin
        ho[i]:=h[i-1];
        Vo[i]:=Vc[i]/muy[i];
        kca[i]:=1.414*sqrt(h[i]/Dk[i])*Ln(ho[i]/h[i]);
        kcb[i]:=0.05*sqrt(h[i]/Dk[i]);
        kcas[i]:=sin(kca[i]);
        kcac[i]:=cos(kca[i]);
       end;
    For i:=1 to 3 do
      begin

       kct:=(Vo[i+1]*h[i+1]*(1+sqrt(h[i]/ho[i])*kcac[i]+kcas[i]*
           sqrt(Dh[i]/ho[i]))/Vo[i]*h[i])- sqrt(h[i+1]/ho[i+1])*kcac[i+1]
           -kcas[i+1]*sqrt(Dh[i+1]/ho[i+1])-1;
       kcm:=(kcb[i]*Vo[i+1]*h[i+1]*(sqrt(Dh[i]/ho[i])*kcac[i]-kcas[i]*
           sqrt(h[i]/ho[i]))/Vo[i]*h[i])+kcb[i+1]*(sqrt(Dh[i+1]/ho[i+1])*
           kcac[i+1]-kcas[i+1]*sqrt(h[i+1]/ho[i+1]));
  KC[i]:=K*kct/kcm;

     end;

Begin
 v:=n+2;
 h[4]:=1.414*a[4]-t[4];
 Vo[0]:=Vc[5]/muy[5];
   For i:=5 to v do
      begin
       ho[i]:=h[i-1];
       Vo[i]:=Vc[i]/muy[i];
       kca[i]:=1.414*sqrt(h[i]/Dk[i])*Ln(ho[i]/h[i]);
       kcb[i]:=0.05*sqrt(h[i]/Dk[i]);
       kcas[i]:=sin(kca[i]);
```

```
    kcac[i]:=cos(kca[i]);
    end;
  For i:=5 to v-1 do
    begin
     kct:=(Vo[i+1]*h[i+1]*(1+sqrt(h[i]/ho[i])*kcac[i]+kcas[i]*
        sqrt(Dh[i]/ho[i]))/Vo[i]*h[i])-sqrt(h[i+1]/ho[i+1])*kcac[i+1]
        -kcas[i+1]*sqrt(Dh[i+1]/ho[i+1])-1;
     kcm:=(kcb[i]*Vo[i+1]*h[i+1]*(sqrt(Dh[i]/ho[i])*kcac[i]-kcas[i]*
        sqrt(h[i]/ho[i]))/Vo[i]*h[i])+kcb[i+1]*(sqrt(Dh[i+1]/ho[i+1])*
        kcac[i+1]-kcas[i+1]*sqrt(h[i+1]/ho[i+1]));
  KC[i]:=K*kct/kcm;
    end;
 End;

 { *********** ***
                    - Anh huong cua KC -
                                        **************** }

 Begin
  For i:=1 to z do
   begin
    o:=2*i-1;
    v:=2*i;
     If i<z then
       fms:=0.05
       Else  fms:=0.004;
     If i<3 then
       begin
        Dtc[1]:=350;
        Dct:=0.22;
       end
        else
       begin
        Dtc[1]:=320;
        Dct:=0.18;
       end;
     p[o]:=p[o]*(1-0.036*KC[o]);
     Pc[o]:=Ftx[o]*p[o]/100;
     Mc[o]:=2*Pc[o]*0.475*Sqrt((Dk[o]/2)*Dh[o])/1000;
     Mms[o]:=Dct*Pc[o]*fms;
```

```
      Ndc[o]:=(Mc[o]+Mms[o])*(2000*Vc[o]/Dk[o])/0.9;
      p[v]:=p[v]*(1-0.07*KC[v]);
      Pc[v]:=Ftx[v]*p[v]/100;
      Mc[v]:=2*Pc[v]*0.475*Sqrt((Dk[v]/2)*Dh[v])/1000;
      Mms[v]:=Dct*Pc[v]*fms;
      Ndc[v]:=(Mc[v]+Mms[v])*(2000*Vc[v]/Dk[v])/0.9;
    end;
  End;
  Begin
     i:=z+1;
     o:=2*i-1;
     tt:=2*i;
     KC[tt]:=0.0000;
      p[o]:=p[o]*(1-0.036*KC[o]);
      Pc[o]:=Ftx[o]*p[o]/100;
      Mc[o]:=2*Pc[o]*0.475*Sqrt((Dk[o]/2)*Dh[o])/1000;
      Mms[o]:=0.18*Pc[o]*0.004;
      Ndc[o]:=(Mc[o]+Mms[o])*(2000*Vc[o]/Dk[o])/0.9;
      p[tt]:=p[tt]*(1-0.07*KC[tt]);
      Pc[tt]:=Ftx[tt]*p[tt]/100;
      Mc[tt]:=2*Pc[tt]*0.475*Sqrt((Dk[tt]/2)*Dh[tt])/1000;
      Mms[tt]:=0.18*Pc[tt]*0.004;
      Ndc[tt]:=(Mc[tt]+Mms[tt])*(2000*Vc[tt]/Dk[tt])/0.9;
  End;
  Readln;
Begin

    Writeln(Ff,'k,hinh,Muy,Dh,Vc,h,Ftx,Dk,KC,p,Pc,Mc,Ndc');
      For i:=1 to n do
          begin
          o:=2*i-1;
          v:=2*i;
          KC[4]:=0.0000;
   Write(Ff,o+5:2,',Ovan,',Muy[o]:5:3,',',Dh[o]:4:2,',',Vc[o]:5:3);
   Write(Ff,',',h[o]:5:2,',',Ftx[o]:5:2,',',Dk[o]:5:2,',',KC[o]:2:4);
   Writeln(Ff,',',p[o]:5:2,',',Pc[o]:6:2,',',Mc[o]:5:2,',',Ndc[o]:5:1);
   Write(Ff,v+5:2,',Vuong,',Muy[v]:5:3,',',Dh[v]:4:2,',',Vc[v]:5:3);
   Write(Ff,',',h[v]:5:2,',',Ftx[v]:5:2,',',Dk[v]:5:2,',',KC[v]:2:4);
   Writeln(Ff,',',p[v]:5:2,',',Pc[v]:6:2,',',Mc[v]:5:2,',',Ndc[v]:5:1);
          end;
          o:=n+1;
          tt:=n+2;
    Write(Ff,o+5:2,',Ovan,',Muy[o]:5:3,',',Dh[o]:4:2,',',Vc[o]:5:2);
```

```
  Write(Ff,',',h[o]:5:2,',',Ftx[o]:5:2,',',Dk[o]:5:2,',',KC[o]:2:4);
  Writeln(Ff,',',p[o]:5:2,',',Pc[o]:6:2,',',Mc[o]:5:2,',',Ndc[o]:5:1);
  Write(Ff,tt+5:2,'|Tron |',Muy[tt]:5:3,',',Dh[tt]:4:2,',',Vc[tt]:5:2);
  Write(Ff,',',h[tt]:5:2,',',Ftx[tt]:5:2,',',Dk[tt]:5:2,',',KC[tt]:2:4);
  Writeln(Ff,',',p[tt]:5:2,',',Pc[tt]:6:2,',',Mc[tt]:5:2,',',Ndc[tt]:5:1);

    End;

 Readln;

End; { of Procedure }

 { ************************************************** }

    PROCEDURE Ahuong_Vc;

  Var
   Xo,tg,Sinson   : Real;

  Procedure Simson(Xo:real; var Simson:real);
   Var
    i,k,n       : Integer;
    x,y         : Mang;
    Po,Go       : Real;
  Begin
    n:=6;
   x[1]:=666; x[2]:=680; x[3]:=700; x[4]:=720; x[5]:=740; x[6]:=760;
   y[1]:=1.04; y[2]:=1.00; y[3]:=0.96; y[4]:=0.92; y[5]:=0.89; y[6]:=0.86;

   Po:=0.0;
    For k:=1 to n do
     begin
      Go:=1.0;
       for i:=1 to n do
        if i<>k then
         Go:=Go*(Xo-x[i])/(x[k]-x[i]);
         Po:=Po+y[k]*Go;
     end;
   Simson:=Po;
  End;

 Begin
   Writeln(' ':18,'CHUONG TRINH TINH KC
```

```
                                    PHU THUOC TOC DO ');
  Writeln(' ':10,'Tinh KC=f(Vc) cho d=16, Gia can K15-16');
  Write(' ':10,'Donnez la velocite Xo: ');
  Readln(Xo);
 Begin
   Writeln(' Calculer la valeur y avec x=Xo donne ');
   Simson(Xo,Sinson);
   Writeln('La valeur y: ',Sinson);
   tg:=Sinson;
     begin
       tg:=-0.00001*tg*Xo*Xo+0.00668*Xo+2.28804;
     end;
  End;

 Begin
   Writeln('Ket qua keo cang la: ');
   Write(tg:6:5,' ');
   Writeln;
 End;
 Readln;
End;


{ ***************************************************** }


 BEGIN
  Clrscr;

     Menu;
     Case chon of
      1:Begin
        Write(' Donnez le diametre de la production d= ' ); Readln(d);
        Tinh_n(n,d,z);
        DlieuKC;
        Tinh_KC(n,Muy,Dh,Vc,h,Dk,KC,p,Pc,Mc,Ndc);
        End;
      2:Ahuong_Vc;
      3:Exit;
     End;

 END.
```

I.6- Chương trình tính công nghệ cán thép góc

```
                    PROGRAM CNTHEPGOC;
{ *****************
            CHƯƠNG TRÌNH TÍNH CÔNG NGHỆ CÁN
                        THÉP GÓC
                                          ****************** }
Uses Crt;
Type
  Mang=Array[0..10] of Real;
Var
  F,Tc,hd,b,Muy,Anfa,Dtr,h,t                  : Mang;
  hdo,lo,Rbo,ro,bbf,bbff,hfoi,Bfoit,Bfoin     : Real;
  i,n,k,z                                     : Integer;
  Nuy,Lc,Lfc,Lch,Lr,Rc,Rk,Rbh,Rb,Rbn,Phi      : Mang;
  r,hh,bb,hhmax,p,Pc,Mt,Mc,Fms,Mms,Mkt,x      : Mang;
  Ftx,Vc,ntc,Wtc,ks,Ndc,rcc,Dk                : Mang;
  TT,Tch,Dct,s,bfoi,Muytich                   : Real;
  Cc                                          : Char;
  TenFile                                     : String;
  Ff                                          : TEXT;

      { ********************************************** }

Procedure Tinhbb(hh,hd,Dtr:mang;Var bb:Mang);
  Var
     bbf,bbff  : Real;
     i         : Integer;
  Begin
    If i=2 then
      begin
       bb[i]:=0.7*0.35*0.5*hh[i]*Sqrt(0.5*Dtr[i]*hh[i])/hd[i+1];
      end;

    If (i=3) or (i=4) then
      begin
        bb[i]:=0.8*0.35*0.5*hh[i]*Sqrt(0.5*Dtr[i]*hh[i])/hd[i+1];
      end;
    End;
```

```
{ ******************************************** }

    Procedure CacdoanL(Lc:Mang; Lch,Lfc, Var Lr:Mang);

 Var
   i: Integer;

 Begin
   If  (i=2) or (i=3) then
    begin
      Lch[i]:=0.5*Lc[i];
      Lfc[i]:=0.4*Lc[i];
      Lr[i]:=0.1*Lc[i];
    end
   else
    begin
      Lch[i]:=0.4*Lc[i];
      Lfc[i]:=0.4*Lc[i];
      Lr[i]:=0.2*Lc[i];
    end;
End;

{ ************************************************ }

    Procedure TinhP_M(Tch:real;F,Tc,hd,B,Rk,hh:Mang;
                      Muy,P,Pc,Mt,Mc:Mang);

Var
    Ftx,Mms,Mkt   : Mang;
    i             : Integer;
 Begin
  For i:=1 to 5 do

   Begin
    Muy[i]:=F[i+1]/F[i];
    Ftx[i]:=0.5*(B[i]+B[i+1])*Sqrt(Rk[i]*hh[i]);
    If Tc[i]>(Tch-575) then
     begin
       p[i]:=45*((Tch-Tc[i]-75)/1500)*(1+0.42*(2*Sqrt(Rk[i]*hh[i])/
           (hd[i]+hd[i+1])-1));
```

```
    end
    else
     begin
      p[i]:=45*((Tch-Tc[i])/1000)*((Tch-Tc[i])/
                        1000)*(1+0.42*(2*
                         Sqrt(Rk[i]*hh[i])/(hd[i]+hd[i+1])-1));
     end;

   Pc[i]:=Ftx[i]*p[i]/1000;
   Mc[i]:=Pc[i]*Sqrt(Rk[i]*hh[i])/1000;
   Mms[i]:=0.235*Pc[i]*0.004;
   Mkt[i]:=0.05*Mc[i];
   Mt[i]:=(Mc[i]+Mms[i]+Mkt[i])/0.92;
  End;
 End;
        { ************************************************ }

BEGIN
  Clrscr;
  Gotoxy(22,2);
  Write('CHUONG TRINH TINH CONG NGHE CAN HINH ');
  Gotoxy(36,3);
  Write('THEP GOC');
  Tch:=1400;
  TT:=25;
  Tc[0]:=975;
  Gotoxy(15,4);
  Writeln('****************************************');
  Write('Cho chieu rong canh goc lo=50.6 hoaclo=');
  Readln(lo);
  Write('Cho chieu day trung binh cua san fam =4 hoac hdo=');
  Readln(hdo);
  Write('Cho ban kinh luon tai dinh LH fia trong =5.5 hoac Rbo=');
  Readln(Rbo);
  Write('Cho ban kinh luon o chan LH =1.8 hoac ro=');
  Readln(ro);
  Nuy[1]:=1.30; Nuy[2]:=1.45; Nuy[3]:=1.60; Nuy[4]:=1.65;  Nuy[5]:=1.80;
  t[1]:=2; t[2]:=3; t[3]:=4; t[4]:=5; t[5]:=6; t[6]:=6;
  Dtr[1]:=280; Dtr[2]:=280; Dtr[3]:=360; Dtr[4]:=400; Dtr[5]:=400;
  Dtr[6]:=400;
```

```
{ ********************************************** }

Begin
 Muytich:=1;
 For i:=5 downto 1 do
    Muytich:=Muytich*Nuy[i];
End;

Begin
 i:=1;
 hd[i]:=hdo;
 Lc[i]:=1.012*lo;
 B[i]:=2*Lc[i]*sin(Pi*45/180);
 H[i]:=B[i]/2;
 F[i]:=Lc[i]*hd[i]+(Lc[i]-hd[i])*hd[i];
 Rb[i]:=Rbo;
 r[i]:=ro;
 Tc[i]:=Tc[0]+TT;
 Rk[i]:=0.5*(Dtr[i]-F[i]/B[i]);
 hd[i+1]:=Nuy[i]*hd[i];
 hh[i]:=hd[i+1]-hd[i]+0.3175;
 s:=Sqrt(0.5*Dtr[i]*hh[i]);
 writeln('s=',s);
 bbf:=0.35*0.5*hh[i]*s/hd[i+1];
 writeln('bbf=',bbf:4:1);
 bbff:=0.01*Lc[i];
 bb[i]:=bbf+bbff;
 X[i]:=0.0;
 Rc[i]:=0.0;
 writeln('Gia tri bb[',i,']=',bb[i]:4:1);
 readln;
End;

FOR i:=2 to 5 do
Begin
 Anfa[1]:=85;
 hd[i+1]:=Nuy[i]*hd[i];
 hh[i]:=hd[i+1]-hd[i];
 bb[i]:=0.8*0.35*0.5*hh[i]*Sqrt(0.5*Dtr[i]*hh[i])/hd[i+1];
 Tinhbb(hh,hd,Dtr,bb);
```

```
writeln('bb=',bb[i]:4:1);
Lc[i]:=Lc[i-1]-bb[i-1];
CacdoanL(Lc,Lch,Lfc,Lr);
writeln('Lch[',i,']=',Lch[i]:4:1);
Rc[i]:=2.4*Lc[i]/Pi;
Rbh[i]:=Rc[i]-hd[i]/2;
Anfa[i]:=Anfa[i-1]+10;
X[i]:=Lch[i]*sin(0.5*(Pi*Anfa[i]/180))+Rc[i]*
        cos(0.5*(Pi*Anfa[i]/180));
Phi[i]:=90-(0.5*Anfa[i]+30);
B[i]:=2*(X[i]-Rc[i]*sin(Pi*Phi[i]/180)+Lr[i]);
H[i]:=0.5*hd[i]*(1+sin(0.5*(Pi*Anfa[i]/180)))/sin(0.5*(Pi*
          Anfa[i]/180))
    +Lch[i]*cos(0.5*(Pi*Anfa[i]/180))+Rc[i]*(cos(Pi*phi[i]/180)
    -sin(0.5*(Pi*Anfa[i]/180)));
Rb[i]:=Rb[i-1]*Nuy[i-1];
If Odd(i) then r[i]:=hh[i-1]
  else  r[i]:=r[i-1]+hh[i-1];
F[i]:=2*Lc[i]*hd[i];
Rk[i]:=0.5*(Dtr[i]-F[i]/B[i]);
Tc[i]:=Tc[i-1]+TT;
Writeln('r[',i,']=',r[i]:4:1);
End;

      { ****************** Tinh phoi  ********************** }

Begin

    for i:=1 to n-1 do
       begin
     if (i=2) or (i=5) then
          begin
            b[i]:=h[i];
            f[i]:=sqr(h[i]);
            M[i]:=f[i-1]/f[i];
            hh[i]:=b[i-1]-h[i];
            bb[i]:=b[i]-h[i-1];
            dlv[i]:=(d2-h[i]);
            hhmax[i]:=0.5*dlv[i]*sqr(fa);
            bblt[i]:=1.15*hh[i]/(2*b[i-1])*
```

```
            (sqrt(dlv[i]/2*hh[i])-hh[i]/(2*fa));
            bk1[i]:=1.0*h[i-1];
            bk2[i]:=bk1[i]+1.5*bb[i];
            t[i]:=0.01*d2;
            g[i]:=(bk2[i]-bk1[i])/(h[i]-t[i]);
            Fi[i]:=arctan(g[i]);
            Fi[i]:=Fi[i]*180/3.14159;
            r1[i]:=0.15*h[i-1];
            r2[i]:=0.1*h[i-1];
          end
else
          begin
            f[i]:=f[i-1]/M[i];
            b[i]:=f[i]/h[i];
            hh[i]:=h[i-1]-h[i];
            bb[i]:=b[i]-b[i-1];
            dlv[i]:=(d2-h[i]);
            hhmax[i]:=0.5*dlv[i]*sqr(fa);
            bblt[i]:=1.15*hh[i]/(2*h[i-1])*
            (sqrt(dlv[i]/2*hh[i])-hh[i]/(2*fa));
            bk1[i]:=1.0*b[i-1];
            bk2[i]:=bk1[i]+1.5*bb[i];
            t[i]:=0.01*d2;
            g[i]:=(bk2[i]-bk1[i])/(h[i]-t[i]);
            Fi[i]:=arctan(g[i]);
            Fi[i]:=Fi[i]*180/3.14159;
            r1[i]:=0.15*b[i-1];
            r2[i]:=0.1*b[i-1];
          end;
  end;
            i:=n;
            h[i]:=hr[0];
            b[i]:=b3[0];
            f[i]:=hr[0]*b3[0];
            M[i]:=f[i-1]/f[i];
            hh[i]:=h[i-1]-h[i];
            bb[i]:=b[i]-b[i-1];
            dlv[i]:=(d2-h[i]);
            hhmax[i]:=0.5*dlv[i]*sqr(fa);
            bblt[i]:=1.15*hh[i]/(2*h[i-1])*(sqrt(dlv[i]
```

```
            /2*hh[i])-hh[i]/(2*fa));
            bk1[i]:=1.0*b[i-1];
            bk2[i]:=bk1[i]+1.5*bb[i];
            t[i]:=0.01*d2;
            g[i]:=(bk2[i]-bk1[i])/(h[i]-t[i]);
            Fi[i]:=arctan(g[i]);
            Fi[i]:=Fi[i]*180/3.14159;
            r1[i]:=0.15*b[i-1];
            r2[i]:=0.1*b[i-1];
            Tc2[n]:=1000;
    for i:=n downto 1 do
        begin
        f[i-1]:=f[i]*M[i];
       Vc2[i]:=600*pi*dlv[i]/4.8655/60;
       Tc2[i-1]:=Tc2[i]+TT;
     if Tc2[i]>(Tch-575) then
     p[i]:=42*((Tch-Tc2[i]-75)/1500)*
     (1+0.33*(2.0*sqrt(0.5*dlv[i]*hh[i])/(h[i]+h[i-1])-1))
    else
     p[i]:=42*sqr((Tch-Tc2[i])/1000)*
     (1+0.33*(2.0*sqrt(0.5*dlv[i]*hh[i])/(h[i]+h[i-1])-1));
     Ftx[i]:=0.5*(b[i]+b[i-1])*sqrt(0.5*dlv[i]*hh[i]);
     Pc[i]:=Ftx[i]*P[i];
     Mc[i]:=Pc[i]*Sqrt(Rk[i]*hh[i])/1000;
     Mms[i]:=0.235*Pc[i]*0.004;
     Mkt[i]:=0.05*Mc[i];
     Mt[i]:=(Mc[i]+Mms[i]+Mkt[i])/0.92;

      end;

  hd[i]:=hd[i-1]*Nuy[i-1];
  hh[i-1]:=hd[i]-hd[i-1];
  Fms[i-1]:=1.0*0.90*1.0*(1.05-0.0005*Tc[i-1]);
  bb[i-1]:=1.15*0.5*hh[i-1]*(Sqrt(Rk[i-1]*hh[i-1])
       -0.5*hh[i-1]/Fms[i-1])/hd[i];
  Tc[i]:=Tc[i-1]+TT;
  Fms[i]:=1.0*0.90*1.0*(1.05-0.0005*Tc[i]);
  Rk[i]:=0.5*(Dtr[i]+t[i]-hd[i]);
  hhmax[i]:=2*Rk[i]*(1-1/Sqrt(1+Fms[i]*Fms[i]));
  H[i]:=hd[i]+hhmax[i];
```

```
 bb[i]:=1.15*0.5*hhmax[i]*(Sqrt(Rk[i]*hhmax[i])
        -0.5*hhmax[i]/Fms[i])/h[i];
 Bfoit:=H[i];
 Hfoi:=hdo*Muytich;
 Bfoi:=B[i-1]-bb[i-1];
 Bfoin:=Bfoit+1.5*bb[i];
 B[i]:=Bfoit+bb[i];
 {F[i]:=hd[i]*B[i];}
 F[i]:=Hfoi*Bfoi;
 Rb[i]:=0.15*H[i];
 r[i]:=0.10*H[i];
End;

      { ****************  Tinh nang luong  **************** }

TinhP_M(Tch,F,Tc,hd,b,Rk,hh,Muy,P,Pc,Mt,Mc);

Begin
 Vc[1]:=10;
 Dk[1]:=2*Rk[1];
 ntc[1]:=60000*Vc[1]/Dk[1]*Pi;
 Wtc[1]:=ntc[1]*Pi/30;
 For i:=2 to 5 do
  begin
   Wtc[i]:=Wtc[i-1]/Muy[i-1];
   Vc[i]:=Vc[i-1]/Muy[i-1];
  end;
 For i:=1 to 5 do
  begin
   Ndc[i]:=Mt[i]*Wtc[i];
  end;
End;

BEGIN
 Clrscr;
 Gotoxy(17,1);
 Writeln( 'KET QUA TINH TOAN CAC TSCN VA
                        NANG LUONG ');
 Gotoxy(22,2);
 Write( '****************************');
```

```
 Gotoxy(1,3);
 Write('-------------------------------------------------------');
 Writeln('--------------------');
 Gotoxy(1,4);
 Write('|k|Muy | H  | B  | hd | Lc  | Rc  | hh | bb | Rk  | Vc |');
 Write(' p   | Pc | Mc | Ndc |');
 Gotoxy(1,5);
 Write('|--|-- ---|-----|---|---|------|------|---|---|------|-----|');
 Write('-------|-----|-----|----|');
 Gotoxy(1,6);
 Write('|-| -  | mm | mm | mm |  mm  | mm | mm | mm  | m/s|');
 Write('kg/mm2| T  | Tm |  Kw |');
 Gotoxy(1,7);
 Write('|-|----|----|----|----|-----|-----|----|----|-----|----|');
 Writeln('------|----|----|-----|');

 Begin
  i:=1;
 Write('|',i:1,'|',Muy[i]:4:2,'|',h[i]:4:1,'|',b[i]:4:1,'|',hd[i]:4:1);
 Write('|',Lc[i]:5:2,'|',Rc[i]:5:2,'|',(hh[i]-0.317):4:1,'|',bb[i]:4:1,'|');
 Write('',Rk[i]:5:1,'|',Vc[i]:4:1,'|',p[i]:6:2,'|',Pc[i]:4:1,'|',Mc[i]:4:1);
 Writeln('|',Ndc[i]:5:1);
 Write('|-|----|----|----|----|-----|-----|----|----|-----|----|');
 Writeln('------|----|----|-----|');
 End;
For i:=2 to 5 do
 Begin
 Write('|',i:1,'|',Muy[i]:4:2,'|',h[i]:4:1,'|',b[i]:4:1,'|',hd[i]:4:1);
 Write('|',Lc[i]:5:2,'|',Rc[i]:5:2,'|',hh[i]:4:1,'|',bb[i]:4:1,'|');
 Write('',Rk[i]:5:1,'|',Vc[i]:4:1,'|',p[i]:6:2,'|',Pc[i]:4:1,'|',Mc[i]:4:1);
 Writeln('|',Ndc[i]:5:1);
 Write('|-|----|----|----|----|-----|-----|----|----|-----|----|');
 Writeln('------|----|----|-----|');
 End;
Readln;
Writeln('        END  *
                                    END  *
                                                END  *          ');
END;
```

```
 Begin
 Clrscr;
 Writeln;
ASSIGN(Ff,TenFile):
 Rewrite(Ff);
  Writeln(Ff,'                                        ');
  Writeln(Ff,'                  ****** KET QUA TINH TOAN ****** ');
  Writeln(Ff,'                     ---------------------      ');
  Writeln(Ff,'   ******** CAC TSCN VA NANG LUONG CAN
                                    THEP GOC  *********');
  Readln(Ff,'k,Muy,h,b,Lc,Rc,hh,bb,Rk,Vc,p,Pc,Mc,Ndc');

   Begin
   i:=1;
  Write(Ff,i:1,',',Muy[i]:4:2,',',h[i]:4:1,',',b[i]:4:1,',',hd[i]:4:1);
  Write(Ff,',',Lc[i]:5:2,',',Rc[i]:5:2,',',(hh[i]-0.317):4:1,',',bb[i]:4:1);
  Write(Ff,',',Rk[i]:5:1,',');
  Write(Ff,Vc[i]:4:1,',',p[i]:4:1,',',Pc[i]:4:1,',',Mc[i]:4:1);
  Writeln(Ff,',',Ndc[i]:5:1);
   End;
   For i:=2 to 5 do
   Begin
  Write(Ff,i:1,',',Muy[i]:4:2,',',h[i]:4:1,',',b[i]:4:1,',',hd[i]:4:1);
  Write(Ff,',',Lc[i]:5:2,',',Rc[i]:5:2,',',hh[i]:4:1,',',bb[i]:4:1);
  Write(Ff,',',Rk[i]:5:1,',');
  Write(Ff,Vc[i]:4:1,',',p[i]:4:1,',',Pc[i]:4:1,',',Mc[i]:4:1);
  Writeln(Ff,',',Ndc[i]:5:1);
   End;
 Close(Ff);
 End;
 Readln;
 End;
END.
```

CHƯƠNG II

THUẬT TOÁN TÍNH CÔNG NGHỆ CÁN TẤM

II.1- Thuật toán tính áp lực kim loại lên trục

Như ta đã biết, theo công thức (III.124), áp lực cán toàn phần tác dụng lên một trục cán hoặc lực cán là:

$$P_c = p_{cp} b l_c$$

Trên hình 21 là sơ đồ thuật toán (SK-1). Sơ đồ thuật toán này khác với sơ đồ thuật toánthực hiện bởi sự ngắn gọn và không dẫn ra những công thức trung gian. Các phép tính được thực hiện theo thứ tự như mũi tên chỉ. Nếu như trong một khối chữ nhật của thuật toán, thay vào chỗ công thức là số hiệu công thức tính thông số công nghệ thì cần tìm đến công thức tương ứng trong giáo trình theo số hiệu đã chỉ ra ở trên. Khác với những phép tính lôgic chỉ có hai đầu ra, sơ đồ khối có thể có nhiều đầu ra được đánh dấu bằng chữ số La Mã.

Điểm qua vài nét về cách làm việc của thuật toán tính áp lực của kim loại lên trục (hình 21). Trước tiên cần tính Δh, chiều dầy h_0, h_1 và lượng ép tổng ε_{Σ_0} và ε_{Σ_1} . Sau đó tính chiều dài cung tiếp xúc theo các công thức (III.119 ÷ III.119b). Đặt $l_{np} = l_c$. Bước tiếp theo tính giới hạn chảy trước và sau lần cán cũng như giới hạn chảy trung bình. Những đại lượng như: chiều dày của kim loại (tấm) ở tiết diện trung hoà, hệ số trạng thái ứng suất, áp lực riêng trung bình tính theo các công thức (III.111), (III.108), (III.107).

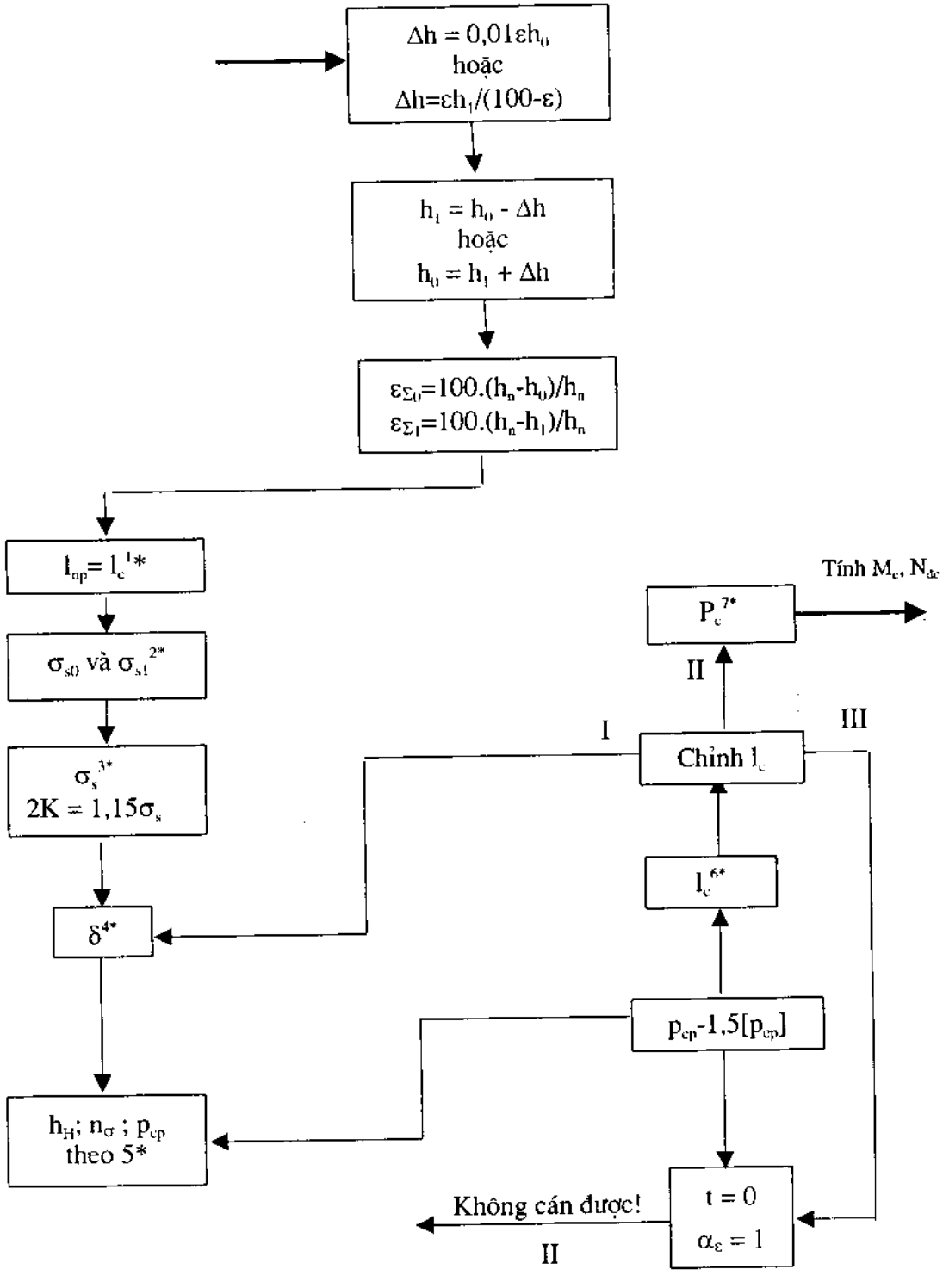
Xác định xong áp lực trung bình, tiến hành so sánh với giá trị áp lực tới hạn cho phép [p_{cp}] (lớn hơn 1,5 lần). Sự tăng giá trị này là cần thiết bởi vì trong quá trình hiệu chỉnh cung tiếp xúc l_c có thể xảy ra một số giá trị vượt quá của [p_{cp}].

Để có được kết quả mong muốn cần tính chiều dài cung tiếp xúc bằng công thức (III.115). Tiếp theo tiến hành hiệu chỉnh chiều dài cung tiếp xúc. Khi đã có kết quả chính xác chiều dài cung này thì bước cuối cùng là việc tính lực cán toàn phần theo công thức đã biết.

Thuật toán SK-1 cho phép lập trình tính một số thông số công nghệ cơ bản bằng các công thức giải tích.

Trong thuật toán SK-1, những ký hiệu: 1*; 2*; 3*; 4*; 5*; 6* và 7* tương ứng với các công thức: (III.119÷III.119b); (III.122); (III.123); (III.110); (III.111; III.108; III.107); (III.115) và (III.124).

Thuật toán SK-1 là một phần của thuật toán tính các thông số công nghệ cơ bản của quá trình cán tấm SK-2 bằng phương pháp giải tích và phương pháp số.

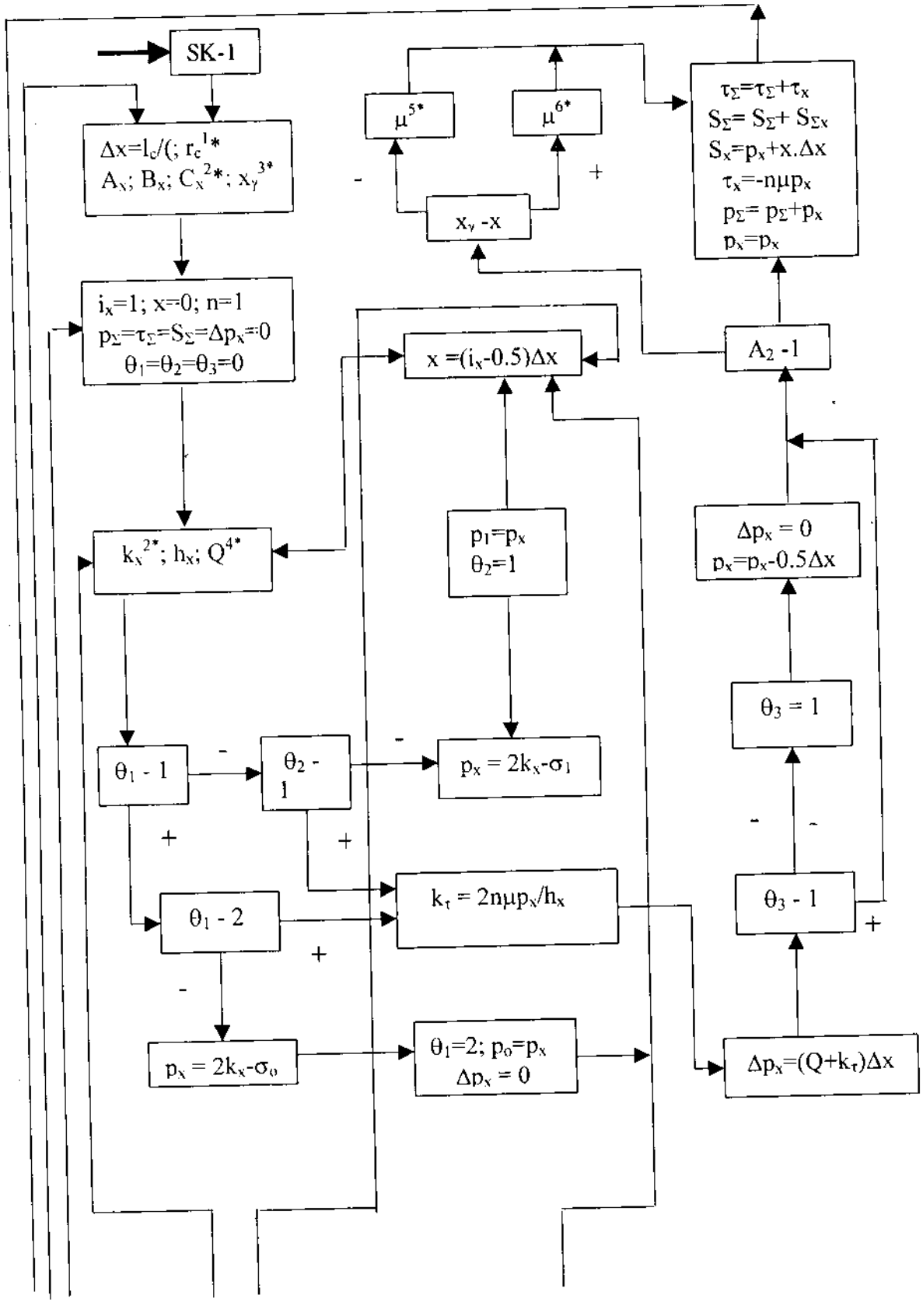


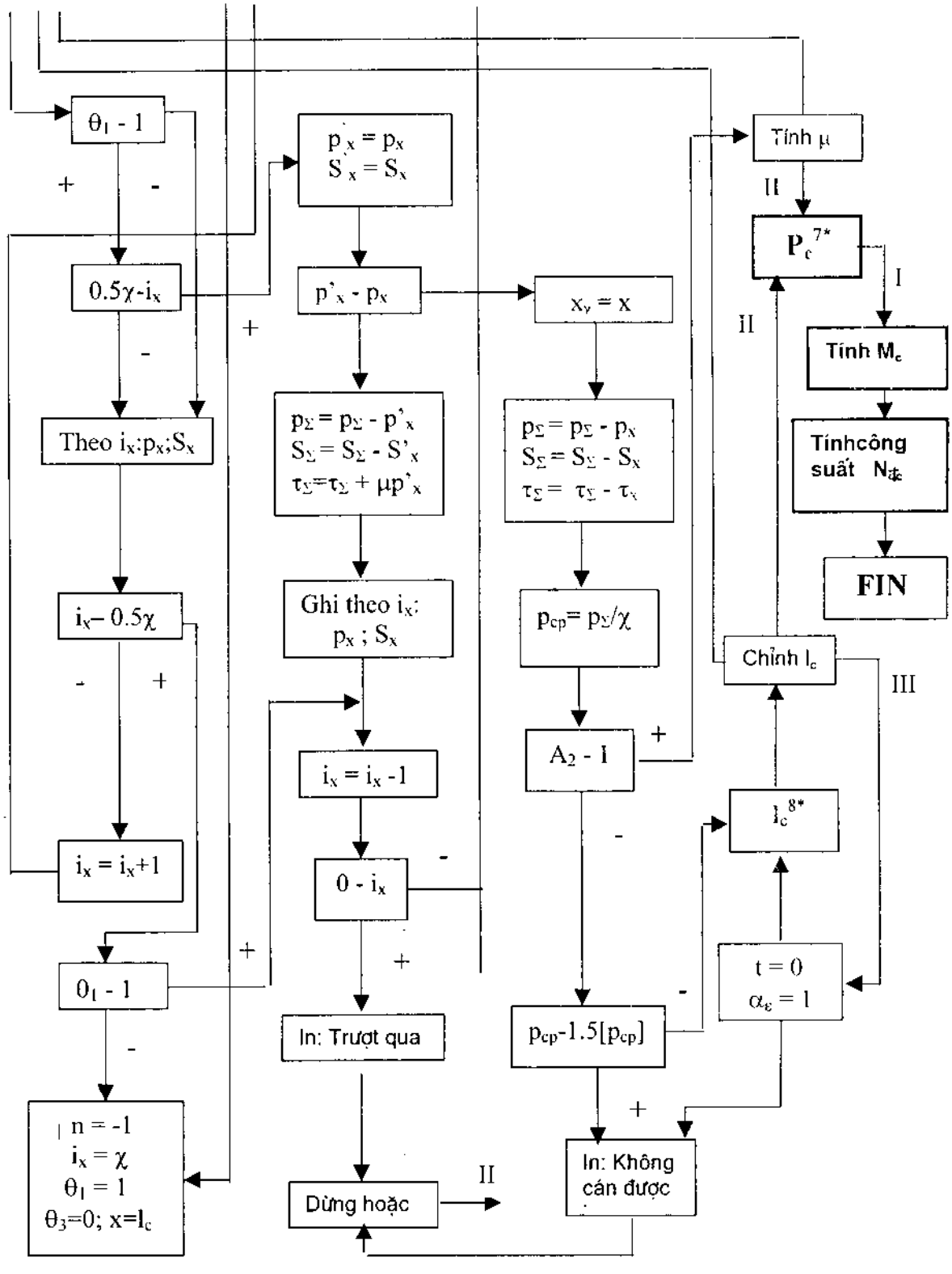
Hình 21. Sơ đồ thuật toán tính lực cán SK-1.

Trong các sơ đồ thuật toán SK-1 và SK-2 (hình 21 và hình 22), việc tính toán những đại lượng theo các công thức giải tích đã được dẫn ra ở trên gặp không ít khó khăn, rất không thuận lợi khi ứng dụng tin học (lập trình). Ví dụ việc xác định giá trị ứng suất chảy của kim loại trước và sau lần cán σ_{s1} và σ_{s0} theo công thức (III.122). Theo công thức này, ứng suất σ_s là hàm của lượng ép tổng ε_Σ. Như vậy phải tính σ_s cho từng lần cán gồm: σ_{s1} – ứng suất chảy phía trước lần cán và σ_{s0} – ứng suất chảy phía sau lần cán mà cả σ_{s1} và σ_{s0} đều là hàm của lượng ép ε_Σ - tương ứng sẽ là ε_{Σ_1} và ε_{Σ_0}. Sau đó tính $\sigma_s = 0,5(\sigma_{s1} + \sigma_{s0})$ cho tất cả các lần cán. Và nếu như phải tính cho vài chục mác thép khác nhau thì công việc thật không đơn giản.

Tuy nhiên, để đưa SK-1 và SK-2 vào vận hành, không sử dụng phương pháp cổ điển nữa, hiện nay người làm tin học phải sử dụng những công cụ tin học ứng dụng như hàm và ma trận nội suy Lagrange, nội suy Newton.... Những công cụ này đáp ứng hoàn hảo sự tính toán đầy rắc rối đã nêu trên, cho kết quả nhanh chóng và chính xác. Chương trình viết theo SK-1 và SK-2 cho những TSCN cơ bản cán tấm: lượng ép, chiều dầy tấm, áp lực riêng, lực cán toàn phần v.v ...

II.2- Thuật toán tính các TSCN cơ bản khi cán tấm

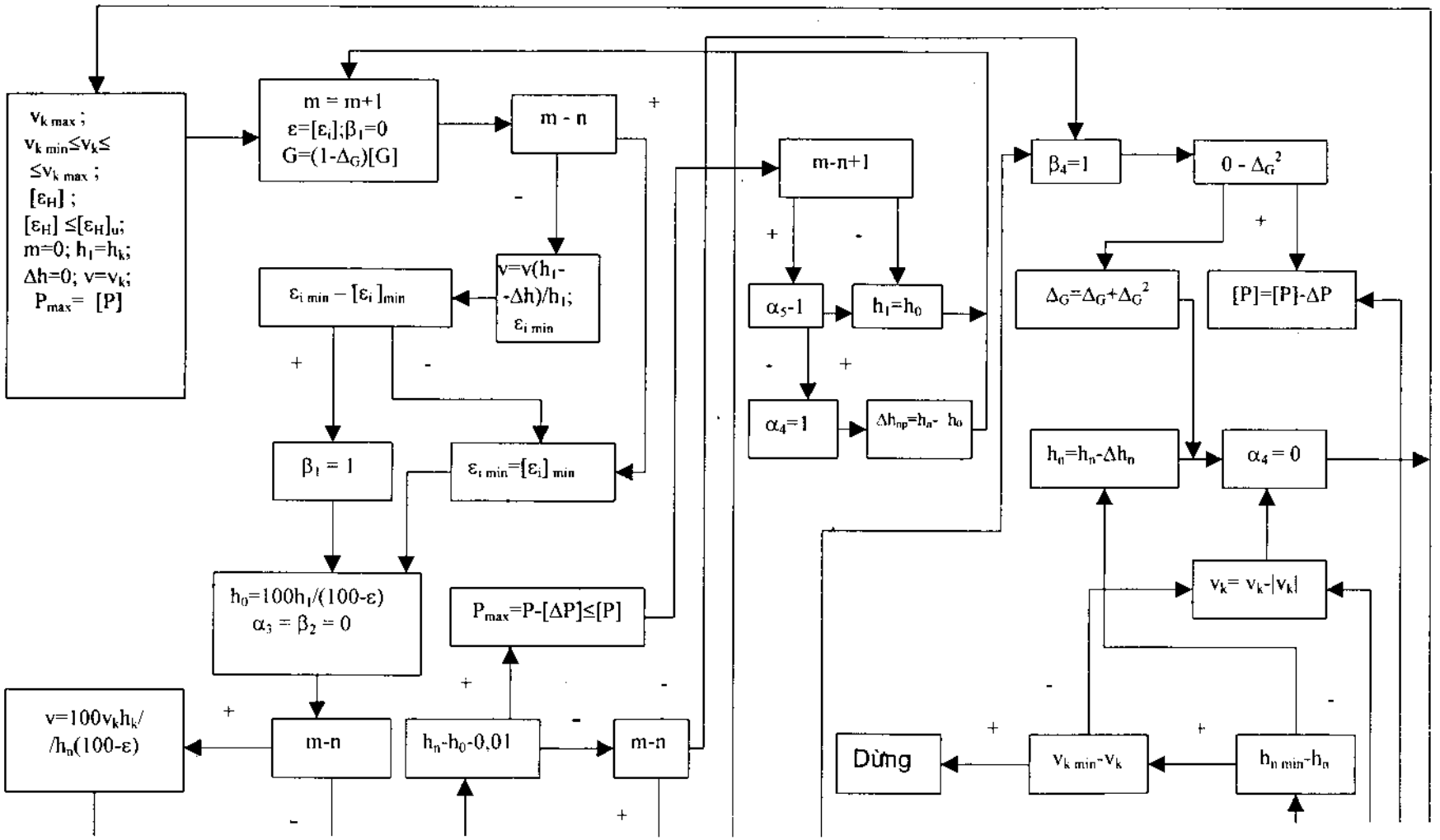


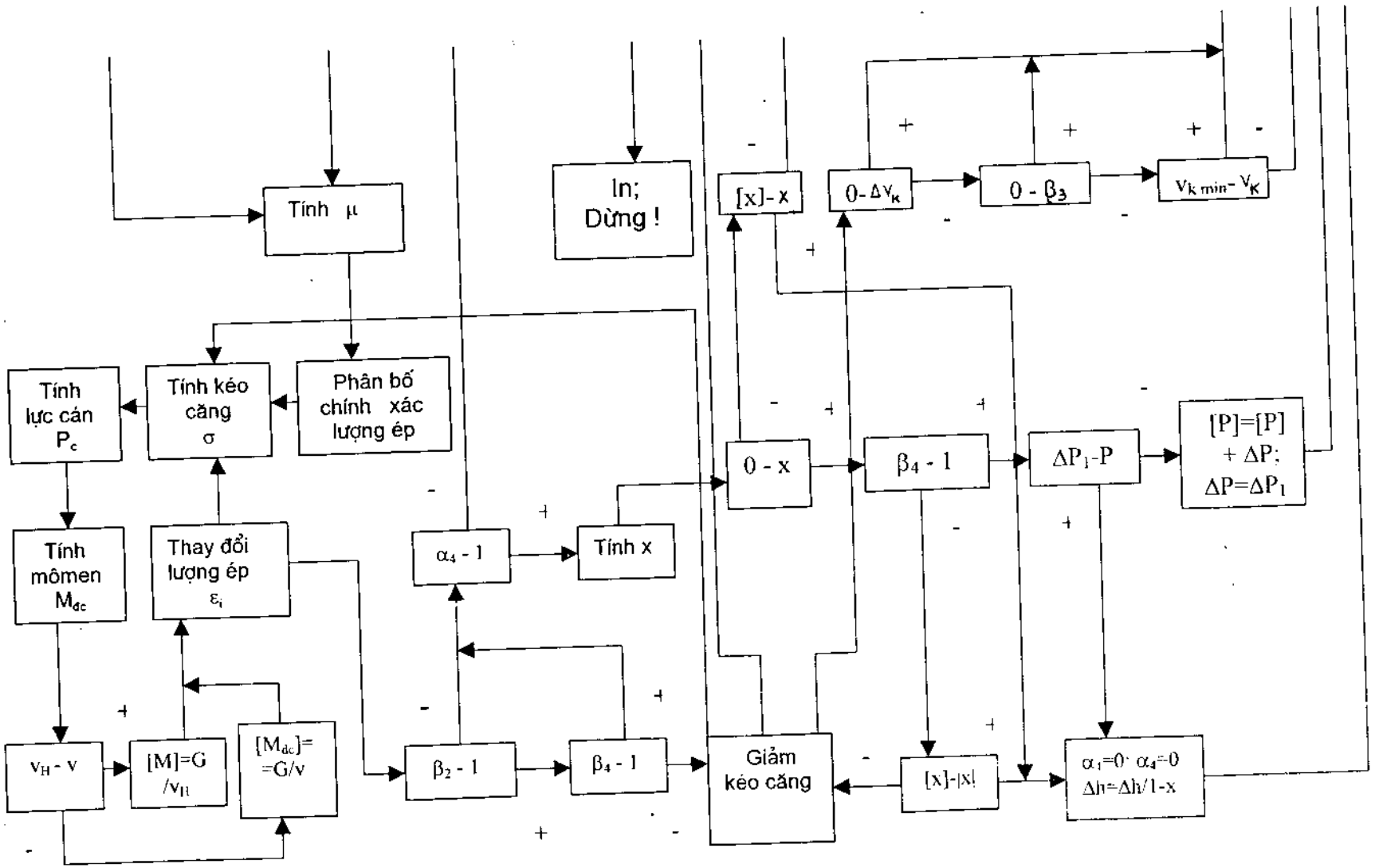


Ghi chú: - Hướng thao tác (các đường nối) trong thuật toán không nối nhau;
- Những ký hiệu: 1*, 2*, 3*, 4*, 5*, 6*, 7*, 8* tương ứng với các công thức: III.114, III.128, III.134, III.133, III.131, III.132, III.124, III.115.

Hình 22. *Sơ đồ thuật toán tính các thông số công nghệ cán tấm nguội SK-2.*

II.3- Thuật toán tối ưu công nghệ cán tấm





Hình 23. Sơ đồ thuật toán chế độ cán tối ưu trên máy cán tấm liên tục.

CHƯƠNG III

VÀI NÉT VỀ PHẦN MỀM CÔNG NGHỆ CÁN HÌNH CHẠY TRONG MICROSOFT VISUAL C++ 6.0 TRÊN NỀN WINDOWS

III.1- Vài nét về ngôn ngữ Microsoft Visual C++ trong tin học chuyên ngành

Như chúng ta đã biết, phục vụ cho việc lập các chương trình hoặc các phần mềm ứng dụng công nghệ cán, có thể sử dụng nhiều ngôn ngữ khác nhau, chạy trong các trường tin học khác nhau. Trong giáo trình này, tuyệt đại đa số những thuật toán và chương trình được lập và chạy trong TURBO PASCAL (Turbo 7.0). Ngôn ngữ Turbo có đặc điểm khá dễ hiểu, không nặng nề, dễ sửa. Nếu nắm vững ngôn ngữ, kỹ năng lập trình thì việc tạo ra các Phần mềm ứng dụng là khá dễ dàng, sử dụng ít bộ nhớ và kết quả chính xác. Tuy nhiên Turbo cũng có nhược điểm là khả năng giao diện kém.

Phần mềm công nghệ cán hình chạy trong môi trường *Microsoft Visual C++ 6.0* (*PMCNCH M. Visual C++*) trên nền Windows cho phép loại bỏ nhược điểm trên. Ngôn ngữ lập trình Visual C++ 6.0 của Microsoft, trình biên dịch và môi trường phát triển C++ hiệu quả và mạnh mẽ nhất, cho phép tạo ra các ứng dụng tiên tiến trên nền Windows NT và Windows 9x . Với những công cụ và tài nguyên đầy đủ nhất, Microsoft Visual C++ 6.0 được coi là môi trường phát triển C++ mạnh nhất chưa từng có.

Với ưu việt mạnh mẽ đó, sử dụng Microsoft Visual C++ 6.0, sản xuất ra những *Phần mềm công nghệ* nói chung và trong sản xuất Cán kim loại nói riêng sẽ cho ta hiệu quả cao, một giao diện tuyệt vời bên cạnh độ chính xác thoả mãn yêu cầu.

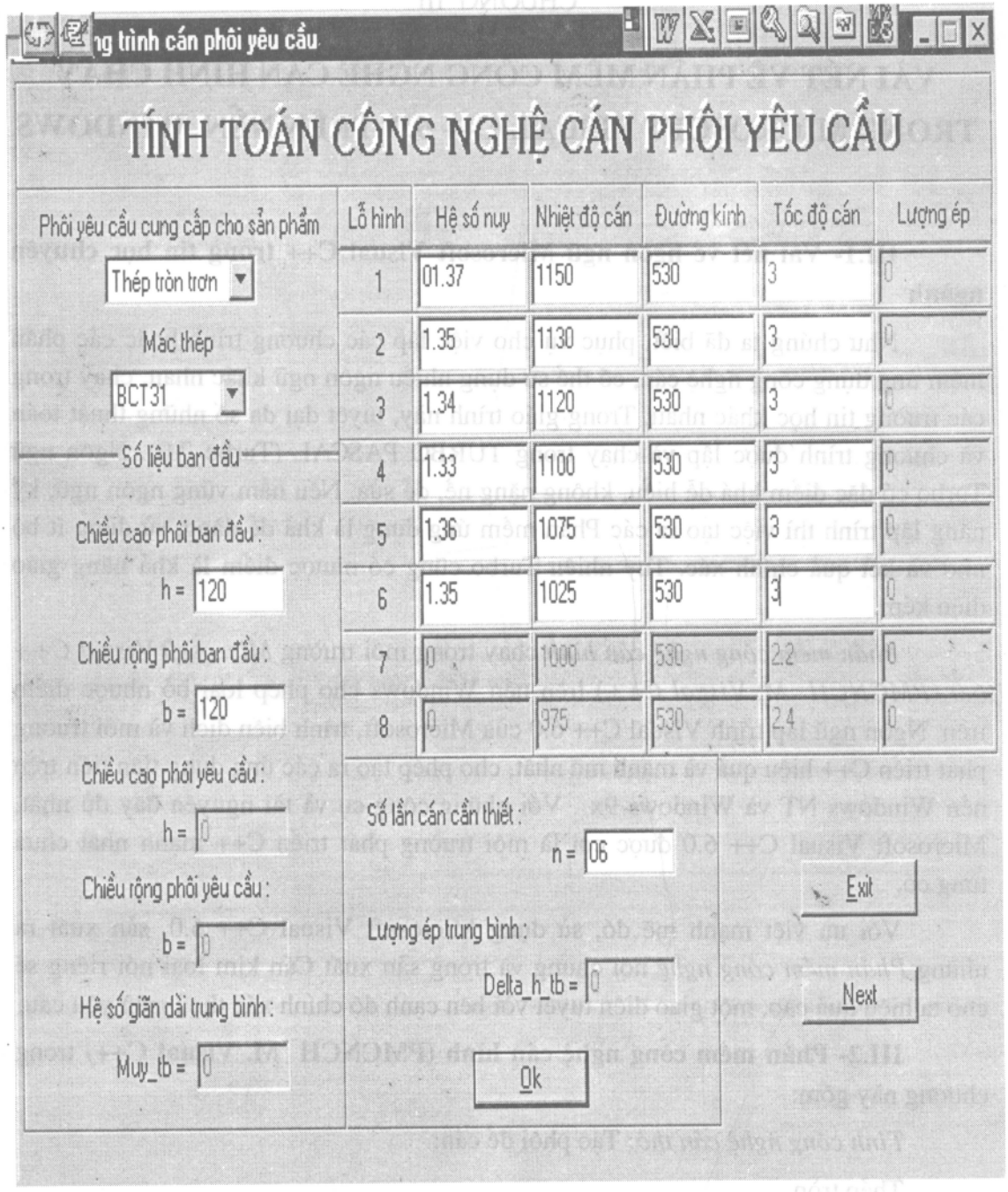
III.2- Phần mềm công nghệ cán hình (PMCNCH M. Visual C++) trong chương này gồm:

Tính công nghệ cán thô: Tạo phôi để cán:

Thép tròn,

Thép góc.

Gồm 34 files; 7,94MB.



Hình 24. Số liệu đầu vào cán thép tròn của Phần mềm công nghệ cán hình Microsoft Visual C++(PMCNCH M.Visual C++) trên nền Windows.

2. Tính công nghệ cán thép tròn từ phôi mà Công nghệ cán thô đã xác định được. Phần này có 33 files; 9,15MB.

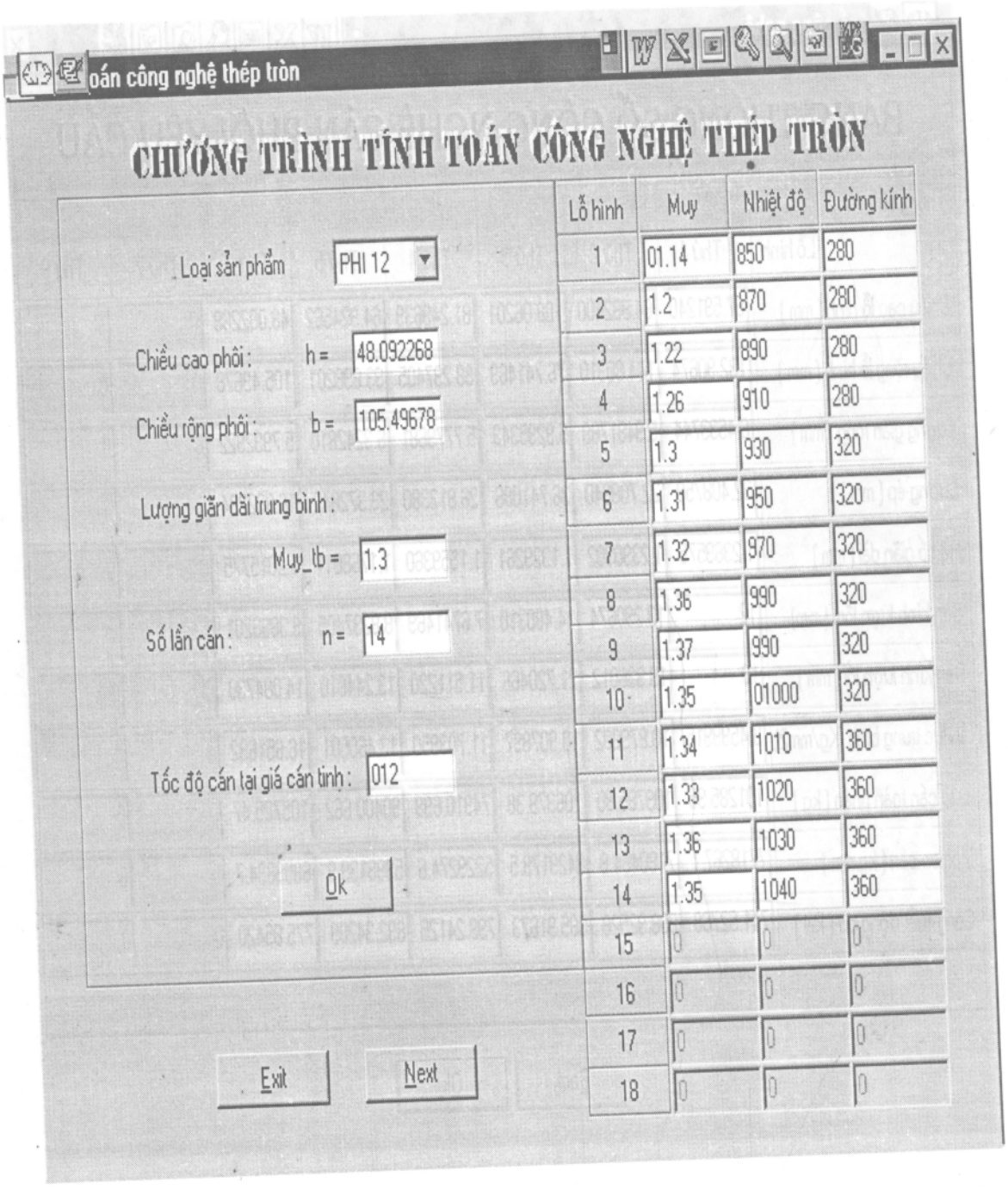
số công nghệ

BẢNG THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ CÁN PHÔI YÊU CẦU

Thông số / Lỗ hình	Thứ 1	Thứ 2	Thứ 3	Thứ 4	Thứ 5	Thứ 6	Thứ 7	Thứ 8
Chiều cao lỗ hình (mm)	87.591240	64.882400	108.06201	81.249639	64.924562	48.092268	0	0
Chiều rộng lỗ hình (mm)	132.90674	144.80310	76.741469	88.297405	93.898201	105.49678	0	0
Lượng giãn rộng (mm)	6.4533744	5.9481789	5.9295343	5.7779681	6.3242810	5.7992922	0	0
Lượng ép (mm)	32.408759	22.708840	36.741086	26.812380	23.372842	16.832294	0	0
Hệ số giãn dài (mm)	1.2369575	1.2390902	1.1329261	1.1559360	1.1768011	1.2015775	0	0
Bán kính lượn lõm (mm)	12	13.290674	14.480310	7.6741469	8.8297405	9.3898201	0	0
Bán kính lượn lồi (mm)	18	19.936012	21.720466	11.511220	13.244610	14.084730	0	0
áp lực trung bình (Kg/mm2)	9.4599915	10.879802	10.907897	11.703950	13.460501	16.651632	0	0
Lực cán toàn phần (kg)	101285.95	109785.80	106379.38	74910.698	90400.662	105725.47	0	0
Momen cán (kg.mm)	7718267.1	7180464.8	8429179.5	5229274.6	5998139.9	6059834.7	0	0
Công suất động cơ (kw)	741.62768	808.92528	885.91673	798.24125	892.34209	775.85420	0	0

Back Ok

Hình 25. PMCNCH M. Visual C++: Các thông số công nghệ cán thô tạo phôi để cán thép tròn.



Hình 26. *PMCNCH M. Visual C++ : Số liệu đầu vào để cán thép tròn. (Chiều cao phôi h và chiều rộng b được tự động lấy từ kết quả tính cán thô ở trên, hình 25).*

3. Tính công nghệ cán định hình thép góc.

thông số công nghệ thép tròn

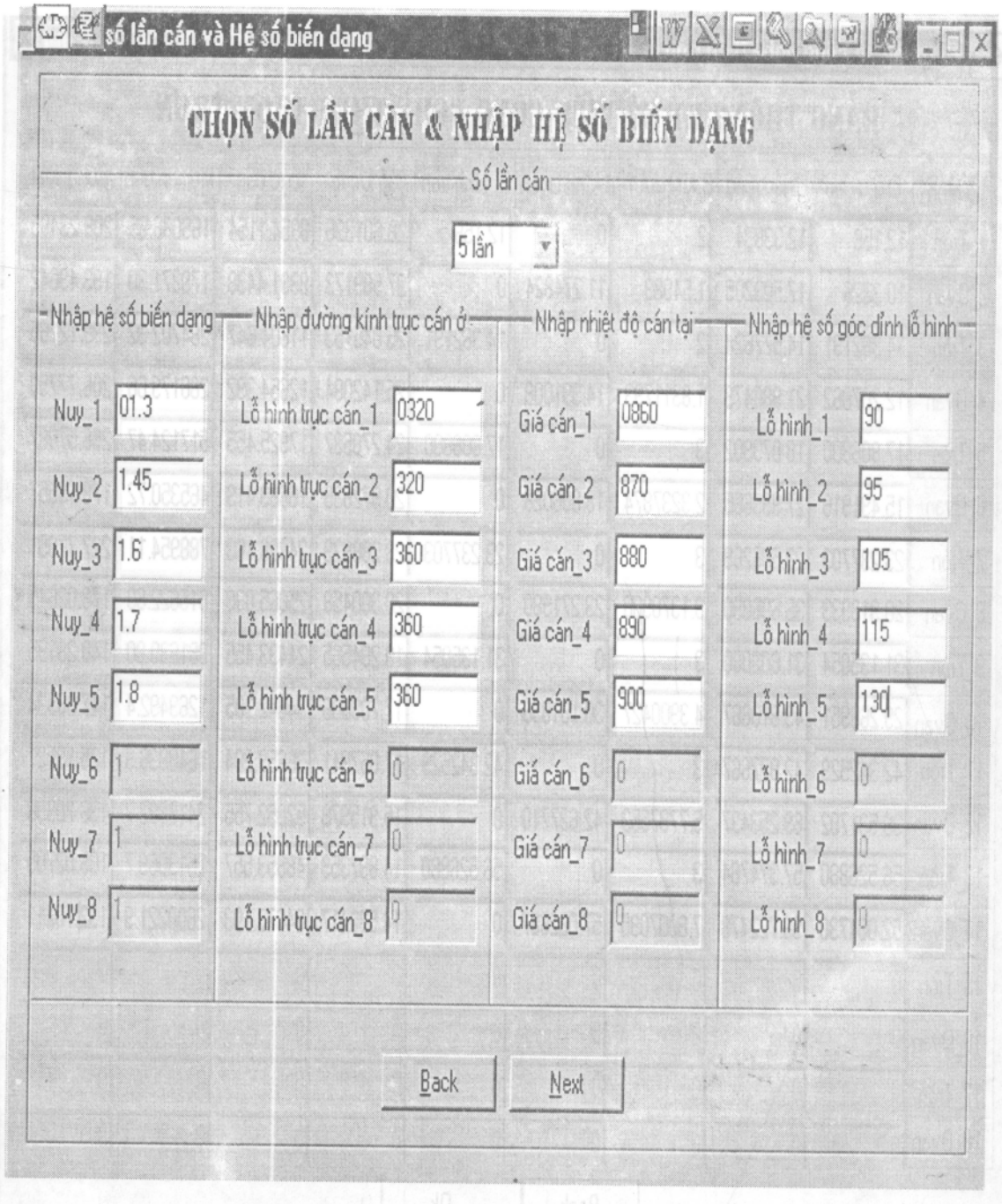
BẢNG THỐNG KÊ SỐ LIỆU CÔNG NGHỆ THÉP TRÒN TRƠN

Lỗ hình	Chiều cao	Chiều rộng	B.kính lượn	B.kính Ovan	Đ. kính tròn	áp lực tb	Lực cán	Momen cán	Công suất
1_Tròn	12.156	12.33834	2	0	12.156	28.601396	8954.1154	169086.65	208.23485
2_Ovan	10.3326	17.503205	1.54989	11.274824	0	27.589173	9391.4438	179371.30	193.49642
3_Tròn	14.362191	14.577624	2	0	14.362191	25.045153	11604.647	264702.32	233.12165
4_Ovan	12.207862	21.986479	1.8311793	14.391008	0	25.142084	12654.392	286179.66	206.77750
5_Tròn	17.806800	18.073902	3	0	17.806800	24.278537	17925.455	517124.47	256.57087
6_Ovan	15.491916	27.993665	2.3237874	18.806026	0	20.872835	16683.419	465350.72	178.19557
7_Tròn	23.237703	23.586269	3	0	23.237703	23.288629	24806.163	788954.11	227.77051
8_Ovan	20.913933	36.696890	3.1370900	23.271980	0	20.300458	25065.038	815622.60	178.02645
9_Tròn	31.135054	31.602080	3	0	31.135054	19.284565	24433.455	881630.80	140.28195
10_Ovan	29.266951	49.810667	4.3900427	30.181036	0	17.708606	34042.205	1269492.4	147.06334
11_Tròn	42.342529	42.977667	3	0	42.342529	17.057941	36659.284	1649836.9	125.18521
12_Ovan	38.531702	69.253437	5.7797553	42.627710	0	15.915978	52052.755	2419892.7	136.70998
13_Tròn	56.526880	57.374784	3	0	56.526880	14.897359	48853.557	2513069.7	106.02705
14_Ovan	52.004730	93.722478	7.8007095	57.062687	0	14.532417	64670.103	2600221.9	132.10211
15_Tròn	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16_Ovan	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17_Tròn	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18_Ovan	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Back Ok

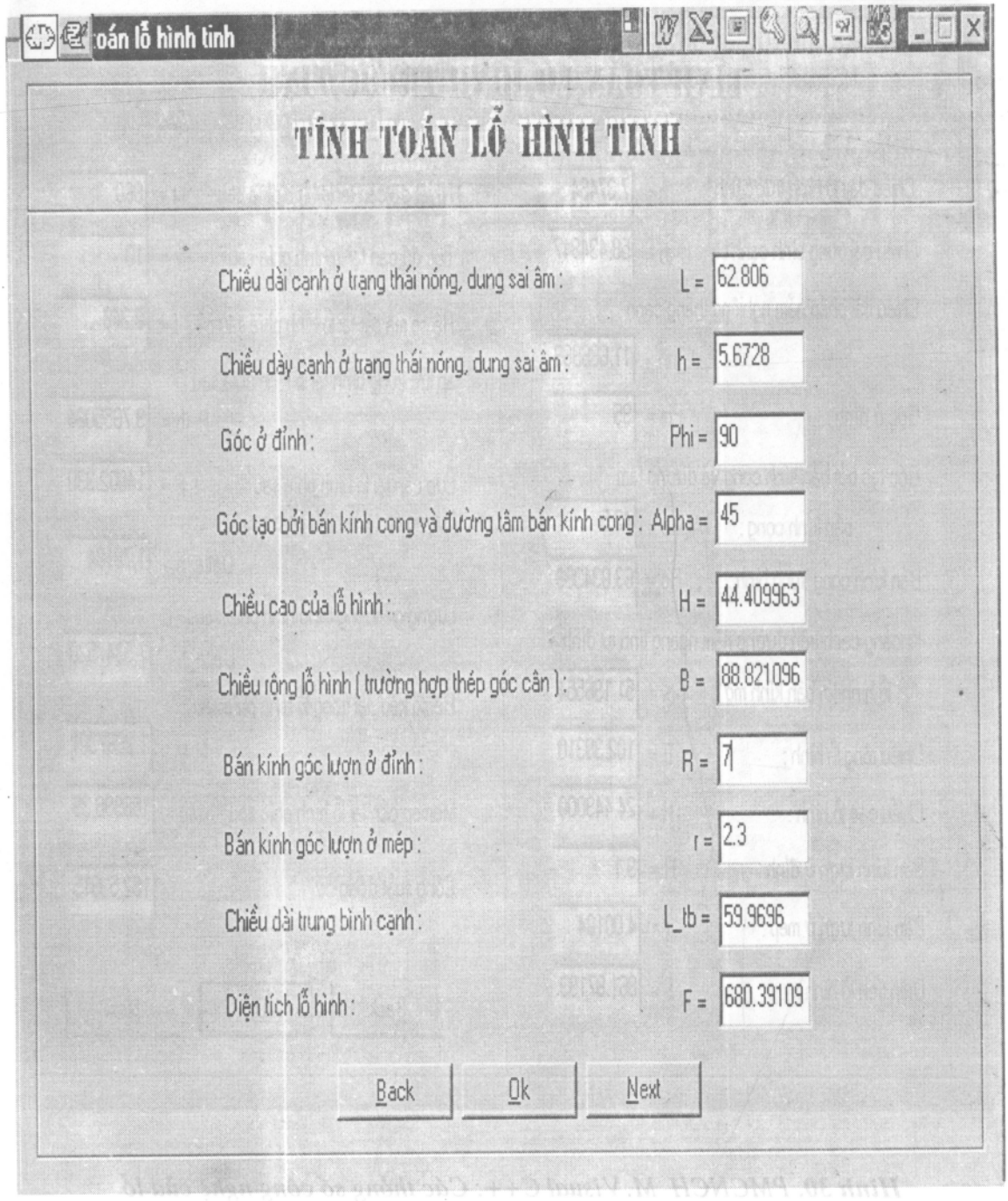
Hình 27. *PMCNCH M. Visual C++: Các thông số công nghệ cán thép tròn trên dãy trung – tinh liên tục.*

Chương trình của phần này có 71 files; 9,38MB.

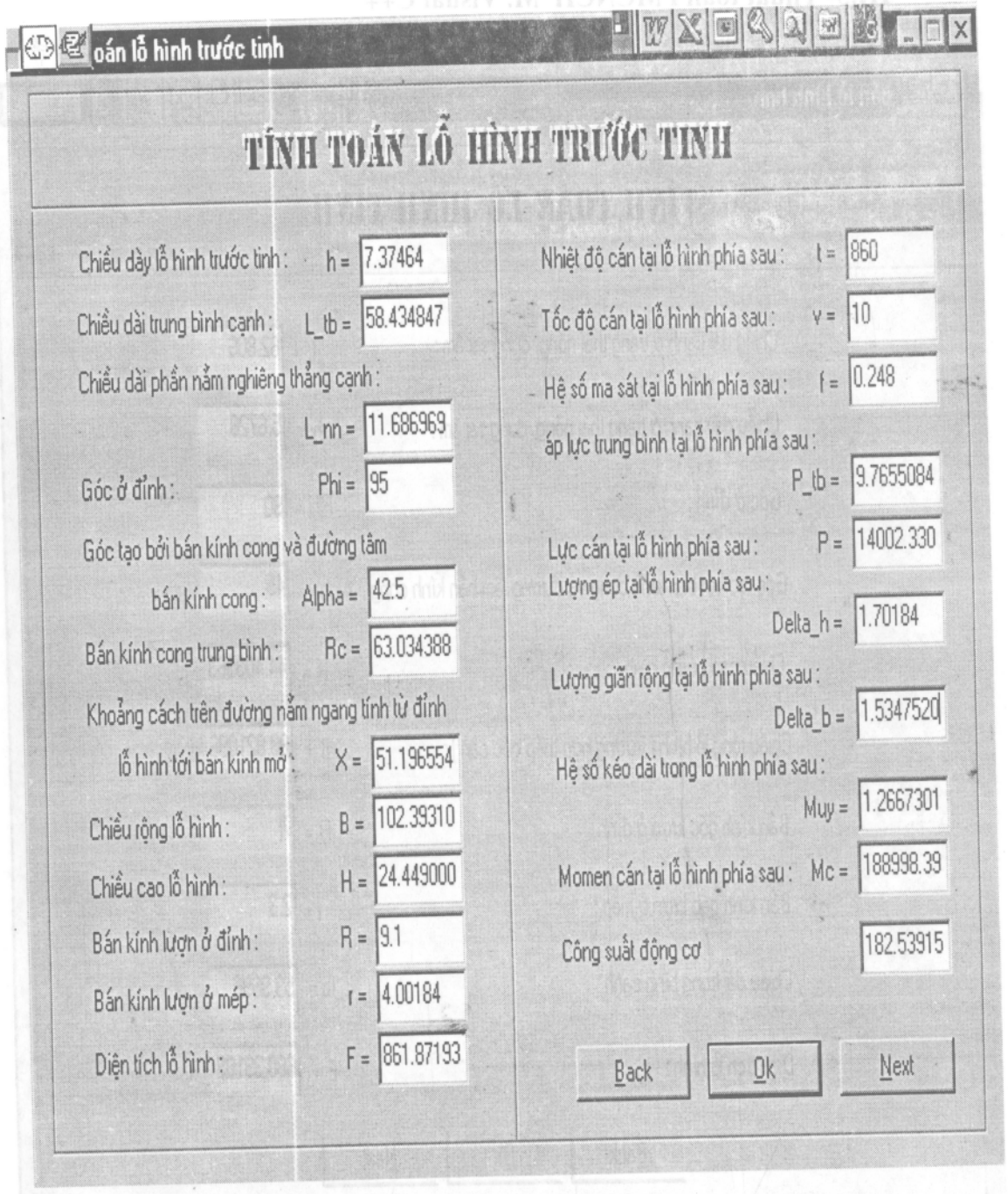


Hình 28. PMCNCH M. Visual C++: Số liệu đầu vào cán thép góc (Cán định hình).

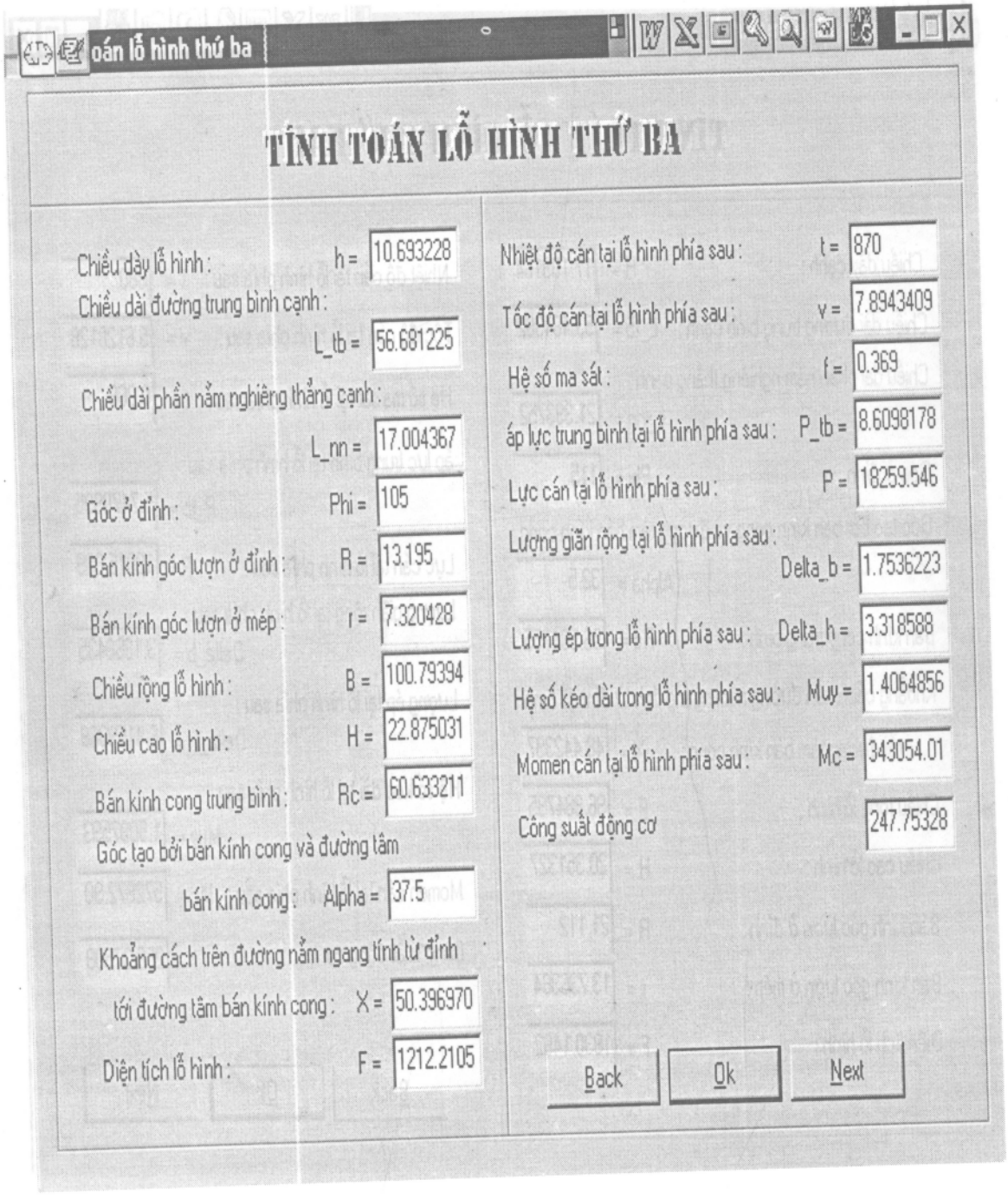
III.3- Thuật toán PMCNCH M. Visual C++



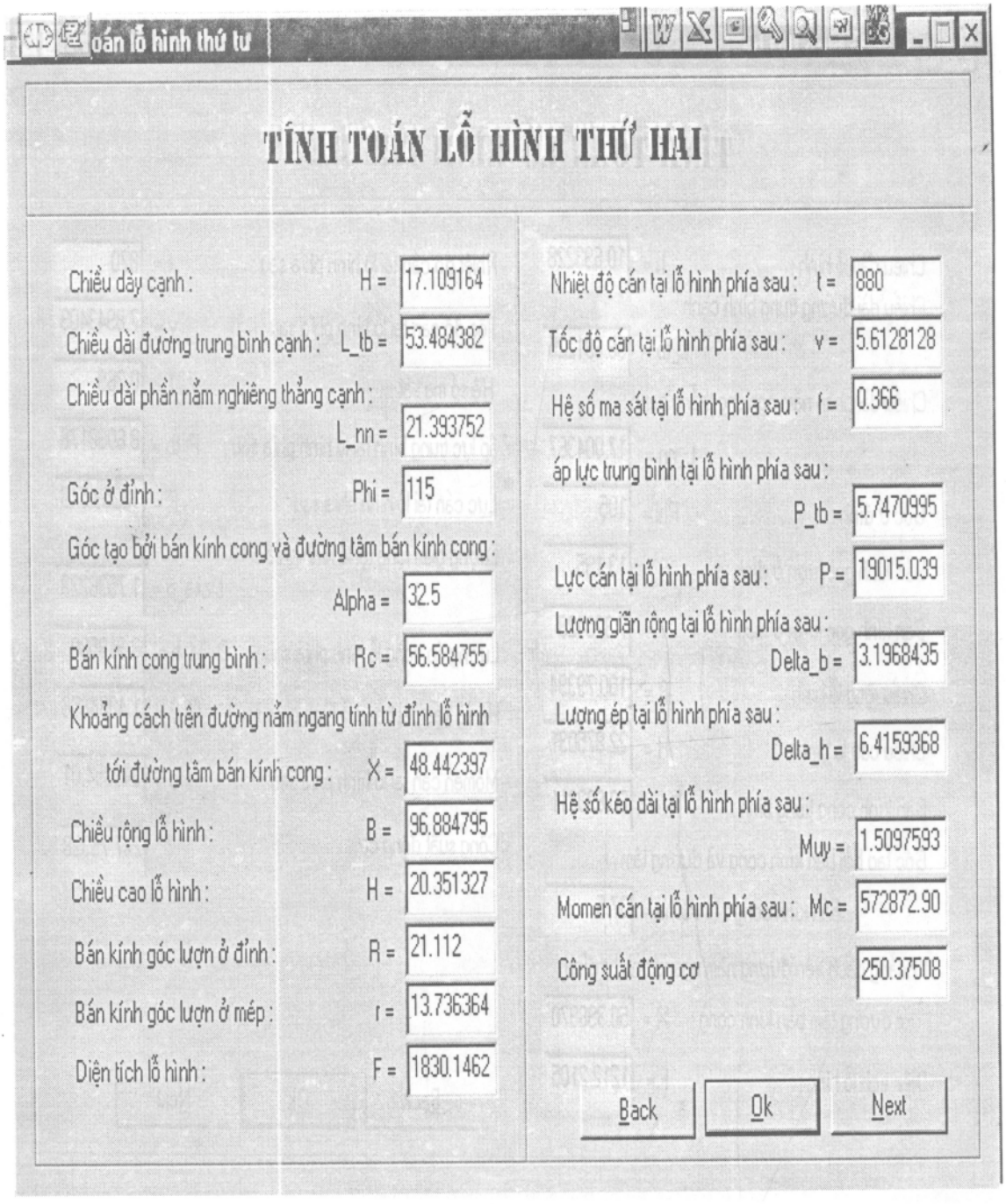
Hình 29. PMCNCH M. Visual C++: Các thông số công nghệ của lỗ hình tinh (lỗ hình định hình thứ năm theo hướng cán) .



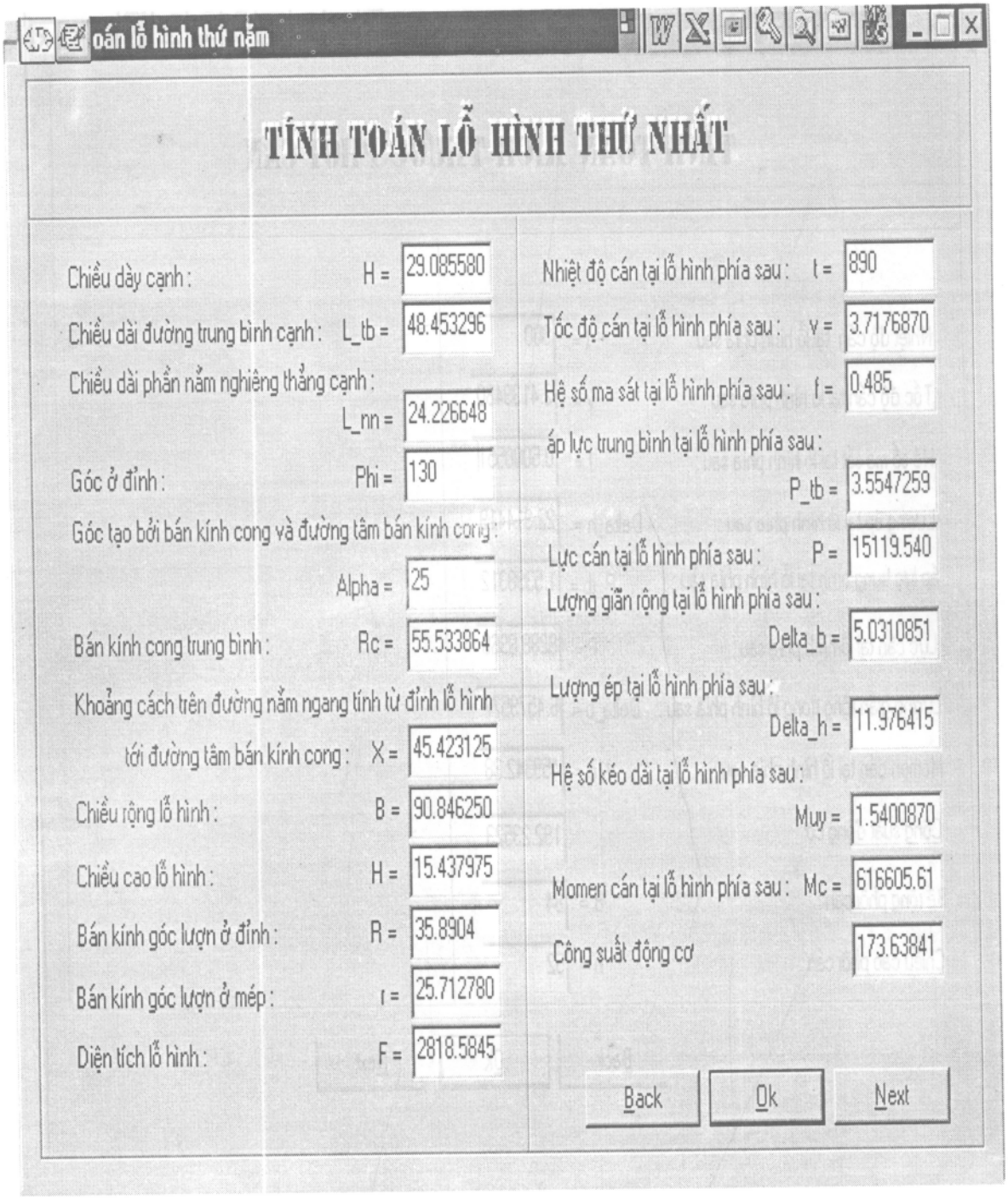
Hình 30. *PMCNCH M. Visual C++: Các thông số công nghệ của lỗ hình định hình thứ tư theo hướng cán.*



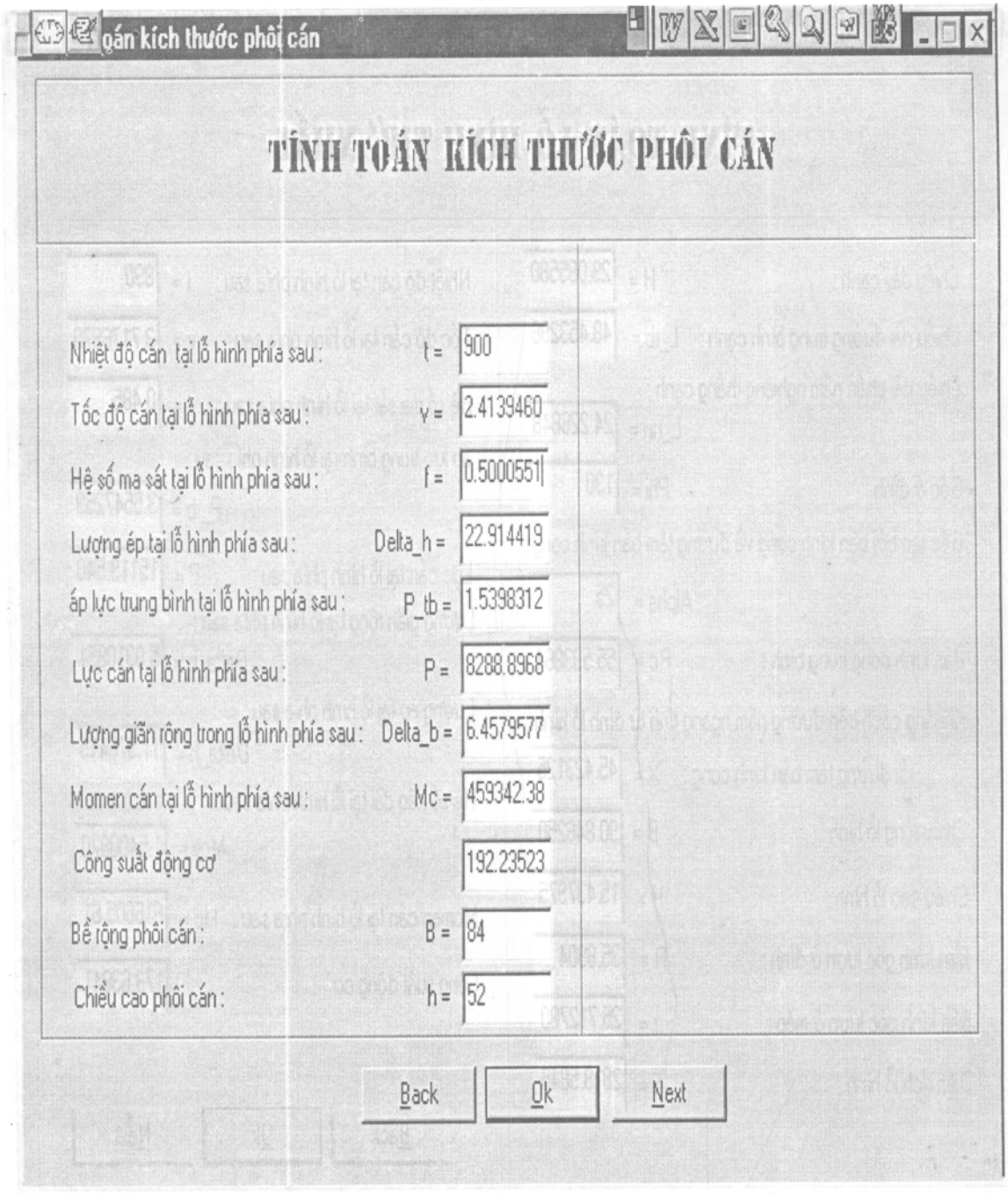
Hình 31. PMCNCH M. Visual C++: Các thông số công nghệ của lỗ hình định hình thứ ba theo hướng cán.



Hình 32. PMCNCH M. Visual C++: Các thông số công nghệ của lỗ hình định hình thứ hai theo hướng cán.



Hình 33. *PMCNCH M. Visual C++: Các thông số công nghệ của lỗ hình định hình đầu tiên.*



Hình 34. PMCNCH M. Visual C++: Các thông số công nghệ của lỗ hình cán phôi (lỗ hình cán thô cuối cùng) để cấp phôi cho lỗ hình định hình đầu tiên.

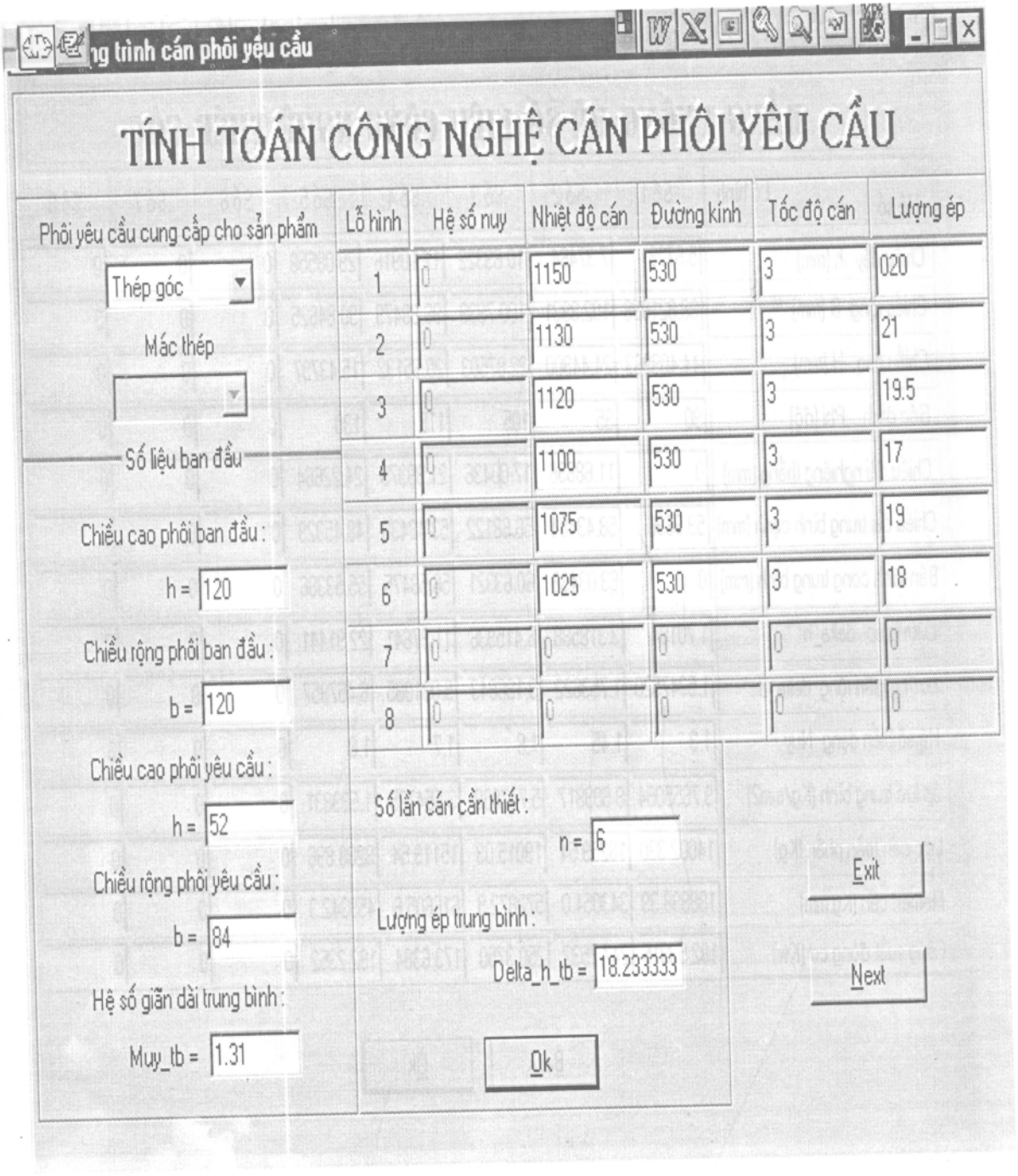
Thống Kê Số liệu

BẢNG THỐNG KÊ SỐ LIỆU CÔNG NGHỆ THÉP GÓC

Hệ số / Lỗ hình	Số 1	Số 2	Số 3	Số 4	Số 5	Số 6	Số 7	Số 8
Chiều dày h (mm)	5.6728	7.37464	10.69322	17.10916	29.08558	0	0	0
Chiều rộng B (mm)	88.821096	102.3931	100.7939	96.88479	90.84625	0	0	0
Chiều cao H (mm)	44.409963	24.44900	22.87503	20.35132	15.43797	0	0	0
Góc đỉnh Phi (độ)	90	95	105	115	130	0	0	0
Chiều dài nghiêng thẳng (mm)	0	11.68696	17.00436	21.39375	24.22664	0	0	0
Chiều dài trung bình cạnh (mm)	59.9696	58.43484	56.68122	53.48438	48.45329	0	0	0
Bán kính cong trung bình (mm)	0	63.03438	60.63321	56.58475	55.53386	0	0	0
Lượng ép delta_h	1.70184	3.318588	6.415936	11.97641	22.91441	0	0	0
Lượng giãn rộng delta_b	1.5347520	1.753622	3.196843	5.031085	6.457957	0	0	0
Hệ số biến dạng Nuy	1.3	1.45	1.6	1.7	1.8	0	0	0
áp lực trung bình (Kg/mm2)	9.7655084	8.609817	5.747099	3.554725	1.539831	0	0	0
Lực cán toàn phần (Kg)	14002.330	18259.54	19015.03	15119.54	8288.896	0	0	0
Momen cán (Kg.mm)	188998.39	343054.0	572872.9	616605.6	459342.3	0	0	0
Công suất động cơ (Kw)	182.53915	247.7532	250.3750	173.6384	192.2352	0	0	0

Back Ok

Hình 35. PMCNCH M. Visual C++: Bảng tổng hợp Các thông số công nghệ cán thép góc (cán định hình).



Hình 36. PMCNCH M. Visual C++: Số liệu đầu vào tính cán thô lấy phôi cho cán định hình thép góc. Chiều cao h và rộng được chuyển tự động từ lỗ hình cán phôi tới (hình 34).

số công nghệ

BẢNG THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ CÁN PHÔI YÊU CẦU

Thông số / Lỗ hình	Thứ 1	Thứ 2	Thứ 3	Thứ 4	Thứ 5	Thứ 6	Thứ 7	Thứ 8
Chiều cao lỗ hình (mm)	100	79	115.29498	98.294987	70.263079	52.263079	0	0
Chiều rộng lỗ hình (mm)	126.14400	134.79498	84.080163	89.263079	107.14628	118.72442	0	0
Lượng giãn rộng (mm)	3.0720010	4.3254928	2.5400819	2.5914576	4.4256502	5.7890685	0	0
Lượng ép (mm)	20	21	19.5	17	19	18	0	0
Hệ số giãn dài (mm)	1.1415524	1.1845837	1.0984918	1.1048434	1.1654641	1.2133029	0	0
Bán kính lượn lõm (mm)	12	12.614400	13.479498	8.4080163	8.9263079	10.714628	0	0
Bán kính lượn lồi (mm)	18	18.921600	20.219248	12.612024	13.389461	16.071943	0	0
áp lực trung bình (Kg/mm2)	8.0544457	9.0707294	9.2042354	9.7671150	11.184812	14.121530	0	0
Lực cán toàn phần (kg)	65002.364	81439.315	63891.892	51157.404	72467.174	104404.46	0	0
Momen cán (kg.mm)	3836241.0	5043819.5	3647370.1	2782379.0	4302929.6	6151328.4	0	0
Công suất động cơ (kw)	573.87807	752.75356	546.54365	417.99206	643.49693	720.27772	0	0

Back Ok

Hình 37. PMCNCH M. Visual C++: Các thông số công nghệ cán thô để cấp phôi cho cán thép góc.

Với thép tròn: Từ phôi Ao x Ao ban đầu (ví dụ 120x120 mm), mác thép, đường kính trục, tốc độ cán, cần tính các thông số công nghệ cho quá trình cán thô (để cấp phôi cho quá trình cán sản phẩm tròn) qua hệ thống lỗ hình hộp (5 hoặc 6 lần cán, hình 24).

Chương trình cán thô sẽ tính tất cả các thông số công nghệ cho số lần cán thô, gồm: chiều cao, rộng, lượng ép, dãn rộng, dãn dài, bán kính lượn, áp lực riêng, lực cán toàn phần, mômen, công suất cán ... . Kết quả tính toán được đưa ra như trên hình 25.

Sau khi tính toán cán thô sẽ có phôi cho cán sản phẩm trên các giá liên tục. Người sử dụng chuyển cán thép tròn: Tính công nghệ cán sản phẩm tròn trên máy cán liên tục.

Đầu vào của phần tính toán này gồm: Đường kính sản phẩm (chương trình cho phép tính từ đường kính Φ6 trở lên), hệ số dãn dài trung bình, đường kính trục, tốc độ giá cán cuối cùng. Các thông số trên vào xong, nháy OK, Next (hình 26). Trang giao diện tiếp theo cho kết quả tính toán tất cả các thông số công nghệ cho quá trình cán liên tục như: số lỗ hình, chiều cao, rộng, bán kính lỗ hình ôvan, đường kính lỗ hình tròn, lực mômen, công suất cán ... . Hệ thống lỗ hình sử dụng trong chương trình là: ôvan-tròn-.....-ôvan-tròn (hình 27).

Thuật toán tính thép góc

Với thép góc, quá trình tính toán có khác so với thép tròn. Thuật toán và chương trình bắt đầu bằng việc tính công nghệ cán định hình, từ sản phẩm: ngược hướng cán. Số liệu đưa vào là số hiệu góc sản phẩm (ví dụ góc số 5; 6,3 ...). Chương trình có thể tự động lấy số liệu và tính toán cho tới 25 loại thép góc từ số 2 đến góc số 25.

Tiếp theo, (hình 28) cần đưa vào số lần cán định hình (5 đến 8 lần tuỳ thep loại sản phẩm). Hệ thống lỗ hình cán định hình thép góc được sử dụng trong Phần mềm này là cánh bướm kín, trong đó lỗ hình cuối cùng cạnh thẳng, dãn rộng tự do. Những số liệu đầu vào khác là: hệ số dãn dài, đường kính trục, góc ở đỉnh lỗ hình (hình 28).

Sau khi vào xong các số liệu, nháy Next.

Hình 29 là kết quả tính toán công nghệ cho lỗ hình tinh.

Hình 30 là kết quả tính toán công nghệ cán cho lỗ hình trước tinh. Số liệu đưa vào là vận tốc cán của lỗ hình tinh (lỗ hình cuối cùng).

Các thông số cong nghệ của lỗ hình trước tinh gồm: chiều dày cạnh lỗ hình, chiều cao trung bình, các đoạn dài cạnh, bán kính cong trung bình, chiều rộng, cao lỗ hình ... đến công suất cán.

Nháy OK, Next.

Hình 31, tương tự như lỗ hình thứ hai (trước tinh), cho kết quả tính toán khi cán ở lỗ hình thứ ba.

Hình 32 biểu hiện kết quả tính toán của lỗ hình thứ hai (theo hướng cán).

Hình 33, tương tự như ở lỗ hình trước, là kết quả tính toán công nghệ cho lỗ hình cánh bướm đầu tiên theo hướng cán.

Nháy Next. Sang giao diện tiếp theo. Hình 34 cho các thông số công nghệ cán phôi cung cấp cho việc cán định hình.

Hình 35 biểu thị các thông số công nghệ cơ bản cho tất cả các lần cán định hình, gồm: chiều dày, rộng, cao, các đoạn dài cạnh lỗ hình, bán kính cong, lượng ép, hệ số dãn dài, áp lực riêng, lực cán toàn phần cũng như mômen và công suất cán.

Như đã nói ở trên, quá trình tính toán cho thép góc có khác so với thép tròn. Thuật toán đối với thép góc chạy từ sản phẩm cuối cùng. Bắt đầu từ sản phẩm góc đã cho, ngược hướng cán, tính công nghệ cán định hình thép góc. Nghĩa là tính công nghệ cán cho 5 (đến 8 lỗ định hình-tuỳ theo loại sản phẩm) lỗ hình cánh bướm kín. Sau khi tính toán công nghệ cho các lỗ hình cánh bướm xong, như trên đã trình bày, cần tính phôi cho cán định hình (hình 34, phôi có kích thước 84x52 mm).

Từ phôi $h_{lôi}$ x $B_{lôi}$ này (ví dụ 84x52) cần tính công nghệ cán thô.

Tính toán quá trình cán thô được tiến hành được tiến hành theo phôi vuông kích thước ban đầu Ao x Ao (trong chương trình lấy là 120x120) và kích thước phôi yêu cầu $h_{lôi}$ x $B_{lôi}$. Giá trị Ao xAo được đưa vào chương trình còn $h_{lôi}$ x $B_{lôi}$ được tự động đưa tới từ chương trình cán định hình (từ hình 35). Theo hệ số dãn dài trung bình Muy_{th} , chương trình cán thô sẽ tính ra lượng ép trung bình và số lần cán tương ứng (theo hình 36 là 18.23333 và 6 lần). Chương trình cán thô yêu cầu đưa vào những thông số: nhiệt độ, đường kính trục, tốc độ và lượng ép (trên cơ sở lượng ép trung bình đã được tính trước đó) cho các giá cán thô. Sau khi những số liệu trên đã đưa vào, nhấn OK, phần mềm sẽ tự động tiến hành tính toán công nghệ cán thô. Hình 37 cho kết quả tính toán quá trình cán thô gồm: chiều cao, rộng, hệ số dãn dài, bán kính lượn của các lỗ hình, áp lực trung bình, lực cán, mômen, công suất cán...

Như vậy PMCNCH M. Visual C++ 6.0 cho phép tính toán hoàn chỉnh công nghệ cán hình (thép tròn và góc) từ phôi vuông ban đầu Ao x Ao đến sản phẩm tròn đương kính *d* hoặc góc số bất kỳ (gồm cả phần cán tinh-định hình và cán thô). Người sử dụng chỉ cần đưa vào những số liệu thực tế cần thiết của cơ sở sản xuất và một số thông số công nghệ cán đã biết (như hệ số dãn dài trung bình, vận tốc cán ...).

Những kết quả mà *Phần mềm công nghệ cán hình* tính toán và trình bày ở trên được tiến hành cho hai loại sản phẩm:

Thép tròn Φ12

Thép góc số N° 6,3.

PHỤ LỤC

(ĐỂ THAM KHẢO)

1. Chương trình tính công nghệ cán thép góc chạy trong Windows

```
{ **********
        CHƯƠNG TRÌNH CÔNG NGHỆ CÁN THÉP GÓC
          - CÁN THÔ VÀ CÁN ĐỊNH HÌNH
                                    ********** }

Uses mouse, crt, dos;
CONST
    d1=360;
    d2=510;
    Tch=1500;
    TT=30;
    xikmatb=45;
    fa=0.45;
    Iqt=9.8;
    Vq=975;
Type
   string80=string[80];
   ma=array[0..20] of real;
   Mtext=array[1..10,1..10] of real;
   string30=string[30];
   text30=array[1..10] of string30;
Var
   title:text30;
   Rtext:mtext;
   goc:real;
   hr,b3,Mms,Vc1,Vc2,Tc1:ma;
   x,y:integer;
   text1:text30;
   choose:byte;
   ch:char;

      { ********************************************** }

Procedure Frame(xpos,ypos,width,height:byte;color:word;
                Frametype:byte);
```

```
Var
   i,j:byte;
  ch1,ch2,ch3,ch4,ch5,ch6:char;
Begin
If frametype=1 then
  begin
   ch1:=char(201);
   ch2:=char(187);
   ch3:=char(200);
   ch4:=char(188);
   ch5:=char(186);
   ch6:=char(205);
  end else
  begin
   ch1:=char(218);
   ch2:=char(191);
   ch3:=char(192);
   ch4:=char(217);
   ch5:=char(179);
   ch6:=char(196);
  end;

 for i:=1 to height do
   begin
   textcolor(color);
   gotoxy(xpos-1,ypos+i-1);
  write(char(222));
   gotoxy(xpos+width-1,ypos+i-1);
  write(char(221));
   end;
 textbackground(color);
 textcolor(white);
 gotoxy(xpos,ypos);
 for i:=1 to height-1 do
   begin
   for j:=1 to width-1 do
   write(' ');
   gotoxy(xpos,ypos+i);
   end;
 for i:=1 to height-1 do
```

```
  begin
  textcolor(white);
  gotoxy(xpos,ypos+i-1);
  write(ch5);
  gotoxy(xpos+width-2,ypos+i);
 write(ch5);
  end;
gotoxy(xpos,ypos);
write(ch1);
for i:=2 to width-2 do write(ch6);
write(ch2);
gotoxy(xpos,ypos+height-1);
write(ch3);
for i:=2 to width-2 do write(ch6);
write(ch4);
End;

{ ********************************************** }

Procedure drawVerMenu(xpos,ypos,rows,dist,curpos:byte; text:text30);
Var
   i:byte;
Begin
textcolor(red);
textbackground(cyan);
gotoxy(xpos,ypos+(curpos-1)*dist);
write(text[curpos]);

textcolor(white);
for i:=1 to curpos-1 do
  begin
  gotoxy(xpos,ypos+(i-1)*dist);
  write(text[i]);
  end;
for i:=curpos+1 to rows do
  begin
  gotoxy(xpos,ypos+(i-1)*dist);
  write(text[i]);
  end;
end;
```

```
{ ********************************************** }
Procedure VerMenu(xpos,ypos,rows,dist:byte;text:text30;
                  var choose:byte);
Var
  i:byte;
  x1,y1,x,y:integer;
  ch:char;
Begin

choose:=1;
drawVerMenu(xpos,ypos,rows,dist,choose,text);
mouseshow;
x1:=1;y1:=1;
repeat
mousegetposition(x1,y1);
if keypressed then
begin
ch:=readkey;
if ch=#0 then
  begin
  ch:=readkey;
  case ch of
  #72:if choose=1 then choose:=rows else choose:=choose-1;
  #75:if choose=1 then choose:=rows else choose:=choose-1;
  #80:if choose=rows then choose:=1 else choose:=choose+1;
  #77:if choose=rows then choose:=1 else choose:=choose+1;
  end;
  mousehide;
  drawVerMenu(xpos,ypos,rows,dist,choose,text);
  mouseshow;
  end;
 end;
mousegetposition(x,y);
if (x1<>x) or (y1<>y) then
begin
x1:=x;y1:=y;
if (round(x/8)>=xpos-1)and(round(x/8)<
=xpos+length(text[1])-2) then
if (round(y/8)+1>=ypos) and (round(y/8)-ypos+1<=dist*(rows-1))
and(((round(y/8)-ypos+1) mod dist)=0)
```

```
  then begin
  choose:=((round(y/8)-ypos+1) div dist)+1;
  mousehide;drawVerMenu(xpos,ypos,rows,dist,choose,text);
  mouseshow;
  end;
end;
until (ch=#13) or mouseLpress;
end;

        { ********************************************** }

Procedure drawHorMenu(xpos,ypos,cols,dist,curpos:byte;
                      text:text30;color:word);

Var
   i:byte;
Begin
textcolor(yellow);
textbackground(color);
gotoxy(xpos+(curpos-1)*dist,ypos);
write(text[curpos]);
textcolor(white);
for i:=1 to curpos-1 do
  begin
  gotoxy(xpos+(i-1)*dist,ypos);
  write(text[i]);
  end;
for i:=curpos+1 to cols do
  begin
  gotoxy(xpos+(i-1)*dist,ypos);
  write(text[i]);
  end;
end;

        { ********************************************** }

Procedure HorMenu(xpos,ypos,cols,dist,width:byte;text:text30;
                  var choose:byte;color:word);
Var
   i:byte;
```

```
  x1,y1,x,y:integer;
  ch:char;
Begin
choose:=1;
drawHorMenu(xpos,ypos,cols,dist,choose,text,color);
mouseshow;
x1:=1;y1:=1;
repeat
mousegetposition(x1,y1);
if keypressed then
begin
ch:=readkey;
if ch=#0 then
   begin
   ch:=readkey;
   case ch of
   #72:if choose=1 then choose:=cols else choose:=choose-1;
   #75:if choose=1 then choose:=cols else choose:=choose-1;
   #80:if choose=cols then choose:=1 else choose:=choose+1;
   #77:if choose=cols then choose:=1 else choose:=choose+1;
   end;
   mousehide;
   drawHorMenu(xpos,ypos,cols,dist,choose,text,color);
   mouseshow;
   end;
 end;
 mousegetposition(x,y);
 if (x1<>x) or (y1<>y) then
 begin
 x1:=x;y1:=y;
 if round(y/8)=ypos then
   begin
 if (round(x/8)>=xpos)and(((round(x/8)-xpos)
 mod dist)<=length(text[1]))
 and (round(x/8)-xpos<=(cols-1)*dist+length(text[1]))
 then begin
  choose:=((round(x/8)-xpos) div dist) +1;
 mousehide;drawHorMenu(xpos,ypos,cols,dist,
 choose,text,color);mouseshow;
     end;
```

```
  end;
end;
until (ch=#13)or mouseLpress;
end;

        { ********************************************** }

Procedure Screen;

Var
    text2:text30;
    choose1:byte;
Begin
choose1:=1;
text2[1]:=' Tiep tuc ';
text2[2]:=' Thoat   ';
textbackground(brown);
clrscr;
window(3,3,79,24);
textbackground(black);
clrscr;
window(2,2,78,23);
Frame(15,8,50,8,5,1);
gotoxy(19,9);Writeln('CHUONG TRINH TINH LO DINH HINH
                                    CANH BUOM');
gotoxy(32,10);write('Phien ban 1.0');
gotoxy(24,12);write('Viet boi Nguyen Anh Quan, 2000');
HorMenu(28,14,2,12,40,text2,choose1,cyan);
if choose1=2 then
  begin
  textcolor(white);
  textbackground(black);
  window(1,1,80,25);
  clrscr;
  halt;
  end;
textbackground(blue);clrscr;
end;

        { ********************************************** }
```

```
Procedure Screen2;

Var
   text2:text30;
   choose1:byte;
Begin
choose1:=1;
text2[1]:=' Tiep tuc ';
text2[2]:=' Thoat  ';
clrscr;
Frame(15,8,50,6,5,1);
gotoxy(23,9);Writeln('CHUONG TRINH TINH LO HINH CAN
                                        THO ');
gotoxy(32,10);
write('Phien ban 1.0');
gotoxy(24,12);
Writeln;

textbackground(blue);

end;

        { ********************************************** }

Procedure Report(title:text30;fig:mtext;xpos,ypos,frametype,
                    fig_rows,col_num,table:byte);

Var
   temp,col,width,j1:byte;
   i1,x:integer;
   ch1,ch2,ch3,ch4,ch5,ch6,ch7,ch8,ch9,ch10,ch11:char;
   st,st2:string[10];
   f:text;
Begin
if frametype=1 then
  begin
  ch1:=char(201);
  ch2:=char(187);
  ch3:=char(200);
```

```
ch4:=char(188);
ch5:=char(186);
ch6:=char(205);
ch7:=char(199);
ch8:=char(182);
ch9:=char(207);
ch10:=char(209);

end else
begin
ch1:=char(218);
ch2:=char(191);
ch3:=char(192);
ch4:=char(217);
ch5:=char(179);
ch6:=char(196);
ch7:=char(195);
ch8:=char(180);
ch9:=char(193);
ch10:=char(194);
end;
ch11:=char(197);

case col_num of
 1:begin
  col:=5;
  width:=13;
  end;
 2:begin
  col:=6;
  width:=11;
  end;
 end;
textcolor(white);
                { ************************** }
If table=1 then
  begin
  gotoxy(xpos,ypos);write(ch1);
  for i1:=1 to col do
     begin
```

```
      if (col_num=2) and ((i1=1)or(i1=col)) then
      temp:=width-1 else temp:=width;
      for j1:=1 to temp do
      write(ch6);
      if i1<col then write(ch10) else write(ch2);
      end;

   end
  else
   begin
   gotoxy(xpos,ypos);write(ch7);
   for i1:=1 to col do
      begin
      if (col_num=2) and ((i1=1)or(i1=col)) then
      temp:=width-1 else temp:=width;
      for j1:=1 to temp do
      write(char(196));
      if i1<col then write(ch11) else write(ch8);
      end;
   end;
   gotoxy(xpos,ypos+1);write(ch5);

 x:=xpos;
 for i1:=1 to col do
    begin
    if (col_num=2) and ((i1=1)or(i1=col)) then
    temp:=width-1 else temp:=width;
    gotoxy(x+1+round(temp/2)-round(length(title[i1])/2), ypos+1);
    write(title[i1]);
    if i1<col then
    begin
    x:=x+temp+1;
    gotoxy(x,ypos+1);
    write(char(179));
    end;
    end;
 gotoxy(xpos+70,ypos+1);
 write(ch5);

 gotoxy(xpos,ypos+2);
```

```
write(ch7);
for i1:=1 to col do
begin
if (col_num=2) and ((i1=1)or(i1=col)) then
temp:=width-1 else temp:=width;
for j1:=1 to temp do
write(char(196));
if i1<col then write(ch11) else write(ch8);
end;

for j1:=1 to fig_rows do
begin
gotoxy(xpos,ypos+j1+2);
write(ch5);
x:=xpos;
for i1:=1 to col do
   begin
   if (col_num=2) and ((i1=1)or(i1=col)) then
   temp:=width-1 else temp:=width;
   str(fig[j1,i1]:10:2,st);
   gotoxy(x+1+round(temp/2)-round(length(st)/2),ypos+2+j1);write(st);
   if i1<col then
   begin
   x:=x+temp+1;
   gotoxy(x,ypos+2+j1);
   write(char(179));
   end;
   end;
gotoxy(xpos+70,ypos+j1+2);
write(ch5);
end;

gotoxy(xpos,ypos+3+fig_rows);
write(ch3);
for i1:=1 to col do
begin
if (col_num=2) and ((i1=1)or(i1=col)) then
temp:=width-1 else temp:=width;
for j1:=1 to temp do
write(ch6);
```

```
if i1<col then write(ch9) else write(ch4);
end;

end;

        { ********************************************** }

Procedure wait(color:word;message:string80);

Var
  i:byte;
  ch:char;
Begin
textcolor(color);
repeat
      gotoxy(38-round(length(message)/2),20);
     write(message);
      delay(300);
      gotoxy(38-round(length(message)/2),20);
      for i:=1 to length(message)+1 do
      write(' ');
      delay(400);
until keypressed;
textcolor(white);
end;


        { ***********************************************}

   Procedure Lodinhhinh;

   Var
      fig,fig1,fig2,fig3:mtext;
      text2,title,title1,title2,title3:text30;
      t:text;
      choose2,choose3:byte;
      g,k,Fi,Rc,M,b1,br,x,p,Pc,hh,bb,Ftx,Mc,Ndc:ma;
      Be,b2,r1,r2,hi,p1,p2,p3,h2,l,v,gocso,f:ma;
      s1,s2,s,hc,xikma,bo,h0,xikmadeltah,xikmadeltaFi,c:real;
      a:string;
```

```
      Max,luu,kt,j,i,n : integer;
      ch:char;
Begin
Repeat
    assign(t,'thepgoc.txt');
    reset(t);
    readln(t,a);
    writeln(a);
      i:=0;
   repeat
       begin
        i:=i+1;
        readln(t,gocso[i],l[i],hi[i],r1[i],r2[i],f[i]);
        end;
      clrscr;
        Max:=i; j:=0;
       begin
      frame(15,10,50,4,cyan,1);
   until Keypressed;
     gotoxy(17,11);
     write('Nhap loai san pham goc so:');readln(Goc);

        i:=1; kt:=0;
      while i<max do
        if goc<>gocso[i] then
          i:=i+1
        else
         begin
            kt:=1;
            j:=0;
            break;
         end;

        if kt=0 then
         begin
          j:=j+1;
         end;
        if j>2 then break;
     end;
until kt=1;
```

```
title[1]:='Goc so';
title[2]:='l';
title[3]:='hi';
title[4]:='r1';
title[5]:='r2';
title[6]:='f';
fig[1,1]:=gocso[i];
fig[1,2]:=l[i];
fig[1,3]:=hi[i];
fig[1,4]:=r1[i];
fig[1,5]:=r2[i];
fig[1,6]:=f[i];
textbackground(blue);clrscr;
report(title,fig,4,6,1,1,2,1);
gotoxy(20,20);
write('Nhan phim bat ky de tiep tuc');
ch:=readkey;
textbackground(blue);clrscr;

luu:=i;
window(2,2,78,23);
frame(10,10,60,4,cyan,1);
gotoxy(12,11);
write('Nhap so lan can san pham n = ');
readln(n);

for i:=1 to n do
  begin
  if i>1 then
  begin
  gotoxy(12,11);
  write('Nhap luong dan dai cho LH thu ',i-1,' M[',i-1,'] :
   ',(M[i-1]):4:2);
  end;
  gotoxy(12,12);
  write('                                    ');
  gotoxy(12,12);
  write('Nhap luong dan dai cho LH thu ',i,' M[',i,'] : ');
  readln(M[i]);
  end;
```

```
 textbackground(blue);clrscr;

    hc:=(hi[luu]-0.4)*1.013;
    br[i]:=2*(l[luu]-0.5*hc);
    xikma:=M[1]*M[2]*M[3]*M[4]*M[5];
    hr[0]:=hc*xikma;
  for i:=1 to n do
   begin
  hr[i]:=hr[i-1]/M[i];
  hh[i]:=hr[i-1]-hr[i];
   end;
    k[1]:=1;k[2]:=1.28;k[3]:=1.4;k[4]:=1.5;k[5]:=2;
    v[1]:=0.355;v[2]:=0.279;v[3]:=0.214;v[4]:=0.152;v[5]:=0.11;
  for i:=n downto 1 do
    begin
      Rc[i]:=D1/2-hr[i]/2;
      bb[i]:=(2*br[i]*hh[i]*k[i])/
      ((hr[i]+hr[i-1])*(1+(1+v[i])*sqr(br[i]/(Rc[i]*v[i]))));
       br[i-1]:=br[i]-bb[i];
     end;
       i:=n;
       b2[i]:=0;
       p1[i]:=0;
       Fi[i-4]:=130;Fi[i-1]:=90;Fi[i]:=90;
       xikmadeltah:=hh[2]+hh[3]+hh[4];
       xikmadeltaFi:=Fi[1]-Fi[i];
       c:=(xikmadeltaFi)/(xikmadeltah);
       Fi[i-3]:=Fi[1]-c*hh[2];
       Fi[i-2]:=Fi[2]-c*hh[3];
       g[i]:=(180-Fi[i])/2;
       g[i]:=g[i]*3.14159/180;
       H2[i]:=br[i]*cos(g[i]);
       H2[i]:=0.5*H2[i];
       b3[i]:=1.7*l[luu];
       x[1]:=0.6;x[2]:=0.35;x[3]:=0.25;x[4]:=0.2;
for i:=(n-1) downto 1 do
  if (i=n-1) then
     begin
       g[i]:=(180-Fi[i])/2;
       g[i]:=g[i]*3.14159/180;
```

```
      b2[i]:=0.3*br[i]/2;
      B3[i]:=2*b2[i]*cos(g[i])+2*1.275*
      (br[i]/2-b2[i])*sin(g[i]);
      p1[i]:=1.275*(br[i]/2-b2[i]);
      p2[i]:=p1[i]-0.5*hr[i];
      p3[i]:=p1[i]+0.5*hr[i];
      H2[i]:=sin(g[i])*b2[i]+(1-cos(g[i]))*p1[i];
      r1[i]:=m[i]*r1[i+1];
     end
else
     begin
       g[i]:=(180-Fi[i])/2;
       g[i]:=g[i]*3.14159/180;
       B3[i]:=B3[i+1]-1;
       b2[i]:=br[i]/2*x[i];
       p1[i]:=(br[i]/2-b2[i])/g[i];
       p2[i]:=p1[i]-0.5*hr[i];
       p3[i]:=p1[i]+0.5*hr[i];
       H2[i]:=sin(g[i])*b2[i]+(1-cos(g[i]))*p1[i];
       r1[i]:=M[i]*r1[i+1];
      end;
       r2[4]:=r2[5]+hh[5];
       r2[3]:=hh[4];
       r2[2]:=r2[5]+hh[3];
       r2[1]:=hh[2];
       b3[0]:=b3[1]-5;
       Vc1[n]:=10;
       f[n]:=f[luu];
       Tc1[n]:=920;
 for i:=n downto 1 do
 begin
      Tc1[i-1]:=Tc1[i]+TT;
      f[i-1]:=f[i]*M[i];
      Vc1[i-1]:=f[i]*Vc1[i]/f[i-1];
        if Tc1[i]>(Tch-575) then
    p[i]:=42*((Tch-Tc1[i]-75)/1500)*
    (1+0.33*(2.0*sqrt(Rc[i]*hh[i])/(hr[i]+hr[i-1])-1))
    else
    p[i]:=42*sqr((Tch-Tc1[i])/1000)*
    (1+0.33*(2.0*sqrt(Rc[i]*hh[i])/(hr[i]+hr[i-1])-1));
```

```
    Ftx[i]:=0.5*(b3[i]+b3[i-1])*sqrt(Rc[i]*hh[i]);
    Pc[i]:=Ftx[i]*P[i];

    Mc[i]:=(1.1*Pc[i]*(0.09*0.6*d1+sqrt(0.5*d1*hh[i])))/(Iqt*0.9);
    Ndc[i]:=Mc[i]*(Vq/9.55E+5);
  end;

  title1[1]:='M';
  title1[2]:='d';
  title1[3]:='hh';
  title1[4]:='h';
  title1[5]:='Rc';

    for i:=1 to n do
    begin
      fig1[i,1]:=M[i];
      fig1[i,3]:=hh[i];
      fig1[i,2]:=hr[i];
      fig1[i,4]:=h2[i];
      fig1[i,5]:=Rc[i];
      fig2[i,1]:=p1[i];
      fig2[i,2]:=bb[i];
      fig2[i,3]:=br[i]/2;
      fig2[i,4]:=b2[i];
      fig2[i,5]:=b3[i];
      fig3[i,1]:=p[i];
      fig3[i,2]:=Pc[i]/1000;
      fig3[i,3]:=Vc1[i];
      fig3[i,4]:=Ndc[i];
      fig3[i,5]:=Mc[i]/100000;
    end;

  title2[1]:='Rk';
  title2[2]:='bb';
  title2[3]:='b1';
  title2[4]:='b2';
  title2[5]:='b3';
  title3[1]:='P';
  title3[2]:='Pc';
  title3[3]:='Vc';
```

```
    title3[4]:='Ndc';
    title3[5]:='Mc';
    text2[1]:='Xem lai';
    text2[2]:='Tiep tuc';
    text2[3]:='Thoat';
    repeat
    clrscr;
    report(title1,fig1,3,3,1,n,1,1);
    wait(Yellow,'An phim bat ky de xem tiep');
    clrscr;
    report(title2,fig2,3,3,1,n,1,1);
    ch:=readkey;
    wait(Yellow,'An phim bat ky de xem tiep');
    clrscr;
    report(title3,fig3,3,3,1,n,1,1);
    ch:=readkey;
    HorMenu(20,8+n,3,12,60,text2,choose2,blue);
    until (choose2=2) or (choose2=3);
    if choose2=3 then
       begin
       textcolor(white);
       textbackground(black);
       clrscr;halt;
       end;

   end;

        { ********************************************** }
Procedure Goctho;

Var
    title4,title5,title6,title7,title8,text2:text30;
    fig4,fig5,fig6,fig7,fig8:mtext;
    o:text;
    ch:char;
    choose2:byte;
    z:string;
    i,n,max,giu:integer;
    pc,p,hh,bb,Ftx,t,f,b,h,hhmax,dlv,bblt,bk1,bk2,r1,r2,g,Fi,M:ma;
    h1,h2,h3,h4,h5,M1,M2,M3,M4,M5,gocso,Mc,Ndc,Tc2:ma;
```

```
Begin
   clrscr;
   frame(10,10,60,4,cyan,1);
   gotoxy(12,11);
   write('Nhap so lan can tho n = ');readln(n);
   textbackground(blue);clrscr;
   h[0]:=120;
   b[0]:=120;
   f[0]:=h[0]*b[0];

   title4[1]:='Goc so';
   title4[2]:='h1';
         title4[3]:='h2';
         title4[4]:='h3';
         title4[5]:='h4';
         title4[6]:='h5';

         title5[1]:='M1';
         title5[2]:='M2';
         title5[3]:='M3';
         title5[4]:='M4';
         title5[5]:='M5';
   assign(o,'foithep.txt');
   reset(o);
   readln(o,z);

     i:=0;
   Repeat
      begin
       i:=i+1;
       readln(o,gocso[i],h1[i],h2[i],h3[i],h4[i],
       h5[i],M1[i],M2[i],M3[i],M4[i],M5[i]);
       end;
       Max:=i;
         i:=0;
   while not i<Max do
         begin
           i:=i+1;
           if gocso[i]=Goc then break;
         end;
```

```
Until Keypressed;
  gotoxy(7,2);
    write('PHAN BO LUONG DAN DAI VA LUONG EP CUA
          SAN PHAM GOC SO ' , GOC:4:1,");

      fig4[1,1]:=gocso[i];
      fig4[1,2]:=h1[i];
      fig4[1,3]:=h2[i];
      fig4[1,4]:=h3[i];
      fig4[1,5]:=h4[i];
      fig4[1,6]:=h5[i];

      fig5[1,1]:=M1[i];
      fig5[1,2]:=M2[i];
      fig5[1,3]:=M3[i];
      fig5[1,4]:=M4[i];
      fig5[1,5]:=M5[i];
    report(title4,fig4,3,4,1,1,2,1);
    report(title5,fig5,3,9,1,1,1,1);
    wait(Yellow,'An phim bat ky de xem tiep');

      giu:=i;
     readln;
      h[1]:=h1[giu];
      h[2]:=h2[giu];
      h[3]:=h3[giu];
      h[4]:=h4[giu];
      h[5]:=h5[giu];

      M[1]:=M1[giu];
      M[2]:=M2[giu];
      M[3]:=M3[giu];
      M[4]:=M4[giu];
      M[5]:=M5[giu];
   for i:=1 to n-1 do
        begin
      if (i=2) or (i=5) then
          begin
            b[i]:=h[i];
            f[i]:=sqr(h[i]);
```

```
            M[i]:=f[i-1]/f[i];
            hh[i]:=b[i-1]-h[i];
            bb[i]:=b[i]-h[i-1];
            dlv[i]:=(d2-h[i]);
            hhmax[i]:=0.5*dlv[i]*sqr(fa);
            bblt[i]:=1.15*hh[i]/(2*b[i-1])*
            (sqrt(dlv[i]/2*hh[i])-hh[i]/(2*fa));
            bk1[i]:=1.0*h[i-1];
            bk2[i]:=bk1[i]+1.5*bb[i];
            t[i]:=0.01*d2;
            g[i]:=(bk2[i]-bk1[i])/(h[i]-t[i]);
            Fi[i]:=arctan(g[i]);
            Fi[i]:=Fi[i]*180/3.14159;
            r1[i]:=0.15*h[i-1];
            r2[i]:=0.1*h[i-1];
          end else
          begin
            f[i]:=f[i-1]/M[i];
            b[i]:=f[i]/h[i];
            hh[i]:=h[i-1]-h[i];
            bb[i]:=b[i]-b[i-1];
            dlv[i]:=(d2-h[i]);
            hhmax[i]:=0.5*dlv[i]*sqr(fa);
            bblt[i]:=1.15*hh[i]/(2*h[i-1])*
            (sqrt(dlv[i]/2*hh[i])-hh[i]/(2*fa));
            bk1[i]:=1.0*b[i-1];
            bk2[i]:=bk1[i]+1.5*bb[i];
            t[i]:=0.01*d2;
            g[i]:=(bk2[i]-bk1[i])/(h[i]-t[i]);
            Fi[i]:=arctan(g[i]);
            Fi[i]:=Fi[i]*180/3.14159;
            r1[i]:=0.15*b[i-1];
            r2[i]:=0.1*b[i-1];
          end;
end;
            i:=n;
            h[i]:=hr[0];
            b[i]:=b3[0];
            f[i]:=hr[0]*b3[0];
            M[i]:=f[i-1]/f[i];
```

```
        hh[i]:=h[i-1]-h[i];
        bb[i]:=b[i]-b[i-1];
        dlv[i]:=(d2-h[i]);
        hhmax[i]:=0.5*dlv[i]*sqr(fa);
        bblt[i]:=1.15*hh[i]/(2*h[i-1])*(sqrt(dlv[i]/2*hh[i])-hh[i]/(2*fa));
        bk1[i]:=1.0*b[i-1];
        bk2[i]:=bk1[i]+1.5*bb[i];
        t[i]:=0.01*d2;
        g[i]:=(bk2[i]-bk1[i])/(h[i]-t[i]);
        Fi[i]:=arctan(g[i]);
        Fi[i]:=Fi[i]*180/3.14159;
        r1[i]:=0.15*b[i-1];
        r2[i]:=0.1*b[i-1];
        Tc2[n]:=1000;
for i:=n downto 1 do
    begin
    f[i-1]:=f[i]*M[i];
   Vc2[i]:=600*pi*dlv[i]/4.8655/60;
   Tc2[i-1]:=Tc2[i]+TT;
  if Tc2[i]>(Tch-575) then
  p[i]:=42*((Tch-Tc2[i]-75)/1500)*
  (1+0.33*(2.0*sqrt(0.5*dlv[i]*hh[i])/(h[i]+h[i-1])-1))
 else
  p[i]:=42*sqr((Tch-Tc2[i])/1000)*
  (1+0.33*(2.0*sqrt(0.5*dlv[i]*hh[i])/(h[i]+h[i-1])-1));
  Ftx[i]:=0.5*(b[i]+b[i-1])*sqrt(0.5*dlv[i]*hh[i]);
  Pc[i]:=Ftx[i]*P[i];
  Mc[i]:=(1.1*Pc[i]*(0.09*0.6*
  d2+sqrt(0.5*dlv[i]*hh[i])))/(lqt*0.9);
  Ndc[i]:=Mc[i]*(600/9.55E+5);

    end;

 title6[1]:='M';
 title6[2]:='h';
 title6[3]:='b';
 title6[4]:='hh';
 title6[5]:='bb';
 title6[6]:='hhmax';
```

```
title7[1]:='bk1';
title7[2]:='bk2';
title7[3]:='t';
title7[4]:='Fi';
title7[5]:='r1';
title7[6]:='r2';

title8[1]:='P';
title8[2]:='Pc';
title8[3]:='Mc';
title8[4]:='Ftx';
title8[5]:='Ndc';
title8[6]:='Vc2';

for i:=1 to n do
begin
        fig8[i,1]:=P[i];
        fig8[i,2]:=Pc[i]/1000;
        fig8[i,3]:=Mc[i]/100000;
        fig8[i,4]:=Ftx[i];
        fig8[i,5]:=Ndc[i];
        fig8[i,6]:=Vc2[i]/1000;

        fig7[i,4]:=Fi[i];
        fig7[i,5]:=r1[i];
        fig7[i,6]:=r2[i];
        fig7[i,1]:=bk1[i];
        fig7[i,2]:=bk2[i];
        fig7[i,3]:=t[i];

        fig6[i,1]:=M[i];
        fig6[i,2]:=h[i];
        fig6[i,3]:=b[i];
        fig6[i,4]:=hh[i];
        fig6[i,5]:=bb[i];
        fig6[i,6]:=hhmax[i];
  end;

text2[1]:='Xem lai';
text2[2]:='Thoat';
```

```
  repeat
  clrscr;
  report(title6,fig6,3,3,1,n,2,1);
  wait(Yellow,'An phim bat ky de xem tiep');
  clrscr;
  report(title7,fig7,3,3,1,n,2,1);
  ch:=readkey;
  wait(Yellow,'An phim bat ky de xem tiep');
  clrscr;
  report(title8,fig8,3,3,1,n,2,1);
  ch:=readkey;
  HorMenu(28,8+n,2,12,40,text2,choose2,blue);
  until (choose2=2);
 end;

BEGIN {Main}
Screen;
Writeln;
Lodinhhinh;
Screen2;
ch:=readkey;
Goctho;
VerMenu(4,10,4,2,text1,choose);
Textcolor(white);
Textbackground(black);
Clrscr;

END.
```

2. Một số kết quả tính toán

Bảng 2. Các thông số công nghệ cán thép Φ10

K	Hình	Muy	Δh	n_{dc}	Vc	a	h	b	Ro	t	p	Pc	Mc	Ndc
		--	mm	v/p	m/s	mm	mm	mm	mm	mm	kG/mm^2	kN	T.m	kW
6	Ôvan	1.387	25.73	82.00	1.342	--	53.75	78.34	44.97	8	5.43	246.20	14.79	166.9
7	Vuông	1.345	21.58	105.01	1.806	48	61.43	62.24	-------	5	5.59	152.00	8.41	123.2
8	Ôvan	1.392	19.14	146.46	2.514	--	38.25	58.15	35.50	8	6.76	198.10	10.44	215.1
9	Vuông	1.343	16.30	189.86	3.337	35	44.99	44.14	-------	5	6.82	115.83	5.65	152.9
10	Ôvan	1.401	14.12	69.35	1.115	--	27.28	42.81	27.66	7	8.11	144.68	6.32	61.5
11	Vuông	1.343	12.60	90.73	1.498	25	32.57	31.89	-------	4	8.13	84.63	3.50	45.0
12	Ôvan	1.406	10.29	127.03	2.106	--	19.19	31.27	21.83	6	9.85	110.56	4.16	76.2
13	Vuông	1.336	10.12	168.32	2.814	19	23.72	23.21	-------	3	9.90	67.74	2.53	61.5
14	Ôvan	1.399	7.72	232.37	3.938	--	13.54	23.50	16.86	4	11.99	87.03	2.86	98.4
15	Vuông	1.321	7.59	306.08	5.204	14	17.57	16.23	-------	3	11.79	49.12	1.60	72.6
16	Ôvan	1.354	5.49	411.69	7.047	--	10.06	17.38	12.46	3	14.15	64.15	1.78	87.6
17	Vuông	1.288	5.79	530.38	9.076	10	13.00	12.66	------	2	14.07	40.13	1.15	72.5
18	Ôvan	1.236	4.37	658.76	11.220	--	8.00	14.00	9.67	2	16.69	53.28	1.33	104.6
19	Tròn	1.170	2.65	726.32	12.000	--	10.13	10.12	------	2	14.32	21.83	0.42	36.90

Bảng 3. Các thông số công nghệ cán thép Φ12

K	Hình	Muy	Δh	n_{dc}	Vc	a	h	b	Ro	t	p	Pc	Mc	Ndc
		--	mm	v/p	m/s	mm	mm	mm	mm	mm	kG/mm^2	kN	T.m	kW
6	Ôvan	1.333	23.61	90.61	1.470	--	56.54	76.55	42.31	8	5.31	226.77	13.00	163.4
7	Vuông	1.306	19.20	112.64	1.921	49	63.74	64.55	-------	5	5.46	144.94	7.55	119.8
8	Ôvan	1.342	18.16	151.80	2.578	--	41.76	58.48	34.28	9	6.53	189.24	9.67	207.6
9	Vuông	1.310	15.04	191.57	3.337	37	47.60	47.58	-------	5	6.61	116.08	5.42	149.3
10	Ôvan	1.337	13.58	85.73	1.360	--	31.09	43.94	26.67	8	7.73	140.50	5.99	72.4
11	Vuông	1.303	11.65	108.40	1.773	28	36.41	35.73	-------	4	7.75	86.52	3.43	53.0
12	Ôvan	1.345	10.74	145.81	2.385	--	22.77	34.29	21.72	6	9.35	117.65	4.51	94.4
13	Vuông	1.303	9.12	188.76	3.108	21	27.51	26.00	-------	4	9.18	66.53	2.35	64.7
14	Ôvan	1.337	8.02	249.64	4.157	--	16.78	25.94	17.23	5	11.10	91.83	3.06	112.9
15	Vuông	1.292	7.47	320.11	5.372	16	21.12	19.78	-------	3	10.90	54.74	1.76	83.9
16	Ôvan	1.290	5.68	412.34	6.932	--	13.09	19.55	12.78	4	12.76	67.46	1.90	93.5
17	Vuông	1.256	5.02	514.96	8.707	13	16.31	14.97	-------	3	12.30	38.47	1.02	62.7
18	Ôvan	1.181	5.37	612.45	10.280	--	10.00	18.00	12.12	2	15.67	69.71	1.92	140.3
19	Tròn	1.167	3.78	720.12	12.000	--	12.16	12.14	-------	2	14.20	30.93	0.71	61.5

Bảng 4. Các thông số công nghệ cán thép Φ12 (có tính tới ảnh hưởng của kéo căng)

K	Hình	Muy	Δh	n_{dc}	Vc	Dk	h	b	p	Pc	Mc	Ndc	$\sigma_{i,i+1}$
		--	mm	v/p	m/s	mm	mm	mm	kG/mm^2	kN	T.m	kW	kG/mm^2
6	Ôvan	1.333	23.61	90.61	1.470	309.86	56.54	76.55	4.80	205.10	11.78	148.0	2.6628
7	Vuông	1.306	19.20	112.64	1.921	325.64	63.74	64.55	4.93	130.97	6.96	110.1	1.3783
8	Ôvan	1.342	18.16	151.80	2.578	324.31	41.76	58.48	5.82	168.48	8.69	186.2	3.0364
9	Vuông	1.310	15.04	191.57	3.337	336.66	47.60	47.58	6.61	116.00	5.54	152.0	0.0000
10	Ôvan	1.337	13.58	85.73	1.360	303.09	31.09	43.94	6.85	124.61	5.37	64.7	3.1716
11	Vuông	1.303	11.65	108.40	1.773	312.43	36.41	35.73	6.82	76.17	3.09	47.6	1.7165
12	Ôvan	1.345	10.74	145.81	2.385	312.36	22.77	34.29	8.17	102.71	4.00	83.5	3.5170
13	Vuông	1.303	9.12	188.76	3.108	314.49	27.51	26.00	7.94	57.59	2.07	56.9	1.9229
14	Ôvan	1.337	8.02	249.64	4.157	318.04	16.78	25.94	9.53	78.79	2.67	98.2	3.9370
15	Vuông	1.292	7.47	320.11	5.372	320.53	21.12	19.78	9.29	46.65	1.53	72.8	2.1108
16	Ôvan	1.290	5.68	412.34	6.932	321.05	13.09	19.55	10.71	56.63	1.62	79.9	4.4591
17	Vuông	1.256	5.02	514.96	8.707	322.93	16.31	14.97	10.04	31.39	0.85	52.2	2.6298
18	Ôvan	1.181	5.37	612.45	10.280	320.62	10.00	18.00	13.23	58.85	1.64	119.9	4.6540
19	Tròn	1.167	3.78	720.12	12.000	318.26	12.16	12.14	14.20	30.94	0.72	62.3	0.0000

Bảng 5. Các thông số công nghệ cán thép Φ14

K	Hình	Muy	Δh	n_{dc}	Vc	a	h	b	Ro	t	p	Pc	Mc	Ndc
		--	mm	v/p	m/s	mm	mm	mm	mm	mm	kG/mm^2	kN	T.m	kW
6	Ôvan	1.353	24.47	87.50	1.425	--	55.43	77.26	43.32	8	5.36	234.51	13.71	165.8
7	Vuông	1.322	20.13	110.06	1.883	49	62.83	63.64	-------	5	5.51	147.76	7.89	121.8
8	Ôvan	1.358	18.61	149.92	2.557	--	40.40	58.54	34.54	8	6.62	193.51	10.03	212.2
9	Vuông	1.321	15.45	190.91	3.337	36	47.06	46.21	-------	5	6.67	115.39	5.47	149.7
10	Ôvan	1.364	14.09	125.42	1.992	--	29.52	44.12	27.24	7	7.91	145.52	6.33	115.5
11	Vuông	1.322	12.15	160.32	2.633	27	34.87	34.19	-------	4	7.91	86.40	3.50	79.8
12	Ôvan	1.367	10.62	218.13	3.600	--	21.31	33.17	21.79	6	9.55	115.40	4.40	138.1
13	Vuông	1.317	9.26	286.12	4.741	20	25.97	24.46	-------	4	9.39	64.63	2.30	96.0
14	Ôvan	1.360	7.75	384.61	6.450	--	15.43	24.62	17.13	5	11.38	87.91	2.88	131.9
15	Vuông	1.304	7.52	498.54	8.413	15	19.66	18.32	-------	3	11.23	52.50	1.70	100.6
16	Ôvan	1.206	6.41	606.59	10.150	--	12.00	21.00	13.52	2	13.71	78.14	2.35	169.5
17	Tròn	1.182	4.17	723.86	12.000	--	14.18	14.17	------	2	12.39	33.02	0.80	69.1

Bảng 6. Ảnh hưởng kéo căng tới các thông số công nghệ cán thép Ф14

K	Hình	Muy	Δh	n_{dc}	Vc	Dk	h	b	p	Pc	Mc	Ndc	$\sigma_{i\div i+1}$
		--	mm	v/p	m/s	mm	mm	mm	kG/mm^2	kN	T.m	kW	kG/mm^2
6	Ôvan	1.353	24.47	87.50	1.425	310.95	55.43	77.26	4.85	212.05	12.43	150.3	2.6688
7	Vuông	1.322	20.13	110.06	1.883	326.73	62.83	63.64	4.99	133.88	7.31	112.0	1.3409
8	Ôvan	1.358	18.61	149.92	2.557	325.69	40.40	58.54	5.90	172.36	9.01	190.3	3.0274
9	Vuông	1.321	15.45	190.91	3.337	337.84	47.06	46.21	6.67	115.31	5.60	152.0	0.0000
10	Ôvan	1.364	14.09	125.42	1.992	303.38	29.52	44.12	7.02	129.19	5.67	99.8	3.1198
11	Vuông	1.322	12.15	160.32	2.633	313.65	34.87	34.19	6.98	76.27	3.16	71.0	1.6802
12	Ôvan	1.367	10.62	218.13	3.600	315.24	21.31	33.17	8.33	100.58	3.91	122.2	3.5595
13	Vuông	1.317	9.26	286.12	4.741	316.46	25.97	24.46	8.13	55.95	2.03	84.5	1.9130
14	Ôvan	1.360	7.75	384.61	6.450	320.28	15.43	24.62	9.73	75.18	2.52	115.0	4.0256
15	Vuông	1.304	7.52	498.54	8.413	322.28	19.66	18.32	9.57	44.76	1.48	87.7	2.1054
16	Ôvan	1.206	6.41	606.59	10.150	319.57	12.00	21.00	11.69	66.62	3.03	146.3	4.0966
17	Tròn	1.182	4.17	723.86	12.000	316.61	14.18	14.17	12.39	33.02	0.80	69.1	0.0000

Bảng 7. Các thông số công nghệ cán thép Φ16

K	Hình	Muy	Δh	n_{dc}	Vc	a	h	b	Ro	t	p	Pc	Mc	Ndc
		--	mm	v/p	m/s	mm	mm	mm	mm	mm	kG/mm^2	kN	T.m	kW
6	Ôvan	1.308	22.52	95.50	1.543	--	57.95	75.68	41.15	8	5.24	217.09	12.14	161.4
7	Vuông	1.287	18.07	116.97	1.986	50	64.88	65.69	-------	5	5.40	141.30	7.13	118.2
8	Ôvan	1.317	17.59	154.86	2.615	--	43.60	58.72	33.57	9	6.42	184.55	9.27	203.6
9	Vuông	1.291	14.34	192.50	3.377	38	49.35	49.33	-------	5	6.51	115.41	5.26	146.2
10	Ôvan	1.312	13.39	140.19	2.211	--	33.07	44.91	26.38	8	7.56	140.01	5.91	117.0
11	Vuông	1.286	10.66	174.62	2.842	30	38.40	36.72	-------	5	7.51	82.20	3.10	78.1
12	Ôvan	1.318	10.43	231.70	3.747	--	24.71	34.91	21.63	7	9.03	115.23	4.34	144.8
13	Vuông	1.286	8.93	291.49	4.820	23	29.54	28.03	-------	4	8.92	68.88	2.40	102.5
14	Ôvan	1.322	8.40	382.68	6.371	--	18.50	27.05	17.76	6	10.71	93.68	3.13	142.4
15	Vuông	1.284	7.56	490.53	8.180	17	22.22	21.71	-------	3	10.65	59.02	1.91	111.3
16	Ôvan	1.387	7.81	666.22	11.350	--	13.00	22.00	14.60	3	13.56	93.15	3.08	244.0
17	Tròn	1.158	3.79	738.18	12.000	--	16.21	16.19	-------	3	11.39	33.01	0.76	67.1

Bảng 8. Ảnh hưởng kéo căng tới các thông số công nghệ cán thép Φ16

K	Hình	Muy	Δh	n_{dc}	Vc	Dk	h	b	p	Pc	Mc	Ndc	$\sigma_{i\div i+1}$
		--	mm	v/p	m/s	mm	mm	mm	kG/mm^2	kN	T.m	kW	kG/mm^2
6	Ôvan	1.308	22.52	95.50	1.543	308.48	57.95	75.68	4.74	200.89	11.25	149.6	2.6561
7	Vuông	1.287	18.07	116.97	1.986	324.26	64.88	65.69	4.86	127.30	6.55	108.0	1.4242
8	Ôvan	1.317	17.59	154.86	2.615	322.48	43.60	58.72	5.72	164.28	8.31	182.3	3.0385
9	Vuông	1.291	14.34	192.50	3.377	335.04	49.35	49.33	6.61	115.50	5.38	148.0	0.0000
10	Ôvan	1.312	13.39	140.19	2.211	301.17	33.07	44.91	6.71	124.21	5.30	104.7	3.1296
11	Vuông	1.286	10.66	174.62	2.842	310.86	38.40	36.72	6.57	71.95	2.78	69.0	1.7879
12	Ôvan	1.318	10.43	231.70	3.747	308.82	24.71	34.91	7.87	100.43	3.83	127.6	3.5605
13	Vuông	1.286	8.93	291.49	4.820	315.79	29.54	28.03	7.70	59.45	2.12	90.1	1.9509
14	Ôvan	1.322	8.40	382.68	6.371	317.95	18.50	27.05	9.23	80.70	2.80	127.3	3.8398
15	Vuông	1.284	7.56	490.53	8.180	318.49	22.22	21.71	9.03	50.05	1.65	96.2	2.1694
16	Ôvan	1.387	7.81	666.22	11.350	325.23	13.00	22.00	11.66	80.15	2.71	214.9	3.8849
17	Tròn	1.158	3.79	738.18	12.000	310.47	16.21	16.19	11.39	33.01	0.77	67.1	0.0000

Bảng 9. Các thông số công nghệ cán thép Φ18

K	Hình	Muy	Δh	$n_{đc}$	Vc	a	h	b	Ro	t	p	Pc	Mc	Nđc
		--	mm	v/p	m/s	mm	mm	mm	mm	mm	kG/mm^2	kN	T.m	kW
6	Ôvan	1.370	25.79	85.08	1.381	--	56.36	80.08	45.24	8	5.36	248.74	14.91	174.7
7	Vuông	1.334	21.50	107.89	1.842	50	64.19	65.00	-------	5	5.52	156.08	8.60	129.5
8	Ôvan	1.375	19.44	148.63	2.533	--	40.59	60.11	35.86	8	6.64	203.08	10.76	224.7
9	Vuông	1.333	16.36	190.86	3.337	37	47.53	46.86	-------	5	6.71	120.45	5.87	158.8
10	Ôvan	1.382	14.55	204.89	3.261	--	29.31	44.82	28.09	7	7.96	150.73	6.67	191.3
11	Vuông	1.333	12.73	264.45	4.348	27	34.80	34.12	-------	4	7.97	88.98	3.69	138.1
12	Ôvan	1.386	10.82	363.73	6.027	--	20.89	33.29	22.33	6	9.64	117.74	4.54	195.5
13	Vuông	1.328	9.64	481.74	8.001	20	25.62	24.11	-------	4	9.50	65.79	2.39	136.8
14	Ôvan	1.334	8.88	634.94	10.680	--	15.00	26.00	17.08	3	11.90	101.11	3.56	268.2
15	Tròn	1.124	4.93	737.24	12.000	--	18.23	18.22	-------	3	10.45	38.74	1.01	89.1

Bảng 10. Các thông số công nghệ cán thép Φ20

K	Hình	Muy	Δh	n_{dc}	Vc	a	h	b	Ro	t	p	Pc	Mc	Ndc
		--	mm	v/p	m/s	mm	mm	mm	mm	mm	kG/mm^2	kN	T.m	kW
6	Ôvan	1.329	25.79	92.97	1.494	--	58.74	78.85	43.32	8	5.27	234.10	13.56	174.1
7	Vuông	1.304	21.50	114.95	1.949	51	65.38	67.02	-------	5	5.43	150.83	7.92	128.1
8	Ôvan	1.331	19.44	153.61	2.593	--	43.73	60.06	34.65	9	6.45	193.87	9.97	216.3
9	Vuông	1.302	16.36	192.41	3.377	39	49.72	49.70	-------	5	6.53	119.77	5.60	154.8
10	Ôvan	1.330	14.55	220.87	3.488	--	32.69	45.61	27.24	8	7.63	145.89	6.29	195.4
11	Vuông	1.299	12.73	277.94	4.531	29	38.20	36.52	-------	5	7.58	84.89	3.30	131.4
12	Ôvan	1.337	10.82	372.91	6.057	--	24.09	35.01	22.20	7	9.14	118.22	4.51	199.5
13	Vuông	1.299	9.64	475.09	7.869	22	29.01	27.50	-------	4	9.04	70.05	2.50	141.0
14	Ôvan	1.339	8.88	631.12	10.540	--	17.00	29.00	18.52	3	11.52	115.49	4.29	321.2
15	Tròn	1.138	4.93	740.44	12.000	--	20.26	20.24	-------	3	10.14	43.33	1.17	103.7

Bảng 11. Các thông số công nghệ cán thép Φ22

K	Hình	Muy	Δh	n_{dc}	Vc	a	h	b	Ro	t	p	Pc	Mc	Ndc
		--	mm	v/p	m/s	mm	mm	mm	mm	mm	kG/mm^2	kN	T.m	kW
6	Ôvan	1.420	27.54	77.48	1.276	--	53.91	81.56	47.70	8	5.46	265.41	16.49	175.0
7	Vuông	1.368	23.69	100.76	1.733	48	62.12	62.93	-------	5	5.63	162.19	9.40	131.1
8	Ôvan	1.427	20.08	143.80	2.474	--	37.51	59.36	37.23	8	6.83	208.52	11.26	226.8
9	Vuông	1.365	17.62	189.36	3.337	34	44.52	43.67	-------	5	6.91	120.84	6.13	164.3
10	Ôvan	1.438	14.45	352.14	5.707	--	26.14	42.71	28.61	7	8.24	147.96	6.54	272.5
11	Vuông	1.363	13.39	469.67	7.781	25	31.52	30.84	-------	4	8.30	86.19	3.67	204.2
12	Ôvan	1.341	10.97	625.06	10.430	--	19.00	32.00	20.00	3	10.11	117.43	4.57	338.8
13	Tròn	1.150	5.74	743.86	12.000	--	22.29	22.26	-------	3	8.98	43.67	1.22	108.5

Bảng 12. Các thông số công nghệ cán thép Φ25

K	Hình	Muy	Δh	$n_{đc}$	Vc	a	h	b	Ro	t	p	Pc	Mc	$Nđc$
		--	mm	v/p	m/s	mm	mm	mm	mm	mm	kG/mm^2	kN	T.m	kW
6	Ôvan	1.352	25.17	88.54	1.432	--	57.47	79.66	44.43	8	5.32	242.97	14.37	175.6
7	Vuông	1.321	20.63	111.16	1.892	50	64.34	65.98	-------	5	5.48	154.08	8.31	129.4
8	Ôvan	1.354	18.94	150.92	2.561	--	42.08	59.81	35.30	9	6.55	197.90	10.33	219.6
9	Vuông	1.319	15.73	191.58	3.337	38	48.15	48.13	-------	5	6.63	120.26	5.74	157.5
10	Ôvan	1.353	14.08	369.89	5.874	--	30.94	44.71	27.52	8	7.77	146.07	6.34	277.4
11	Vuông	1.315	12.23	471.65	7.723	28	36.42	35.74	-------	4	7.80	89.26	3.62	202.3
12	Ôvan	1.288	12.11	608.28	9.950	--	22.00	37.00	23.51	4	9.68	135.20	5.51	396.8
13	Tròn	1.206	7.27	748.06	12.000	--	25.33	25.30	-------	4	8.93	55.32	1.74	154.7

Bảng 13. Kéo căng phụ thuộc vào tốc độ

V_c Giá 15	490										
V_c Giá 16	620	627	630	640	650	660	680	700	720	740	760
$\sigma_{15\div16}$	-1.06441	0.0142	0.3813	1.2741	1.7823	2.0422	2.2064	2.2600	2.3284	2.3576	2.3975

Đơn vị của V_c là: v/p ; của kéo căng $\sigma_{15\text{-}16}$ là: kG/mm²;
Sản phẩm: Φ16; Giá cán K15-K16 của MCLT.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Phạm Văn Côi* : " Luận án Thạc sỹ", ĐHBK Hà Nội, 1998.
2. *Quách Tuấn Ngọc*: " Ngôn ngữ lập trình Pascal " , NXB Giáo dục, 1999.
3. *Selicov A.I.* : " Cơ sở lý thuyết cán ", NXB Luyện kim, Moscơva, 1965.
4. *Minkin A.B.*: " Tính toán các lỗ hình dãn dài", NXB Luyện kim, Moscơva, 1999.
5. *Trecmarev A.P.* : " Công nghệ cán với kéo căng trên máy cán hình cỡ nhỏ liên tục", NXB Luyện kim, Moscơva, 1995.
6. *Bùi Minh Trí - Bùi Thế Tâm:* " Giáo trình Tối ưu hoá", NXB GTVT. 1998.
7. *Phạm Văn Ất* : " Kỹ thuật lập trình C", NXB KHKT, 1999.
8. Nhóm tác giả: " Ngôn ngữ lập trình Visual C++" , NXB Thống kê, 2000.

GIÁO TRÌNH
TIN HỌC CHUYÊN NGÀNH
CƠ HỌC BIẾN DẠNG VÀ CÁN KIM LOẠI

Tác giả: **ThS. Phạm Văn Côi**

Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS, TS TÔ ĐĂNG HẢI
Biên tập : ThS. NGUYỄN HUY TIẾN
Sửa bài : NGỌC LINH
Trình bày bìa : HƯƠNG LAN

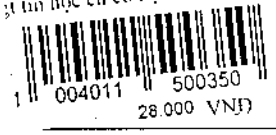
NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 TRẦN HƯNG ĐẠO – HÀ NỘI

In 800 cuốn, khổ 19 x 27 cm, tại Xí nghiệp in 19 - 8 số 3 đường Nguyễn Phong Sắc - Cầu Giấy - Hà Nội. Giấy phép xuất bản số: 113 - 258 - 12/6/2003

In xong và nộp lưu chiểu tháng 9 năm 2003

203170

gt tin học cơ học biến



Giá: 28.000 đ