

R

BỘ CÔNG NGHIỆP
Viện Máy và Dụng cụ công nghiệp
46 Láng Hạ- Đống Đa -Hà nội

Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật đề tài:

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TỰ ĐỘNG HOÁ VÀO
GIA CÔNG CHÍNH XÁC TRÊN CƠ SỞ CÁC CÔNG NGHỆ
TIÊN TIẾN NHƯ LASE, PLASMA VÀ TIA LỬA ĐIỆN**

MÃ SỐ KC03-05

TS. Đỗ Văn Vũ



2005 - 24 - 27/100

HÀ NỘI 4/2004
Bản thảo viết xong 3/2004

Tài liệu này được chuẩn bị trên cơ sở kết quả thực hiện đề tài cấp nhà nước mã số
KHCN 03-05

5328-TK

16/05/05

DANH SÁCH NHỮNG NGƯỜI THỰC HIỆN CHÍNH

TT	Họ và tên	Cơ quan công tác	Chuyên ngành
A	Chủ nhiệm đề tài TS. Đỗ Văn Vũ	Viện IMI	
B	Cán bộ tham gia nghiên cứu		
1	KS. Nguyễn Đức Minh	Viện IMI	CNCTM
2	TS. Trần Anh Quân	Viện IMI	CNCTM
3	KS. Bùi Tiến Đạt	Viện IMI	CNCTM
4	KS. Nguyễn Danh Tiến	Viện IMI	CNTT
5	KS. Ngô Hoàng Hưng	Viện IMI	TĐH
6	Ths. Trần Hồng Lam	Viện IMI	ĐKTĐ
7	KS. Trần Ngọc Hưng	Viện IMI	CNCTM
8	KS. Phạm Văn Thanh	Viện IMI	ĐKTĐ
9	Ths. Nguyễn Hoài Anh	Viện IMI	TĐH
10	KS. Phạm văn Nam	Viện IMI	Vật lý
11	Ths. Nguyễn Phú Tuấn	Viện IMI	CNCTM
12	Ths. Nguyễn Hữu Quang	Viện IMI	CNCTM
13	KS. Nguyễn Văn Ân	Phân Viện IMI	CNCTM

BẢN TỰ ĐÁNH GIÁ
VỀ TÌNH HÌNH THỰC HIỆN VÀ NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI
CỦA ĐỀ TÀI KH&CN CẤP NHÀ NƯỚC

1. *Tên đề tài:* Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tự động hoá vào gia công chính xác trên cơ sở các công nghệ tiên tiến như Laser, plasma và tia lửa điện.vv...

- Mã số: KC03-05

2. *Thuộc chương trình:* Nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ Tự động hoá, mã số KC.03.05

3. *Chủ nhiệm Đề tài:* TS. Đỗ Văn Vũ

4. *Cơ quan chủ trì Đề tài:* Viện Máy và Dụng cụ công nghiệp

5. *Thời gian thực hiện (BĐ - KT):* 10/2001-3/2004

6. *Tổng kinh phí thực hiện:* 3.100 triệu đồng

Trong đó kinh phí từ NSNN: 2.000 triệu đồng

7. *Tình hình thực hiện đề tài*

7.1 *Về mức độ hoàn thành khối lượng công việc:*

Nội dung nghiên cứu:

- Nghiên cứu ứng dụng CAD/CAM tích hợp và kỹ thuật điều khiển CNC để thiết kế, lập phần mềm điều khiển tối ưu thích ứng cho các thiết bị gia công hiện đại bằng tia (Laser, plasma và tia lửa điện.vv...) điều khiển CNC theo vị trí và quỹ đạo gia công.
- Nghiên cứu , thiết kế và lập phần mềm tối ưu chế độ gia công cơ cho các máy cắt có sử dụng công nghệ Laser, plasma và tia lửa điện.vv... nhằm đạt độ chính xác gia công cao nhất, ứng với các loại vật liệu và kích thước khác nhau.
- Ứng dụng kỹ thuật điều khiển CNC, PLC, CC nghiên cứu thiết kế, chế tạo bộ điều khiển tự động (gồm cả các mô đun phần cứng và phần mềm) để duy trì khoảng cách tối ưu giữa dụng cụ gia công và chi tiết gia công.

- Ứng dụng kỹ thuật điều khiển CNC để tự động hoá quá trình gia công, nâng cao năng suất, độ chính xác và chất lượng chi tiết gia công trên thiết bị cắt bằng Laser CO₂ ứng với các loại vật liệu khác nhau có chiều dày trung bình và nhỏ.

Tất cả các công việc thuộc các hạng mục đã đăng kí nêu trên của đề tài đều đã được thực hiện nghiêm túc và đầy đủ. Hoàn thành 100%

7.2 Về các yêu cầu khoa học và chỉ tiêu cơ bản của các sản phẩm KHCN:

TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học	Kết quả đạt được
1	2	3	4
1	Phần mềm CAD/CAM tích hợp điều khiển tối ưu vị trí và quỹ đạo gia công thích ứng cho các thiết bị gia công hiện đại bằng tia (Laser, plasma và tia lửa điện.vv...) điều khiển CNC .	Ứng dụng kỹ thuật điều khiển CNC, thông qua các Modul chuyển đổi, tích hợp CAD/CAM để điều khiển vị trí dụng cụ theo trục tọa độ nhằm đạt được độ chính xác gia công tương đương sản phẩm của các hãng nổi tiếng trên thế giới như Heidenhain, Siemens (CHLB Đức), ANILAM (Mỹ), Fanuc (Nhật): Cụ thể là: - Xác định vị trí dụng cụ theo 2 trục tọa độ. - Độ chính xác dịch chuyển hành trình đạt được: 0.005 mm. - Hành trình dịch chuyển: + Trục X: 650mm. + Trục Y: 320mm	Phần mềm CAD/CAM IMI ver.1.0 Điều khiển 2 trục tọa độ. - Độ chính xác dịch chuyển đạt :0.005mm/m Hành trình dịch chuyển + Trục X: 2400mm. + Trục Y: 1200mm.
2	Phần mềm điều khiển tối ưu chế độ công nghệ gia công nhằm đạt độ chính xác cao nhất.	Ứng dụng kỹ thuật điều khiển CNC, PLC, CC để tự động điều khiển các yếu tố công nghệ gia công như tốc độ cắt, chiều rộng rãnh cắt, tốc độ dịch chuyển... thích ứng cho các máy cắt có sử dụng công nghệ Lase, plasma và tia lửa điện với các loại vật liệu, chiều dày cắt khác nhau nhằm tự động hoá quá trình gia công, nâng cao độ chính xác và chất lượng sản phẩm.	Phần mềm tối ưu hoá 05 thông số công nghệ nhằm nâng cao độ chính xác và chất lượng sản phẩm
3	Thiết bị điều khiển tự động duy trì khoảng cách giữa dụng cụ và chi tiết gia công. Bao gồm :	ứng dụng kỹ thuật quang điện tử, thông qua các Modul giao tiếp và lập trình điều khiển PLC, CC để xác định và điều khiển duy trì khoảng cách gia công chính xác giữa dụng cụ và chi tiết gia	Thiết bị tự động duy trì khoảng cách giữa dụng cụ và chi tiết gia công : - Duy trì khoảng cách theo trục Z

	- Bộ điều khiển tự động PLC, CC (modun phần cứng và phần lập trình). - Các phần tử đo. - Hệ truyền dẫn.	công nhằm đạt được độ chính xác gia công tương đương sản phẩm của các hãng như Siemens (CHLB Đức), Fanuc (Nhật): Cụ thể là: - Duy trì khoảng cách theo 1 trục tọa độ. - Độ chính xác dịch chuyển hành trình đạt được: 0.05 mm. - Khoảng cách dịch chuyển : Trục Z = 200mm	- Độ chính xác dịch chuyển hành trình đạt được: 0.02 mm. - Khoảng cách dịch chuyển : Z = 200mm
4	Thiết bị gia công bằng tia Laser điều khiển tự động. Bao gồm: - Nguồn phát và đầu cắt bằng tia Lase. - Bộ điều khiển tự động CNC (modun phần cứng và phần mềm CAM). - Các phần tử đo. - Hệ truyền dẫn.	ứng dụng kỹ thuật điều khiển CNC để tự động hoá quá trình gia công, nâng cao năng suất, độ chính xác và chất lượng chi tiết gia công trên thiết bị cắt bằng tia Lase ứng với các loại vật liệu gia công khác nhau có chiều dày trung bình và nhỏ. Cụ thể là: - Công suất nguồn Laser 1: 1,2 kw. - Chiều dày chi tiết lớn nhất: 5 mm. - Khoảng cách dịch chuyển theo hai trục tọa độ: + Trục X = 1.250 mm . + Trục Y = 750 mm	Thiết bị cắt bằng chùm tia Laser CO₂ LC1000-CNC: - Công suất nguồn: 1 kw. - Chiều dày chi tiết lớn nhất: 5 mm. - Khoảng cách dịch chuyển theo hai trục tọa độ: + Trục X = 2400 mm + Trục Y = 1200 mm

Trong bảng trên, sản phẩm 1 và 2 là phần cứng, 3 và 4 là phần mềm. Trên cơ sở ứng dụng kỹ thuật điều khiển CNC, PLC, CC tự động điều khiển định vị vị trí gia công, các yếu tố công nghệ gia công như tốc độ cắt, áp suất khí, công suất, vv... nhóm đề tài đã tiến hành nhiều loạt thử nghiệm và chế tạo sản phẩm công nghiệp loạt nhỏ. Chất lượng của các sản phẩm của của đề tài KC03-05 theo yêu cầu khoa học kể trên đã được:

- Kiểm nghiệm, nhất trí thông qua của Hội đồng nghiệm thu từng sản phẩm đề tài (có biên bản kèm theo)
- Kiểm nghiệm, kiểm chuẩn bởi Trung tâm Đo lường chất lượng- Bộ khoa học và Công nghệ (có chứng chỉ kèm theo)
- Chấp nhận của khách hàng khi gia công cho những sản phẩm tham gia hợp đồng kinh tế (có chứng nhận kèm theo)

7.3/ Về tiến độ thực hiện: Hoàn thành tiến độ trong khuôn khổ cho phép của đề tài

8. Về những đóng góp mới của Đề tài:

Trên cơ sở so sánh những thông tin đã được công bố trên các ấn phẩm trong và ngoài nước đến thời điểm kết thúc đề tài, đề tài có những điểm mới sau đây:

8.1 Về giải pháp khoa học – công nghệ

Máy cắt bằng tia Laser là một thiết bị công nghệ khá phổ thông đối với các nước công nghiệp phát triển, nhưng đối với nước ta lại là một sản phẩm rất mới. Việc thiết kế tích hợp các mô đun, chế tạo phần bàn máy và đặc biệt là tích hợp bộ điều khiển CNC- Laser có thể nói là một giải pháp chấp nhận được đối với thời hạn và kinh phí đề tài được cấp. Việc lắp dựng và đưa thiết bị cắt Laser LC1000CNC vào hoạt động trong khuôn khổ thí nghiệm và công nghiệp loạt nhỏ đã tạo nên những kinh nghiệm cho hướng nghiên cứu phát triển công nghệ gia công bằng các loại tia.

Thiết bị tự động điều khiển chiều cao, trên nguyên lý phát nhận sóng siêu âm có thể nói là một giải pháp công nghệ mới trong hệ thống gia công với các loại tia. Trên cơ sở nghiên cứu, phân tích các công nghệ tự động điều chỉnh chiều cao đầu cắt khá phổ thông theo phương pháp cảm biến và cảm ứng, phương pháp siêu âm tránh được các nhược điểm của các loại trên. Là một phương pháp đo không tiếp xúc, điều chỉnh khoảng cách với tia Laser tránh được khả năng kẹt vào phôi của phương pháp cảm ứng và có thể gia công được các vật liệu kim loại và phi kim loại chứ không như phương pháp điện dung chỉ gia công được vật liệu kim loại.

Phần mềm CAD/CAM tích hợp: Không thể sánh với các phần mềm CAD/CAM thương mại của các Hãng nổi tiếng trên thế giới như Delcam, Pro/E hoặc MasterCam, nhưng *phần mềm CAD/CAM Ver1.0 IMI* rất thích hợp cho các thiết bị CNC cắt bằng các loại tia (Laser, plasma, tia lửa điện). Dung lượng nhỏ, mang đặc điểm của các phần mềm CAD/ CAM thương mại như có khả năng mô phỏng, có khả năng biên dịch sang nhiều ngôn ngữ CNC tương thích (mã G, HEIDENHAIM, ANILAM), giao diện đẹp, CAD/ CAM Ver1.0 IMI rất dễ sử dụng và đảm bảo chế tạo chi tiết hình học phức tạp 2D bất kỳ với độ chính xác cao (Trung tâm đo lường chất lượng – Bộ Khoa học và Công nghệ). Ngoài ra CAD/ CAM Ver1.0 IMI còn cho phép nhập cơ sở dữ liệu và thực hiện các công tác quản lý gia công. Không thể so sánh giải pháp của phương pháp xây dựng phần mềm CAD/CAM ver1.0 với các sản phẩm thương mại vì không nhà sản xuất nào công bố giải pháp thuật toán học của họ, nhưng thông qua các sản phẩm được gia công trên máy cắt Laserr CO2 LC1000CNC (có chứng nhận kèm

theo), chắc chắn phương pháp xây dựng phần mềm CAD/ CAM Ver1.0 IMI là đúng hướng. Phương pháp luận xây dựng phần mềm CAD/ CAM Ver1.0 IMI sẽ là cơ sở cho việc xây dựng các phần mềm công nghiệp khác.

Phần mềm điều khiển tối ưu chế độ công nghệ gia công nhằm đạt độ chính xác cao nhất là phần liên quan nhiều nhất đến nghiên cứu lí thuyết. Để thực hiện được phần mềm này những công việc phải thực hiện là nghiên cứu lí thuyết công nghệ, thiết lập mô hình toán học và thực hiện tối ưu hoá. Đối với gia công bằng tia Laserr các mô hình được công bố rộng rãi là các mô hình nhiệt. Mô hình toán học về các tham số công nghệ được công bố thường bao gồm mối quan hệ của một vài tham số. Việc nghiên cứu tối ưu mối quan hệ của 7 thông số công nghệ (vật liệu, chiều dày, công suất, tốc độ cắt, áp suất khí cắt, đường kính đầu cắt và khoảng cách đầu cắt) mà vật liệu và chiều dày là đầu vào không đổi (trên mô hình định tính), 5 tham số còn lại là 5 tham số điều khiển được (thông qua các giá trị trên chương trình NC) được thực hiện bởi đề tài đã tạo nên một giải pháp khoa học công nghệ cơ sở mới- liên quan đến các vấn đề quy hoạch thực nghiệm, xây dựng mô hình toán học, thuật toán tối ưu. *Phần mềm điều khiển tối ưu chế độ công nghệ* thực chất là một sổ tay cơ sở dữ liệu, cho phép nhập dữ liệu và xuất dữ liệu gia công theo đầu vào là chiều dày và loại vật liệu. Phương pháp xây dựng phần mềm điều khiển này có thể làm định hướng để xây dựng cơ sở dữ liệu gia công cho tất cả các thiết bị gia công bằng tia nói riêng và các máy công cụ CNC nói chung

8.2. Về phương pháp nghiên cứu:

Ngoài những phương pháp nghiên cứu thông thường như tham khảo tài liệu qua các nguồn: thư viện, mạng Internet, tài liệu trao đổi với cơ quan đối tác thì đề tài này có những phương pháp nghiên cứu bổ sung sau:

- Nghiên cứu thuật toán tối ưu
- Nghiên cứu hình học giải tích và các thuật toán được sử dụng trong CAM và thuật toán CNC thời gian thực.
- Quy hoạch thực nghiệm –thí nghiệm
- Kiểm nghiệm kết quả (với sự trợ giúp thiết bị đo lường của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội)
- Khảo sát, phân tích kết quả thí nghiệm
- Kiểm chứng với các tài liệu công bố

- Kiểm tra sản phẩm (Trung tâm Đo lường chất lượng- Bộ khoa học và Công nghệ)

Để xem xét khả năng gia công của thiết bị , tính gia công chính xác của phần mềm CAD/CAM Ver1.0, khả năng tự động điều chỉnh chiều cao của thiết bị điều khiển tự động khoảng cách giữa bề mặt phôi và đầu cắt và xây dựng phần mềm tối ưu hoá các thông số công nghệ- các sản phẩm của đề tài KC03-05.

8.3 Về tăng cường công tác đào tạo và nghiên cứu khoa học

Cùng với các phòng thí nghiệm tự động hoá, điều khiển hệ thống, các sản phẩm của đề tài KC.03.05 đã được thử nghiệm tại Trung tâm nghiên cứu các công nghệ đặc biệt của Viện IMI . Đây là nơi thực tập, thực hiện các thí nghiệm nghiên cứu công nghệ mới, công nghệ đặc biệt của các nghiên cứu sinh, các kỹ sư, cán bộ nghiên cứu của Viện IMI.

Thông qua đây:

- Số cán bộ đào tạo tiến sỹ, thạc sỹ : 02 người (01 tiến sỹ, 01 thạc sỹ).
- Số cán bộ đào tạo qua hợp tác quốc tế từ 03 tháng trở lên: 01 người
- Số lượt người được cử đi trao đổi , hợp tác quốc tế về KHCN: 12 người (đào tạo tại Viện IMI bởi các chuyên gia, giáo sư của các trường đại học và Hãng cung cấp nguồn Laser –CHLB Đức)

Trong tương lai với chức năng được đào tạo tiến sỹ, thạc sỹ, kỹ sư thực hành Viện IMI sẽ có nhiều cán bộ khoa học công nghệ mới trưởng thành từ Viện mà trong đó có một phần đóng góp của kết quả đề tài KHCN KC.03.05.

8.4. Những đóng góp mới khác:

- Là cơ sở cho những nghiên cứu cho các công nghệ gia công bằng tia như gia công với tia nước áp suất cao, gia công với plasma và gia công với tia lửa điện
- Tiền đề cho hướng nghiên cứu “công nghệ lai” gia công bằng tia laser dẫn hướng bởi tia nước, một công nghệ rất hiện đại mới được nghiên cứu trong một vài năm gần đây nhằm thâm nhập vào công nghệ sản xuất bán dẫn và gia công vật liệu siêu cứng
- Góp phần trong công tác đào tạo cán bộ nghiên cứu và các nghiên cứu sinh tại Viện máy và dụng cụ công nghiệp.

9. Kết luận

Đề tài KC.03.05 “ *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tự động hoá vào gia công chính xác trên cơ sở các công nghệ tiên tiến như Laser, plasma và tia lửa điện.vv*” đã thực hiện đầy đủ các nội dung yêu cầu của hợp đồng nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ số: 05/2001/HĐ-ĐTCT-KC.03 ngày 25/10/2001 và các yêu cầu của Bộ Khoa học Công nghệ, Bộ Tài chính, Ban chủ nhiệm chương trình nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ Tự động hoá KC03. Cơ quan chủ trì đề tài Viện Mayd và Dụng cụ Công nghiệp đề nghị Bộ Khoa học Công nghệ, các cơ quan quản lý cấp trên cho phép được bảo vệ đề tài theo qui định.,

Nhóm đề tài xin chân trọng cảm ơn!

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI
(Họ tên và chữ ký)



TS. ĐỖ VĂN VŨ

Tên đề tài ” Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tự động hoá vào gia công chính xác trên cơ sở các công nghệ tiên tiến như laser plasma và tia lửa điện..”

TÓM TẮT

Gia công bằng các loại tia (laser, plasma, tia nước và tia lửa điện...) là một trong những xu hướng gia công không truyền thống đang được đặc biệt quan tâm phát triển. Những ưu thế về khả năng gia công, chất lượng gia công và tính tự động hoá cao đã thúc đẩy năng lực ứng dụng công nghệ gia công bằng các tia không chỉ trong các ngành hàng không, vũ trụ ô tô mà đặc biệt cả trong ngành công nghiệp chế tạo máy .

Sau khi nghiên cứu tổng quan công nghệ gia công bằng các loại tia, xét đến sự tương đồng về công nghệ và thiết bị , một nghiên cứu mẫu - công nghệ cắt bằng tia laser đã được thực hiện trong khuôn khổ đề tài KC03-05 ” Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tự động hoá vào gia công chính xác trên cơ sở các công nghệ tiên tiến như laser plasma và tia lửa điện..” . Một hệ thống thiết bị cắt với tia laser CO₂ công suất 1000W đã được nghiên cứu và chế tạo một phần và lắp ráp tại Viện Máy và Dụng cụ công nghiệp. Thiết bị *máy cắt laser CO₂* có tên gọi là *LC1000CNC* có khả năng cắt thép chế tạo đến 6 mm, thép không gỉ cũng như một số kim loại màu có chiều dày đến 2mm. Máy có khả năng điều khiển gia công tự động theo hai trục tọa độ đến X2400, Y1200 bởi bộ điều khiển TNC310, có tích hợp điều khiển laser. Để nâng cao năng lực cho thiết bị trong trường hợp gia công tấm mỏng và gia công phôi cong vênh, một *bộ điều khiển chiều cao* trên cơ sở tia siêu âm được nghiên cứu và lắp đặt vào đầu cắt. Bộ điều khiển tự động chiều cao được thực hiện theo nguyên tắc so sánh giá trị thiết lập với giá trị thực bởi một bộ PLC, thông báo với TNC để “quyết định” giữ nguyên, nâng lên hay hạ đầu cắt xuống, duy trì khoảng cách cố định giữa đầu cắt và bề mặt chi tiết gia công.

Khả năng của máy cắt LC1000CNC không bị giới hạn về gia công đường biên phức tạp hình học 2D. Với bộ điều khiển TNC310, người sử dụng có thể lập trình NC thủ công hoặc sử dụng các phần mềm CAD-CAM thương mại (nếu có) để sinh tự động chương trình NC chi tiết. Vì lý do kinh tế và năng cao năng

lực nội địa, một *phần mềm CAD-CAM Ver1.0* đã được xây dựng. Trên cơ sở hình học giải tích, tìm hiểu thuật toán được sử dụng trong CAD và thuật toán nội suy CNC thời gian thực phần mềm CAD/CAM Ver1.0 đã được viết và cho đến nay được sử dụng cho tất cả các chi tiết được gia công trên LC 1000CNC.

Để hoàn thiện nghiên cứu cắt với tia laser CO₂, một nghiên cứu tổng quan về công nghệ gia công tia laser đã được tập hợp. Trên cơ sở đó, một chương trình quy hoạch thực nghiệm cho một số vật tư với chiều dày từ 1÷7mm đã được thực hiện, làm cơ sở cho việc tối ưu hoá các thông số công nghệ gia công với tia laser CO₂, cơ sở dữ liệu cho thiết bị LC1000CNC. *Phần mềm tra cứu chế độ tối ưu gia công* nhằm đạt được độ chính xác cao nhất đã được tích hợp với hệ thống CAD-CAM Ver1.0 để sử dụng cắt một số sản mẫu.

Nội dung chi tiết về 4 sản phẩm của đề tài KC03-05 được thể hiện trong các phần thuyết minh của đề tài từ 1÷4. Các phần này kết hợp thành một hệ thống gia công cắt bằng tia laser CO₂ hiện đại mang tầm cỡ hàng hoá của các Hãng sản xuất công nghiệp.

Những nghiên cứu trên là tiền đề để nghiên cứu công nghệ gia công với các loại tia và những kết nghiên cứu bước đầu này sẽ dần được hoàn thiện để trong kế hoạch 2005-2010 nhằm mục đích đưa máy cắt laser CO₂ trở thành một trong những sản phẩm thương mại của Viện Máy và Dụng cụ công nghiệp (IMI).

Với những mục tiêu như trên, quyển báo cáo tổng kết đề tài KC03-05 được thực hiện trên cơ sở kết hợp 4 sản phẩm thực hiện của đề tài theo:

Phần 1: Máy cắt laser cơ sở

Phần 2: Bộ điều khiển chiều cao

Phần 3: Phần mềm CAD/CAM Ver1.0 IMI

Phần 4: Tối ưu hoá các thông số công nghệ trong gia công cắt với laser CO₂

MỤC LỤC

1.	Giới thiệu.....	4
2	Tình hình nghiên cứu trên thế giới	6
2.1	Đặc điểm công nghệ của các phương pháp gia công bằng tia:.....	6
2.1.1	Gia công với tia laser.....	6
2.1.2	Gia công với plasma.....	7
2.1.3	Gia công với tia nước áp cao	8
2.1.4	Gia công bằng tia lửa điện	9
2.2	Sự tương đồng về thiết bị công nghệ cắt.....	10
3	Lựa chọn đối tượng nghiên cứu	11
	Phần I: Thiết bị cắt bằng tia laser CO2 điều khiển CNC.....	12
	Phần II: Thiết bị tự động duy trì khoảng cách giữa dụng cụ- chi tiết gia công...50	
	Phần III: Phần mềm CAD/CAM tích hợp cho các thiết bị gia công bằng tia.....79	
	Phần IV: Phần mềm điều khiển tối ưu chế độ công nghệ gia công.....80	
4	Kết luận và kiến nghị.....	196
5	Lời cảm ơn.....	199

1 GIỚI THIỆU

Từ những năm 1970 các phương pháp công nghệ gia công bằng tia như tia Lase, plasma, tia nước, tia lửa điện ngày càng được tập trung nghiên cứu phát triển và đã phát huy được hiệu quả ứng dụng to lớn trong các ngành công nghiệp. Tính chất đặc trưng:

- Chất lượng kích thước hình học, hình dáng và bề mặt gia công cao
- Có khả năng gia công đa dạng vật liệu, những vật liệu khó gia công theo phương pháp truyền thống
- Có thể gia công chi tiết siêu mỏng
- Khả năng tự động hoá cao
- Giá thành hợp lý đối với gia công đơn chiếc hoặc số lượng sản phẩm loạt nhỏ
- Không phải gia công lại (sửa nguội) sau khi gia công
- Không bị hao mòn dụng cụ gia công (trừ tia lửa điện)

đã tạo nên những ưu thế đặc biệt của các phương pháp gia công bằng tia so với các phương pháp gia công truyền thống. Với đặc điểm sử dụng nguồn năng lượng tập trung để gia công vật liệu nhằm nâng cao chất lượng gia công và năng suất, các thiết bị gia công với các loại tia ngày nay luôn hướng tới khả năng tự động, linh hoạt trong sản xuất. Việc tự động hoá để điều khiển vị trí gia công, chế độ gia công tối ưu, tự động duy trì khoảng cách gia công, điều chỉnh công suất gia công giữa nguồn cấp và đầu tiêu thụ năng lượng, hệ thống tự động cấp phôi và định vị phôi cùng với các phương pháp gia công tiên tiến bằng tia đã tạo ra những hệ thống thiết bị gia công hiện đại đáp ứng được các yêu cầu khắt khe về độ chính xác, chất lượng bề mặt gia công và hình dạng hình học gia công phức tạp trong các ngành công nghiệp, giải quyết được những khó khăn mà các phương pháp gia công bằng dụng cụ cắt gọt cơ khí trước đây chưa đáp ứng được.

Trên cơ sở đó, đề tài KC03-05 thực hiện nghiên cứu được triển khai theo định hướng như sau:

1) Nghiên cứu cơ bản:

- Nghiên cứu tài liệu, mẫu sản phẩm đã có trên thế giới.
- Xác định mối quan hệ giữa các tham số công nghệ bằng khảo nghiệm thí nghiệm, xem xét các quan hệ giữa sai số gia công với các yếu tố công nghệ, định vị vị trí gia công vv...
- Nghiên cứu phân tích nhu cầu của thị trường để chọn ra mẫu và chủng loại sản phẩm

2) Thiết kế và chế tạo:

- Chọn lựa mô hình và thiết kế các mô đun .
- Chọn mua một số thiết bị đo và đầu phát tia Lase hiện đại của CHLB Đức
- Thiết kế, chế tạo các mô đun theo thiết kế đã được chọn như:
 - Bàn máy trong thiết bị gia công bằng tia Lase điều khiển tự động trên cơ sở sử dụng nguồn phát tia Lase hiện đại nhập của CHLB Đức .
 - Mô đun giao diện điều khiển CNC-lase sử dụng để điều khiển vị trí dụng cụ theo trục tọa độ để gia công chính xác chi tiết. (Bộ điều khiển CNC-lase, phần mềm CAM).
 - Thiết bị điều khiển tự động (gồm cả các mô đun phần cứng và phần mềm) để duy trì khoảng cách tối ưu giữa dụng cụ gia công và chi tiết gia công.
- Thiết kế, lập phần mềm gia công NC trên cơ sở ứng dụng CAD/CAM tích hợp và kỹ thuật điều khiển CNC, thích ứng cho các thiết bị gia công hiện đại bằng tia (Lase, plasma và tia lửa điện.vv...) để điều khiển vị trí và quỹ đạo gia công.
- Thiết kế và lập phần mềm thư viện tối ưu chế độ gia công cơ cho các máy cắt có sử dụng công nghệ Lase, plasma và tia lửa điện.vv... nhằm đạt độ chính xác gia công cao nhất, ứng với các loại và chiều vật liệu khác nhau.
- Chế tạo một số sản phẩm mẫu theo những yêu cầu cụ thể trên máy LC1000W CNC (sản phẩm của đề tài KC03-05

2) Chuyển giao kết quả nghiên cứu:

Với những kết quả nghiên cứu về công nghệ đề tài KC03-05 đã:

- Đưa ra quy trình công nghệ sản xuất sản phẩm bằng vật liệu nhựa, giấy, thép

chế tạo, thép không gỉ...

- Chuyển giao đưa sản phẩm vào ứng dụng trong sản xuất công nghiệp: như cắt đại trà một số chi tiết cho trạm trộn bê tông (phụ lục IV.3), cán đóng bao cho Công ty Cổ phần xây dựng và thiết bị công nghiệp –CIE (đề nghị xem xác nhận của các cơ sở ứng dụng kèm theo báo cáo này)
- Đào tạo cán bộ kỹ thuật sử dụng và bảo hành thiết bị và thiết lập đội ngũ kỹ thuật để đào tạo và cải tiến sản phẩm cho Viện IMI.

Nhân xét: Các phương pháp cắt bằng các tia phụ thuộc vào kiểu, chất lượng của tia mang nguồn năng lượng gia công mà có những đặc tính riêng biệt. Tuy nhiên những đặc điểm về khả năng tự động hoá gia công thông qua thiết lập phần mềm CAD/CAM; nghiên cứu, xây dựng và lắp ráp bộ điều khiển tự động chiều cao vào một máy cơ sở là như nhau. Sự khác nhau của các phương pháp chủ yếu là ở cơ sở dữ liệu của các thông số công nghệ gia công. Tuy nhiên phương pháp luận để xây dựng cơ sở dữ liệu lại là giống nhau. Đó là lí do mà trong phạm vi giới hạn về thời gian, trong toàn bộ nội dung nghiên cứu của đề tài ” Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tự động hoá vào gia công chính xác trên cơ sở các công nghệ tiên tiến như lase plasma và tia lửa điện..”, công nghệ gia công với tia lase CO₂ được chọn làm công nghệ mẫu để nghiên cứu.

2 TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TRÊN THẾ GIỚI

Hiện nay trên thế giới có khá nhiều Hãng sản xuất các thiết bị gia công bằng các loại tia. Những phương pháp này có những đặc điểm công nghệ như sau.

2.1 Đặc điểm công nghệ của các phương pháp gia công bằng tia:

2.1.1 Gia công với tia lase

Lase thực chất là một chùm tia sáng có bước sóng xác định và là hằng số đối với mỗi một hoạt chất phát tia . Tia Laser có tính định hướng rất cao, có thể dùng các hệ thống quang học để điều khiển hướng đi của tia Laser , tập trung nó tại một diện tích rất nhỏ. Tại đó với mức độ tập trung năng lượng rất cao, lase có thể

Trong công nghiệp người ta có thể ứng dụng các loại Laser sau để gia công vật liệu:

- Laser rắn gồm: Laser Rubi, Laser thủy tinh, Laser YAG: Nd^{3+} (Laser tinh thể)
- Laser khí gồm: Laser CO_2 , Laser CO,...
- Laser lỏng gồm: Laser máu (Dye Laser), Laser Chelate hữu cơ - đắt hiếm

Mỗi một loại vật liệu gia công yêu cầu có một năng lượng, nhiệt độ nóng chảy, bốc cháy khác nhau do vậy cần phải có một chế độ gia công phù hợp cho từng loại vật liệu gia công. Ngày nay gia công bằng tia Laser đang được ứng dụng rất nhiều trong công nghiệp, đặc biệt là trong nhiệt luyện, hàn, cắt, khắc khoan vv.... Đối với công nghệ cắt bằng tia lase, 3 phương pháp sau thường được sử dụng :

- Cắt bay hơi: phương pháp yêu cầu cường độ laser cao và chất lượng tia tốt
- Cắt nóng chảy: phương pháp yêu cầu năng lượng không cao bằng cắt bay hơi. Nhờ sử dụng khí trợ thổi nên nếu cùng cường độ lase, phương pháp có tốc độ cắt cao hơn, mép cắt không bị ô xy hoá.
- Cắt bốc cháy: phương pháp cắt sử dụng O_2 , nhờ vậy năng lượng lase yêu cầu thấp nhất so với các phương pháp khác nhờ có năng lượng bổ sung của bốc cháy O_2 . Tuy nhiên vết cắt có thể bị oxy hoá và khả năng cắt bị hạn chế đối với một số loại vật liệu

Các đại lượng ảnh hưởng chất lượng gia công:

Đối với một loại lase, chất lượng gia công vật liệu phụ thuộc vào công suất, tốc độ vật liệu, chiều dày, áp suất khí thổi, kích thước đầu cắt vv....

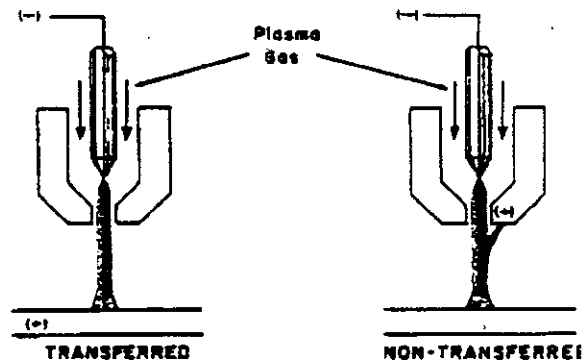
2.1.2 Gia công với plasma

Plasma được định nghĩa là dạng vật chất thứ 4, là sự dẫn điện của các chất khí. Nguyên lý hoạt động của Plasma là dựa trên hồ quang nhiệt của dòng Plasma làm nóng chảy vùng gia công. Hồ quang nhiệt của dòng Plasma có thể chia thành 3 vùng, vùng lõi nhiệt độ từ $18000 \div < 24000^\circ\text{K}$, vùng chính: $14000 \div < 18000^\circ\text{K}$ và vùng ảnh hưởng nhiệt từ $0 \div 14000^\circ\text{K}$

Ngày nay gia công bằng Plasma được ứng dụng rất nhiều trong công nghiệp như cắt kim loại tấm, hàn Plasma, Phun phủ bề mặt... Tương tự như tia laser, có người ta có thể phân thành nhiều loại Plasma, sự khác biệt là ở môi chất sử dụng ví dụ như : Plasma khí Gas, Plasma khí N_2 , Plasma khí Ag; Ag- N_2 .

Plasma sử dụng trong công nghiệp được thực hiện theo 2 phương thức, hình 1:

- Transferred: khi nguồn được nối với điện cực và phôi: phương pháp này chỉ gia công được vật liệu có khả năng truyền điện
- Non- transferred: khi nguồn được nối với điện cực và đầu cắt: Phương pháp về lí thuyết có khả năng gia công mọi loại vật liệu, (có nhiệt độ nóng chảy nhỏ hơn $1800^{\circ}K$)



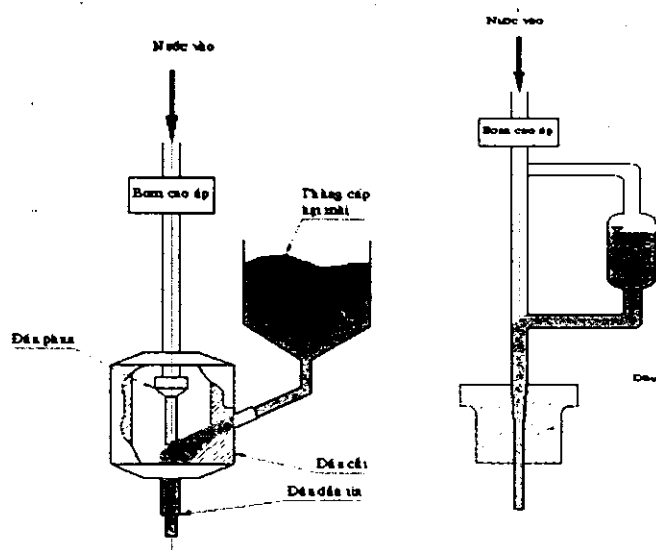
Hình 1 : Phương thức hoạt động của dòng tia Plasma

Các đại lượng ảnh hưởng chất lượng gia công:

Đối với một loại môi chất, đặc tính của dòng plasma phụ thuộc vào tốc độ thổi khí, dòng điện giữa các cực (điện áp cắt V, dòng đặt (A) và kích thước đầu cắt. Các đại lượng này quyết định chất lượng và khả năng cắt. Tốc độ cắt cũng ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng cắt đối với các chiều dày vật liệu gia công khác nhau.

2.1.3 Gia công với tia nước áp cao

Gia công với tia nước áp cao cũng thuộc loại công nghệ gia công không truyền thống đang được áp dụng rộng rãi ở các nước công nghiệp phát triển. Điều kiện để gia công với tia nước là phải có nguồn áp cao- cấp năng lượng và



a) Hạt mài

b) huyền phù

Hình 2. Cắt tia nước áp suất cao có hạt mài

nước. Khi được cấp áp cao, nước phun ra dưới dạng tia mỏng nhỏ (với tốc độ cực lớn), có thể trở thành công cụ cắt. Tuy nhiên nếu sử dụng tia nước thuần để cắt vật liệu kim loại, áp yêu cầu cực lớn (có thể trên 10.000 bar). Nếu trộn phụ gia, áp sử dụng có thể giảm đáng kể vì các phụ gia này có thể đóng vai trò lưỡi cắt bổ sung để cắt vật liệu. Hiện nay trong công nghệ gia công vật liệu, cắt với tia nước có áp thường được sử dụng dưới nhóm:

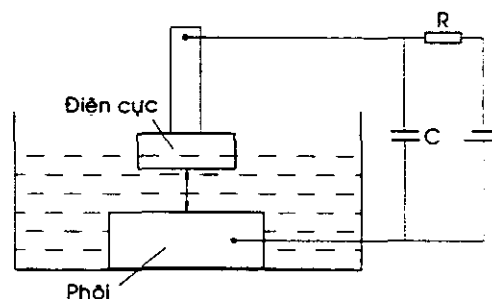
1. Cắt với tia nước thuần: thường sử dụng để cắt vật liệu vật liệu độ bền không cao như: giấy, gỗ, thực phẩm vv....
2. Cắt với hạt mài không gia áp: Hạt mài được đựng ở phễu riêng, cấp vào đầu cắt và chịu áp cao của tia nước ra khỏi đầu phun, đóng vai trò là lưỡi cắt. So với phương pháp huyền phù, Phương pháp này cần áp cao hơn và lượng hạt mài nhiều hơn. Vật liệu cắt được với phương pháp này rất đa dạng kể cả các kim loại và phi kim loại
3. Cắt huyền phù (với hạt mài gia áp khoảng vài trăm bar): Phương pháp này cần áp cấp thấp hơn và lượng hạt mài cũng ít hơn. So với các phương pháp khác, khả năng gia công của phương pháp này cao hơn và tính thân thiện môi trường cũng được cải thiện hơn so với phương pháp 2

Các đại lượng ảnh hưởng chất lượng gia công:

Đối với một nhóm cụ thể thì những đại lượng sau ảnh hưởng đến chất lượng gia công và khả năng gia công chi tiết, đó là, áp, lưu lượng nước, lượng hạt mài pha, khoảng cách tia tới

2.1.4 Gia công bằng tia lửa điện

Sơ đồ gia công với tia lửa điện được thể hiện như hình 3. Bản chất vật lý và cơ chế hốt kim loại bằng tia lửa điện là khi có dòng điện đi qua 2 cực (điện cực – phôi) trong môi trường dung môi sẽ hình thành pha đánh lửa; hình thành kênh phóng



Hình 3: sơ đồ gia công bằng tia lửa điện

điện ; nóng chảy và bốc hơi vật liệu.

Tại vùng lân cận cực điện cực, dòng ion có nhiệt độ rất cao từ $6000 \div 10000^{\circ}\text{C}$, tốc độ của dòng chuyển dịch điện tử và ion phụ thuộc vào năng lượng điện và đặc tính của chất điện môi, có thể đạt đến 1000m/s . Cũng như các loại tia khác, chiều rộng của luồng tia càng hẹp thì mật độ năng lượng càng tăng. Bản chất của quá trình gia công bằng tia lửa điện là biến đổi năng lượng xung điện thành nhiệt năng tập trung trên đơn vị diện tích của bề mặt gia công làm một phần của bề mặt đó nóng chảy và tách khỏi kim loại nền.

Gia công bằng tia lửa điện được chia thành 2 nhóm chính:

Gia công với điện cực định hình: hốc gia công sao chép hình dáng của điện cực

Gia công điện cực dây: hình dáng hình học của đường biên gia công được tạo nên bởi sự kết hợp chuyển động của dây (điện cực)

Các đại lượng ảnh hưởng chất lượng gia công:

Đối với phương pháp định hình, các tham số ảnh hưởng chất lượng gia công là: điện áp đánh lửa U_z , dòng phóng điện I_e , thời gian phóng điện t_e , điện áp phóng điện U_e , thời gian trễ đánh lửa t_d và khoảng cách xung t_o . Đối với phương pháp điện cực dây tốc độ quán dây cũng là một yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng gia công

2.2 Sự tương đồng về thiết bị công nghệ cắt

Đa số các phương pháp cắt bằng các tia có sự tương đồng về thiết bị công nghệ (trừ gia công bằng tia lửa điện). Các thiết bị gia công (tia nước, plasma, laser) đều cần nguồn (tạo năng lượng), máy cơ sở để chạy biên dạng gia công, các bộ điều khiển CNC có khả năng điều khiển gia công hình dạng hình học, quản lý gia công đồng thời điều khiển nguồn. Đó là lý do mà các nhà sản xuất thiết bị trẻ sau này như Frank laser & Fab systems (Mỹ), Farley laserlab cutting system (Úc) Brett GmbH (CHLB Đức) thường thực hiện tích hợp công nghệ theo phương pháp sau:

- Mua nguồn gia công (plasma, laser hoặc áp cao cho tia nước)
- Chế tạo máy cơ sở
- Phát triển cơ sở dữ liệu công nghệ gia công tương ứng
- Phát triển bộ điều khiển gia công CNC theo đặc điểm của từng Hãng. Các bộ điều khiển có thể có các khả năng sau:
 - Tích hợp điều khiển nguồn
 - Tích hợp chế độ công nghệ gia công
 - Tương thích với các hệ CAD/CAM thương mại hoặc kèm phần mềm CAD/CAM hỗ trợ của bản Hãng
 - Tương thích điều khiển tự động chiều cao (khoảng cách từ bề mặt phôi gia công đến đầu cắt), đối với những phương pháp cắt do nhiệt như plasma hoặc laser.

3 LỰA CHỌN ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Sự tương đồng về thiết bị công nghệ cho phép nhóm nghiên cứu chọn đối tượng *công nghệ cắt bằng tia laser* làm nghiên cứu mẫu. Nghiên cứu này bao gồm các hạng mục:

1. Nghiên cứu thiết bị gia công
2. Nghiên cứu khả năng tự động hoá của thiết bị bao gồm:
 - Gia công với sự trợ giúp của CAD/CAM
 - Tự động điều khiển chiều cao trong quá trình gia công
3. Nghiên cứu các chế độ công nghệ gia công thích hợp:
 - Quy hoạch thực nghiệm- lập mô hình toán học
 - Tối ưu hoá các tham số công nghệ gia công
 - Lập phần mềm tra cứu cơ sở dữ liệu

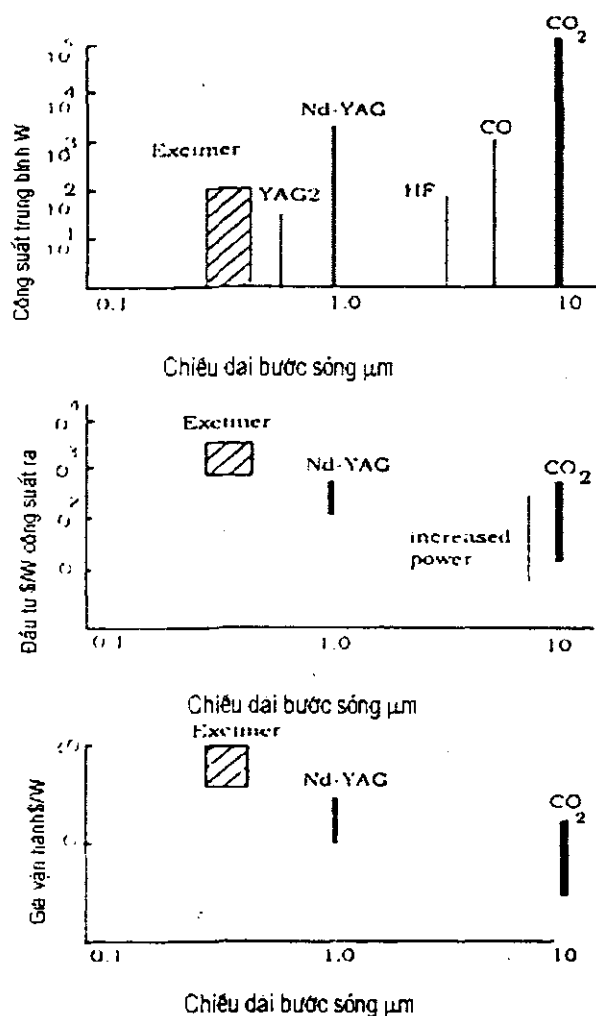
Kết quả của phương pháp thực hiện các nghiên cứu này có thể sử dụng làm định hướng để phát triển nghiên cứu công nghệ gia công với những tia khác như nước áp cao, plasma v...v tiếp theo.

PHẦN I

Thiết bị cắt bằng laser CO₂ điều khiển CNC

<i>Chương 1: tình hình nghiên cứu trên thế giới</i>	14
1.1 Tổng quan	15
1.1.1 Nguyên lí chung của nguồn laser	15
1.2 Máy cắt laser CO ₂ CNC	20
1.2.1 Nguyên lí thiết kế cấu hình máy cơ sở:.....	20
1.2.2 Hệ thống máy cắt laser	22
2 <i>Chương 2: Nghiên cứu thiết kế chế tạo máy cắt laser LC1000CN</i>	24
2.1 Máy cắt laser LC1000CNC.....	25
2.1.1 Hệ thống laser FEHA	25
2.1.2 Hệ truyền dẫn Tia laser +đầu cắt.....	37
2.1.3 Hệ điều khiển CNC	37
2.1.4 Phần điện:.....	43
2.2 Quy trình công nghệ lắp ráp	43
2.2.1 Quy trình lắp ráp	43
2.2.2 Quy trình kiểm sai số gia công	46
2.2.3 Quy trình kiểm tra độ chính xác của máy	47
2.2.4 Đặc tính kỹ thuật của LC1000CNC	47
3 <i>Kết luận:</i>	48

CHƯƠNG I: TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TRÊN THẾ GIỚI



Hình 1.1. So sánh các loại laser trên cơ sở ứng dụng gia công vật liệu

- Cổng suất đã đạt - bước sóng của các loại laser
- So sánh giá đầu tư / công suất đầu ra
- So sánh chi phí gia công / công suất đầu ra

Laser là tia năng lượng cao, được ứng dụng nhiều trong các ngành kinh tế quốc dân. Hiện nay trên thế giới đã phát triển nhiều loại laser, có thể chia thành các loại chính (theo tên gọi của môi trường kích hoạt) là laser thể rắn: Nd-YAG, Nd-YAG, Nd-YLF, Ti-Sapphire... laser thể khí: CO₂; He-Ne..., diode laser: GaAs, GaAlAs...; excimer laser; laser lỏng, laser mẫu vv..... trong đó loại thường được đưa vào ứng dụng gia công vật liệu (hàn, cắt, khắc, khoan lỗ vv...) là Nd-YAG và CO₂ vì khả năng đáp ứng của chúng. So sánh các loại laser trên quan điểm gia công vật liệu theo [1] được thể hiện ở hình 1.1.

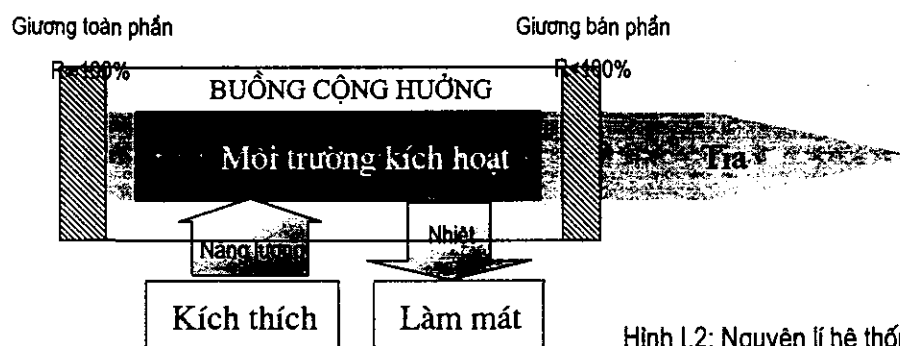
Từ kết quả so sánh ở bảng 1 ta nhận thấy rằng chi phí đầu tư cho laser CO₂ và Nd-YAG là tương đương nhau, tuy nhiên chi

phí gia công/công suất của laser CO₂ thấp đáng kể so với Nd-YAG. Đó là một trong những lý do Viện IMI chọn nguồn laser CO₂ để đầu tư cho thiết bị cắt trong khuôn khổ đề tài KC03-05 " Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tự động hoá vào gia công chính xác trên cơ sở các công nghệ tiên tiến như laser plasma và tia lửa điện..".

1.1 Tổng quan

1.1.1 Nguyên lí chung của nguồn laser

Laser CO₂ hoạt động tại 10,6μm được Patel phát hiện năm 1964. Gốc laser CO₂ ban đầu do Patel sử dụng là CO₂ thuần, tạo được công suất 1mW. Những hệ thống phát triển tiếp theo sử dụng hỗn hợp CO₂ và N₂, đã tạo được laser công suất 200mW. Ngày nay khí sử dụng cho laser thường là CO₂:N₂:He theo 0,8:1:7 và đã có thiết bị đạt được công suất đến 40KW



Hình 1.2: Nguyên lí hệ thống laser

Sơ đồ chung của hệ thống

Hệ thống laser gồm 4 bộ phận chính (hình 1.2):

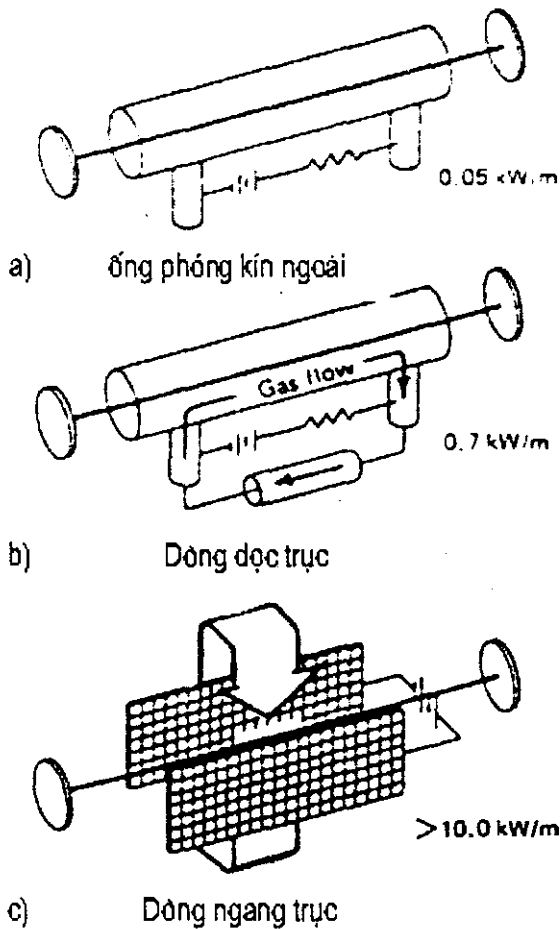
1. Buồng cộng hưởng Laser mà thành phần chủ yếu là 2 gương phản xạ: gương phản xạ toàn phần có hệ số phản xạ đến 99,99% và một gương phản xạ bán phần có hệ số phản xạ thấp hơn (còn gọi là gương truyền). Các gương này có thể làm từ germanium, zinc selenide, sodium chloride hoặc potassium chloride. Giữa 2 phản xạ là môi trường kích hoạt.
2. Môi trường kích hoạt: thường sử dụng các chất có khả năng kích hoạt được tạo tia laser, trong trường hợp laser CO₂ thì đó là hỗn hợp khí CO₂, N₂ và He.
3. Bộ phận kích thích hay bơm: là bộ phận cấp năng lượng để tạo được sự nghịch đảo độ tích lũy trên 2 mức làm việc của laser. Tùy theo loại laser khác nhau mà có phương pháp kích thích phù hợp.

4. Hệ thống làm mát: Vì hệ thống lase làm việc với nguồn năng lượng cực lớn, nên cần hệ thống làm mát để duy trì buồng cộng hưởng ở phạm vi làm việc.

1.1.1.1 BUỒNG CỘNG HƯỞNG

Buồng cộng hưởng quang học của Lase giữ vai trò như một dao động tử. Đó là một hệ gồm 2 gương phản xạ đặt đối diện. Giữa chúng là môi trường kích hoạt. Đó có thể là các ống phóng điện chứa khí, chất kích hoạt. Các ống này có thể là thủy tinh hoặc thạch anh, đường kính từ 1mm đến vài centimet, chiều dài khoảng vài chục centimet đến vài chục mét. Ở hai đầu ống thường đặt các điện cực có nhiệm vụ phát xạ điện tử khi được cấp điện. Catốt có thể là catốt oxuýt

hoặc catốt kim loại. Nếu là phóng điện cao tần thì điện cực được bao ở ngoài ống. Ống phóng điện phát xạ catốt được chế tạo theo công nghệ chế tạo điện tử chân không (tức bơm tới chân không cao rồi mới nạp khí vào)). Khi hoạt chất ($\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{He}$) bị kích thích, chúng được khếch đại nhờ sự phản xạ qua lại giữa hai gương phản xạ trong buồng cộng hưởng và khi đạt giới hạn, tạo nên bởi sự bão hoà của khuyếch đại, một phần lase có thể được thoát ra ngoài qua gương phản xạ bán phần để sử dụng cho một mục đích nào đó.



Hình 1.3: Kiểu hệ thống Lase CO_2

Buồng cộng hưởng có thể phân loại theo những tiêu chí khác nhau, ví dụ:

- Theo kiểu gương: Gương phẳng, gương cầu đồng tiêu
- Theo kiểu chứa hoạt chất: buồng tích cực (active) nếu có chứa hoạt chất, buồng thụ động nếu không chứa hoạt chất (pasive)
- Theo hướng di chuyển của khí hoạt chất: Trong ứng dụng vào các thiết bị, buồng cộng hưởng laser thường được phân chia thành 3 loại theo liệt kê dưới, phụ thuộc vào đường di chuyển của dòng hoạt chất tương ứng với nó là cách làm mát hệ thống. Đó là hệ thống:

+ Kín khít ngoài (sealed-off laser), hình I.3a: trong đó dòng hoạt chất phóng dọc trục hệ thống. Loại này có ưu điểm là không cần nguồn cấp khí laser hoặc hệ thống điều hành khí. Tuy nhiên đầu ra thường không lớn hơn 50W và tuổi thọ bị giới hạn do có sự tách CO_2 thành CO và O_2 .

+ Dòng laser dọc trục (hình I.3b) (axial flow laser) đáp ứng được công suất laser cao hơn và tuổi thọ cao hơn. Trong kết cấu này, phóng laser được thực hiện song song với trục của khoang, và khí hoạt chất thổi cùng chiều. Đây là kiểu quy ước của laser CO_2 công suất cao thường hay được thiết kế nhất. Với việc chiều dài phóng mở rộng hợp lý, điều khiển khí thổi và thiết kế các cực, hệ thống có thể có thể tạo laser CW đến 4KW. Có thể hoạt động ở chế độ xung (pulse), thực hiện xung kéo dài trong $\leq 1\text{ms}$. Đầu ra của thiết bị laser kiểu này thường lớn hơn 1KW, có thể duy trì hiệu quả dao động mode TEM_{00} . Trong kiểu buồng này được chia tiếp thành nhóm:

- Dòng chậm (slow flow laser –SF): đặc điểm của loại buồng này là làm mát thông qua các khoang tường. Thường, tốc độ dòng khí hoạt chất 20 lít/min. dòng làm mát khoảng 7lit/phút và hệ số đạt được khoảng 50-100W/m
- Dòng nhanh (FAF): Đối lưu làm mát dòng khí (chất lưu) trực tiếp qua vùng phóng. Tốc độ khí thổi đạt 300-500 m/s. Hệ số đạt được khoảng 500W/m, có thể cao đến 10 lần so với dòng chậm. Kết cấu này rất gọn, được sử dụng cho nguồn laser công suất cao.

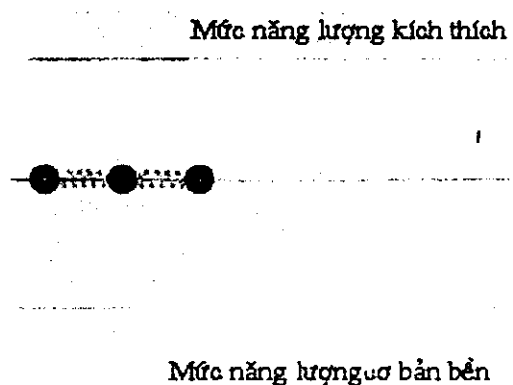
+ Loại thiết bị với dòng khí hoạt chất thổi dọc (transverse flow laser, TF- hình I.3c) Trong thiết bị này dòng khí thổi vuông góc với trục dòng laser. Kết

cấu này có thể thực hiện tản nhiệt dòng (buồng cộng hưởng) nhanh. Ngay khi rút ra khỏi buồng cộng hưởng, khí có thể được làm lạnh ; các chất gây ô nhiễm và các thành phần phân ly được cô đặc lại và gas có thể được dùng lại. Hệ thống laser này có thể cho công suất đầu ra rất cao với một cấu hình gọn, do trong hệ thống phải sử dụng nhiều thành phần điện tử để có thể tạo được dòng chuyển dọc. Như vậy so với kiểu quy ước, loại dòng vuông góc có cấu hình phức tạp hơn và thường dùng cho laser CO_2 có công suất $>2\text{KW}$, có thể sinh xung $\leq 200\text{ns}$.

1.1.1.2 Bộ phận kích thích và hoạt chất

Laser CO_2 ngày nay thường hoạt động trên cơ sở hỗn hợp $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$. Các mức dịch chuyển laser nằm ở các mức dao động trong phân tử CO_2 còn các khí khác giữ vai trò đệm, truyền năng lượng kích thích và làm tăng công suất phát cũng như hiệu suất làm việc của laser. Công suất thoát lớn nhất của laser CO_2 có thể đạt được đến 10^6W ở chế độ liên tục và hiệu suất làm việc cỡ $15\% \div 20\%$.

Bộ phận kích thích là bộ phận cung cấp năng lượng để tạo được sự nghịch đảo độ tích lũy trong hai mức nào đó của hoạt chất và duy trì sự hoạt động của Laser. Có 2 quá trình xảy ra: Quá trình hấp thụ năng lượng để chuyển nguyên tử từ mức năng lượng cơ bản lên mức năng lượng kích thích, và quá trình bức xạ cưỡng bức, tức phát nhiệt khi quay trở về mức cơ bản (hình I.4). Đối với Laser CO_2 kích thích được sử dụng là kích thích bằng va chạm điện tử, có thể thực hiện được bằng cấp điện áp cho điện cực kích phóng điện. Năng lượng điện tử được gia tốc trong điện trường được truyền cho các hệ nguyên tử hoạt chất nhờ quá trình va chạm. Sự truyền năng lượng kích thích này sang dạng năng lượng bức xạ của tia laser xảy ra phức tạp. Đối với các hỗn hợp khí như ($\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$), hoạt chất khí được chuyển lên trạng thái kích thích chủ yếu nhờ quá trình va chạm cộng hưởng.



Hình I. 4 : Quá trình kích thích phân tử hoạt chất

Hoạt chất:

- **Khí CO₂:** Đây là trung tâm phân tử nhận được sự kích thích nhờ sự phóng điện của bơm điện trường. Các phân tử khí CO₂ dịch chuyển giữa các mức dao động của cùng một trạng thái điện tử của phân tử hoặc giữa các mức dao động của hai trạng thái điện tử khác nhau. Quá trình kích thích bằng va chạm điện tử của các phân tử CO₂ được phân làm 2 loại (Kích thích dọc và kích thích ngang) bước sóng phát ra chủ yếu ở mức $\lambda = 10,6\mu\text{m}$.

- **Khí N₂:** Phân tử N₂ cũng được kích thích và do sự va chạm công hưởng chúng truyền năng lượng cho các phân tử CO₂ để chuyển chúng lên trạng thái phân tử tích lũy 00⁰1 và 00⁰2. Quá trình này làm tăng sự dịch chuyển giữa các mức 00⁰1 - 00⁰0..

- **Khí He :** Vai trò của khí He trong Lase CO₂ là làm giảm độ tích lũy năng lượng ở mức lase dưới hay quá trình truyền nhiệt trong các phân tử.

1.1.1.3 HỆ THỐNG LÀM MÁT

Có nhiều quan điểm rằng bản chất của thiết kế lase CO₂ công nghiệp là thiết kế theo cách làm mát hỗn hợp khí Lase, theo các phương pháp:

- Dòng chậm (SF): làm mát lase qua các bức tường của khoang buồng cộng hưởng. Hoạt động đặc trưng thường là: tốc độ 20lít khí /phút ; 7 lít/phút dòng làm mát, nhiệt độ làm việc 20° và đạt được khoảng 30÷40W/m. Kiểu làm mát này thường ứng dụng cho hệ thống dòng lase song song trực
- Dòng nhanh (FAF): là mát đạt được bằng cách đối lưu khí qua vùng phóng lase.. Thường dòng khí thổi 300 ÷ 500m/s qua buồng cộng hưởng Kiểu làm mát này cũng thường ứng dụng cho hệ thống dòng lase song song trực
- Dòng ngang: Đối lưu làm mát thực hiện nhiều cho hệ thống dòng hoạt chất phóng ngang.

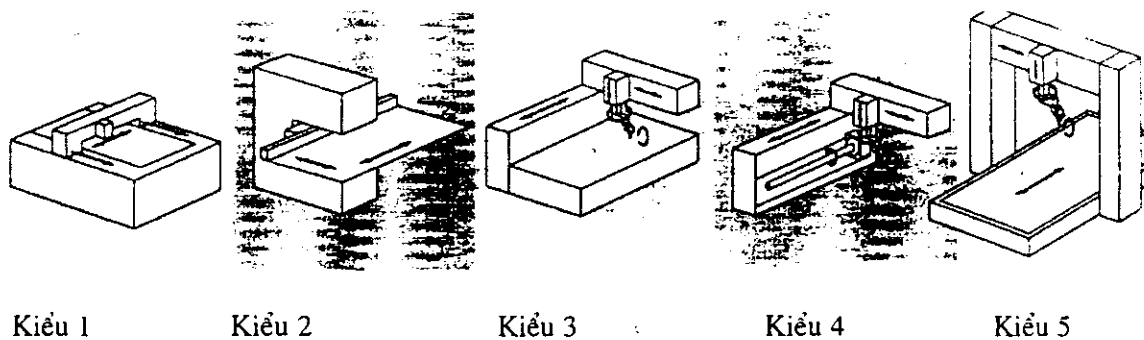
1.2 Máy cắt laser CO₂ CNC

Các hệ thống Lase (trong đó có cả lase CO₂) có thể hoạt động ở hai chế độ liên tục và xung.

Sự kết hợp của hệ thống lase với một máy cơ sở sẽ tạo nên hệ thống gia công ví dụ cắt lase, hàn lase, khoan lase vv....Sau đây là những xem xét cho trường hợp cắt laser CO₂

1.2.1 Nguyên lí thiết kế cấu hình máy cơ sở:

Những ứng dụng đa dạng của công nghệ lase trong gia công kim loại tẩm trên quan điểm tự động hoá đã hình thành một số nguyên lí hệ thống và thiết bị. Các hệ thống lase 2D được sử dụng chủ yếu cho các tấm phẳng và 3D cho các thành phần hình học 3 chiều và đó là cơ sở để hình thành cơ sở thiết kế thiết bị cắt lase. Hình 1.5 thể hiện cấu hình một số kiểu thiết bị đang có trên thị trường của các Hãng sản xuất nổi tiếng trên thế giới . Cần lưu ý rằng đối với cắt bằng tia lase, thực hiện cắt 3 D tương đối khó do độ cứng vững của đường dẫn tia và điều chỉnh khoảng cách. Đó là lí do mà hầu như các máy lase hiện hành là 2D. Các máy 3D được thực hiện bởi các hãng lớn. Trong điều kiện đó, đầu cắt



Hình 1.5: Cấu hình một số máy cắt bằng tia lase

phải thực hiện các trục điều khiển còn lại, với những đặc điểm thể hiện như sau
Kiểu 1: Máy Lase 2D với hệ thống quang học (cùng đầu cắt) thực hiện các chuyển động gia công , bàn máy phẳng.

- Đầu cắt di động
- Hệ thống quang học 3D

Kiểu 2: Máy Lase 2D với hệ thống quang học tĩnh. Bàn máy thực hiện dịch chuyển theo 2 phương.

Đầu cắt tĩnh

Hệ thống quang học 3 chiều

Kiểu 3: Máy Lase 3D gia công với đầu chìa.

Đầu cắt di động

Hệ thống quang 5 trục.

Kiểu 4: Máy Lase 3D gia công với trục quay trên thân đầu cắt. Phôi có thể cùng di động theo 1 chiều.

Đầu cắt di động

Hệ thống gương quang: 5 trục

Kiểu 5: Máy Lase 3D gia công với cổng di động.

Hệ quang học di động. Phôi có thể cùng di động theo 1 chiều.

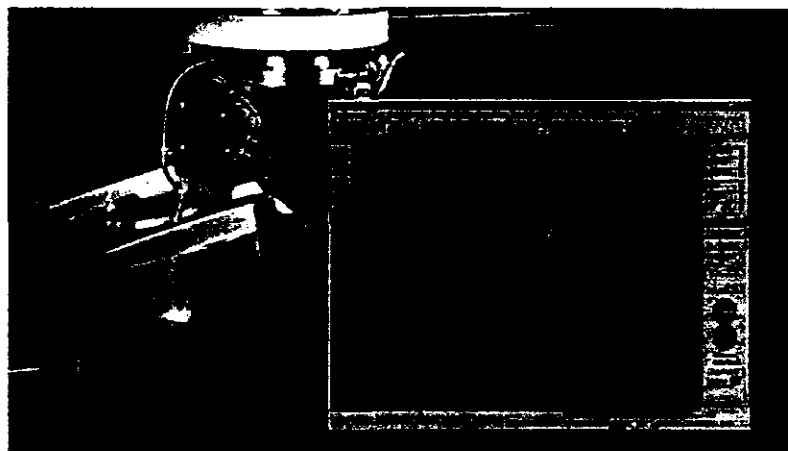
Đầu cắt di động

Hệ thống gương quang: 4 trục

Như vậy, trong máy cắt lase CNC, ngoài 3 trục chính X,Y,Z, khả năng gia công thêm các trục khác của thiết bị phụ thuộc vào kết cấu của đầu cắt lase. Trên thị trường còn có máy lase 5 trục (hình 5 kiểu 5)

Nguyên lý thiết bị với hệ thống đầu cắt cố định có ưu điểm là đường đi lase không di động sẽ đảm bảo đặc tính của tia ổn định, tuy nhiên phôi chuyển động lại có

những bất lợi nhất định. Giải pháp phôi chuyển động (bàn chuyển động) chỉ thực tế cho những chi tiết đến một trọng lượng nào đó vì thiết bị không thể định vị một trọng lượng bất kỳ nhanh và chính xác. Giải pháp hệ thống đầu cắt di động



Hình 6: Cắt lase 3D

(bay) có lợi thế là có thể cắt tấm nặng (to) bù lại chất lượng tia có thể bị ảnh hưởng vì sự di chuyển đầu tạo nên sự rung động nhất định. Một giải pháp trung gian, đầu cắt và bàn máy chia nhau thực hiện chuyển động 3D. Đối với gia công tấm phẳng, hệ thống thiết bị 2 chiều đã có thể đáp ứng khả năng cắt tấm rất tốt vì khả năng điều khiển hình học trong không gian 2D của CNC. Những thiết bị cắt laser 2D thường có khả năng gia công chi tiết lớn. Trên thị trường đã có loại có thể gia công tấm đến 6000 x 2000mm

Hệ thống 3D được sử dụng để gia công chi tiết 3 chiều. Cũng như ở hệ thống 2D, đầu laser được định vị vuông góc với bề mặt phôi. Trường hợp phôi tĩnh, đầu cắt có thể thực hiện đến 5 trục .

1.2.2 Hệ thống máy cắt laser

Những nhà sản xuất máy gia công với tia Laser nổi tiếng và lâu đời nhất trên thế giới là tập đoàn ROFIN (CHLB Đức) và TRUMPF vv... . Tất cả thể hệ thiết bị của các nhà sản xuất này đều bao gồm các thành phần:

- Máy cơ sở
- Hệ thống Laser
- Hệ thống gương dẫn hướng và thấu kính hội tụ+ đầu cắt
- Hệ thống điều khiển

Cấp độ tiên tiến được thể hiện ở công suất máy cao, cấu hình máy gọn đẹp, năng lực máy lớn, và khả năng điều khiển đa năng.

Máy cơ sở cần thoả mãn khả năng chạy trục theo điểm 2.1

Một trong những đặc điểm của máy cắt laser là bàn cắt. Bàn cắt thuộc máy cơ sở. Bàn cắt của máy laser có những đặc điểm như hình 1.7. Chi tiết được đặt trên bàn trong quá trình gia công. Loại bàn hay dùng là một khung kim loại trong đó



Hình 1.7: Bàn cắt của máy laser

các bàn định dạng đứng tạo thành tổ ong đảm bảo giữ được chi tiết kích thước

nhỏ. Việc đỡ chi tiết theo tiếp điểm giúp cho bề mặt bàn tránh bị hư hại khi tia laser quét (xác xuất gặp tiếp điểm ít hơn). Để có thể tận dụng hết năng lượng của bàn, các kết cấu bàn có thể được bổ sung ví dụ hệ thống khí nén để nâng đỡ dịch chuyển phối. Một hệ thống gia công có thể được trang bị 2 bàn, như thế trong khi một bàn đang tham gia cắt thì bàn còn lại được chất tải, chuẩn bị cho bước gia công tiếp theo.

Hệ thống laser được chọn theo một trong các cấu hình được miêu tả ở điểm 1.1.1.1



Hình 8 : kết cấu đầu cắt

Hệ thống gương dẫn và thấu kính hội tụ +đầu cắt: Mục tiêu chính của hệ gương dẫn là đưa được tia laser về chụm tại điểm cần năng lượng. Phụ thuộc vào cấu hình của máy cơ sở mà số lượng và chủng loại gương được chọn.

Đầu cắt có hình dáng kết cấu như thể hiện ở hình 1.8. Đầu cắt là thành phần trung tâm của hệ thống cắt laser- được đặt tại vị trí nút cuối của hệ thống để xuất tia laser tới điểm cần tập trung năng lượng. Kết cấu của đầu cắt tùy theo cấp độ mà có thể là đơn giản hơn, ví dụ một đầu cắt cố định hoặc phức tạp hơn ví dụ như đầu cắt thực hiện chuyển động 3 trục (3 bậc tự do- hình 1.5 kiểu 5). Tuy nhiên tối thiểu đầu cắt phải có thành phần thấu kính (kẽm –selenit, sodium chloride hoặc potassium chloride) với khoảng tiêu cự được cho theo tên thấu kính ví dụ thấu kính 2,5", 3,75", 5"... được lắp bên trong đầu. Đường kính đầu cắt có ảnh hưởng nhất định đến chất lượng cắt.

Hệ thống điều khiển:

Một máy cắt laser phải thực hiện được:

- Điều khiển hình học: đó là kiểu điều khiển CNC mà các bộ điều khiển máy công cụ CNC thương mại ví dụ TNC 310, ANILAM, SINUMERIK v....v đều có khả năng thực hiện
- Điều khiển công suất laser: Công suất cắt sử dụng phụ thuộc vào nhiều thông số, ví dụ vật liệu, chiều dày cắt, tốc độ cắt, áp khí thổi vv....

Sự tương quan giữa điều khiển công suất laser với biên dạng hình học là một trong những vấn đề mà các nhà sản xuất máy gia công với tia laser quan tâm giải quyết. Sự tích hợp giữa điều khiển công suất và biên dạng hình học tạo nên sự khác biệt của các bộ điều khiển máy cắt laser hiện đang có trên thị trường. Những nhà sản xuất lớn có thể thiết kế chế tạo ra những bộ điều khiển tích hợp. Những nhà sản xuất nhỏ có thể mua các bộ điều khiển thương mại và bổ sung các môđun điều khiển của mình.

CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÁY CẮT LASER LC1000CN

Từ những tình hình nghiên cứu ngoài nước, sau khi đã tham khảo nhiều mẫu máy thương mại của các hãng nổi tiếng, trên cơ sở tiêu chí:

- Không thực hiện nghiên cứu từ A-Z mà kế thừa những nghiên cứu đã được công bố và những kinh nghiệm mà Viện IMI đã tích lũy được trong lĩnh vực máy công cụ CNC
- Mua những thành phần thiết bị trong nước chưa thể chế tạo được như:
 - o Bộ điều khiển CNC
 - o Nguồn laser và bộ điện công suất laser
 - o Các cụm truyền động của máy cơ sở
 - o Đầu cắt laser
- Tự chế tạo các bộ phận khác của máy cơ sở như:
 - o Thân máy
 - o Bàn máy,
 - o Hệ thống dẫn tia ngoài buồng cộng hưởng và

o Các chi tiết cơ khí khác

Sơ đồ thực hiện quá trình nghiên cứu triển khai của nhóm nghiên cứu thể hiện như ở lưu đồ hình I.9. Những nội dung này đã tạo nên thiết bị LC1000CNC –IMI với các cụm: hệ thống laser, máy cơ sở và hệ điều khiển CNC.



2.1 Máy cắt laser LC1000CNC

Máy cắt laser LC1000CNC- CO₂ được thiết kế và xây dựng với các thành phần cơ bản sau:

2.1.1 Hệ thống laser FEHA

2.1.1.1 Đặc tính kỹ thuật

Hệ thống laser được cấp là SM1000 MC có các đặc tính kỹ thuật:

Tham số công suất

Công suất đầu ra max:

930W

Công suất tia-CW:	1000W
Phạm vi điều chỉnh công suất CW :	từ 60W
Độ ổn định của công suất tia –CW (24 giờ):	$\pm 2\%$

Tham số tia:

Chiều dài bước sóng:	10.6 μ s
Phân cực):	Thẳng trên mặt phẳng tia
Hệ số phẩm chất K ($K=1/M^2$)	>0.8
Góc phân kì:	$<1.5\text{mrad}$
Tần số cực đại:	1kHz
Đường kính dòng laser trong buồng cộng hưởng:	$\approx 13\text{mm}$

Tham số buồng cộng hưởng

Đường gấp:	180 ⁰
Số lần gấp khúc:	5 lần
Chiều dài của môi trường hoạt động	$\approx 9,2\text{ m}$

Các nhu cầu về khí

CO ₂	sạch 99,90%
N ₂	sạch 99,90%
He	sạch 99,98%
Hỗn hợp He-H ₂	sạch 99,98%
Tiêu thụ hỗn hợp trên	$\approx 35\text{ lít/giờ}$

Phạm vi hoạt động

Độ ẩm tương đối	75% tại 28 ⁰ C
Nhiệt độ hoạt động	10 ⁰ C -35 ⁰
Vị trí hoạt động của buồng cộng hưởng	Ngang
Năng lực làm việc	3 ca/ngày (sau ≈ 3 phút nghỉ)
Nhiệt độ làm mát	16 ⁰ C ÷ 19 ⁰ C
áp nước làm mát so với môi trường:	500kPa ÷ 600kPa
không khí xung quanh	

Chất lượng nước:

Khoảng $\leq 150 \text{ mg CaO/lít}$

Độ dẫn điện $\leq 200..300 \text{ }\mu\text{S/cm}$

Nhiễm chất

không chứa các hạt huyền phù

2.1.1.2 Cấu hình

Cấu hình Hệ thống laser SM1000MC được chia thành 3 khối riêng biệt:

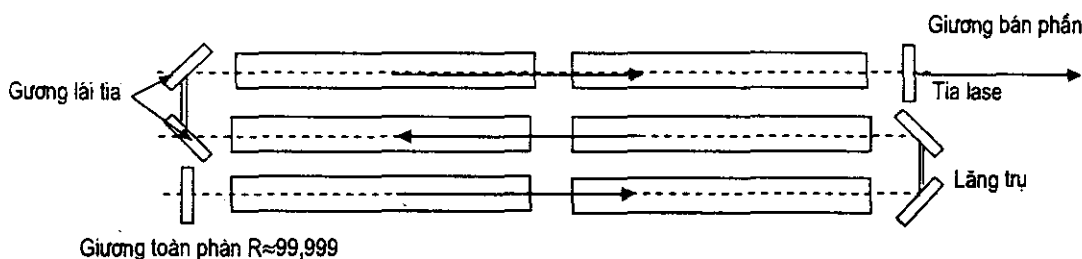
- * Buồng cộng hưởng
- * Tủ điều khiển
- * Tủ làm mát

Buồng cộng hưởng (đầu laser):

Buồng cộng hưởng (đầu laser) được thiết kế theo nguyên lý dòng chậm (SF), có sáng tạo để cải thiện được dòng phóng đại công suất cao mà kết cấu gọn, được miêu tả thông qua sơ đồ hình I.10. Buồng được bao kín để tránh bụi và đảm bảo an toàn vận hành.

Đầu laser được nối với nguồn cấp bởi đường cáp (hai ống kim loại mềm một chứa cáp nối với nguồn cấp áp cao và một chứa các đường nối tới các thành phần còn lại). Để tháo rỗng buồng cộng hưởng, hệ thống được nối bởi một ống nhựa bọc vải với bơm hút chân không (lắp ở vùng bộ phận cấp nước và khí)

Hệ gương trong buồng cộng hưởng là 10 chiếc được lắp trên các đế 3 chân để có thể điều chỉnh sắp đặt. Hệ gương gồm 1 gương phẳng phản xạ toàn phần, 01 gương phẳng phản xạ bán phần cho thoát tia, 8 gương lồi thông qua 4 lăng

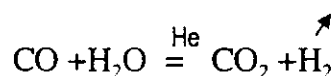


Hình I.10: Sơ đồ lắp gương trong buồng cộng hưởng

trụ, sử dụng để lái tia qua 12 ống phóng (sắp đặt theo 3 hàng 2 cột). Đường tia laser thoát qua gương phản xạ ra ngoài thông qua một cửa đóng mở buồng cộng

hướng, đó là một gương phản xạ toàn phần (gọi là shutter). Tất cả các gương và vỏ buồng được nối tiếp đất để đảm bảo an toàn. Các chi tiết cơ và quang học khác được sắp đặt tại những vị trí hợp lí, thuận tiện cho thực hiện chức năng và các thao tác khi cần thiết. Khí thổi trong các đường ống có khí làm mát được kích hoạt khi anốt của ống được cấp nguồn điện cao áp. Đây là một kết cấu khá gọn nhẹ. Với nguyên lí tạo thể tích mode ($\pi a^2 L$) lớn cho thu được năng lượng phát lớn, cấu hình hệ thống lase SM1000MC cho đã tạo một $L >$ kích thước chiều dài buồng đến 3 lần, đây là một kết cấu hợp lí. Sơ đồ về kích hoạt laser được thể hiện ở phụ lục I.1 hình 1

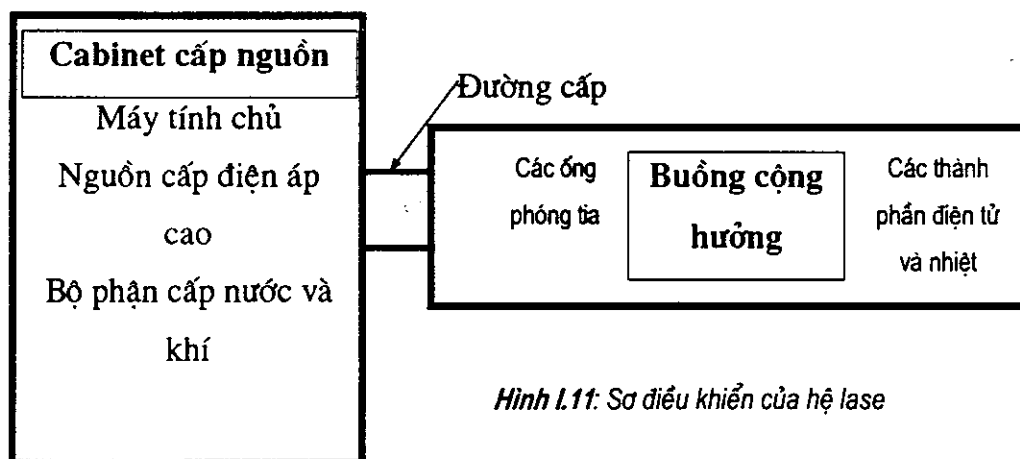
Khí kích hoạt được sử dụng là CO_2 , N_2 , He và hỗn hợp $\text{He}+\text{H}_2\text{O}$. Việc bổ sung $\text{He}+\text{H}_2\text{O}$ giúp cho tái tạo lại CO_2 nhờ phản ứng hoá học :



Các khí trên được cấp từ các bình đơn, theo điều khiển tự động với tỉ lệ được điều chỉnh trước. Sơ đồ về hệ thống khí được thể hiện ở phụ lục I.1 hình 2

Tủ điều khiển

Tủ điều khiển, thực chất là tủ cấp nguồn hoạt động cho buồng cộng hưởng và chứa toàn bộ phần điều khiển của hệ thống lase. Ngoài ra còn chứa đựng các thành phần như nguồn cao áp, hệ cung cấp khí-nước (bơm chân không). Điều



Hình I.11: Sơ đồ điều khiển của hệ lase

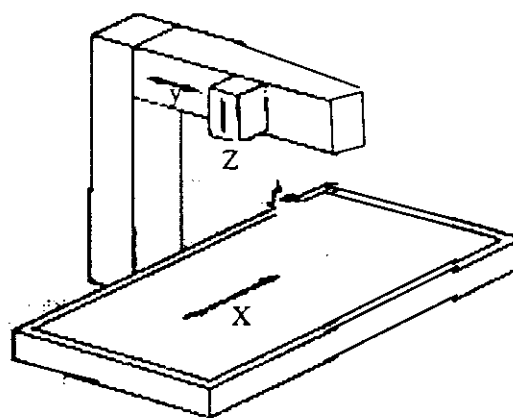
kiển hệ thống lase được thực hiện bởi các mô đun ,điều khiển theo nguyên lí xử lí „chủ-tớ“ với:

- Máy tính chủ: Điều khiển tổng, điều khiển các máy „tớ“ và điều khiển xử lý dữ liệu công nghệ.
- Máy tính „tớ“ 1: điều khiển cấp khí và cấp nước làm mát
- Máy tính „tớ“ 2: điều khiển buồng cộng hưởng
- Máy tính „tớ“ 3: điều khiển nguồn/ mạng cấp điện áp cao và thực hiện một số chức năng giám sát khác nhau

Hệ thống làm mát: thực hiện trao đổi nhiệt theo nguyên lí dòng chậm (đã được đề cập ở điểm 1.13). Đầu vào của hệ thống làm mát là: chất lượng nước làm mát, độ sạch bộ lọc, áp yêu cầu ($\approx 3\text{bar}$), nhiệt độ thiết lập, tốc độ dòng vv....) Sơ đồ làm mát hệ thống laser được thể hiện ở phụ lục I.1-hình 3,4.

2.1.1.3 Máy cơ sở

Sau khi nghiên cứu các mẫu máy của các hãng sản xuất nổi tiếng trên thế giới (theo điểm 1) nhóm nghiên cứu đã chọn cấu hình máy có hình dáng chữ (hình I.12) với sơ đồ kế hoạch thực hiện như hình 9. Đây là giải pháp đầu cắt và bàn máy chia nhau thực hiện chuyển động trục YX, trong đó đầu cắt thực hiện chuyển động Y, bàn thực hiện chuyển động X. Xét theo năng lực của bộ điều khiển, máy cắt laser có thể chuyển động phối hợp đồng thời cả 3 trục X,Y,Z, Tuy nhiên vì đối với nguyên lí cắt tấm, quỹ đạo chạy dao chỉ cần sự phối hợp của 2 trục X,Y. Trục Z được sử dụng độc lập để điều khiển chiều cao.



Hình I.12: Sơ đồ cấu hình máy cơ sở

Kích cỡ máy được chọn làm đầu vào thiết kế, phù hợp với nguồn laser công suất 1000W, có thể gia công các loại thép tấm nguyên phôi thường được bán trên thị trường dài x rộng $\approx 1,2\text{ m} \times 2\text{ m}$, và có thể đặt được trong không gian của một phòng thí nghiệm (không lớn lắm) hoặc phù hợp với môi trường gia công loại nhỏ.

2.1.1.4 Thiết kế kỹ thuật:

Bản vẽ thiết kế tổng thể và một số cụm chi tiết được thể hiện ở phụ lục I.2

Khung máy được thiết kế với độ cứng vững, đảm bảo sự di chuyển của các trục cắt với độ tăng/ giảm tốc trong phạm vi cho phép của bộ điều khiển (0,3s). Độ cứng vững của cầu máy cơ sở cho phép lắp đặt và vận hành đầu cắt laser với tốc độ max 23m/phút tại trục X; 18m/phút tại trục Y; 9m/phút tại trục Z

Bộ truyền động: Trên cơ sở tính toán tĩnh và động học các trục theo tính toán ví dụ cho trục X.:

Tính toán thiết kế hệ truyền dẫn chuyển động trục X

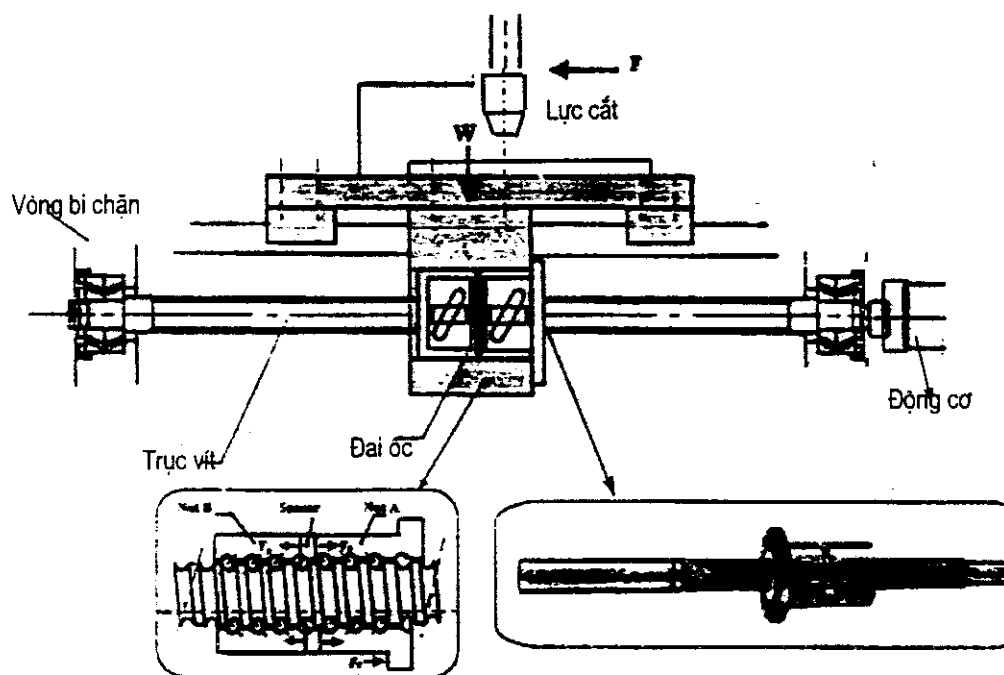
Các cơ cấu truyền động, gồm:

- Động cơ servo
- khớp nối trục với chốt
- Vít me-bi-đai ốc

Tính toán động học theo sơ đồ ở hình I.13. Động cơ servo phải đảm bảo cấp moment quay tại các tốc độ khác nhau. Hầu hết các động cơ servo được sử dụng để chạy trục ăn dao, chúng phải vượt qua được tải trọng tĩnh và tải trọng động trong máy công tác. Nguyên nhân gây nên tải trọng tĩnh là những mất mát do ma sát gây ra trong đường trượt và gối đỡ và các lực cắt tác dụng theo hướng ăn dao của bàn máy. Động cơ cũng phải cấp moment động đủ cao để tăng tốc bàn, phối và cụm trục vít bi-đai ốc trong quãng thời gian ngắn cho đến khi bộ truyền động đạt được tốc độ ổn định. Moment quay động cho một giá trị moment đỉnh trong khoảng 2-3 giây (quy định bởi các nhà sản xuất). Động cơ phải cấp phạm vi moment quay liên tục, đủ cao và moment đỉnh đủ cũng như giai đoạn cấp để vượt qua các tải tĩnh cũng như các tải động.

Các tải trọng tĩnh

Lựa chọn các thông số cố định:



Hình 1.13: Mô hình tính hệ truyền dẫn

- Tốc độ quay lớn nhất của động cơ trục X: $n_{dc} = 1150$ (v/ph)
- Tốc độ quay lớn nhất của động cơ trục Y: $n_{dc} = 1800$ (v/ph)
- Tốc độ quay lớn nhất của động cơ trục Z: $n_{dc} = 1500$ (v/ph)
- Tỷ số truyền : $i = 1$ (nối trực tiếp bằng li hợp có chốt)
- Đường kính vít me bi : $d_b = 50\text{mm}$
- Bước của vít me bi trục X : $t_v = 20\text{mm}$
- Khối lượng của trục vít me bi : $m_x = 25$ kg,
- Mô men quán tính của trục motor : $J_m = 2,373 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$
- Hệ số ma sát : $f = 0.1$
- Trọng lượng bàn X : $m = 400$ (kg)
- Trọng lượng chi tiết max trên bàn : $m_{ct} = 200$ (kg)
- Tải gia cho vòng bi chặn $F_b = 5000\text{N}$
- Tốc độ chạy nhanh max trục X $= 23\text{m/phút} = 0.383\text{m/s}$
- Thời gian quá độ của động cơ servo là 0,5s

Trục X:

Tốc độ vòng quay tối đa trục X:

$$n_x = i \cdot n_{dc} = 1 \cdot 1150 = 1150 \text{ (v/ph)}$$

Tốc độ chạy nhanh $F_{x_{max}}$ của trục X là:

$$F_{x_{max}} = n_X \cdot t_v = 1150 \cdot 20 = 23.000 \text{ (mm/ph)} = 23 \text{ (m/ph)}$$

Tải tĩnh

Nguồn của tải trọng tĩnh là masát đường trượt, mất mát do masát ở các gối đỡ bộ truyền và các lực cắt. Từ sơ đồ động học máy (hình I.13), ta tính tải tĩnh tổng tác động lên trục X tính theo công thức:

$$T_t = T_1 + T_2 + T_3 \quad (1)$$

Trong đó :

- T_1 : Mô men cản gây nên bởi masát đường trượt
- T_2 : Mô men cản do ma sát các gối đỡ và các tải đặt trước (như trọng lượng bàn và những thành phần cơ khí mà trục X phải mang
- T_3 : Mô men cản do lực cắt gây nên =0 (trường hợp gia công với tia laser)

$$T_1 = \frac{t_v}{2\pi} f_T [(m + m_{CT})g + F_z] \quad (2)$$

Với $f_T=0,05 \div 0,1$ là hệ số masát của đường trượt, lấy $f=0,1$ (thép-thép)

F_z – lực cắt vuông góc với mặt bàn, cắt laser $F_z=0$

m , trọng lượng của bàn, m_{CT} , trọng lượng chi tiết max. trên bàn:

$$T_1 = 0,1 \cdot 0,02 \cdot (400 + 200) \cdot 9,81/2 \cdot 3,14$$

$$T_1 = 1,875 \text{ N.m}$$

$$T_2 = \frac{d_b}{2} f_b (F_f + F_p) \quad (3)$$

Với $f_b=0,02$ là masát trượt của ổ đỡ

d_b - đường kính của ổ trục , $d_b=0,05 \text{ m}$

F_f - lực ăn dao lớn nhất, trong cắt laser, $F_f=0$

F_p - lực tạo nên bởi các tải đặt trước ở vòng bị chặn

$$T_2 = 0,02 \cdot 0,05 \cdot 5000/2 = 2,5 \text{ N.m}$$

$$T_i = 1,875 + 2,5 + 0 = 4.375 \text{ N.m}$$

Moment tĩnh tác động lên động cơ:

$$T_{id} = T_i / i = 4.375 \text{ Nm} / 1 = 4.375 \text{ Nm}$$

Tải trọng động

Máy cắt lase yêu cầu moment gia tốc cao khi có sự thay đổi tốc độ. Như vậy quán tính của trục động cơ bao gồm quán tính của bàn, của phôi, của trục vít me bi, của khớp nối và của trục động cơ.

Tính mômen quán tính tổng J

$$J = J_1 + J_2 + J_3 \quad (4)$$

Trong đó :

J : Mô men quán tính tổng

J_1 : Mô men quán tính do bàn và chi tiết phản ánh lên trục vít

J_2 : Mô men quán tính do vít me bi gây nên

J_3 : quán tính tổng phản ánh lên trục động cơ

$$J_1 = (m + m_{ct}) * (l_v / 2\pi)^2 \quad (5)$$

$$J_1 = (400 + 200) * [0,02 / (2 * 3,14)]^2 = 6,1 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

$$J_2 = (m * (d_v / 2)^2) / 2$$

$$J_2 = (25 * (0,05 / 2)^2) / 2 = 0,00781 \text{ kg.m}^2$$

$$J_3 = \frac{J_1 + J_2}{i} + J_m = \frac{6,1 \cdot 10^{-3} + 7,81 \cdot 10^{-3}}{1} + 2,38 \cdot 10^{-3} = 16,29 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^2 \quad (6)$$

Một moment quán tính nữa có trong hệ thống truyền dẫn, tỉ lệ với tốc độ gọi là moment masát dẻo. Moment động tổng yêu cầu để tăng tốc quán tính J_3 và để vượt qua moment masát và các tải tĩnh là:

$$T_d = J_3 \frac{d\omega}{dt} + B\omega + T_i \quad (7)$$

với:

ω - vận tốc góc của động cơ

B- hệ số masát dính (B=0)

Gia tốc thẳng của đường trượt được tính phép chia tốc độ max với thời gian quá độ

$$a_i = 0,383 / 0,3 = 1,278 \text{ m/s}^2$$

Gia tốc góc của động cơ là:

$$d\omega/dt = \frac{a}{(t_v / 2\pi)} = \frac{1,278}{0,020} 2\pi = 400,87 \text{ rad/s}^2$$

Mô men động yêu cầu từ công thức T_d là

$$T_d = 0,01629 \cdot 400,87 + 4,375 = 10,9 \text{ Nm}$$

Chọn động cơ cho trục X

Công suất của động cơ cần thiết để thực hiện thắng moment tĩnh :

(N)

$$N_e = \frac{Tn}{9750} = \frac{4,375 \times 1150}{9750} = 0,516 \text{ (kW)}$$

Căn cứ vào công suất và mô men đã tính toán kết hợp với bảng tra động cơ có sẵn của Hãng FUNUC-Nhật Bản, chọn loại động cơ cho trục X như sau:

Chọn động cơ DC Servo model 10M

- Type : AOB-0651-B012
- Công suất : N = 1,1 (kW)
- Mô men : M = 12 (Nm)
- Vòng quay max : n = 1500 (v/ph)
- Thời gian quá độ max: 0,3 s

Tính toán tương tự ta có kết quả chọn lựa động cơ cho trục Y và Z:

Trục Y

- Type : AOB-0451-B012
- Công suất : N = 0,5 (kW)
- Mô men : M = 2,9 (Nm)
- Vòng quay max : n = 2000 (v/ph)
- Đường kính trục vít me: 20mm

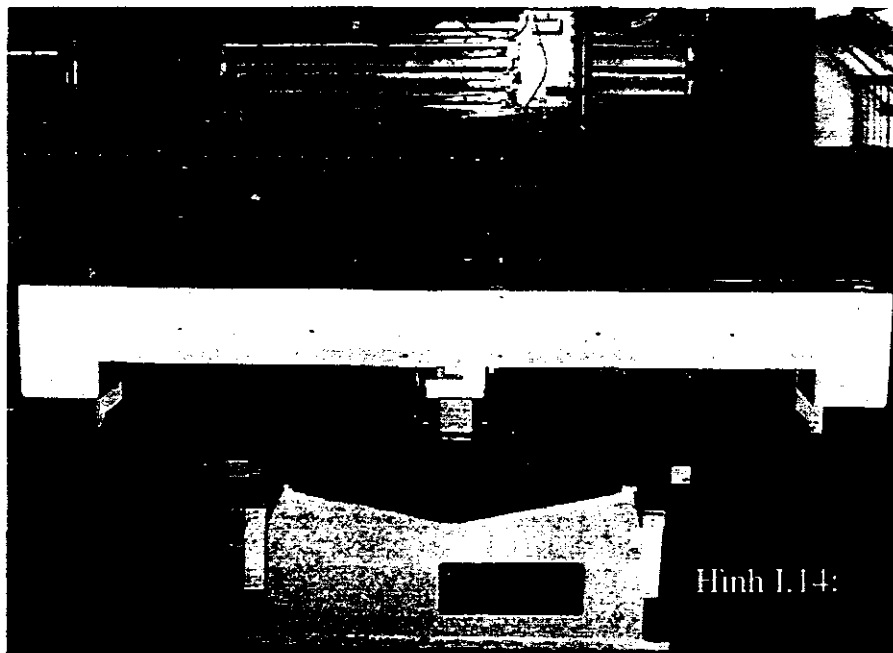
Trục Z

- Type : AOB-0251-B012
- Công suất : N = 0,1 (kW)
- Mô men : M = 1 (Nm)
- Vòng quay max : n = 2500 (v/ph)

- Đường kính trục vít me: 10mm

2.1.1.5 Chế tạo & lắp ráp

Kết cấu cơ khí sau khi thiết kế, một phần được gia công chế tạo, 1 phần được đặt hàng, nhập khẩu và sau đó được lắp ráp. Hình I.14 thể hiện kết cấu hoàn chỉnh phần cơ khí của máy LC1000-CNC. Một số cụm chi tiết được thể hiện ở hình 14. Đó là cụm truyền dẫn chuyển động 3 trục X,Y (Z); cụm phân phối khí nén- gá phôi và tháo phôi + bàn máy, hệ thống cữ hành trình.

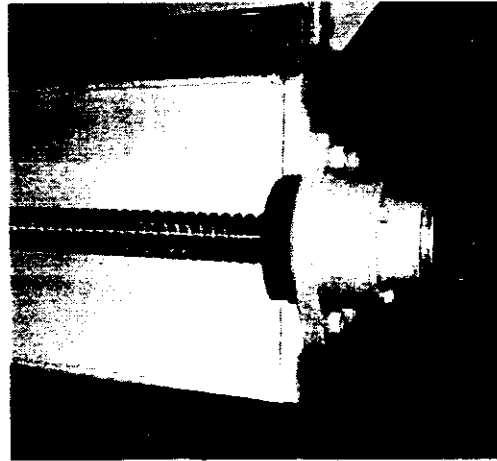


Hình I.14:

Những kết cấu cơ khí trên tạo ra những đặc điểm kỹ thuật phù hợp cho việc gia công các vật liệu dạng tấm. Các chức năng hỗ trợ việc cấp phôi, kẹp phôi tự động bằng khí nén và vận chuyển phôi cũng như các sản phẩm nhỏ bằng hệ thống băng tải tiết kiệm được đáng kể thời gian phụ (tháo dỡ và gá đặt phôi).

Hệ thống dẫn hướng và truyền động trục X

- Vít me đai ốc i bước 20mm
- Băng dẫn hướng thẳng
- Thước đĩa (đo tốc độ quay) ROD



- Hệ thống phân phối khí nén
- Cụm chia khí cho công tác tổng
- Phân phối khí nén cho hệ thống kẹp phôi
- Phân phối khí nén cho động cơ lấy phôi và chi tiết

Cụm kẹp phôi

- Kẹp bằng khí nén
- Các chỏm cầu cho việc tải phôi dễ hơn
- Cơ cấu kẹp có thể di chuyển theo chiều của phôi

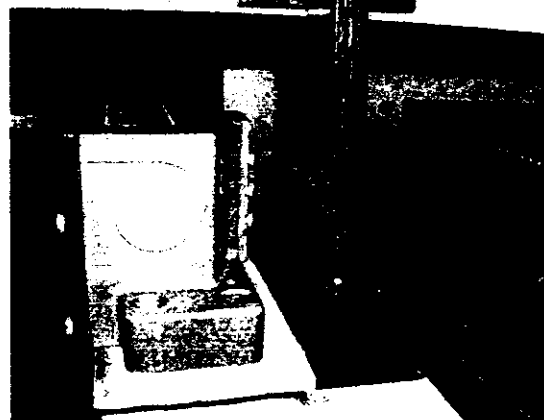


Hệ thống cử hành trình

Bao gồm các cử nén và cử mềm:

- Ngắt hành trình theo trục X
- Ngắt hành trình theo trục Y
- Ngắt hành trình theo trục Z

Hình 13: Minh họa một số cụm của máy cơ sở



2.1.2 Hệ truyền dẫn chùm tia laser + đầu cắt

Hệ thống truyền dẫn chùm tia Laser bao gồm các gương lá phản xạ toàn phần. Các gương này được gá trên các cơ cấu cơ khí nhẹ cho phép vi chỉnh theo các hướng khác nhau trong không gian, cho phép chỉnh đổi hướng chùm tia Laser đưa đến vị trí của đầu cắt và điểm tập trung năng lượng (hội tụ). Các phần tử truyền dẫn này thường được đặt vuông góc hoặc nghiêng 45° so với đường truyền của chùm tia (xem phụ lục I. 2: một số thiết kế lắp đặt hệ truyền dẫn).

Yêu cầu của hệ thống gương này phải đảm bảo:

- Đường tia song song với trục X và tia ra đầu cắt vuông góc với trục X (thử kiểm ở tại các vị trí biên hành trình theo trục X)
- Cứng vững không dao động (rung tia) khi đầu cắt chạy gia công

2.1.3 Hệ điều khiển CNC

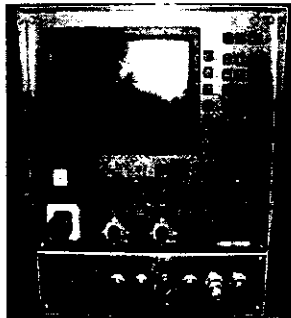
Điều khiển hệ thống gia công là bộ điều khiển TNC 310 HEIDENHAIN, sử dụng ngôn ngữ lập trình hội thoại bậc cao, có thể điều khiển đến 4 trục, có khả năng tương thích với các hệ thống CAM thương mại

Hệ thống điều khiển của máy cắt Laser SM1000MC chỉ cần thực hiện chạy trục 2D nên TNC 310 đáp ứng đầy đủ các tính chất của lập trình CNC theo phương thức quy ước lập trình hội thoại bậc cao của HEIDENHAIN. Về đặc điểm ngôn ngữ lập trình, phương thức lập trình gia công chi tiết như chương trình NC, các câu lệnh điều khiển và các qui trình điều khiển, lập trình gia công đã được giới thiệu đầy đủ trong các tài liệu [4]. Ở đây chỉ xin giới thiệu các nghiên cứu ứng dụng các chức năng của môđun điều khiển PLC trong TNC310-HEIDENHAIN để điều khiển công suất và các tính năng khác cần thiết phục vụ cho thiết bị cắt bằng Laser.

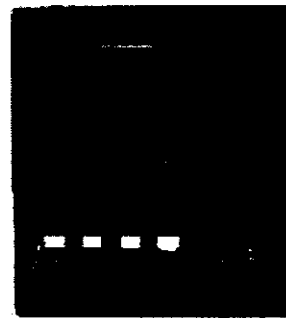
2.1.3.1 Giao diện vận hành và các câu lệnh mở rộng

Bộ điều khiển TNC310 HEIDENHAIN có giao diện như hình I. 15a và bộ điều khiển công suất laser SM1000MC có giao diện như hình I.15b. Trong máy MC 1000CNC, hai bộ điều khiển này được kết nối mà điều khiển tổng là bộ

điều khiển TNC 310. Để thực hiện được những điều này, nhóm nghiên cứu đã thực hiện một số thay đổi và bổ sung như sau.



a) Giao diện vận hành của TNC310



Hình 1.15

b) Giao diện vận hành SM 1000MC

1 Các nút điều khiển mở rộng

Trên màn hình điều khiển TNC có 7 nút điều khiển các chức năng trợ giúp mở rộng bằng lập trình PLC như sau:

CLAMP ON/OFF : Đóng và mở hệ thống gá kẹp phôi

WOKPIECE DOWN/UP : Nâng hạ tấm phôi khi gá vào máy

CONVEYER ON/OFF : Bật và tắt băng tải phoi và chip tiết ra khỏi vùng gia công

OXYGEN ON/OFF : Bật tắt van cấp khí cho quá trình cắt

SHUTTER OPEN/CLOSE : Đóng mở thanh chắn dòng

FAST BEAM ON : Bật tia Laser

FAST BEAM OFF : Tắt tia Laser

2 Phần điều khiển các đèn báo tín hiệu

DRIVE READY : Đèn sáng khi truyền dẫn bàn X,Y,Z, sẵn sàng làm việc.

CNC READY : Đèn sáng khi máy đã chạy FEF xong.

CNC START : Đèn sáng khi máy đã chạy theo chương trình CNC.

LASER ON/OFF : Bật hoặc tắt từ điều khiển Laser.

FAST BEAM ON : Đèn sáng báo lệnh cho ra tia Laser

Khi bộ điều khiển laser được ghép nối với bộ điều khiển TNC 310 (qua giắc cắm X321 và X324) thì điều khiển gia công có thể được thực hiện hoàn toàn từ bộ điều khiển TNC. Khi ấy các đèn báo tín hiệu bên tủ Laser sáng và các đèn báo trên màn hình điều khiển của tủ FEHA gồm **Laser start, HV, Beam, Shutter** đều được khởi động.

3. Các công tắc phụ:

ATOMAT Q0 : Cho chức năng bật tắt máy độc lập với tủ điện của máy Laser

AMPE DC P1 : Hiển thị dòng phản ứng động cơ tiến bàn.

CÔNG TẮC S6 : Chọn hiển thị dòng điện động cơ X hoặc Y hoặc Z

NÚT ẤN S3 : Bỏ qua cỡ điện cứng an toàn X,Y,Z khi bị kẹt

NGUỒN 220V : Cấp nguồn cho máy tính ghép nối với TNC310

4 Lệnh lập trình công nghệ cho nguồn phát Laser

M04/M05 : Lập trình cho chức năng Fast beam on/off

M08/M09 : Lập trình cho Shutter on/off

M10/M11 : Lập trình cho chức năng oxygen on/off

T00...T99 : Lập trình dao theo các công suất cắt khác nhau cho phép tự động thay đổi công suất cắt trong quá trình cắt

5 Các thông điệp báo lỗi khi vận hành máy

Khi vận hành sai qui trình thì trên màn hình TNC310 sẽ cung cấp thông tin về lỗi vận hành này và chỉ ra cách khắc phục.

E00 : AIR compressor not ready : áp lực của khí nén chưa đủ để vận hành máy

E01 : Z Axis index can't out : chưa khởi động trục Z

E02 : X,Y,Z limit swicht is over : Hành trình của máy đã giới hạn bởi các cỡ cứng

E04 : Laser kopf not ready : Cỡ an toàn của đầu cắt Lase đã bị khoá cần khởi động lại

E05 : Laser program invalid : chương trình của Laser không hợp lệ cần lập lại trong setup

E06 : Laser not ready by autorun : Laser lỗi trong quá trình chạy NC tự động

FAS BEAM ON BY SHUTTER CLOSED : Bạn đã lệnh cho phát Laser khi chưa mở cửa chắn.

FAST BEAM ON BY OXYGEN OFF : Bạn đã lệnh cho phát Laser khi chưa mở van cấp khí oxy

2.1.3.2 Ứng dụng CAM

TNC 310 cho phép xuất nhập tệp thông qua các chức năng theo hướng dẫn sau



Để xuất hoặc nhập tệp: nhấn khoá mềm ENT, TNC cung cấp một số chức năng sau:

Chức năng nhập/xuất tệp	Khoá mềm
Đọc tất cả các File	
Chỉ đọc những file chọn: để chấp nhận một tệp do TNC gợi ý, nhấn phím mềm YES Nhấn phím NO nếu không chấp nhận tệp	
Nhập tệp chọn: ENTER tên tệp	
Xuất tệp chọn: di vệt sáng đến tệp mong muốn, khẳng định với ENT	
Xuất tất cả các tệp trong bộ nhớ TNC	
Hiển thị các thư mục của thiết bị ngoài lên màn hình TNC	

Sử dụng cổng RS 232 và tính năng xuất nhập được của TNC310 như trên, người sử dụng có thể dùng máy tính PC vẽ chi tiết và lập trình chương trình NC thông qua hệ thống CAD/CAM thương mại hoặc CAM Ver1.0 (1 sản phẩm của KC03-05), truyền dữ liệu vào TNC310 và thực hiện gia công với chương trình đã được tự động lập.

Một máy cắt laser CNC phải thực hiện được:

- **Điều khiển hình học:**

Điều khiển hình học là kiểu điều khiển định vị mà các bộ điều khiển máy công cụ CNC thương mại ví dụ TNC 310, ANILAM, SINUMERRIK v...v đều có khả năng thực hiện. Thông qua các chương trình NC được lập thủ công hoặc được lập với sự trợ giúp của hệ CAD-CAM mọi hình dáng hình học 2D đều có thể được giải quyết.

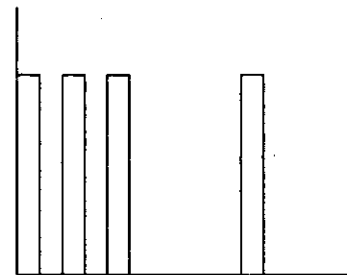
2.1.3.3 ĐIỀU KHIỂN CÔNG SUẤT LASE

Điều khiển công suất laser của máy LC1000CNC được thực hiện thông qua bộ chương trình nằm trong thư viện công nghệ gia công. Đây là thư viện bao gồm các chương trình con được lập sẵn và luôn được bổ sung bởi nhóm nghiên cứu công nghệ. Các chương trình con này mô tả trạng thái của dòng laser gồm: công suất, tần số, thời gian hoạt động. Chúng được lập trên cơ sở dữ liệu gia công. Tùy theo từng loại vật liệu, biên dạng chi tiết, bộ điều khiển CNC sẽ gọi các chương trình tương ứng tựa như gọi dụng cụ vào chương trình NC để chạy biên dạng.

Bộ lệnh chương trình điều khiển công suất laser thường có những chế độ :

CW : cho phép dòng laser hoạt động ở chế độ liên tục, thường được sử dụng khi gia công các biên dạng có tốc độ không đổi.

Puls : Chế độ này cho phép dòng laser hoạt động ở chế độ xung, có hình dạng đầu ra như hình I.16. Khi ở chế độ này vật liệu nền được “cắt” theo chế độ bốc hơi, rất thuận tiện cho khoan mối để gia công cắt biên dạng tiếp theo.

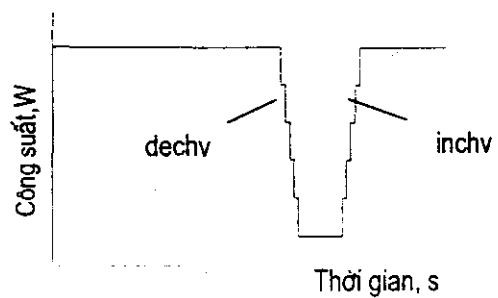


Hình I.16: đầu ra Puls

Trong cắt lase CO₂ chế độ puls cần thiết được thực hiện trước khi chạy biên dạng và thường được sử dụng cho các loại vật liệu dễ cháy như gỗ, nhựa vv....

Superpulse: Tạo một số xung đỉnh ở thời điểm bắt đầu, có năng lực tương tự puls, được sử dụng để khoan mũi gia công vật liệu khó gia công như kim loại

inchv /dechv : lệnh điều khiển tăng/ giảm công suất lase theo dòng xác định (hình 1.17). Đây là khả năng điều khiển công suất lase trong những trường hợp có thay đổi tốc độ đột ngột như trường hợp bắt đầu chạy gia công (có sự tăng tốc đến tốc độ ổn định- tốc độ F khai trong NC), kết thúc gia công (có sự giảm tốc độ về 0) và ở trường hợp gia công các góc nhọn (có sự giảm dần tốc độ đến vị trí góc rồi tăng dần tốc độ đến một thời điểm rồi giữ không đổi). Các thời điểm bắt đầu có sự đột biến về tốc độ được CNC thông báo cho bộ điều khiển công suất thông qua một giao diện giao tiếp và sẽ thực hiện chế độ *inchv* hoặc *dechv* . Độ dốc tăng/ giảm công suất càng mịn khi độ phân giải về thời gian được lấy mẫu càng nhỏ (khả năng của FEHA đến 250 lần).



Hình 1.17. chế độ *inchv /dechv*

Sự tương quan giữa điều khiển công suất lase với biên dạng hình học là một trong những vấn đề mà các nhà sản xuất máy gia công với tia lase quan tâm giải quyết. Sự tích hợp giữa điều khiển công suất và biên dạng hình học tạo nên sự khác biệt của các bộ điều khiển máy cắt lase hiện đang có trên thị trường. Những nhà sản xuất lớn có thể thiết kế chế tạo ra những bộ điều khiển tích hợp. Những nhà sản xuất nhỏ có thể mua các bộ điều khiển thương mại và bổ sung các mô đun điều khiển của mình.

2.1.3.4 ĐIỀU KHIỂN CHIỀU CAO

Trong suốt quá trình cắt, đầu cắt laser được giữ cách bề mặt gia công một khoảng cố định thường trong phạm vi 0.5-2.5mm, bởi một bộ điều khiển chiều cao. Bộ điều khiển chiều cao được thực hiện như một mô đun độc lập và được

tích hợp điều khiển bởi TNC310 . Bộ điều khiển chiều cao được thuyết minh rõ hơn trong [6]

2.1.4 Phần điện:

Phụ lục I.3 thể hiện sơ đồ bố trí sơ đồ điện/sơ đồ khối của:

- Tủ điện :electric Box
- Bộ điều khiển TNC kết nối với tủ điện (các động cơ trục X, Y và Z, các thước đo đĩa (ROD)X,Y,Z) và máy laser : TNC10
- Giao diện kết nối máy cơ sở với hệ điều khiển laser : Machine control panel, - X324-laser
- Các động cơ servo trục X,Y,Z: X,Y,Z servo drive
- Các mạch xuất- nhập PLC :PLC input, PLC output
- Mạch các tiếp điểm và van: contactor & valve

2.2 Quy trình công nghệ lắp ráp

2.2.1 Quy trình lắp ráp

Lắp ráp các cụm chi tiết

1. **Lắp đường trượt lên các bệ:** các đường trượt (X,Y,Z) được kiểm độ không song song của hai đường tương ứng $\leq 0,01\text{mm}$

2. Lắp và căn chỉnh vít me lên bàn trục Z

- Lắp tấm đệm giữa đai ốc bi và bàn trục Z
- Lắp gá đai ốc bi vào bàn trục Z
- Hiệu chỉnh độ song song tâm trục vít me bi và đường trượt
- Xiết chặt các vít, lực xiết vít phải đều
- Kiểm tra và hiệu chỉnh lại để đảm bảo đạt yêu cầu

4. Lắp và căn chỉnh vít me lên bàn trục Y

- Lắp tấm đệm giữa đai ốc bi và bàn trục Y
- Lắp gá đai ốc bi vào bàn trục Y
- Hiệu chỉnh độ song song tâm trục vít me bi và đường trượt
- Xiết chặt các vít, lực xiết vít phải đều

- Kiểm tra và hiệu chỉnh lại để đảm bảo đạt yêu cầu

5 . Lắp và căn chỉnh vít me lên bàn trục X

- Lắp tấm đệm giữa đai ốc bi và bàn trục X
 - Lắp gá đai ốc bi vào bàn trục X
 - Hiệu chỉnh độ song song tâm trục vít me bi và đường trượt
- Xiết chặt các vít, lực xiết vít phải đều
- Kiểm tra và hiệu chỉnh lại để đảm bảo đạt yêu cầu

Lắp ráp tổng thành máy

1. Lắp đặt khung máy lên bệ máy

Bước 1:

- Cầu bệ máy lên bệ
- Bắt gá trụ máy lên bệ bằng bu lông

Bước 2:

- Hiệu chỉnh độ vuông góc giữa đường trượt trục X và Y
- Hiệu chỉnh đối xứng tâm sống trượt trục X và trục Y bằng cách kiểm tra độ đối xứng của hai mặt bên sống trượt hai trục Z và Y

Bước 3:

- Xiết chặt các vít bắt của khung máy vào bệ máy(lực xiết phải đều)
- Kiểm tra lại theo các bước 2 và hiệu chỉnh để đạt yêu cầu.
- Khoan và bắt chốt định vị

2. Lắp bàn trục X

Bước 1:

- Cầu bàn trục X (có cả vít me bi) vào băng trượt.

Bước 2:

- Hiệu chỉnh độ vuông góc giữa sống trượt trục X và sống trượt trục Y bằng cách hiệu chỉnh các căn
- Cạo rà để đảm bảo tiếp xúc đều giữa các mặt trượt
- Xiết chặt vít bắt căn đảm bảo cho căn ở nguyên vị trí

Bước 3:

- Kiểm tra lại bước 2 (bỏ công đoạn cạo rà) và hiệu chỉnh để đảm bảo đạt yêu cầu

Lắp cụm trục Z vào băng trượt trục Y

Bước 1:

- Cầu bàn trục Z (bàn gá đầu cắt) lên băng trượt trục Y

Bước 2:

- Hiệu chỉnh độ vuông góc giữa sống trượt trục Z và sống trượt trục X bằng cách hiệu chỉnh các căn.

- Cạo rà để đảm bảo tiếp xúc đều giữa các mặt trượt
- Xiết chặt vít bắt căn đảm bảo cho căn ở nguyên vị trí

Bước 3:

- Kiểm tra lại bước 2 (bỏ công đoạn cạo rà) và hiệu chỉnh để đảm bảo đạt yêu cầu

Lắp ráp truyền dẫn các trục X, Y, Z

Bước 1:

- Lắp các vòng bi và ổ vào các đầu cần thiết của mỗi trục vít me

- Hiệu chỉnh cao, thấp, ngang tâm của trục vít me bằng cách cạo rà, hiệu chỉnh bề dày tấm đệm đai ốc bi

Bước 2:

- Xiết chặt ốc vít ghép ổ với thân máy
- Khoan, lắp chốt định vị ổ với thân máy

Bước 3:

- Lắp các đầu nối trục vào đầu động cơ và vào trục vít me

Bước 4:

- Hiệu chỉnh độ thẳng hàng của tâm trục vít me và tâm trục động cơ
- Lắp đầu đo các trục

- Kiểm tra và xiết chặt các vít

Lắp ráp hệ khí nén

Lắp ráp phần điện truyền dẫn, điều khiển

- Lắp các bộ truyền dẫn, điều khiển các trục vào tủ điện
- Lắp màn hình hiển thị
- Lắp hệ thống cữ an toàn, điểm chuẩn vào các trục
- Đi dây các hệ thống truyền dẫn, điều khiển
- Cài đặt các thông số điều khiển CNC, lập trình PLC
- Đi dây điều khiển hệ khí nén

Hiệu chỉnh máy, chạy thử không tải

- Chạy thử các trục X, Y, Z, trục chính
- Kiểm tra, hiệu chỉnh độ song song, vuông góc giữa các đường trượt, giữa trục chính với các đường trượt
- Hiệu chỉnh lại hệ thống cữ để đảm bảo an toàn và hành trình theo thiết kế

Lắp ráp hệ thống bao che

Chạy thử có tải:

- Chạy máy cắt đường thẳng, đường tròn, hình vuông và một contour bất kỳ
- Hiệu chỉnh, cài đặt các hệ số bù

2.2.2 Quy trình kiểm sai số gia công

Sử dụng phôi có kích thước 1200x2400mm (hình tấm mẫu kiểm tra độ chính xác PL-3a). Các chương trình chạy kiểm định máy được thể hiện ở phụ lục I.4

Kiểm sai số hình học

1. Chạy chương trình đường tròn $\Phi 20$ theo bảng vẽ phụ lục I.5 (bản vẽ kiểm tra độ chính xác gia công- vị trí đã bị dè bởi đường tròn lớn hơn gia công theo điểm 2) ,
- Cắt đường tròn 1 , lấy đường tròn 1 kiểm kích thước hình học và độ không tròn

- Di đầu lase sang một vị trí khác và dừng lại chương trình trên, cắt đường tròn.
- 2, kiểm đường tròn 2 xem có giống đường tròn 1(kích thước, sai số hình học)
- 2. Dừng chương trình cắt hình tròn $\Phi 100$ và $\Phi 160$ (phụ lục I.5, bản vẽ kiểm định độ chính xác gia công và bản vẽ kiểm tra độ chính xác gia công)
- Cắt 4 hình tròn tại các mút xa của phôi
- Kiểm kích thước và sai số hình học của từng hình tròn
- So sánh chúng với nhau theo cặp dọc X, dọc Y và chéo xem liệu có như nhau
- Kiểm tra sai số giữa kích thước lập trình và kích thước thực tế
- 3. Hiệu chỉnh, cài đặt lại hệ số bù rơ nếu các giá trị kiểm không đạt yêu cầu

Chạy lại chương trình phụ lục I.4, kiểm tra lại theo điểm 3 nếu còn sai lệch ngoài yêu cầu thì lập lại điểm 2 cho khi đạt yêu cầu.

2.2.3 Quy trình kiểm tra độ chính xác của máy

Sử dụng thiết bị đo chiều dài Laser HP5529A để thực hiện:

1. Đo kiểm chuẩn thước thiết bị
2. Đo kiểm độ chính xác định vị
3. Đo kiểm độ chính xác lặp lại
4. Đo kiểm tra độ chính xác gia công chi tiết bằng phần mềm CAD/CAM Ver1.0_IMI

Các giá trị kiểm định được thực hiện bởi Tổng cục đo lường, thể hiện ở phụ lục I.4.

2.2.4 Đặc tính kỹ thuật của LC1000CNC

Từ chọn lựa cấu hình và tính toán thiết kế máy, máy công tác LC1000CNC được chế tạo với đặc tính kỹ thuật sau:

Kích thước bàn máy	2700 x 1524 mm
Khoảng cách các chốt bàn chông	200 x 200 mm
Hành trình trục X	2400 mm
Hành trình trục Y	1200 mm
Hành trình trục Z	200 mm

Số cấp tốc độ trục	Vô cấp
Động cơ trục X	DC- Servo -12 Nm
Động cơ trục Y	DC- Servo -2,9 Nm
Động cơ trục Z	DC- Servo -1 Nm
Tốc độ chạy nhanh trục X	23.000 mm/phút
Tốc độ chạy nhanh trục Y	18.000 mm/phút
Tốc độ chạy nhanh trục Z	9.000 mm/phút
Độ chính xác định vị	0,005mm
Độ chính xác lặp lại	0,01 mm
Trọng lượng phôi lớn nhất	400 kg
Trọng lượng toàn máy	3500 kg
Kích thước máy(dài x rộng x cao)	5200x2200x1700 mm
Bộ điều khiển CNC	TNC-310 HEINDENHAIN
Khả năng điều khiển 3 trục +1	
Màn hình tinh thể lỏng	

3 KẾT LUẬN:

Với việc thiết kế , lắp đặt và đưa thiết bị cắt bằng tia laser CO2 1000W vào các hoạt động nghiên cứu trong khuôn khổ phòng thí nghiệm ở Viện IMI, sản phẩm LC1000CNC của đề tài KC03-05 đã mở không những một hướng nghiên cứu công nghệ mới mà còn là tiềm năng cho công tác nghiên cứu KHCN gia công với các loại tia. Ngoài ra nghiên cứu này cũng gợi mở một hướng nghiên cứu chế tạo sản phẩm thương mại máy cắt lase CNC trong tương lai của Viện IMI.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] YUSUF ALTINTAS, *Manufacturing automation* , Cambridge University press 2000
- [2] TIEN-CHIEN CHANG, RICHARD A. WYSK, HSU-PIN WANG, *Computer-aided Manufacturing*, Prentice Hall International, 1998
- [3] Đinh Văn Hoàng, Trịnh Đình Chiến, *Vật lí laser và ứng dụng*, nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội 2003
- [4] GEORGE C. STANTON, *Manual CNC APT and Compact II*, printed in Singapore 1988
- [5] LÊ HOÀNG THĂNG, *Sức bền vật liệu*, Nhà xuất bản giáo dục 1999
- [6] Thiết bị điều khiển tự động duy trì khoảng cách, báo cáo tổng kết đề tài KC03-05 về “ Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tự động hoá vào gia công chính xác trên cơ sở các công nghệ tiên tiến như Lase, plasma và tia lửa điện.vv...”.

PHẦN II

Thiết bị điều khiển tự động duy trì khoảng giữa dụng cụ và chi tiết gia công

<i>Chương 1: Tổng quan</i>	51
1.1 Lời mở đầu.....	51
1.2 Giới thiệu một số phương pháp đo chuyển vị và khoảng cách.....	51
1.3 Lựa chọn phương pháp đo	52
1.4 Thiết bị điều khiển tự động duy trì khoảng cách.....	54
1.4.1 Những nghiên cứu đã được công bố	54
1.4.2 Tình hình nghiên cứu trong nước	55
1.5 Lựa chọn đối tượng nghiên cứu.....	58
1.5.1 Giới thiệu về kỹ thuật siêu âm	58
1.5.2 Nguyên lý đo khoảng cách bằng siêu âm	59
1.5.3 Một số đặc trưng của kỹ thuật siêu âm	60
1.5.4 Một số ứng dụng của siêu âm	62
2 <i>Chương II: thiết kế chế tạo hệ thống điều khiển chiều cao cho máy cắt lase MC 1000CNC</i>	63
2.1 Thiết kế hệ thống tự động điều khiển khoảng cách đầu cắt.....	63
2.1.1 Nguyên lí điều khiển khoảng cách đầu cắt	64
2.1.2 Các thành phần của bộ điều khiển chiều cao	65
2.1.3 Đặc tính kỹ thuật của các mô đun của bộ điều khiển chiều cao	66
2.1.4 Thuật điều khiển	66
2.1.5 Thiết kế phần giao diện TD 2000 và PLC S7-2000	67
2.2 Chế tạo và lắp đặt bộ điều khiển.....	69
2.3 Lập Phần mềm:.....	70
3 <i>Kết luận:</i>	77

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1 Lời mở đầu

Gia công vật liệu bằng tia Laser được xếp vào nhóm phương pháp gia công không truyền thống, phương pháp này sử dụng sự hội tụ trên một diện tích rất nhỏ của chùm tia bức xạ có mật độ tập trung năng lượng cao. Do đó việc giữ cố định các thông số công nghệ trong quá trình gia công để đảm bảo chất lượng bề mặt chi tiết gia công là rất cần thiết.

Trong nghiên cứu cắt bằng laser cũng như cắt bằng plasma hoặc khí gas, chúng ta gặp một vấn đề - đó là tấm kim loại cần cắt sẽ bị cong vênh do biến dạng nhiệt không đồng nhất sinh ra do nhiệt tại vùng gia công; hoặc bản thân tấm phôi không phẳng. Khi ấy khoảng cách từ đầu cắt đến bề mặt chi tiết gia công thay đổi so với thông số công nghệ điều chỉnh trước (thường đã được nghiên cứu để tìm ra giá trị tối ưu), khiến mạch cắt có thể bị thay đổi cả về chất lượng bề mặt lẫn kích thước và hình dạng hình học. Để tự động duy trì khoảng cách, nhằm đạt chất lượng vết cắt ổn định, chúng ta phải đo và điều khiển cố định được khoảng cách này.

1.2 Giới thiệu một số phương pháp đo chuyển vị và khoảng cách

Trong khi giải quyết các vấn đề kỹ thuật và đời sống, ta gặp rất nhiều nhiệm vụ đo khoảng cách và dịch chuyển, ở các mức độ phức tạp rất khác nhau. Từ những nhiệm vụ đo trực tiếp khoảng cách như đo mực nước, đo khoảng cách đến mục tiêu,... cho đến những nhiệm vụ sử dụng tính toán liên quan đến dịch chuyển như đo tốc độ phương tiện, đo lưu tốc,... đến những nhiệm vụ phức tạp như tái tạo hình ảnh 3 chiều,... Trong lĩnh vực cơ khí: các chuyển vị cơ khí cần đo là các dịch chuyển tương đối giữa các điểm riêng biệt: điểm A dịch chuyển một lượng nào đó tương quan với điểm tham chiếu hoặc điểm mốc. Một số công việc đòi hỏi biết dịch chuyển của một ma trận các điểm, bao gồm bản đồ toàn thể cung cấp thông tin về dịch chuyển của tất cả

các điểm trong đường bao của nó. Chúng ta cũng gặp rất nhiều những nhiệm vụ cuối cùng liên quan tới phân tích ứng suất bằng thực nghiệm. Khi ấy phải sử dụng kỹ thuật toàn trường (whole-field techniques) để giải quyết vấn đề.

Hiện nay người ta sử dụng khá nhiều phương pháp đo chuyển vị. Các kỹ thuật sử dụng được xem là các kỹ thuật nhạy cảm với dịch chuyển (displacement-sensitive). Theo [1], đó là:

1. Triết áp con trở
2. Cảm biến ứng suất dòn trở
3. Thiết bị điện cảm biến thiên
4. Biến thể vi phân
5. Chuyển đổi điện dung
6. Chuyển đổi áp điện
7. Chuyển đổi dựa trên hiệu ứng Hall

Thông thường các chuyển đổi (đầu đo) cảm ứng, điện dung, áp điện và ứng suất chỉ thích hợp với chuyển vị nhỏ (vài micro inch tới 1/4 inch). Dòn biến áp vi phân có thể được vượt dải trên, từ vài micro inch tới vài inch.

Một lớp các chuyển đổi chuyển vị quan trọng khác là các bộ encoder. Encoder nhận biết các chuyển vị hoặc tuyến tính hoặc góc. Các encoder quay có độ phân giải lên tới 20-100.000 xung. Encoder tuyến tính có độ chính xác tới vài phần chục micro inch.

Chúng ta cũng có thể sử dụng các kỹ thuật quang (laser), sóng âm học (siêu âm) để đo khoảng cách và chuyển vị. Hơn nữa các kỹ thuật này còn cho phép xác định topo bề mặt là những nhiệm vụ giải quyết phức tạp hơn nhiều.

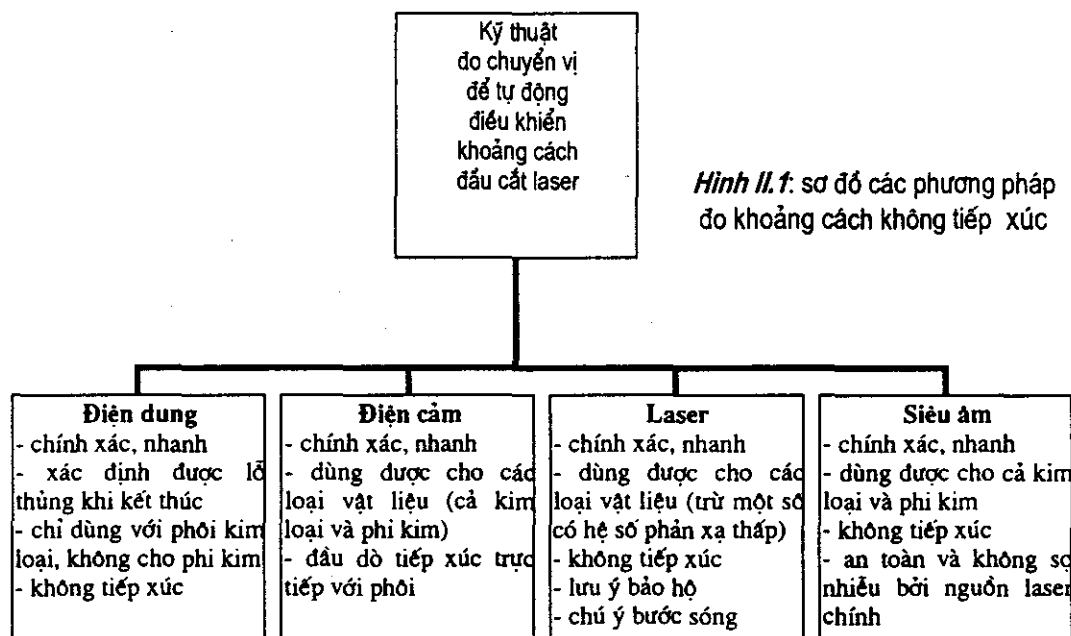
1.3 Lựa chọn phương pháp đo

Trong nghiên cứu cắt bằng laser, plasma, khí gas, vấn đề có thể xảy ra là tấm kim loại cần cắt sẽ bị cong vênh do biến dạng nhiệt không đồng nhất sinh ra do nhiệt tại vùng gia công; hoặc bản thân tấm phôi không phẳng. Khi ấy khoảng cách từ đầu cắt đến bề mặt chi tiết gia công thay đổi so với thông số công nghệ điều chỉnh trước (thường là được nghiên cứu để tìm ra giá trị tối

ưu), khiến chất lượng mạch cắt thay đổi cả về chất lượng bề mặt lẫn kích thước và hình dạng hình học. Để tự động duy trì khoảng cách, nhằm đạt chất lượng vết cắt ổn định, chúng ta phải đo và điều khiển cố định được khoảng cách này. Các bộ điều khiển chiều cao có thể thực hiện theo nguyên lý tiếp xúc hoặc không tiếp xúc.

Hệ tiếp xúc: thường là kiểu cơ khí, có kết cấu gắn liền với đầu cắt và có chân tiếp xúc với bề mặt phôi tạo cữ, khoảng cách cố định giữa đầu cắt và bề mặt phôi. Hệ thống này có nhược điểm là dễ va đập vào đoạn bề mặt dốc đứng và dễ bị kẹt nếu gặp gờ bắn ngược.

Hệ thống không tiếp xúc: thường sử dụng các sensor nhận biết khoảng cách thiết lập để phản hồi về bộ điều khiển CNC (hình II.1). Các sensor này có thể sử dụng nguyên lý điện cảm, điện dung laser hoặc siêu âm. Các phương pháp khác khó hoặc không phù hợp, do hoặc khó bố trí trên đầu cắt laser, hoặc chịu ảnh hưởng sai số mạnh bởi nhiệt độ môi trường, hoặc tốc độ phản ứng chậm khiến quá trình điều khiển bị trễ quá lớn,...



Trên thế giới, phương pháp điện dung và cảm ứng được sử dụng nhiều nhất, nhiều hãng đã tích hợp sẵn vào đầu cắt của mình như FEHA,.... *Phương pháp điện dung* có ưu điểm độ nhạy và tốc độ phản ứng nhanh. Điểm đo trực tiếp tại điểm gia công, lại có thể phát hiện khi kết thúc contour (thủng).

Phương pháp cảm ứng cũng cho độ chính xác cao, nhưng không trực tiếp tại điểm đo và là phương pháp tiếp xúc – dễ kẹt, vấp trong quá trình chạy đầu cắt, nhất là với tốc độ cao như của laser.

Laser cũng là phương pháp được áp dụng tốt như trong các thiết bị của Fahley do tính đáp ứng cao. Tuy nhiên sử dụng laser cũng có thể gặp khó khăn trong khi cắt một số vật liệu có độ phản xạ quá thấp. Phải lưu ý bước sóng khi chọn đầu đo tránh bị nhiễu bởi nguồn laser cắt.

Sử dụng *kỹ thuật siêu âm* có thể phát triển thành một phương pháp đo chiều cao dùng để điều khiển cố định khoảng cách trong các máy cắt laser. Phương pháp này có tính vạn năng cao hơn các bộ đo bằng điện dung, do dùng được cả với khi cắt kim loại và phi kim. Đầu đo lại không tiếp xúc với phôi như phương pháp cảm ứng. Đồng thời nó cũng không bị hạn chế về độ phản xạ quang như laser. Hơn nữa, việc tìm mua các đầu đo siêu âm tại Việt Nam đơn giản và rẻ hơn tương đối so với các đầu phát laser hay các bộ đo bằng điện dung bán sẵn. Lại có thể sử dụng hệ thống điều khiển là các bộ PLC vạn năng lập trình được, nên đơn giản, tính tùy biến cao, dễ bảo dưỡng, bảo hành, thay thế nhanh.

1.4 Thiết bị điều khiển tự động duy trì khoảng cách

1.4.1 Những nghiên cứu đã được công bố

Hiện nay trên thế giới các kỹ thuật để duy trì khoảng cách đã được nghiên cứu ứng dụng rất rộng rãi đặc biệt là trong các lĩnh vực như: các dây chuyền cắt vải, dây truyền đóng hộp, gia công vật liệu bằng tia Plasma, Laser, Tia nước áp suất cao...

Các phương pháp đo khoảng cách bằng siêu âm, điện dung, điện cảm, hồng ngoại, laser... đã được các Hãng chế tạo sensor đo nổi tiếng trên thế giới như OMRON(Nhật Bản), SONARANGE (Mỹ), SIEMEN (Đức) ...nghiên cứu và ứng dụng vào trong sản xuất công nghiệp.

Trong lĩnh vực gia công vật liệu bằng chùm tia laser thì tùy theo điều kiện sản xuất của từng Hãng mà họ chọn chủng loại thiết bị duy trì khoảng cách

cho phù hợp. Ví dụ, Hãng FALEY (Úc) lựa chọn phương pháp tự động duy trì khoảng bằng điện dung dạng vành, Hãng FEHA(Đức) chọn phương pháp tự động duy trì khoảng cách bằng điện cảm và điện dung, Hãng FANUC (Nhật Bản) lựa chọn phương pháp đo khoảng cách bằng laser... Có thể nhận xét rằng phương pháp điện dung được sử dụng khá phổ thông. Tuy nhiên chỉ dùng được với phôi kim loại (dẫn điện), vì tấm phôi đóng vai trò một cực của “tụ điện” trong phép đo này. Phương pháp này có thể được miêu tả rõ hơn như sau:

ở phương pháp này phôi và đầu cắt đóng vai trò 2 điện cực. Điện dung giữa hai cực tỉ lệ nghịch với khoảng cách giữa hai cực ($C \sim 1/\Delta Z$). Điện dung cũng tăng khi diện tích bề mặt A (bề mặt của một cực) tăng. Điện tính p của vật liệu cực cũng ảnh hưởng điện dung. Nếu 2 cực phẳng mặt, có diện tích A, cách nhau cố định khoảng ΔZ , thì điện dung được tính là: $C = p (A/\Delta Z)$. Như vậy điện dung quyết định mức tín hiệu điện áp đầu ra của cảm biến. So sánh giá trị này với giá trị thiết lập trước cho phép bộ điều khiển điều chỉnh kịp thời khoảng cách ΔZ thiết lập trước.

Phương pháp điện dung có một số nhược điểm: ví dụ sự thay đổi không dự đoán trước của các thông số p và A sẽ làm thay đổi điện dung. Sự thay đổi của các thông số này thường gặp trong quá trình cắt laser, do tăng công suất laser, tốc độ cắt, hình dạng và thành phần phôi. Ngoài ra nhiệt độ và độ ẩm cũng ảnh hưởng đến sensor loại này. Hơn nữa loại sensor này chỉ dùng được cho vật liệu cắt là kim loại.

1.4.2 Tình hình nghiên cứu trong nước

ở nước ta các phương pháp duy trì khoảng cách bằng các kỹ thuật đo hiện đại cũng đã được áp dụng tương đối rộng rãi trong các dây truyền sản xuất tự động như các dây truyền đóng hộp, đo mức, báo mức... Trong lĩnh vực gia công cắt gọt thì phương pháp duy trì khoảng cách chủ yếu là bằng cơ khí, cũng có một số công trình nghiên cứu của trường Đại học bách khoa Hà Nội, Viện Máy và Dụng cụ Công nghiệp nghiên cứu sử dụng phương pháp điện dung, điện cảm để tự động duy trì khoảng cách và đã đạt được những kết quả

ban đầu nhưng có hạn chế là tốc độ đáp ứng chậm, độ chính xác giảm khi tính chất của vật liệu gia công là không đồng nhất, không sử dụng được cho các vật liệu phi kim.

Phân tích các phương pháp duy trì khoảng cách bằng các kỹ thuật đo

Có rất nhiều phương pháp để điều khiển khoảng cách giữa đầu cắt và bề mặt chi tiết gia công như:

- Điều khiển bằng cơ khí
- Điều khiển bằng điện dung cảm ứng
- Điều khiển bằng sóng siêu âm
- Điều khiển bằng Laser sóng ngắn

Sơ sánh các ưu nhược điểm của các phương pháp đo.

a. Đo và điều khiển bằng cơ khí

Ưu điểm

- Đơn giản, dễ chế tạo
- Giá thành thiết bị rẻ
- Sản xuất được trong nước

Nhược điểm

- Không thích ứng cho điều khiển ở tốc độ cắt cao
- Không nhận biết được sự thay đổi khoảng trong cách nhỏ
- Khả năng tự động hoá thấp

b. Đo và điều khiển bằng cảm ứng điện dung hoặc điện cảm

Ưu điểm

- Đơn giản, dễ chế tạo
- Giá thành thiết bị rẻ
- Thích hợp cho điều khiển ở tốc độ cao
- Nhận biết tốt trong phạm vi thay đổi khoảng cách nhỏ
- Có khả năng tự động hoá

Nhược điểm

- Chỉ thích hợp điều khiển cho một vài loại vật liệu nhất định

- Không điều khiển được cho các vật liệu phi kim
- Độ ổn định không cao

c. Đo và điều khiển bằng sóng siêu âm

Ưu điểm

- Thích hợp cho điều khiển ở tốc độ cao
- Nhận biết tốt trong phạm vi thay đổi khoảng cách nhỏ
- Khả năng tự động hoá cao
- Thích hợp điều khiển cho các loại vật liệu
- Độ ổn định khi làm việc cao

Nhược điểm

- Khả năng nối ghép phức tạp
- Phải nhập thiết bị phát tín hiệu siêu âm

d. Đo và điều khiển bằng Laser

- Thích hợp cho điều khiển ở tốc độ cao
- Nhận biết tốt trong phạm vi thay đổi khoảng cách nhỏ
- Khả năng tự động hoá cao
- Thích hợp điều khiển cho các loại vật liệu
- Độ ổn định khi làm việc cao

Nhược điểm

- Khả năng nối ghép phức tạp
- Không điều khiển được cho các vật liệu có hệ số phản xạ cao
- Phải nhập thiết bị phát tín hiệu và các Card chuyển đổi
- Giá thành thiết bị cao

Tùy thuộc vào những ưu điểm về đặc tính kỹ thuật cũng như sự cân đối về giá thành của thiết bị mà lựa chọn một phương pháp điều khiển khoảng cách phù hợp

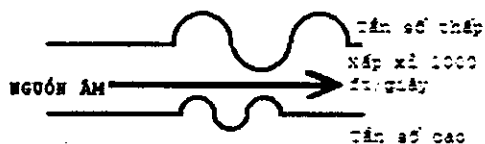
1.5 Lựa chọn đối tượng nghiên cứu

Phương pháp gia công bằng chùm tia laser có thể gia công được hầu hết các loại vật liệu (kim loại, phi kim...). Xét đặc điểm công nghệ này cùng các điều kiện công nghệ gia công như tốc độ gia công cao, không sinh lực cắt, đầu dụng cụ cắt chỉ là một điểm hội tụ rất nhỏ của chùm tia sáng có đường kính xác định...vv.. ta nhận thấy có thể sử dụng phương pháp đo bằng laser hoặc sóng siêu âm để điều khiển khoảng cách giữa bề mặt phôi và đầu cắt. Trên cơ sở phân tích kỹ thuật đo và các yêu cầu kỹ thuật, nhóm đề tài sử dụng phương pháp đo bằng sóng siêu âm để phát triển bộ điều khiển duy trì tự động khoảng cách bằng sóng siêu âm.

1.5.1 Giới thiệu về kỹ thuật siêu âm

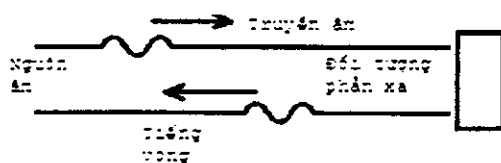
Đại cương về phương pháp đo bằng siêu âm

Âm thanh siêu âm có đặc tính ứng xử như âm thanh thông thường ngoại trừ âm thanh này có cao độ lớn hơn mà chúng ta không nghe thấy. Chúng ta nghe thấy âm thanh với tần số (số chu kỳ trong 1 giây) thuộc phạm vi 20 Hz tới 20 KHz. Âm thanh siêu âm được sử dụng cho khoảng cách thông thường từ 20 KHz tới 200 KHz (hình II.2)



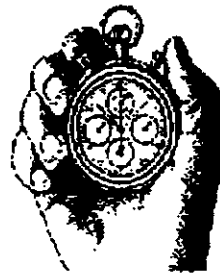
Hình II.2: Đặc tính của tia siêu âm

Giống như âm thanh thông thường, siêu âm lan truyền dưới dạng sóng. Khi sóng này đập vào vật rắn (trở kháng âm học), tiếng dội sẽ được phản xạ lại từ mục tiêu. Âm thanh dịch chuyển như sóng áp suất, theo hình dáng tương tự như gợn sóng trên mặt nước (hình II.3).



Hình II.3: Tính phản xạ dội âm thanh của siêu âm

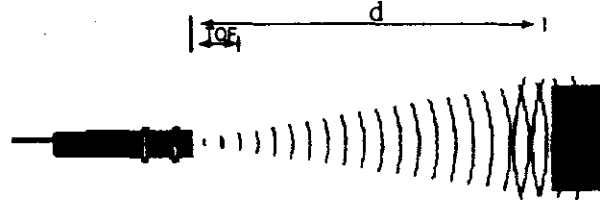
Khoảng cách giữa nguồn và vật có thể xác định được bằng cách đo thời gian khi sóng rời nguồn và khi tiếng vọng trở lại từ vật (hình II.4). Hầu hết các thiết bị siêu âm sử dụng phương pháp khoảng thời gian này để tính khoảng cách từ sensor đến vật.



Hình II.4: Quy phản xạ siêu âm về thời gian

1.5.2 Nguyên lý đo khoảng cách bằng siêu âm

Nguồn phát siêu âm phát đi chùm sóng siêu âm có đặc tính được biết trước, chùm sóng đập vào vật chắn phản xạ lại đầu thu. Thông qua thời gian đo được giữa hai tín hiệu phát và thu, với tốc độ di chuyển của sóng trong môi trường được biết trước sẽ tính được khoảng cách từ nguồn phát đến vật thông qua quãng đường đi của sóng siêu âm (hình II.4).



Hình II.5: Nguyên lý sử dụng siêu âm đo khoảng cách

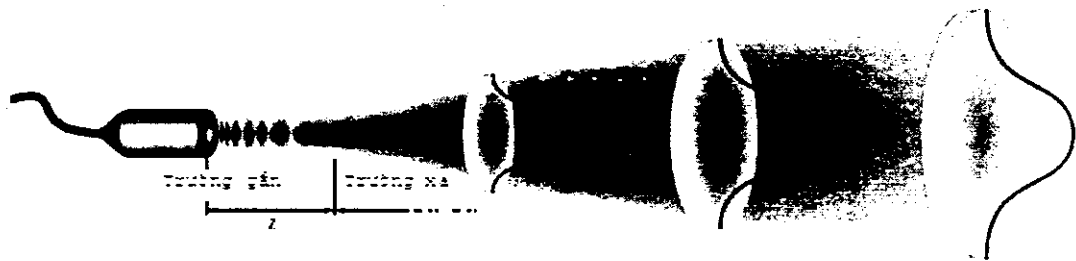
Thời gian truyền (TOF) được miêu tả thông qua hình II.5. Sóng âm được truyền từ nguồn phát, gặp đích phản về, được bộ nhận lắp không xa nguồn phát, phát hiện. Nguồn phát và nhận có thể được lắp trên cùng thân cảm biến. Phần nhận cũng có thể được lắp ở đích. Thời gian truyền (TOF) được tính khi ngay khi bắt đầu có sự phản hồi tín hiệu. Khoảng cách này được xác định là : $d=c \cdot \text{TOF}/2$ nếu phần phát và nhận ở cùng một vị trí so với đích, ở đây c là tốc độ truyền sóng (biết rằng tốc độ âm thanh trong không khí là khoảng 0,305m/ms và tốc độ của ánh sáng là 0,305m/ns), hoặc $d=c$ khi phần nhận

được gắn với đích.

1.5.3 Một số đặc trưng của kỹ thuật siêu âm

Trường siêu âm trong chuyển đổi đo

Trong kỹ thuật siêu âm Doppler, người ta không dùng sóng dọc thuần túy, mà chùm sóng siêu âm càng mảnh càng tốt trên chiều sâu cần đo. Hình dạng hình học của trường âm thanh được quyết định bởi đường kính D của bộ phát sóng và bước sóng của sóng siêu âm λ , - bằng tỷ số tốc độ âm thanh trong môi trường nghiên cứu và tần số phát. Hình dạng điển hình của trường siêu âm được minh họa ở hình II.6 tương ứng với 2 vùng đặc trưng.



Hình II.6: Trường siêu âm

Trường gần

Trường gần
$$z = \frac{D^2}{4\lambda}$$

Vùng gần mặt mút đầu đo được gọi là trường gần. Ở trường gần, trường âm thanh căn bản là trụ, có đường kính nhỏ hơn đường kính bộ phát và cường độ sóng âm dao động trực chuyển đổi đo lường. Vì các khoảng cách đặc trưng của dao động này nhỏ hơn nhiều kích thước của âm lượng đo, chúng không ảnh hưởng đáng kể đến thông tin Doppler thu nhận được ở vùng này. Chiều dài trường gần này, Z - được xác định bởi vị trí của điểm cường độ âm thanh max cuối cùng.

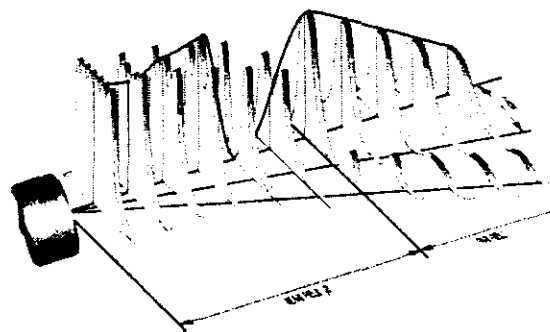
Trường xa

Vùng nằm sau Z được gọi là trường xa. Ở trường xa, cường độ của sóng âm thanh dọc trục biến đổi tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách từ đầu

đo và những dao động nhỏ xuất hiện theo hướng kính. Hầu hết năng lượng âm thanh nằm trong hình nón mà nửa góc δ của nó được đặc trưng bởi bước sóng và đường kính bộ phát.

Âm lượng đo

Trong kỹ thuật siêu âm Doppler, kích thước dọc trục của âm lượng đo được xác định bằng dụng cụ phân tích các phản hồi Doppler và cỡ rìa của chúng bởi lượng năng lượng âm thanh phản xạ



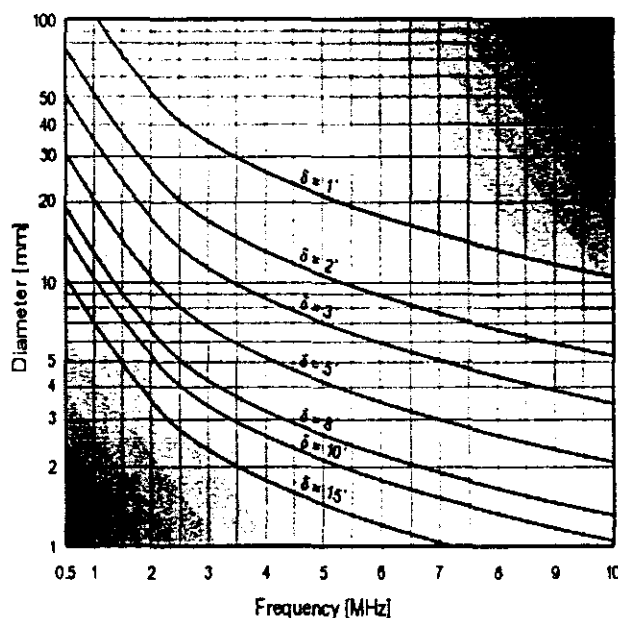
Hình II.7: Kích thước âm thanh trong kỹ thuật Doppler

bởi các hạt. Do sự phụ thuộc về không gian của cường độ âm thanh, kích thước rìa của âm lượng đo phụ thuộc vào vị trí của nó và đại diện bởi các đĩa ở hình II.7.

Chùm tia phân kỳ

$$\delta = \sin\left(\frac{1.22 \times \lambda}{D}\right)$$

Sự phân kỳ của chùm tia siêu âm phụ thuộc vào đường kính bộ phát tia và



Hình II. 8: Biểu đồ tần số - đường kính của cảm biến siêu âm

bước sóng. Sự thoả hiệp giữa 2 thông số này được thiết lập để đạt được chùm tia mảnh nhất ở một khoảng cách nhất định. Biểu đồ hình II.8 cấp các giá trị lý thuyết của $1/2$ góc δ tương ứng với đường kính và tần số chuyển đổi đo. Chú ý rằng tần số cao cho độ phân giải dọc trục tốt hơn nhưng thường làm sóng siêu âm suy yếu nhiều hơn.

Các đặc trưng khác của siêu âm

Góc chùm tia (côn): Sóng siêu âm mở rộng ra theo hình nón tính từ đầu đo. Nón này càng lớn hay khoảng cách càng xa đầu siêu âm, sự ảnh hưởng của môi trường xung quanh càng mạnh

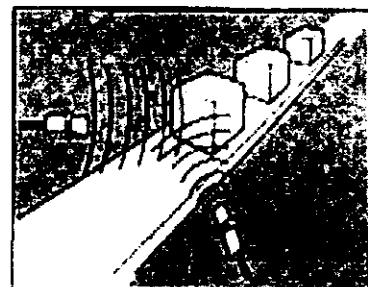
Giải không hiệu lực Đầu đo siêu âm gửi đi một xung âm thanh, sau đó chuyển qua chế độ nghe. Thời gian cần cho đầu đo hồi phục từ khi truyền xung âm thanh đến khi nó có thể nhận biết tiếng vọng có thể chuyển thành khoảng cách tối thiểu từ đầu mút đầu đo mà có thể nhận biết được vật.

Khoảng cách hiệu lực Khoảng cách lớn nhất đối với đầu đo đã cho thường là khoảng cách có thể nhận biết được trong hầu hết các điều kiện thuận lợi (tính phản xạ của vật, xấp xỉ thẳng tâm,...). Theo thói quen, nên lựa chọn sensor có phạm vi làm việc bằng $2/3$ khoảng cách lớn nhất. (Có nghĩa là sensor 12 phút dùng cho ứng dụng 8 phút).

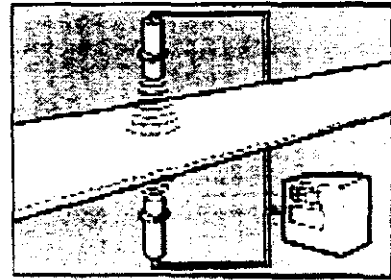
Tốc độ cập nhật: Vì các đầu đo siêu âm phải đợi âm lan truyền và quay lại, chúng bị giới hạn khi phản ứng với các thay đổi quá nhanh. Một sensor 5 phút không thể cho phép một lần đọc mới nhanh hơn 100 lần/ giây. Sensor 100 phút bị giới hạn 5 lần/ giây. (100 phút đi+100 phút về , 1000 phút/giây).

1.5.4 Một số ứng dụng của siêu âm

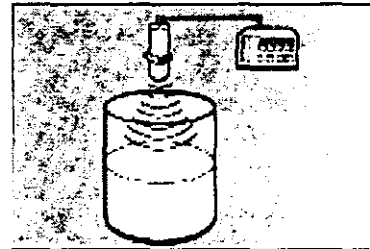
Ứng dụng sóng siêu âm để đo khoảng cách xác định vị trí, tốc độ dịch chuyển của phẩm trên đường truyền



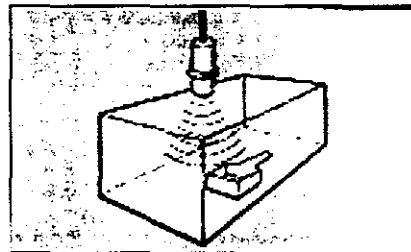
Ứng dụng sóng siêu âm để kiểm tra độ dày, độ đồng đều về chiều dày, tìm ra các vết khuyết tật của sản phẩm dạng tấm trong các dây chuyền sản xuất



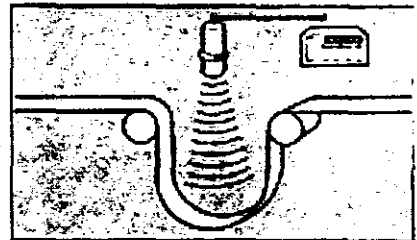
Ứng dụng siêu âm để đo, kiểm tra mức của các chất lỏng như xăng, dầu, nước trong các giếng chứa sâu, trong các bình kín.



Ứng dụng đầu dò siêu âm trong lĩnh vực kiểm tra sự có mặt của sản phẩm trong các môi trường không quan sát bằng mắt được



Sử dụng đầu dò siêu âm để xác định độ võng, độ vòng



CHƯƠNG II: THIẾT KẾ CHẾ TẠO HIỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN CHIỀU CAO CHO MÁY CẮT LASE MC 1000CNC

2.1 *Thiết kế hệ thống tự động điều khiển khoảng cách đầu cắt*

Trong bài toán cắt vật liệu trên máy cắt laser, ngoài việc tính toán tối ưu về vận tốc chuyển động, liên quan đến công suất cắt, vật liệu, chiều dày còn có một tham số ảnh hưởng đến chất lượng khi cắt sản phẩm, đó là khoảng cách từ đầu cắt đến vật liệu cần gia công trong quá trình cắt do bề mặt của vật

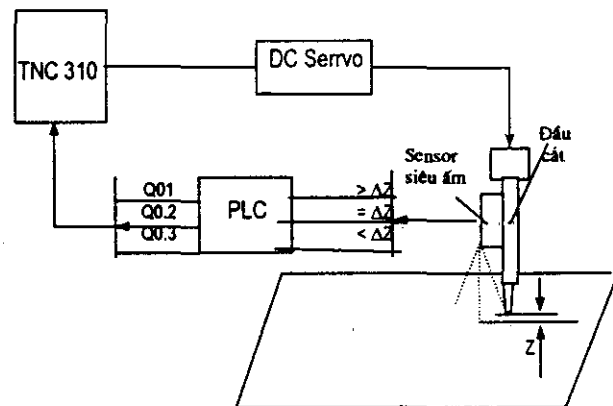
liệu khi đưa vào máy cắt có thể dao động hoặc xảy ra trong quá trình gia công. Do đó bài toán đặt ra là tối ưu khoảng cách từ đầu cắt đến bề mặt vật liệu. Khoảng cách tối ưu từ đầu cắt đến mặt phẳng gia công là khoảng được tính toán liên quan đến tiêu cực của thấu kính đầu cắt. Về lý thuyết điểm tập trung laser phải luôn luôn nằm trên bề mặt vật liệu gia công. Để duy trì khoảng cách này, các giá trị thực của khoảng cách giữa đầu cắt và điểm cắt trên bề mặt phôi phải luôn được cập nhật. Để thực hiện nhiệm vụ này, chúng ta phải lựa chọn các thiết bị sao cho phù hợp và thỏa mãn yêu cầu của bài toán đặt ra, tức là khi khoảng cách thay đổi, thì hệ thống điều khiển tác động vào đầu cắt sao cho khoảng cách giữa đầu cắt và bề mặt phôi là hằng số.

2.1.1 Nguyên lý điều khiển khoảng cách đầu cắt

Sau khi tìm hiểu các tính năng của sensor siêu âm, lợi dụng tính chất phản hồi nhanh của âm thanh, nhóm nghiên cứu đã phát triển một bộ điều khiển chiều cao trên cơ bộ cảm biến siêu âm. Sơ đồ bộ điều khiển chiều cao sử dụng cảm biến siêu âm của Viện IMI được thể hiện ở hình 9. Vòng điều khiển trục Z được thể hiện theo xích truyền CNC-Z -đầu cắt với bộ điều khiển chiều cao tích hợp và đường hồi qua PLC về bộ điều khiển CNC. Với việc phân dải 0

$\pm 5\text{mm}$ tương đương với $0\text{V} \div 10\text{V}$, DC, giá trị thiết lập là Z khoảng chiều cao cho phép của khoảng cách đầu cắt- bề mặt phôi (tương ứng theo tiêu cự tia laser). Tín hiệu đầu vào PLC là các dòng tương ứng với 3 trường hợp phản hồi từ sensor siêu âm đó là các dòng tương ứng trường hợp $>Z$, $=Z$ và

$<\Delta Z$. Đầu ra của PLC có 3 tín hiệu tương ứng Q0.1, Q0.2, Q0.3 ở trạng thái thông báo với TNC tương ứng với bảng 1



Hình 9: sơ đồ hệ thống điều khiển chiều cao

Bảng II.1: bảng trạng thái các tín hiệu vào và ra PLC

Tín hiệu đầu ra Tín hiệu đầu vào	Q0.1	Q0.2	Q0.3	Ghi chú
$>Z+\delta$	1	0	0	Trạng thái 0 tức không có tín hiệu. 1 là có tín hiệu báo về bộ điều khiển TNC
Z	0	0	1	
$<Z-\delta$	0	1	0	

Khi đầu ra Q0.1=1, PLC báo cho TNC biết rằng khoảng cách đã vượt dương giá trị thiết lập và TNC sẽ điều khiển động cơ servo trục Z quay theo chiều hạ đầu cắt xuống, cho đến khi đầu cắt vào vùng Z, sensor sẽ không còn phản hồi, tín hiệu đầu ra PLC Q03 sẽ bằng 1, thông báo TNC ngắt chuyển động của động cơ servo trục Z. Tương tự khi sensor thông báo rằng khoảng cách đầu cắt nhỏ hơn giá trị thiết lập (Z), đầu ra tương ứng Q0.2 =1 thông báo với TNC điều chỉnh nâng đầu cắt về vùng khoảng cách thiết lập. Đây là một giải pháp điều khiển liên tục dựa trên các tín hiệu tương tự.

2.1.2 Các thành phần của bộ điều khiển chiều cao

Các thành phần được lựa chọn theo những phân tích để đảm bảo yêu cầu sao cho đó là bộ điều khiển theo kỹ thuật điều khiển tự động, thông qua các Modul giao tiếp và lập trình điều khiển PLC, CC để xác định và điều khiển duy trì khoảng cách gia công chính xác giữa dụng cụ và chi tiết gia công, đạt được độ chính xác gia công cao nhất cụ thể là:

- Duy trì khoảng cách theo 1 trục toạ độ. (trục Z)
- Độ chính xác dịch chuyển hành trình đạt được: 0.05 mm.
- Khoảng cách dịch chuyển : 200mm

Lựa chọn thiết bị phân cứng.

1. Sensor đo khoảng cách (bằng sóng siêu âm)
2. PLC S7-200 bao gồm:
 - CPU 214 SIEMENS
 - Modul analog (Cập nhật giá trị đo của sensor)
3. TD 200 dùng để giao diện giữa người và PLC

Giải pháp phần mềm:

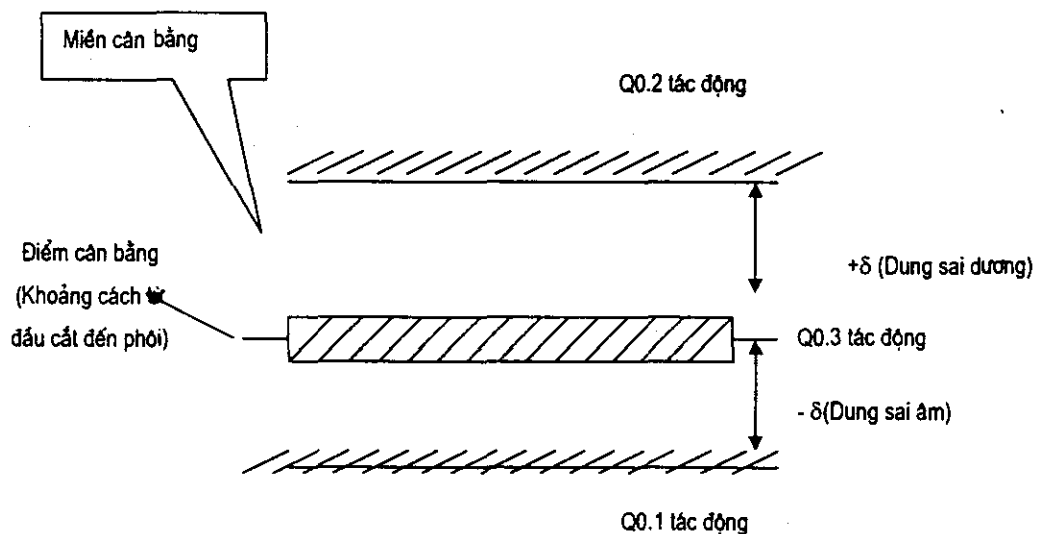
Dùng phần mềm Microwin của SIEMENS

2.1.3 Đặc tính kỹ thuật của các mô đun của bộ điều khiển chiều cao

- Sensor lựa chọn ở đây có các đặc tính như sau:
 - Model SRD(ST)
 - Type A (khoảng cách đo từ 12.7-50mm)
 - Tốc độ cập nhật 100/sec
 - Đầu ra 0-5V
 - Độ chính xác $\pm 2\%$
- PLC S7-200 với các thành phần chính:
 - CPU 214: Bộ điều khiển trung tâm PLC, dùng để tính toán và đưa ra tín hiệu điều khiển
 - Modul mở rộng EM231 dùng để thu thập giá trị analog do sensor gửi về
 - TD 200 dùng để tạo dao động giữa người và máy

2.1.4 Thuật điều khiển

Để duy trì được khoảng cách giữa đầu cắt laser và bề mặt cắt thì ta phải xác định được miền dao động của bề mặt (miền đó được chỉ ra như hình II.10)



Hình II.10: Miền dao động bề mặt phôi gia công

Định nghĩa các đầu điều khiển như sau:

Khoảng cách chuẩn Z: là khoảng cách thiết lập, được đặt ngưỡng bởi bộ PLC, theo mối quan hệ của khoảng cách tiêu cự của gương (ví dụ gương 5" là 127) và kích thước chiều dài

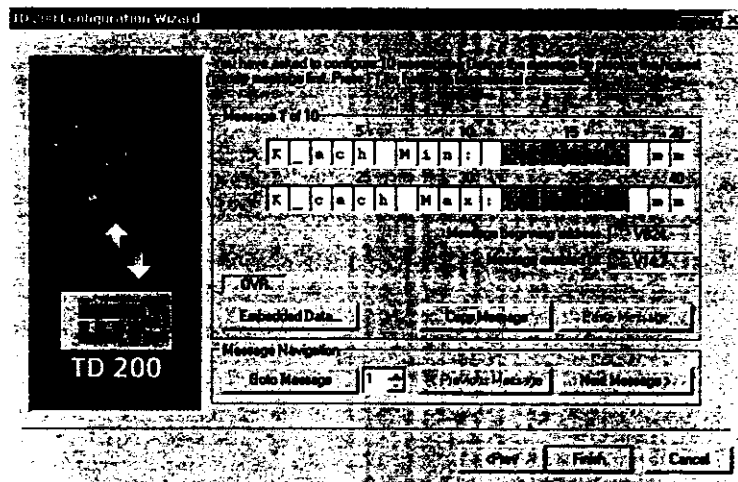
- Khoảng cách vượt quá dung sai dương, tức $> +\delta$, PLC đưa ra tín hiệu Q0.1 (Ra tiếp điểm) để điều khiển đầu cắt xuống phía dưới sao cho khoảng cách từ đầu cắt đến phôi gần bằng giá trị đặt trước ở trên TD200.
- Khi khoảng cách lớn hơn dung sai âm, tức $< -\delta$ thì PLC đưa tín hiệu Q0.2 điều khiển động cơ servo đưa đầu cắt lên trên về khoảng cách chuẩn đã đặt trước.
- Trong quá trình chuyển động, khi đầu cắt di chuyển về vị trí thiết lập, do quán tính nên động cơ không thể dừng ngay tức thời. Do vậy cần mở rộng phân miền cân bằng để thực hiện bù trễ, tức một khi đầu cắt nằm trong miền cân bằng thì PLC đưa ra tín hiệu Q0.2 để báo cho động cơ (Động cơ trục Z) ngừng chuyển động. Miền cân bằng này rất nhỏ cỡ khoảng 1/100 mm

2.1.5 Thiết kế phần giao diện TD 2000 và PLC S7-2000

Để thuận tiện cho việc nhập khoảng cách đầu đo và calib sensor cũng như cập nhật dữ liệu cần thiết thực hiện thiết kế giao diện trên TD200 và PLC.

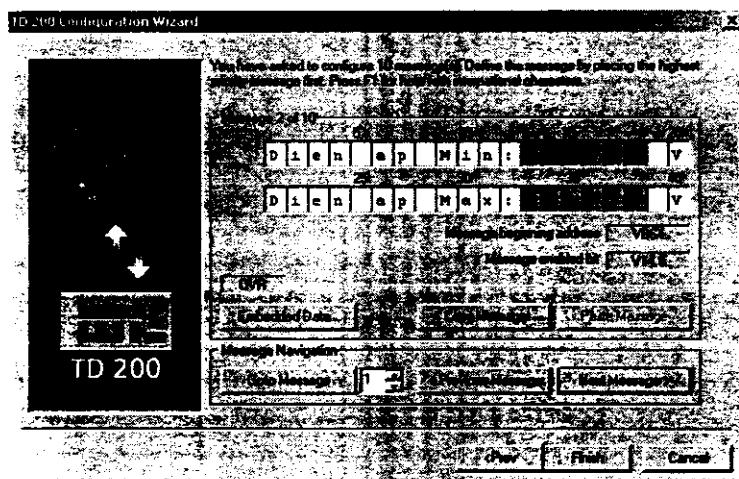
Giao diện này được hiển thị:

- Đặt khoảng cách Max và Min của đầu đo (hình II.11a)



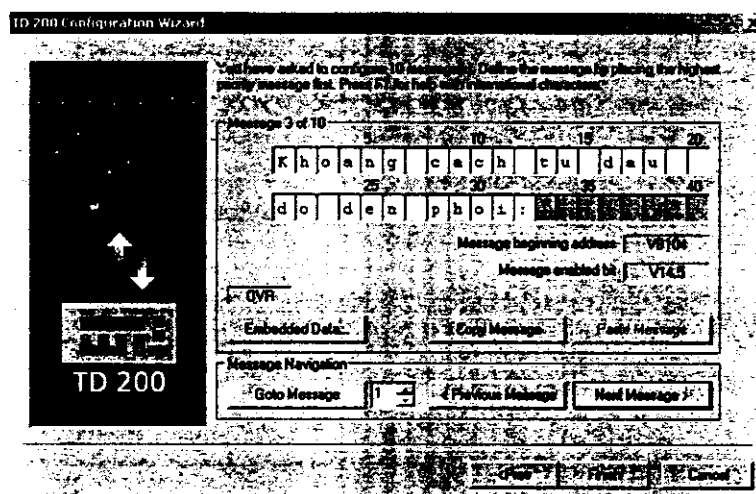
Hình II.11a

- Đặt điện áp để hiệu chỉnh đầu đo (hình 11b)



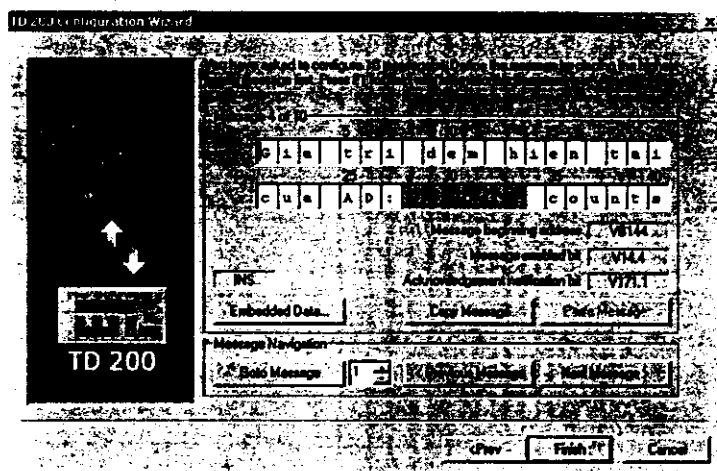
Hình II.11b

- Khoảng cách từ đầu đo đến bề mặt phơi (hình II.11c).



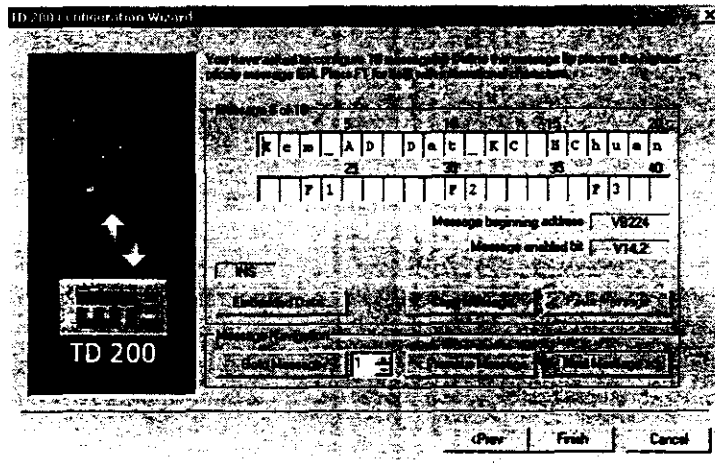
Hình II. 11c

- Xem kết quả hiển thị của AD (hình II.11d)



Hình II. 11d

- Hướng dẫn thao tác trên TD (hình II.11e)



Hình II.11e

2.2 Chế tạo và lắp đặt bộ điều khiển

Phần cứng :

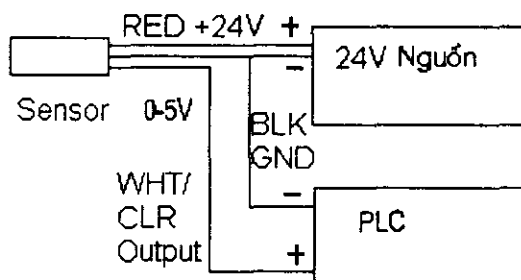
Hệ thống điều khiển khoảng cách đầu cắt bao gồm các thành phần:

- Sensor siêu âm
- Bộ điều khiển PLC
- Các kết nối điện và kết cơ khí vào Bộ điều khiển TNC 310

Sensor siêu âm và bộ điều khiển PLC S7-200 Siemen được nhập khẩu . Các kết nối điện và cơ khí cũng như bao che của bộ

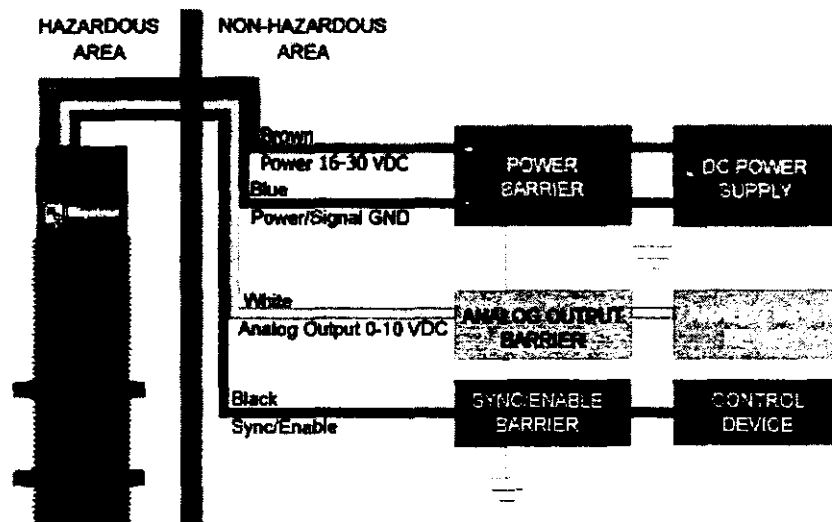
Lắp đặt đầu siêu âm

Đi dây, đấu lắp sensor với bộ điều khiển PLC được thể hiện ở hình II.12 và kết nối hệ tự động điều chỉnh chiều cao với bộ điều khiển TNC ở hình II.13



Nguồn cấp là 24V DC, Đầu ra sensor là áp trong phạm vi $0 \div 5V$ vào bộ điều khiển quá trình PLC hoặc phần tử đo điện áp khác.

Hình II.12. Sơ đồ đấu dây



Hình 11.13: Kết nối tới cổng điều khiển (control device)

2.3 Lập Phần mềm:

Các phần mềm được viết cho PLC:

thực hiện các nội dung thực hiện của PLC như đề ra trong bảng trạng thái :

- Nhập các giá trị từ các phím F1-F4
- Các giá trị này là: khoảng cách thiết lập, các giới hạn (dung sai) dưới, giới hạn trên, hệ số tỉ lệ, dịch chuyển đầu đo tới phôi ...

- Điều chỉnh thông báo sang TNC 310 để thực hiện điều chỉnh động cơ

phần mềm điều khiển của PLC được thể hiện ở list 1

- Thực hiện cấu hình cho giao diện TD200 được thể hiện ở list 2

LIST 1

ORGANIZATION_BLOCK MAIN:OB1

TITLE=PROGRAM COMMENTS

BEGIN

Network 1

LD M1.0

= V14.2

= V15.7

Network 2 // Network Title

// Network Comment

LD SM0.1
MOVW +0,VW14
MOVW +0,MW0
S V14.3, 1
S M1.0, 1

Network 3

LD M0.0
O M0.1
O M0.2
O M0.3
R V14.3, 1

Network 4

LD M1.0
O V14.4
A M0.0
= V14.4
MOVW AIW0,VW175
R M1.0, 1
LPS
EU
ANDB 2#1, MB0
LRD
A V171.1
ANDB 2#11111101, VB171
S M1.0, 1
R V14.4, 1
R M0.0, 1

Network 5

LD M0.1
= V14.5
LPS
EU

R M1.0, 1
ANDB 2#10, MB0
LRD
A V136.2
S V14.0, 1
ANDB 2#11111011, VB136
R V14.5, 1
R M0.1, 1

Network 6

LD V14.0
MOVB 16#B1, VB335
A V336.2
DTR VD338, VD616
/R 1000.0, VD616
MOVR VD138, VD620
MOVR VD138, VD624
+R VD616, VD624
-R VD616, VD620
ANDB 2#11111011, VB336
S M1.0, 1
R V14.0, 1

Network 7

LD M0.2
= V14.7
LPS
EU
R M1.0, 1
ANDB 2#100, MB0
LRD
A V35.2
A V55.2
MOVR VD57, VD604
-R VD37, VD604

ANDB 2#11111011, VB35

ANDB 2#11111011, VB55

S V14.6, 1

R V14.7, 1

R M0.2, 1

Network 8

LD V14.6

A V76.2

A V96.2

LPS

MOVR VD98, VD600

-R VD78, VD600

ANDB 2#11111011, VB76

ANDB 2#11111011, VB96

AR<> 0.0, VD600

AR<> 0.0, VD604

MOVR VD604, VD608

/R VD600, VD608

LRD

S M1.0, 1

R V14.6, 1

Network 9

LDR<> 0.0, VD608

MOVD +0, AC0

MOVW AIW0, AC0

DTR AC0, AC0

/R 6552.0, AC0

*R VD608, AC0

+R VD37, AC0

MOVR AC0, VD612

MOVR VD612, VD628

-R VD138, VD628

Network 10

LD M0.3

LPS

AR> VD612, VD624

= Q0.1

LRD

AR< VD612, VD620

= Q0.0

Network 11

LD M0.3

= V14.1

R M1.0, 1

MOVR VD612, VD277

MOVR VD628, VD297

EU

ANDB 2#1000, MB0

Network 12

LD M0.4

A M0.3

S M1.0, 1

R M0.3, 1

END_ORGANIZATION_BLOCK

SUBROUTINE_BLOCK SBR_0:SBR0

TITLE=SUBROUTINE COMMENTS

BEGIN

Network 1 // Network Title

// Network Comment

END_SUBROUTINE_BLOCK

INTERRUPT_BLOCK INT_0:INT0

TITLE=INTERRUPT ROUTINE COMMENTS

BEGIN

Network 1 // Network Title

// Network Comment
END_INTERRUPT_BLOCK

LIST 2

//BEGIN TD200_BLOCK -----
VB0 'TD'
VB2 16#10 //Set Language to English, set Update to as fast as possible
VB3 16#E1 //Set the display to 40 character mode; Enter key V3.1; Up key V3.2; Down key V3.3;
VB4 10 //Set the number of messages
VB5 16#00 //Set the Function Keys notification bits to M0.0 - M0.7, F-Keys configured to set
M-bits
VW6 24 //Set the starting address for messages to VB24
VW8 14 //Set the starting address for message enable bits to VB14
VW10 3 //Global Password (if enabled)
VW12 2 //Character Set = Latin 1 (Bold)
//MESSAGE 1
//Message Enable Bit V14.7
VB24 'K_ach Min:'
VB35 16#18 //Edit Notification V35.2; No Acknowledgement;Edit Requires Password;
VB36 16#D1 //Real Double Word; 1 Digits to the right of the decimal; Automatic data edit
VD37 16#00000000 //Embedded Data Value: Move data for display here.
VB41 'mmK_cach Max:'
VB55 16#18 //Edit Notification V55.2; No Acknowledgement;Edit Requires Password;
VB56 16#D1 //Real Double Word; 1 Digits to the right of the decimal; Automatic data edit
VD57 16#00000000 //Embedded Data Value: Move data for display here.
VB61 'mm'
//MESSAGE 2
//Message Enable Bit V14.6
VB64 'Dien ap Min:'
VB76 16#18 //Edit Notification V76.2; No Acknowledgement;Edit Requires Password;
VB77 16#D1 //Real Double Word; 1 Digits to the right of the decimal; Automatic data edit
VD78 16#00000000 //Embedded Data Value: Move data for display here.
VB82 'VDien ap Max:'
VB96 16#18 //Edit Notification V96.2; No Acknowledgement;Edit Requires Password;
VB97 16#D1 //Real Double Word; 1 Digits to the right of the decimal; Automatic data edit

VD98 16#00000000 //Embedded Data Value: Move data for display here.
 VB102 'V'
 //MESSAGE 3
 //Message Enable Bit V14.5
 VB104 'Khoang cach tu dau do den phoi.'
 VB136 16#10 //Edit Notification V136.2; No Acknowledgement;No Password;
 VB137 16#D2 //Real Double Word; 2 Digits to the right of the decimal; Automatic data edit
 VD138 16#00000000 //Embedded Data Value: Move data for display here.
 VB142 16#00 //No Edit;No Acknowledgement;No Password;
 VB143 16#00 //No Data; 0 Digits to the right of the decimal;
 //MESSAGE 4
 //Message Enable Bit V14.4
 VB144 'Gia tri dem hien taicua AD:'
 VB171 16#01 //No Edit;Acknowledgement Notification V171.1; No Password;
 VB172 16#40 //Unsigned Double Word; 0 Digits to the right of the decimal;
 VD173 16#00000000 //Embedded Data Value: Move data for display here.
 VB177 'counts'
 //MESSAGE 5
 //Message Enable Bit V14.3
 VB184 'Vien May va Dung cu cong nghiep'
 //MESSAGE 6
 //Message Enable Bit V14.2
 VB224 'Xem_AD Dat_KC HChuan F1 F2 F3 '
 //MESSAGE 7
 //Message Enable Bit V14.1
 VB264 'Do cao HT:'
 VB275 16#00 //No Edit;No Acknowledgement;No Password;
 VB276 16#52 //Real Double Word; 2 Digits to the right of the decimal;
 VD277 16#00000000 //Embedded Data Value: Move data for display here.
 VB281 'mmDo venh HT:'
 VB295 16#00 //No Edit;No Acknowledgement;No Password;
 VB296 16#53 //Real Double Word; 3 Digits to the right of the decimal;
 VD297 16#00000000 //Embedded Data Value: Move data for display here.
 VB301 'mm'
 //MESSAGE 8

```

//Message Enable Bit V14.0
VB304 'Dung sai cho phep  cua be mat: '
VB336 16#11 //Edit Notification V336.2; Acknowledgement Notification V336.1; No Password;
VB337 16#C3 //Unsigned Double Word; 3 Digits to the right of the decimal; Automatic data edit
VD338 16#00000000 //Embedded Data Value: Move data for display here.
VB342 'mm'
//MESSAGE 9
//Message Enable Bit V15.7
VB344 'Vao che do lam viec F4 '
//MESSAGE 10
//Message Enable Bit V15.6
VB384 '
//END TD200_BLOCK _____

```

3 KẾT LUẬN:

Lí thuyết đo trên cơ sở phản hồi sóng siêu âm đã xây dựng cơ sở thiết kế cho bộ điều khiển trên nguyên lý tự động đo và điều chỉnh chiều cao ứng dụng trên máy LC 1000-CNC trong khuôn khổ đề tài KC03-05 “ Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tự động hoá vào gia công chính xác trên cơ sở các công nghệ tiên tiến như Lase, plasma và tia lửa điện.vv...”

Bộ điều khiển chiều cao được nghiên cứu, thiết kế và lắp ráp bởi nhóm đề tài phân nào đã trợ giúp được quá trình cắt laser trên các bề mặt phôi cong vênh trong quá trình thực hiện thí nghiệm. Những bộ điều khiển trên nguyên lí này còn có thể ứng dụng cho thiết bị cắt bằng tia Plasma.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] THOMAS G. BECKWITH, ROY D. MARANGONI, JOHN H. LIENHARRD
Mechanical Mesurement, Addison- Weley Publishing Company 1993
- [2] MIGATRON CORP, *Giới thiệu sản phẩm- sensor laser*
- [3] ROBERT H. BISHOP , *the Mechatronics handbook*, CRC Press 2002

PHẦN III

Phần mềm CAD/CAM tích hợp cho các thiết bị gia công hiện đại bằng tia (laser, plasma và tia lửa điện) điều khiển)

<i>Chương 1: hệ thống CAD/CAM</i>	81
1.1 Tổng quan:.....	81
1.1.1 Phát triển hệ thống CAD.....	81
1.1.2 Phát triển hệ thống CAM.....	83
1.2 Kiến trúc của hệ thống CAD/CAM.....	85
1.2.1 Phần cứng:.....	87
1.2.2 Phần mềm ứng dụng:.....	90
1.2.3 Xây dựng một hệ thống CAD/CAM.....	103
1.2.4 Kết cấu chung lập trình NC máy.....	106
1.3 Nhận xét phần tổng quan.....	111
<i>Chương 2: CAD/CAM tích hợp cho hệ thiết bị gia công với các loại tia</i>	112
2.1 Giới thiệu.....	112
2.2 Xây dựng Phần mềm CAMver1.0.....	114
2.2.1 Sơ đồ nguyên lí.....	114
2.2.2 Cơ sở dữ liệu của autocad:.....	116
2.2.3 Xây dựng GEOMETRYS (preprocessor).....	116
2.2.4 Quá trình xử lí.....	117
2.3 Phần mềm CAMver1.0- Các bước thực hiện :.....	119
2.3.1 Sinh mã chương trình.....	119
2.3.2 Mô phỏng đồ hoạ.....	121
2.3.3 Gia công.....	122
3. Kết luận.....	122

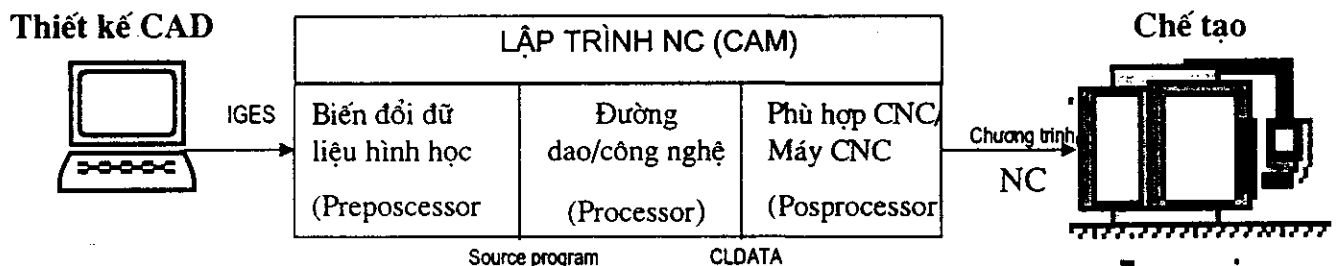
CHƯƠNG 1: HỆ THỐNG CAD/CAM

1.1 TỔNG QUAN:

Cùng với sự phát triển của công nghệ thông tin, quy trình công nghệ gia công cơ khí đã được cải thiện đáng kể. Tuần tự một quy trình phát triển cơ khí truyền thống đã được thay thế căn bản theo những bước:

Thiết kế: từ thiết kế tính toán thông qua sử dụng các sổ tay toán học, sổ tay công nghệ đến vẽ kỹ thuật lên giấy nhờ thước –bảng vẽ, com pa, eke vv... ngày nay một bản thiết kế thường được thay thế bằng tính toán nhờ các phần mềm chuyên dụng FEM (Finite Element Methode), FEA (Finite Element Analyse) và vẽ kỹ thuật với sự trợ giúp của máy tính thông qua một phần mềm CAD.

Chế tạo: Thay vì thực hiện các bước gia công theo quy trình công nghệ trên một các máy công cụ truyền thống thì ngày nay để tăng năng suất và trên hết là cải thiện chất lượng gia công, người ta đang dần sử dụng các máy công cụ CNC. Yếu tố quyết định tính gia công tự động trên một máy công cụ CNC là chương trình NC. Chương trình NC có thể được lập trình thủ công (thường cho những biên dạng hình học đơn giản, biên dạng 2 D) hoặc được lập trình với sự trợ giúp của máy vi tính thông qua một chương trình CAM, trên cơ sở hình vẽ hình học (CAD) của chi tiết mà ngôn từ còn gọi là lập trình máy.(Hình III.1)



Hình III.1: Thiết kế -chế tạo 1 chi tiết

1.1.1 Phát triển hệ thống CAD

Hệ thống CAD được phát triển trên cơ sở giao diện đồ họa máy tính do MIT và Schetchpad phát triển (1963)

Các hệ thống CAD ban đầu thường là những hệ thống biên soạn với các kí hiệu, thành phần hình học giới hạn trong đường thẳng, cung tròn và sự kết hợp chúng. Sự phát triển các đường cong và bề mặt dạng tự do như dạng mảng Coon., Ferguson, Bezier, B-spline cho phép phát triển sử dụng CAD để thiết kế các đường tinh tế và các mặt phẳng.

Hệ thống CAD 3 chiều cho phép người thiết kế thể hiện kích thước thứ 3. Do mô hình 3 chiều (mô hình-khái niệm triệu tượng về dữ liệu trong máy tính) chứa đủ thông tin cho lập trình đường đi của dụng cụ cắt, người ta nghĩ đến phát triển một kết nối giữa hệ thống CAD và NC và như vậy hệ thống CAD/ CAM đã được triển khai dựa vào khái niệm trên và trở nên quen thuộc trong 1970 và 1980.

Năm 1970 thế kỷ mới của CAD được đánh dấu bằng phát minh mô hình solid (khối). Trong quá khứ các mô hình khung (wire frame), 3 chiều (3 dimensional) chỉ thể hiện một vật thể bởi các cạnh biên của nó. Điều này không thực rõ ràng vì một hình đơn có một số cách thể hiện, hơn nữa không có giải pháp thể hiện thông tin về thể tích. Các mô hình solid chứa đủ các thông tin, vì vậy nó không những thể hiện hình vẽ kỹ thuật mà trên hết mô hình còn có thể dùng phân tích kỹ thuật. Một số hệ thống mô hình khối đã được phát triển trong thập kỷ 70 là PADL-1, PADL-2 (1977), BUILD-1, BUILD-2 (1973), COMPAC, EUCLID vv... Sau đó một số hệ thống thương mại và hệ thống nghiên cứu được triển khai, tuy rằng chỉ một vài hệ thống trong số đó dựa vào PALD và BUILD. Dù rằng các phần mềm này đã là khá mạnh trong việc thể hiện hình học, nhưng chúng vẫn còn nhiều nhược điểm. Ví dụ Một số phần mềm yêu cầu thời gian tính lớn và bộ nhớ lớn; cách thể hiện mô hình vật thể không theo quy ước và chưa có khả năng thể hiện dung sai là trở ngại áp dụng CAD. Cho đến giữa những năm 80 mô hình khối mới được đưa vào môi trường thiết kế. Ngày nay chúng được áp dụng rộng rãi vào các ứng dụng vẽ và mô hình khung.

Thực hiện CAD trên máy PC đã tạo nên việc sử dụng CAD rộng rãi. Điều này làm cho CAD phổ biến. Ban đầu CAD được phát triển như là công cụ cho công nghiệp hàng không. Nhưng việc đưa các gói PC CAD như Auto CAD,

VersaCAD CADKEY đã tạo khả năng cho các doanh nghiệp và các cá nhân sử dụng CAD. Năm 1988 hơn 100,000 PC CAD đã được bán. Ngày nay mô hình khối trên cơ sở PC có bán sẵn và trở nên quen thuộc đối với người sử dụng nhờ có sự phát triển nhanh chóng các vi mạch điều khiển có phép các PC thực hiện tải tính toán nặng cần thiết cho mô hình khối mà không mắc lỗi. Với giao diện người sử dụng- đồ hoạ chuẩn (GUI), các hệ thống CAD có thể truy cập qua lại từ máy này sang máy khác. Hầu hết các hệ thống CAD có thể thực hiện trên các trạm khác nhau. Có rất ít sự khác nhau giữa các hệ thống CAD trên cơ sở PC hay trạm công tác, hoặc máy tính lớn.

1.1.2 Phát triển hệ thống CAM

Khi hình dáng hình học của chi tiết đã được hoàn thiện trong hình vẽ, theo phương pháp công nghệ truyền thống, bản vẽ này có thể được sử dụng làm bản vẽ thi công. Từ bản vẽ này quy trình công nghệ được lập, các nguyên công lần lượt được thực hiện trên máy công cụ tương ứng cho đến khi thành sản phẩm cuối.

Nếu sử dụng máy CNC gia công chi tiết, hình vẽ sẽ được sử dụng để lập trình NC.

Lập trình NC là chuyển đổi miêu tả hình dáng hình học chi tiết và dữ liệu công nghệ thành dạng văn bản, kiểu mã điều khiển số (CNC) có thể hiểu, biên dịch để điều khiển dụng cụ máy thực hiện cắt gọt/ gia công tương ứng. Theo phương thức thực hiện, lập trình NC có thể thực hiện thủ công hoặc thực hiện với sự trợ giúp của máy tính: lập trình với CNC hoặc với hệ thống CAN/NC (thông qua một phần mềm CAD/NC).

Đối với một chi tiết hình học đơn giản, người ta có thể *lập trình NC thủ công*, sử dụng ngôn ngữ của bộ điều khiển, lập trình trên giấy hoặc qua PC (như viết một văn bản) rồi truyền vào bộ điều khiển. Một số chi tiết có hình dáng hình học phức tạp, lập trình đường đi dao (biên dạng gia công NC) thủ công sẽ rất khó. Ví dụ, các biên dạng không đơn thuần là các đường thẳng được xác định bởi điểm đầu điểm cuối mà là 2 điểm tiếp xúc với 2 đường tròn nào đó, các bề mặt gia công không song song với các trục chính của máy công cụ v...v. Nếu lập

trình thủ công, các điểm này phải được biết thông qua tính toán nhờ các công thức/phương trình toán học lượng giác và có thể phải “bắt cầu” theo một chuỗi tính toán tuần tự. Mỗi tính toán là một khả năng làm tăng sai số toán học. Từ tư duy đó của lập trình NC với sự trợ giúp của máy tính được phát triển)

Lập trình chi tiết với sự trợ giúp của máy tính, thường sử dụng máy tính đa năng trợ giúp trong lập trình và các ngôn ngữ lập trình bậc cao, chức năng chuyên dụng thực hiện các tính toán cần thiết để chuẩn bị chương trình gia công, thực hiện lập trình gia công các chi tiết có hình dáng hình học phức tạp một cách kinh tế. Công việc của người lập trình gồm:

1. Xác định hình dạng của phôi theo các quan hệ với các cấu tử hình học cơ sở như các điểm, đường thẳng, đường tròn, các bề mặt v.v.
2. Chỉ thị dụng cụ cắt thực hiện các bước gia công dọc theo các cấu tử hình học

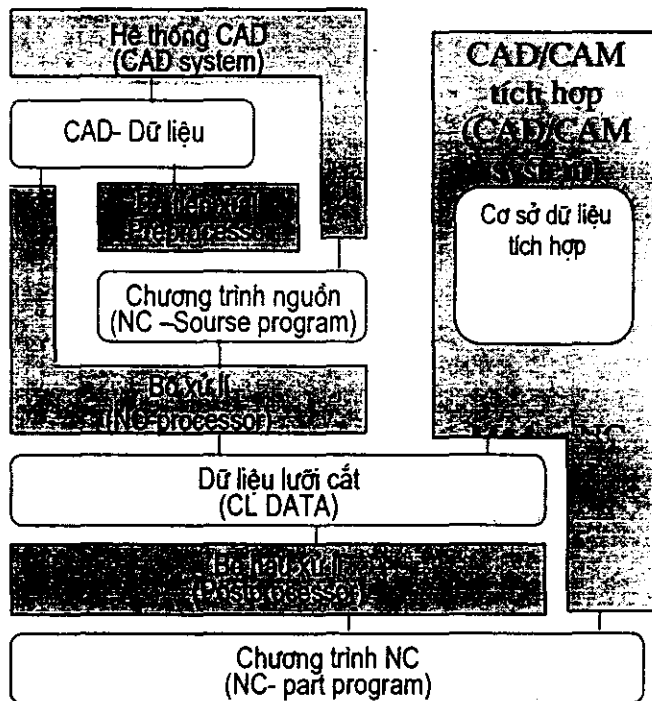
Theo bước phát triển của lập trình NC máy, các ngôn ngữ lập trình có khả năng chạy trong các máy tính đa năng được phát triển. Đó là những ngôn ngữ cơ sở tiếng Anh với các kí hiệu toán học dễ sử dụng, trong số đó phải kể đến APT (Automatically Programmed Tool). Lợi thế của APT là có thể sử dụng để viết chương trình nguồn, processor và postprocessor. Mặc dù đã tạo ra rất nhiều lợi thế so với lập trình tay, Tuy nhiên phương pháp lập trình này vẫn có nhiều tiềm năng mang lỗi vì phải chuyển đổi thông tin hình học từ dạng này (bản vẽ thiết kế) sang dạng khác (thông tin gia công).

Việc tạo chương trình NC từ bản vẽ CAD cho phép nhà lập trình giải pháp truy cập năng lực tính toán của máy tính thông qua giao diện hiển thị của bản vẽ. Công cụ lập trình NC theo phương pháp này là hệ thống CAD/NC (còn gọi là CAD/CAM). Đây là phương pháp năng suất hơn nhiều, có thể thực hiện được cho những chi tiết hình học phức tạp 3D, tuy nhiên phụ thuộc rất nhiều vào tính chính xác của bản vẽ cũng như phần mềm phát triển (CAM) để xử lí bản vẽ sinh chương trình NC từ những bản vẽ ấy.

Nhận thấy những ưu điểm của việc lập trình NC máy. Từ 1986 trên thị trường đã xuất hiện các phần mềm CAM thương mại. Trước đây do sự hạn chế

của các máy PC, các phần mềm CAM thường được phát triển độc lập. Các Nhà sản xuất phần mềm CAM đều cố gắng tương thích hệ thống của mình với các hệ CAD thương mại thông qua giao diện hệ thống trung gian như DXF (Drawing Interchange File), , IGES (Initial Graphics Exchange Specification), VDAFS (Verband der Automobilindustrie Flächenschnittstelle), STEP (standard for the Exchange of Product Model Data),). Đó là thời kì của các Hệ CAD-CAM kết hợp. Các hệ thống CAM loại này luôn có giao diện để chấp nhận các File dữ liệu đuôi mở rộng nêu trên.

Ngày nay với các thế hệ máy tính có dung lượng bộ nhớ trong và ngoài cao, người ta có xu hướng làm các hệ thống CAD/CAM tích hợp, Đó thường là các bộ phần mềm khá đồ sộ , có khả năng đồ hoạ cao với nhiều tiện ích cho mô đun thiết kế, các mô đun sinh NC theo đặc điểm gia công riêng biệt (phay, tiện, cắt tấm v....) và có khả năng mô phỏng để kiểm lỗi gia công cho mô đun CAM. Mặc dù vậy, do mong muốn mở rộng khả năng tương thích với những phần mềm thiết kế nên những hệ thống này vẫn luôn tích hợp các giao diện dạng thức trung gian (xem phần....), Hơn nữa, do tính chất thương mại nên những hệ thống này thường được bảo mật bởi nhiều hình thức. Vì vậy phương thức thiết kế trên các hệ thống CAD rồi truyền dữ liệu thiết kế sang hệ thống CAM để sinh chương trình NC vẫn là phương pháp phổ thông hơn cả.



Hình III. 2 Các bước phát triển hệ thống CAD/CAM kết nối và tích hợp

1.2 KIẾN TRÚC CỦA HỆ THỐNG CAD/CAM

Một hệ thống CAD/CAM gồm 3 phần sau:

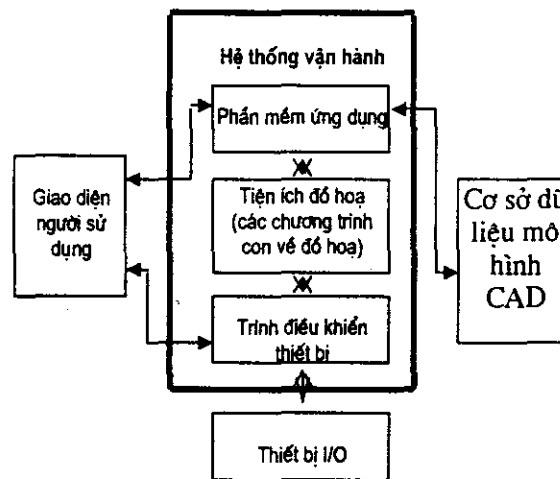
1. Phần cứng: Máy tính và các thiết bị nhập xuất (I/O)
2. Phần mềm hệ thống
3. Phần mềm ứng dụng: CAD- CAM kết hợp hoặc CAD/CAM tích hợp

Phần cứng được sử dụng để trợ các chức năng của phần mềm. *Phần mềm hệ thống* là cầu nối giữa gói CAD/CAM và phần cứng. Nó giám sát, quản lý hoạt động của phần cứng và cung cấp các chức năng cơ sở như tạo và chuyển các công việc điều hành, điều khiển tiến trình công việc, phân phối phần cứng giữa các công việc, cấp truy cập tới các tài nguyên phần mềm như các tệp, biên soạn, biên tập và các chương trình tiện ích. Phần mềm hệ thống cần thiết không những cho các gói CAD/CAM mà cả cho các phần mềm ứng dụng khác. *Phần mềm ứng dụng* là trái tim của hệ thống. Một hệ thống CAD/CAM có thể là CAD/CAM kết hợp hoặc CAD/CAM tích hợp. Sự phát triển của các hệ thống CAD/CAM là rất khác nhau và vẫn đang tồn tại nhiều hướng. Các bước phát triển CAD/CAM kết hợp và tích hợp có thể miêu tả qua sơ đồ III. 2.

Phần mềm ứng dụng: CAD-CAM

Hệ thống CAD-CAM có thể là các gói riêng biệt (hệ thống kết hợp) hoặc là một gói đồng bộ (hệ thống tích hợp). Những đặc điểm riêng của các gói này là:

Mô đun CAD: bao gồm các chương trình vẽ, 2D; 3 D phân tích kỹ thuật. Các chức năng của hệ thống CAD được xây dựng ở trong các phần



Hình III. 3: Kiến trúc của một hệ thống CAD

mềm ứng dụng. Phần mềm ứng dụng tạo nên sự khác nhau của hệ thống CAD này với CAD khác. Các phần mềm ứng dụng thường phụ thuộc vào hệ thống điều hành. Để chuyển đổi chạy một hệ thống CAD trong hệ điều hành này sang hệ điều hành khác cần có phần mềm biên dịch lại. Do vậy cần chú ý cả đến hệ điều hành. Kiến trúc chung của một hệ thống CAD được thể hiện trong hình

III.3. Phần mềm ứng dụng tại mức cao nhất được sử dụng để vận hành cơ sở dữ liệu mô hình CAD. Hệ thống tiện ích đồ thị thực hiện chuyển đổi hệ thống tọa độ, tạo các cửa sổ và điều khiển hiển thị. Vì có một số thiết bị I/O khác nhau được sử dụng, các trình điều khiển thiết bị được sử dụng để biên dịch dữ liệu vào trong và ra khỏi dạng thức dữ liệu chuyên dụng được sử dụng bởi mỗi thiết bị và điều khiển các thiết bị. Hệ thống điều hành chạy nền sau để phối hợp điều hành toàn bộ. Cuối cùng là giao diện kết nối hệ thống và con người.

Phần mềm CAM: cấu trúc thường gồm pre-processor xử lý dữ liệu hình học của tệp CAD (hình III.1), processor xử lý dữ liệu dụng cụ cắt và công nghệ để tạo ra tệp CLDATA; Postprocessor sinh các tệp chương trình NC với ngôn ngữ tương thích bộ điều khiển CNC sử dụng trên máy công cụ gia công chi tiết. Nếu là một hệ thống CAD/CAM tích hợp, người ta sẽ bỏ qua preprocessor nhờ cơ sở dữ liệu tích hợp về giá trị hình học và công nghệ

Cấu trúc phần xử lý, thể hiện bằng các phần (hệ thống) mẫu xám là công việc của nhà viết hệ thống phần mềm ứng dụng sao cho đạt được những kết quả thể hiện trong các ô trắng (đầu ra của mỗi hệ thống).

1.2.1 Phần cứng:

1.2.1.1 Máy tính:

Để vận hành hệ CAD /CAM, người ta cần phần cứng gồm máy tính và thiết bị nhập/xuất. Trước đây hệ thống CAD, CAM hoặc CAD/CAM thường được chạy trên các máy tính đặc biệt. Ngày nay đa số phần mềm CAD/CAM chạy được trên máy tính thường.

Phụ thuộc vào mức phức tạp của gói CAD/CAM mà yêu cầu loại máy tính (mainframe, microcomputer). Thường một phần mềm ứng dụng có càng nhiều chức năng, càng yêu cầu cấu hình máy tính mạnh. Ví dụ: Mô hình khối 3 chiều yêu cầu khả năng tính toán cao hơn hệ thống 2D, do vậy đòi hỏi máy tính mạnh hơn. Các hệ thống có tích hợp cả phân tích kỹ thuật hoặc các gói mô phỏng thường yêu cầu thao tác điện toán chuyên sâu. Máy tính mạnh không chỉ đáp

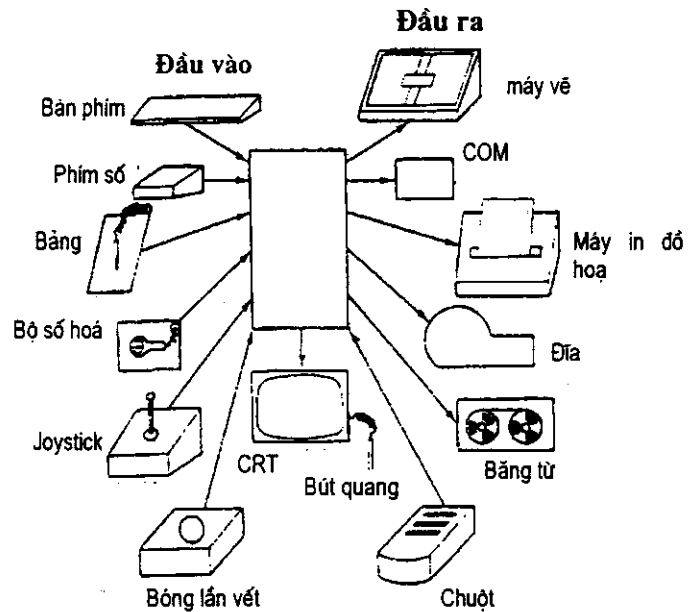
ứng CAD nhanh , CAD/ CAM tích hợp mà còn có thể trợ giúp đa sử dụng mà không giảm chất lượng thực hiện công việc.

Một số thông số và thành phần của máy tính liên quan được xét là:

- Dung lượng bộ nhớ RAM
- Dung lượng ổ cứng
- Bộ tăng tốc đồ hoạ chuyên dụng

RAM là bộ nhớ vật lí của một máy tính. Bộ nhớ nhỏ thì xử lí chậm do tần suất trao đổi giữa bộ nhớ vật lí và bộ nhớ ảo trên đĩa cứng. Thao tác CAD-CAM yêu cầu nhiều bộ nhớ nên dung lượng của bộ nhớ là quan trọng.

Hiện nay hầu như tất cả các mức máy tính đều có thể sử dụng hệ thống CAD/CAM . PC cấu hình thấp sử dụng vẽ 2D , loại mới có khả năng vẽ cho hình khối 3D. Các trạm công tác là nơi sử dụng CAD hoặc CAD/CAM nhiều và thường cho người sử dụng đơn trong một mạng công tác. Các máy tính mini thường sử dụng hệ CAD/CAM đa sử dụng. Các máy mainframe được sử dụng cho các hệ thống CAD/CAM, đa sử dụng lớn để trợ mô phỏng thời gian thực và phân tích kỹ thuật. Trong một cơ quan, tất cả các mức của hệ thống CAD có thể được cùng thực hiện, các hệ thống này được kết nối với nhau qua một mạng máy tính phân quyền. Các hệ thống CAM thì đặc biệt hơn. Do liên quan đến vấn đề sản xuất/ lợi nhuận nên nhiều nhà sản xuất phát triển CAM cho đơn sử dụng. Theo tuỳ chọn CAM có thể được cấp cho đa sử dụng, nhưng thường kèm theo những điều kiện ngặt nghèo để chống vi phạm bản quyền.



Hình III.4: thiết bị xuất nhập ngoại vi của một hệ thống CAD

1.2.1.2 Thiết bị nhập /xuất

Thiết bị nhập (hình III. 4) thường được sử dụng để truyền dữ liệu từ người sử dụng vào thiết bị chứa gói CAD. Đó có thể là bàn phím chuẩn dùng nhập các dữ liệu kí tự vào hệ thống, chuột, gậy, bi rê sử dụng để di chuyển, định vị trở đồ thị và chuyển ngược thông tin vị trí của đối tượng trên màn hình vào máy tính. Nhưng gậy và bi rê ít được sử dụng do không đảm bảo độ chính xác định vị. Chuột và hệ thống menu thả được sử dụng rộng rãi.

Có thể dùng bút quang cho giao diện đồ hoạ bằng kích trực tiếp vào đối tượng trên màn hình, đưa trực tiếp thông tin vị trí về máy tính. Bút sáng đã được phát triển kể từ khi có giao diện đồ hoạ máy tính và CAD, nhưng phải giữ bút ở một vị trí không gian, không thật thuận tiện cho công việc vẽ trong thời gian dài.

Có 3 giải pháp cơ bản để nhập một bản vẽ đang có: Làm mẫu vật thể lên hình vẽ, Số hoá bản vẽ; Quét bản vẽ. Số hoá thường dễ thực hiện hơn mẫu hoá. Bộ số hoá là thiết bị chuyển đổi vị trí X,Y trên một bản vẽ thành tín hiệu số và cấp cho máy tính. Máy quét hình (Scanner) quét một bản vẽ và chuyển đổi nó thành một định dạng (format) hệ thống CAD có thể đọc được. Một số Scanner có cấu tạo có thể nhận biết được những phần mềm chuyển đổi các kí tự trên giấy thành mã ASCII. Bàn đồ hoạ cũng là một thiết bị nhập, có bề mặt đặc biệt phẳng, trên đó người sử dụng vẽ với một bút trâm. Vị trí của bút được truyền trực tiếp vào máy tính. Bàn đồ hoạ là thiết bị với hệ toạ độ tuyệt đối. Nó có thể thực hiện dễ dàng các menu phủ trên bản và các menu thả trên màn hình để cải thiện thao tác.

Thiết bị xuất chuẩn của CAD/CAM là màn hình. Tương tự màn hình tivi, một súng điện tử bắn chùm điện tử đến mặt màn hình. Mỗi một chấm hiển thị gọi là Pixel (phần tử ảnh). Để thể hiện màu, mỗi pixel được hình dung bởi 3 sát nhau với màu đỏ, xanh và xanh da trời. Chùm điện tử chọn các phần tử màu và tăng cường màu tương ứng. Độ phân dải của màn hình được xác định bởi số lượng Pixel (ví dụ: 620x480, 1024x1024) và kích thước điểm pixel (24 picth, 32 pitch vv...). Màu hoặc độ phân dải theo màu ghi được xác định bởi lượng của các màu khác nhau hoặc theo tỉ lệ màu ghi hiển thị tại mỗi pixel, thường được đo

theo bit. Hiện thị 1-bit có thể bật hoặc tắt (ON/OFF) mỗi một pixel. Một tỉ lệ grey có ít nhất 2 bit cho phép 3 mức mạnh ánh sáng cộng một OFF (2^2). Thường màn hình có 4 bits (16 màu), 8 bits (256 màu), 16 bits (hàng nghìn màu) và 24 bits (hàng triệu màu). Chùm ánh sáng quét màn hình từ đỉnh đến đáy, dòng theo dòng. Do các chấm, sáng chỉ trong khoảng khác, quét phải được thực hiện rất nhanh để không có một sự lung linh hình. Tốc độ nạp lại (refresh rate) là một biện pháp được sử dụng nhiều lần để kéo lại hình vẽ trong khoảng khác

Máy tính không vẽ trực tiếp trên màn hình. Thường có một cáp RGB (đỏ, xanh, xanh da trời) nối giữa máy tính và màn hình, 3 đường tín hiệu riêng biệt được nối. Trên mảng đồ họa trong máy tính có các mạch sinh ra các tín hiệu tương tự được yêu cầu để điều khiển màn hình. Bộ đệm khung (frame buffer) phục vụ như bộ nhớ để lưu hình ảnh. Mỗi một pixel trên màn hình có một địa chỉ tương ứng trong bộ đệm khung. Dữ liệu trong bộ đệm khung được chuyển đổi thành các tín hiệu tương tự phù hợp và gửi đến màn hình tại tốc độ nạp lại. Không cùng nhau, máy tính viết trực tiếp vào trong bộ đệm khung hình ảnh mà nó định vẽ. Kích thước màn hình càng lớn, màu càng nhiều thì càng cần bộ đệm khung. Bộ đệm khung trong mảng đồ họa được thực hiện bởi bộ nhớ truy xuất ngẫu nhiên (RAM)

1.2.2 Phần mềm ứng dụng:

1.2.2.1 Gói CAD hoặc mô đun CAD

Mục đích của CAD là thực hiện mô hình vật thể.

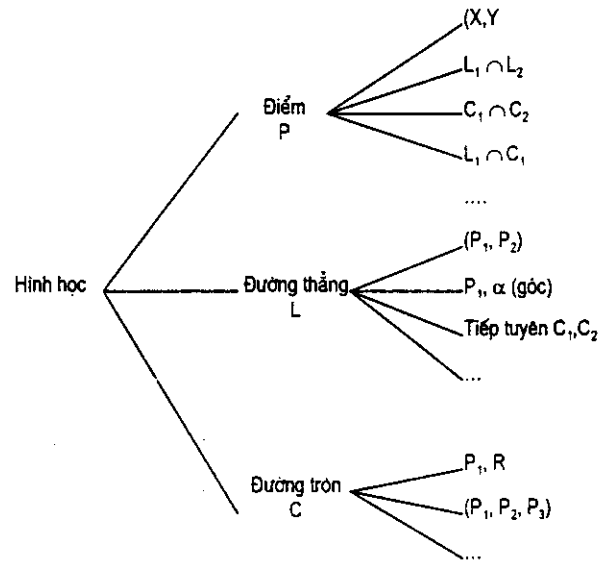
Mô hình của một vật thể theo phương diện thiết kế bao gồm hình dáng hình học, hình thái cấu tạo (tô pô) và các thông tin bổ trợ. Hình học gồm điểm, đường, cung, đường tròn, mặt phẳng, mặt trụ và các bề mặt khác. Chúng xác định các đặc tính hình dáng cơ bản. Tô pô biểu hiện mối quan hệ hình học của vật thể, ví dụ ống là một vật thể với một lỗ xuyên suốt dọc trục. Về mặt hình học ống rất khác với hình vành khăn, tuy nhiên lại có cùng tô pô như thể là một vành khăn. Tô pô rất quan trọng trong các mô hình khối. Cùng với hình dạng,

tính kỹ thuật của vật thể còn có những thuộc tính khác. Kích thước, dung sai và bề mặt gia công cuối là một số thuộc tính quan trọng.

CAD là công cụ được sử dụng không chỉ để thể hiện một mô hình kỹ thuật mà còn thao tác nó. Để xây dựng hoặc thể hiện một mô hình, cần thiết phải có các chuyển đổi hình học và chuyển đổi hiển thị. Sau đây sẽ bàn đến một số khía cạnh về mô hình hoá và thao tác.

a) Hình học cơ sở.

Thành phần trước khi gia công cần được thiết kế (dựng mô hình). Theo thiết kế truyền thống thiết kế thành phần hình học thường sử dụng hình học 2D đơn giản (hình III.5), bao gồm các đoạn thẳng, đường tròn, đường



Hình III. 5: Nhóm xác định hình học cho vẽ thiết kế

cong. Các điểm còn được sử dụng để định vị các thành phần hình học khác. Ví dụ một đường có thể được xác định bởi tọa độ hai điểm đầu và cuối; một điểm cuối và một góc của nó; đường tiếp tuyến với hai đường tròn vv... Trong vẽ kỹ thuật thủ công truyền thống, người vẽ thường dùng các công cụ vẽ như thước, thước góc, thước hình vv... và một số đường mẫu để sắp xếp hình học. Một số phương pháp bổ sung để xác định một đối tượng cụ thể tạo nên tính linh hoạt cho người vẽ và làm cho mẫu vật chính xác hơn. Bản thân mô hình không chứa các xác định.

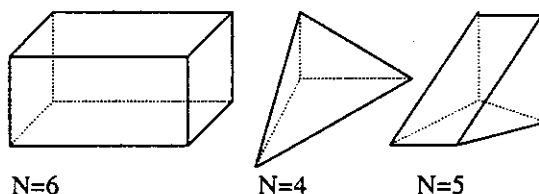
Một mô hình cũng có thể được định dạng bằng sử dụng APT- như (các đường tròn, đường thẳng, điểm vv..) ngôn ngữ để xác định các đặc trưng hình học. Kiểu mô hình này được lưu trong một cấu trúc dữ liệu. Cấu trúc dữ liệu được thiết kế để thao tác hình học và làm cho có thể thực hiện hiệu quả. Một số thao tác cơ bản như *thêm*, *xoá* đối tượng hình học, thay đổi các thuộc tính hoặc

các tham số của hình học và biến đổi (xoay, phóng to/thu nhỏ, tịnh tiến- rotating, scaling, translating) toàn phần hoặc một phần mô hình thực thể. Ngoài ra nhiều thuộc tính được bổ sung vào hình học cơ bản, gắn vào mô hình, như dữ liệu text sử dụng để chú giải một hình vẽ vv... Một số đặc tính của text là kiểu đường (đậm, chấm-gạch), độ dày đường, màu vv..... Các dữ liệu như kích thước, dung sai, ghi chú hình vẽ vv...là bản chất của 1 bản vẽ được phát triển, bao gồm trong bản vẽ thiết kế. Một bản vẽ, kết quả việc sử dụng một hệ thống như vậy- hệ thống CAD thực hiện vẽ cơ bản là tương tự như vẽ bởi thợ vẽ tay.

Mô hình vật thể trong không gian 2 chiều đã không thể thoả mãn nhu cầu của nhiều ứng dụng kỹ thuật. Ngoài ra, một bản vẽ trực giao hoặc phối cảnh không thể thực hiện trực tiếp từ mô hình 2 D. Do một màn hình luôn phẳng (2-D), thiếu chiều thứ 3 nên bản vẽ thể hiện trên màn hình luôn là một hình chiếu. Để chọn hình học bất kì trên màn hình, người sử dụng có thể hoặc phân loại theo 3 toạ độ hoặc xác định “lớp” ngu hình học, rồi chọn tương tác hình học. Một “lớp” là một mặt phẳng hiển thị tương tượng được định nghĩa bởi người sử dụng. Mỗi lớp đặt ở một chiều sâu Z khác nhau.

Ngay cả khi bổ sung chiều thứ 3 vào mô hình, thì nó cũng chỉ thể hiện bộ khung chi tiết. Không thể biết được giữa tất cả các bề mặt, bề mặt nào có thể được dựng bởi các cạnh (các đường và các cung), mặt nào nằm trên chi tiết và mặt nào không. Do đó không thể thực hiện tách các bề mặt hoặc các đường bị che khuất. Đó là nguyên nhân các thông tin về bề mặt cần phải được bổ sung vào mô hình.

Mọi vật thể đều có thể vẽ được khi sử dụng bộ hình cơ bản. Người ta cho rằng: hình cơ bản thích hợp là khối đa diện (hình III.6). Một đa diện được hình thành từ n mặt. Mỗi mặt là một đa giác phẳng hình thành khi sử dụng một danh sách sắp xếp thứ tự các đỉnh (các điểm) hoặc bởi một danh sách về các cạnh của nó (các đường). Khi đó hiển thị khung (wire frame)



Hình III. 6:: Khối đa diện

có thể được sinh bởi sử dụng các cạnh của đa diện. Nhưng các mặt và các đường khuất thì không thể tách khỏi hiển thị này nếu không xác định các mặt trên vật thể. Các mặt có thể che khuất các cạnh, nhưng các cạnh không thể che các cạnh khác.

b) Khả năng của hệ thống CAD

Phần mềm CAD theo chức năng có thể thực hiện:

- Vẽ 2D
- Vẽ 3D cơ sở
- Các bề mặt cong bất kỳ
- Mô hình khối 3D
- Phân tích kỹ thuật

Hệ thống phần mềm CAD thường cung cấp một số chức năng sau:

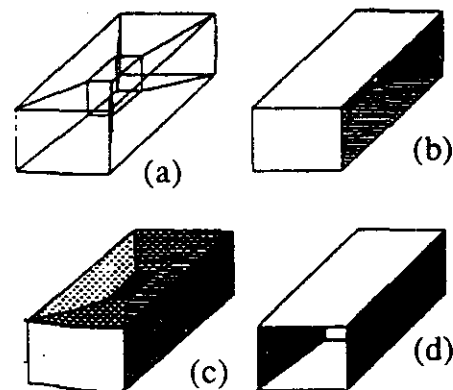
- Thao tác ảnh: chèn, xoá, thay đổi hình học, text
- Biến đổi hiển thị: tỉ lệ (scaling), xoay (rotation), dịch chuyển (pan), phóng đại (zoom) và xoá từng phần (partial erasing)
- Biểu tượng vẽ: các biểu tượng tiêu chuẩn
- Điều khiển in: Chọn thiết bị xuất, cấu hình và điều khiển
- Hỗ trợ người vận hành: thực đơn màn hình (screen menus), bàn phủ (tablet overlay), các phím chức năng (function key),
- Quản lí tệp: tạo, xoá, trộn các tệp ảnh.

Hệ thống CAD có thể là:

CAD- 2D

Hệ thống vẽ 2D đáp ứng được cách vẽ kỹ thuật truyền thống, thay vẽ tay. Các hệ thống CAD trước đây hầu như ở dạng này.

Cho đến nay nhiều bộ điều khiển vì đặc điểm của tính năng gia công nên vẫn



Hình III.7: Sự không rõ ràng của thể hiện mô hình khung

dùng hệ thống này. Các ứng dụng hệ thống 2 D gồm vẽ: chi tiết cơ khí, sơ đồ đi dây, bố trí và thiết kế bảng mạch in, xếp lồng các thành phần (sắp xếp cắt kim loại tấm/vải), bố trí thiết bị, thiết kế kiến trúc và kỹ thuật xây dựng, đồ thị mỹ thuật, xuất bản kỹ thuật, vẽ bản đồ.

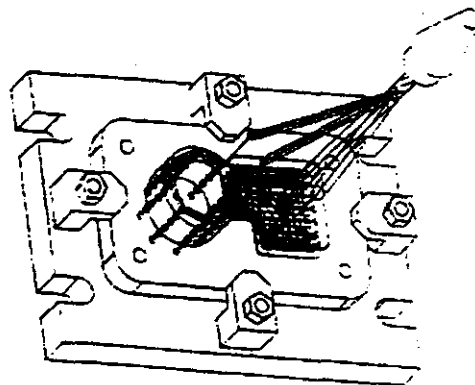
Hầu như các hệ thống CAD hiện nay bằng cách này hoặc cách khác đều trợ giúp vẽ 2D. Ngay cả hệ thống 3 D cũng thực hiện được 2 D từ cơ sở dữ liệu 3D của nó.

CAD- 3 D cơ sở

Hệ thống 3 D cơ sở gồm mô hình khung 3 D (wire frame), bảng vẽ $2\frac{1}{2}D$ và bản đồ. Mô hình khung 3D miêu tả các cạnh và sắp đặt các đường cong (hình III.7a). Một mô hình $2\frac{1}{2}D$ là hình 2D với một chiều trục Z cố định. Một số mô hình bản đồ có thể dùng dữ liệu địa thế được số hoá để tạo nên contour và /hoặc các bản vẽ 3 chiều. Hình 3D cơ sở dễ vẽ, dễ thực hiện cùng, dễ lưu và vận hành trong máy tính, tiện lợi tựa các hỗ trợ thị giác. Tuy nhiên do không có thông tin về các bề mặt cũng như phía trong và ngoài vật thể nên không mang thông tin về tính khối đặc.

Ví dụ, một hình khung III.7a có thể thể hiện như hình là III.7b). (III.7c), hoặc (III.7d). Hình khung dễ bị hiểu nhập nhằng. Sự thiếu các bề mặt tạo khó khăn để đỡ hoàn toàn tự động các đường khuất hoặc vạch đường tách các bề mặt khuất.

Dù có những hạn chế, mô hình 3D khung dây vẫn thường được sử dụng cho một số ứng dụng như: CƠ KHÍ (vẽ chi tiết, vẽ lắp ráp, đường dụng cụ NC (hình III. 8), đường đi của robot), KIẾN TRÚC VÀ XÂY DỰNG (thiết kế nhà, phân tích kết cấu, phân tích và bố trí đường ống, quy hoạch mặt bằng, thiết kế nội thất, ĐIỆN VÀ ĐIỆN TỬ (bố trí mạch tích hợp trên chip bố trí bản



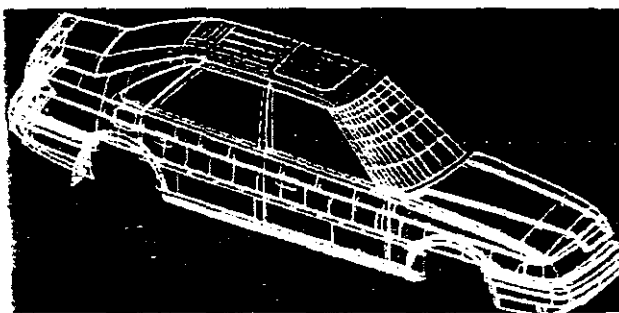
Hình III.8: Sự sinh ra đường dụng cụ NC và đường mô phỏng

mạch in), VẼ BẢN ĐỒ (Chuẩn bị bản đồ).

Một số hệ thống CAD/CAM – sử dụng CAD-3D, hệ thống khung dây với khả năng tương tác sinh đường dụng cụ NC. Các hệ thống này (khung dây- 3 D) cho phép người sử dụng bổ sung các bề mặt vào bản vẽ, có thể sử dụng làm các bề mặt khuôn.

Đường cong tự do và mô hình bề mặt

Các mô hình 3D cơ sở chỉ có thể hiển thị hình học đơn giản như các điểm, đường thẳng, đường tròn, mặt phẳng và các bề mặt phân tích. Một số đường cong và bề mặt vẽ tự do không thuộc vào loại này. Đa số các gói đồ họa và hệ thống thiết kế 2D đang có trên thị trường là có thể tích hợp các đường cong tự do. Trong số đó, thường dùng nhất là các đường: Bezier, B-spline. Các bề mặt tự do còn gọi là bề mặt điêu khắc chỉ có trong các gói CAD lớn. Hình III.9 thể hiện mô hình bề mặt như vậy. Chúng hay được sử dụng trong những ứng dụng sau:



Hình III.9: Mô hình bề mặt tự do

- Thiết kế và chế tạo khuôn, cối
- Thiết kế thân máy bay, tàu thủy, tàu lửa
- Hàng mỹ nghệ thương mại

Một bề mặt tự do có thể thiết kế trực tiếp trên máy tính khi sử dụng các điểm điều khiển hoặc nhập qua bộ dữ liệu số hoá. Trường hợp đầu, một phần thiết kế tương tác cho phép người sử dụng vẽ mô hình thông qua di chuyển các điểm điều khiển trên màn hình. Trường hợp sau hoặc từ vật thể hoặc trên mô hình đất sét khắc hoạ bằng tay, máy quét số hoá các điểm trên bề mặt và đưa chúng vào một mô hình toán dành cho bề mặt.

Các bề mặt dạng tự do thường là dạng bề mặt bậc 3 như bề mặt Bezier (16 điểm điều khiển), B-spline (>16 điểm điều khiển) bề mặt B-spline không đồng

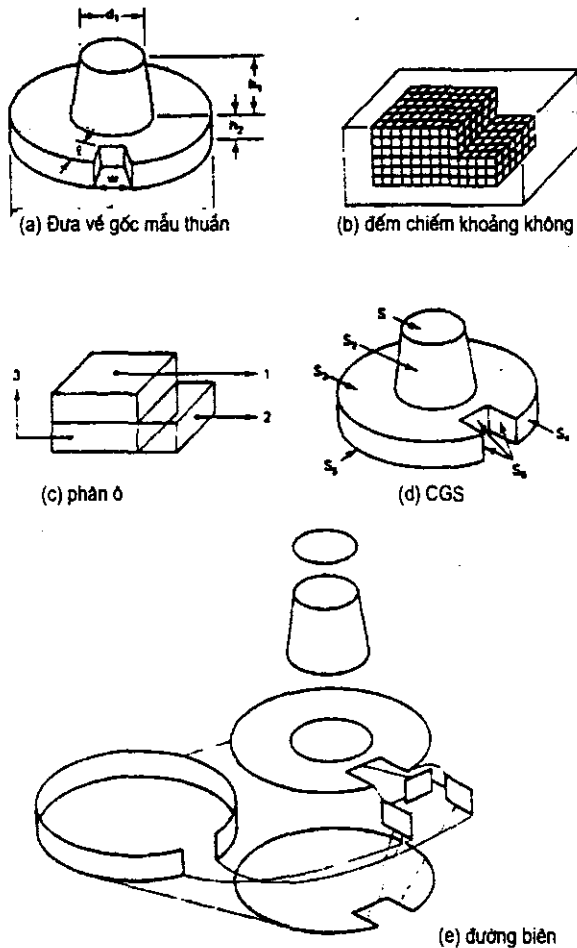
dạng hữu tỷ (NURB) (các điểm điều khiển , khoảng giữa các nút và tải trọng của các điểm).

Mô hình khối 3D

Tất cả các phương pháp CAD nêu trên có thể được đưa ra bản vẽ nhưng không có thông tin về hình khối. Đối với nhiều ứng dụng , thông tin cơ bản về hình khối có thể nhận được từ bản vẽ thiết kế. Mô hình khối 3D là một giải pháp cho yêu cầu đó. Một hình khối 3D không chỉ nắm bắt được tất cả hình học vật thể mà nó còn có thể phân biệt được phía trong và phía ngoài khoảng không bị chiếm bởi vật thể trong không gian 3 chiều. Sử dụng tính chất này, hình khối của một đối tượng và sự giao nhau của hai đối tượng có thể tính toán được. Một số tính chất khác liên quan đến hình khối cũng có thể thu được từ mô hình. Việc di chuyển bề mặt/đường khuấy cũng như tô bóng hình có thể dễ dàng thực hiện.

Khi phân loại một mô hình khối (solid), người ta thường sử dụng thể hiện bên trong của nó. Thể hiện bên trong là máy tính lưu mô hình (hình vẽ ấy) như thế nào. Nó khác với biểu hiện bên ngoài loại mà ảnh hoặc hình ảnh thường hiển thị . Các kiểu thể hiện bên trong khối được quy về:

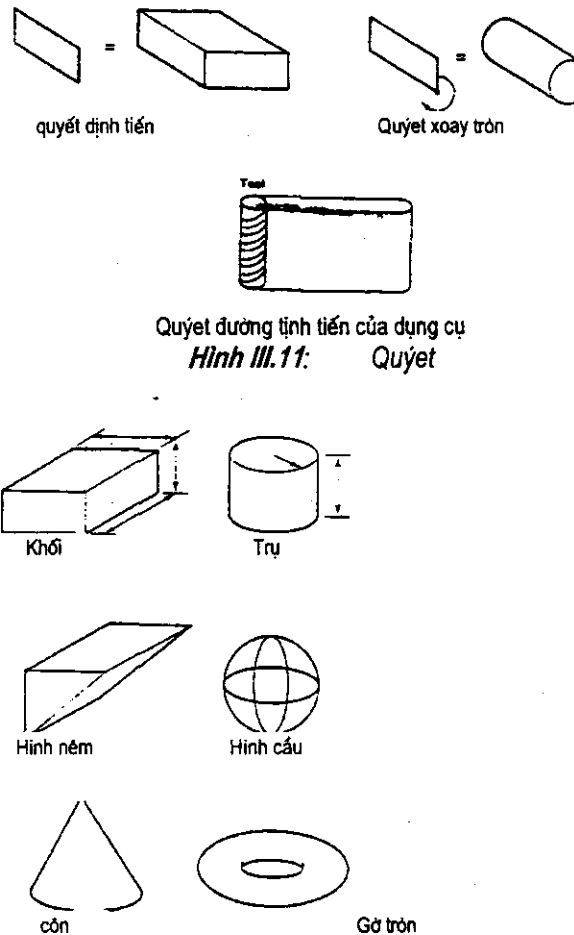
1. Đưa về gốc mẫu (Primitive instancing)
 2. Đếm khoảng chiếm không (spatial occupancy enumeration-SOE)
 3. Phân ô (cell decomposition)
 4. Hình học kết cấu đặc (constructive solid geometry-CSG)
 5. Miêu tả đường bao (Boundary representation: B-rep)
 6. Quét (Sweeping)
1. Đưa về mẫu gốc (hình III. 10 a)) là loại thể hiện hình khối, được sử dụng để thể hiện một họ đối tượng. Họ đối tượng này được biểu hiện bằng tham số. Một đối tượng có thể được xác định thông qua quy các giá trị vào tham số. Nó được sử dụng hiệu quả để thể hiện các chi tiết chuẩn với các kích thước khác nhau. Mã GT cũng được xem xét như một ứng dụng của đưa về gốc mẫu thuần (Requicha,1980). Mô hình loại này cực gọn vì chỉ có một tên mô hình và một bộ tham số. Vì lý do này các phép tính hình học khó có thể thực



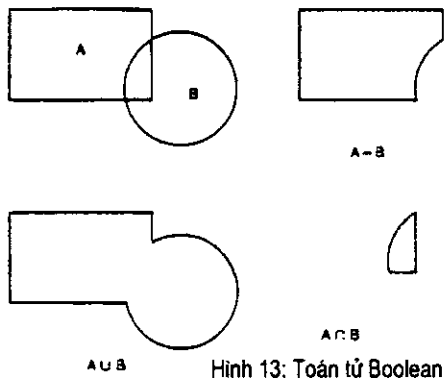
Hình III. 10: Phác hoạ thể hiện 3 chiều

hiện trên mô hình gốc mẫu, nó phải được chuyển đổi thành mô hình khác như mô hình B-rep, trước khi một thao tác có thể thực hiện.

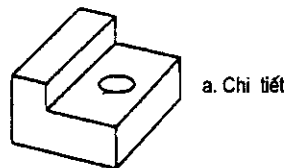
- Đếm khoảng chiếm không gian (SOE) : là kỹ thuật ghi lại tất cả các ô không gian chiếm bởi vật thể (hình III10b). SOE tương đương với việc lưu đối tượng vật lí trong các mặt tiết diện. Để miêu tả vật thể chính xác , phải sử dụng những ô rất nhỏ. Như vậy các đối tượng rất nhỏ cũng yêu cầu bộ nhớ lớn, làm cho sự thể hiện trở nên vô nghĩa trong thiết kế kỹ thuật . Bộ nhớ yêu cầu là bằng với thể tích đối tượng được chia thành lượng ô. Vì nhiều ứng dụng kỹ thuật yêu cầu độ chính xác 0.001 nên thể tích của mỗi ô sẽ là 10^{-9} in^3 , như vậy ngay cả một đối tượng kỹ thuật nhỏ cũng yêu cầu một bộ nhớ lưu dữ lớn.



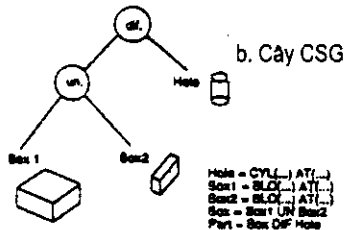
Hình III. 12: Một số hình cơ sở CSG



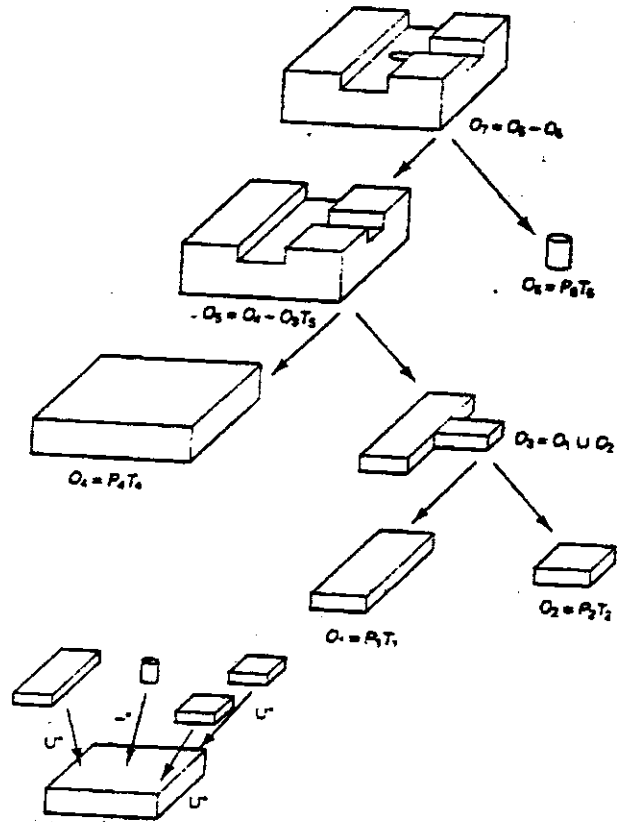
Hình 13: Toán tử Boolean



a. Chi tiết



Hình 14: Ví dụ CSG



Hình 15

d. Chỉ dẫn đến chi tiết kết cấu

- Phân ô: dạng ngược với đếm chiếm khoảng không. Một khối đặc có thể được phân thành những ô đơn giản không có lỗ, bên trong phân rã (hình III.10c). Một khối là kết quả “gắn lại” của các ô thành phần, thỏa mãn các điều kiện “đường biên- hợp nhau”. Do kích cỡ của các ô có thể thay đổi, khối có thể yêu cầu lượng ô ít hơn và như vậy bộ nhớ yêu cầu nhỏ hơn so với SOE. Các phép tính Boolean (hợp, tách vv.....) có thể được sử dụng để thao tác các đối tượng trong phương pháp này, nhưng khá khó để thực hiện.
- Hình học kết cấu đặc (CSG) là hệ thống tạo mô hình 3 D bậc cao. Sử dụng các hình cơ bản (hình III.12) làm các khối xây dựng. CSG sử dụng các toán tử Boolean ($\cup$ hợp, $-$ trừ, $\cap$ giao) để xây dựng một đối tượng (hình III.13). Một mô hình CSG được thể hiện bởi kết cấu cây (hình III. 14). Tại các ngọn là các hình cơ sở và kích thước; sự chuyển đổi tọa độ (vị trí và hướng của hình cơ sở). Tại các nút là các toán tử Boolean. Các mô hình CSG không phải

là giải pháp duy nhất. Đối tượng tương tự có thể được tạo mẫu khi sử dụng các hình cơ sở khác nhau và thứ tự các phép hợp (hình III.15).

Mô hình CSG có thể được hiển thị nhờ sử dụng kỹ thuật theo vết- tia. Những tia song song chiếu về phía đối tượng có thể trúng hoặc chệch nó. Khi tia trúng, nó phản chiếu ánh sáng vào người quan sát. Phụ thuộc vào thuật bố trí ánh sáng, kết cấu bề mặt vật thể và góc giao giữa tia và bề mặt, sự phản xạ có thể tính được. Sự phản xạ được hiển thị trên màn hình. Vì tia đơn giản có dạng $x=a$; $y=b$, nên giao điểm có thể tính được dễ dàng và thường được thực hiện trong phần mềm của chính Hãng (được nhúng vào chip lắp trong máy tính hoặc trạm). Theo vết - tia có thể thực hiện trên các hình cơ sở đơn, sau đó thực hiện các phép Boolean phù hợp để xác định kết quả cuối. Vì vậy không cần thiết chuyển đổi mô hình cây CSG thành những mô hình khác trước khi nó được hiển thị.

5. Một giải pháp hiển thị đối tượng thường được sử dụng là trước hết biến đổi cây CSG thành B- rep, sau đó B-rep được vẽ ra. Quá trình này được gọi là “đánh giá đường biên”. Do B-rep có nhiều tính chất hữu ích, sự biến đổi không chỉ làm cho hiển thị dễ dàng mà còn tạo ra những lợi ích khác.

Thể hiện đường biên (B-rep) thường được sử dụng để nhận biết một vật thể. Trong hệ thống này vật thể được thể hiện bởi các mặt biên của nó. Các bề mặt được phân tiếp thành thành cạnh và các đỉnh (xem hình III.10e). Một tập hợp các toán tử gọi là toán tử Euler có giá trị để xây dựng B-rep từ thấp lên cao. Đa số các mô hình B-rep là rút ra từ mô hình CSG qua việc đánh giá đường biên.

6. Quayet là một công cụ tạo hình mạnh cho một số loại hình học. Có hai loại quayet: tịnh tiến và xoay (xem hình III.11) Quayet tịnh tiến của một hình chữ nhật tạo ra một hộp. Quayet xoay cùng hình chữ nhật ấy ra một hình trụ. Quayet xoay có thể sử dụng để tạo ra các chi tiết xoay. Trong một số hệ thống thiết kế, một mặt bất kỳ có thể quét dọc theo hoặc một đường thẳng hoặc hoặc một cung (quyet tịnh tiến). Rất nhiều bề mặt phức tạp có thể tạo được từ quá trình này. Ứng dụng vào gia công của kỹ thuật quayet là mô phỏng đường cắt NC. Khối lượng di chuyển có thể thể hiện bởi sự quét của dụng cụ.

Ngày nay đa số mô hình solid 3 D thường dựa vào thể hiện hoặc CSG hoặc B-rep. Nhập dữ liệu CSG là phổ thông nhất . Trong mô hình 3D đa mặt, phần kích thước được duy trì. B-rep của một vật thể gồm chỉ các mặt biên với các cạnh hoặc các mặt bám chặt. Mỗi cạnh giới hạn chính xác bởi hai đỉnh và kề cận với hai cạnh khác một cách chính xác. Một mô hình solid đa mặt không cho phép treo bất cứ mặt hoặc cạnh nào (nó phải thoả mãn công thức Euler). Tuy nhiên có loại gọi là mô hình phi đa diện cho phép các mặt và các cạnh bổ sung tồn tại trong một mô hình solid. Một mô hình phi đa diện như ACIS (được sử dụng nhiều trong các hệ thống CAD kể cả AutoCad) cho phép linh hoạt hơn.

1.2.2.2 AUTOCAD

Auto cad là gói CAD cho người sử dụng đơn (máy PC). AutoCAD có một tệp định dạng trao đổi chuẩn DFX- và ngôn ngữ giao diện –Autolip. Một số ứng dụng bổ sung (nhờ sử dụng Autolip) được viết cho AutoCAD. Những ứng dụng đặc biệt có thể sử dụng các giao diện riêng, các chức năng và các hình học nằm trong AutoCAD. Thông qua DXF file dữ liệu thiết kế cũng có thể được chuyển vào những ứng dụng khác kể cả có các gói sinh đường chạy dụng cụ NC để lập trình cho chi tiết

Các chức năng cơ sở trong AutoCAD là chức năng vẽ hình học 2D như các đường, cung, đường tròn được xác định. Mặt nghiêng 2D có thể đùn thành đối tượng 2 1/2 D. Đối tượng đùn là một khung dây (wire-frame) của vật thể . AutoCAD cũng cho phép một khung dây 3D xác định. Để bao bọc một mô hình khung dây, các mặt có thể được bổ sung vào mô hình, tạo ra vỏ của vật thể. Thuật toán đường/mặt khuất có thể áp dụng để tạo ra các ảnh thật. Một số chức năng thực đơn được sử dụng để làm đơn giản quá trình thiết kế, kể cả kích thước và chú giải. Biểu tượng kích thước và text có thể được đặt tại bất cứ đâu trên bản vẽ, tại một góc, một kích thước .

Các loại Menu giúp người sử dụng chọn các lệnh chính xác . Người sử dụng cũng có thể định nghĩa các ký hiệu (hình dạng) khi sử dụng đường thẳng, cung, các đường tròn và lưu chúng trong File. Định nghĩa trước hình dáng có thể được lưu và sử dụng trong một bảng vẽ.

Bổ sung vào các chức năng của AutoCAD là các khả năng mô hình hoá 3D solid. Trong AutoCAD 13 mô hình solid là ACIS, một mô hình khối phi đa diện. Các khối 3D do AutoCAD tạo ra được tích hợp vào trong toàn bộ dữ liệu thiết kế. Một CSG-dựa vào giao diện người sử dụng sẵn sàng cho người dùng. Các 3D cơ sở sử dụng cho thiết kế gồm BOX (hộp), WEDGE (nêm), CILINDER (trụ), CONE (hình nón), SPHERE (cầu) và TORUS (gờ tròn). Các hình cơ sở có thể được tạo từ 2-D khi sử dụng các lệnh EXTRUST (đùn)(quét tịnh tiến) và REVOLVE (quay tròn) (quét xoay tròn). Các toán tử BOOLEAN như UNION (hợp), SUBTRACT (trừ) và INTERSECTION (giao) được sử dụng để dựng các khối từ các hình cơ sở. Những lệnh khác như CHAMFER (vát góc) FILLET (bo góc) và SLICE (cắt – ví dụ cắt một vật thể thành hai) thay đổi mô hình. Diện tích có thể tính nhờ lệnh AREA. Tính chất khối như khối lượng, giới hạn biên, trọng tâm, mô men quán tính, các hệ quả quán tính, bán kính của sự xoay tròn và các mô men chính được tính toán sử dụng lệnh MASSPROP. Cho hai khối, lệnh INTERFERE có thể tìm được phần chồng nhau của hai khối trong không gian. Hình Solid kết quả có thể được thể hiện hình 2D (hình chiếu), hình khung (wire frame) hoặc hình tô bóng. Một chương trình ứng dụng gọi là Auto Vision có thể được sử dụng bố trí kết cấu bề mặt hoặc chiếu sáng một thiết kế để tạo ra hình ảnh thực của vật thể như một máy, một văn phòng một khu nhà hoặc một phong cảnh. Nó thực hiện cả biểu diễn (rendering) một bức ảnh và sự linh hoạt của một chuỗi chuyển động thông qua một mô hình.

1.2.2.3 Hệ thống CAM

Khi đã có mô hình thiết kế (bản vẽ thiết kế), việc lập trình NC có thể thực hiện dễ dàng với trợ giúp của các hệ thống CAM. Các hệ thống CAD-CAM thương mại đang được sử dụng phổ biến trong công nghiệp gia công có thể kể đến là: CATIA (phát triển bởi IBM), PRO/E (Mỹ) MASTER.CAM (Mỹ) DELCAM (Anh Quốc) vv.. CIMATRON (Issaren) đang có trên thị trường hiện nay.

Việc thực hiện sinh một chương trình NC thường được thực hiện theo sơ đồ (hình III.16)

1. Nhập mô hình chi tiết từ các dữ liệu hình học của hệ CAD: Nhờ giao diện chuyển đổi đồ họa hệ thống CAM sẽ nhận các dữ liệu hình học . Đây là pha tiền xử lí

2. Bước xác định quy trình công nghệ: tương tự như gia công truyền thống, trong đó xác định thứ tự các bước gia công để trợ giúp những bước tiếp theo gia công cơ hình học từ cơ sở dữ liệu của CAD. Tại bước này người ta thường cần phải chọn phôi và thiết bị công tác

3. Xác định đường biên cắt : Tùy theo hệ thống CAM mà có những phương pháp thực hiện chọn đối tượng đường contour. Một trong những phương pháp đơn giản hay được sử dụng là nhấn chuột trên đường contour trong vùng gia công (ví dụ nhấn chuột trái hoặc phím ENTER). Điều này tạo nên sự thay đổi của đối tượng được chọn trên màn hình thông qua đổi màu, đổi kiểu đường hoặc mật độ hiển thị) bằng cách này biên gia công hoặc vùng gia công được máy nhận dạng., Sự nhận dạng này có thể được gán nhãn để sử dụng gọi tự động lại sau này.

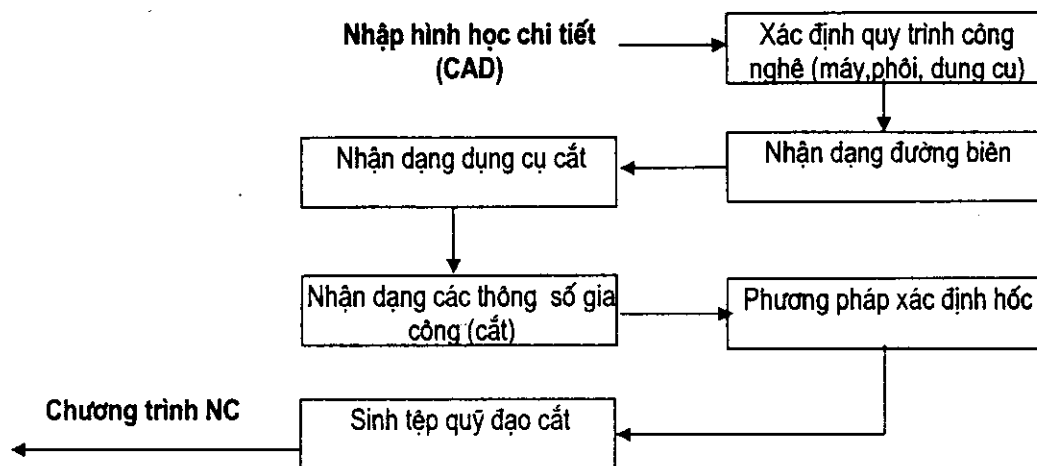
4. Xác định dụng cụ cắt

5. Xác định các thông số gia công như vòng quay trục chính, bước tiến dao, tưới nguội vv...

6. Phương pháp xác định hốc: Cách xác định hốc được thực hiện dựa theo tên gọi nguyên công, cách thực hiện nguyên công (ví dụ khoan sâu bẻ phoi hoặc thoát phoi, lỗ đơn hay lỗ theo các mẫu văn hoa) các quy định vị trí định vị dụng cụ và rút dụng cụ vv..

7. Sau khi đã thực hiện xong các thao tác trên, hệ thống CAM xử lí để sinh ra tệp”dữ liệu vị trí của mép cắt” CLDATA, đó là quỹ đạo cắt.

8. Với việc chọn một Posprocessor cụ thể , CAM sẽ sinh chương trình NC theo ngôn ngữ lập trình tương ứng bộ điều khiển CNC



Hình 16 : các bước thực hiện trong CAM từ mô hình CAD

1.2.3 Xây dựng một hệ thống CAD/CAM

1.2.3.1 Lập trình với sự trợ giúp của máy tính

Trong lập trình với sự trợ giúp của máy tính, máy tính sẽ tự động sinh mã NC. Luận cứ của điều này được lập luận trên cơ sở hình học của một chi tiết có thể được xác định theo các tham biến trong mã máy tính. Như vậy đường dụng cụ có thể được sinh đối với các kích thước đã cho của dụng cụ theo chuỗi gia công tuần tự. Người lập trình phải chọn dụng cụ, tốc độ trục chính, tốc độ chạy dao để sinh các đường đi dao phù hợp với quy trình công nghệ vạch ra.

Việc lập trình với sự trợ giúp của máy tính có hoặc không có sử dụng đồ họa đều yêu cầu thể hiện toán học của đối tượng hình học trong chương trình của máy tính. Những nguyên lý hình giải tích được sử dụng trong các hệ CAD/CAM rằng hình học của một chi tiết được thể hiện bởi các điểm, đường thẳng, đường tròn, đường spline, các bề mặt và hình khối. Đối tượng hình học được vận động bởi dịch chuyển, quay, giao cắt và Trim (cắt tỉa). Những công thức toán học rất cơ bản được sử dụng trong CAD và thuật toán nội suy CNC thời gian thực được quy về dạng vector và tham số.

1.2.3.2 Những thao tác thực hiện trên một hệ thống CAD/CAM

Thao tác với một hệ CAD/CAM để sinh một chương trình NC theo thứ tự sau

1. Thiết kế I chi tiết máy (dùng 1 hệ thống CAD hoặc mô đun CAD)
2. Truyền sang hệ thống CAM:

- Khai báo thiết bị NC gia công chi tiết (hình thức khai báo phương thức gia công thông qua bộ điều khiển sử dụng-postprocessor)
- Khai báo phôi (vật liệu, kích thước phôi)
- Lựa chọn dụng cụ (hình dáng và kích thước), chế độ công nghệ cho các bước gia công theo thứ tự
- Xác định hình học -đường đi của dụng cụ cho các bước gia công theo thứ tự. Các cấu tử này được biểu diễn dưới biên dạng đường polyline (đường thẳng, đường cong và spline nối liên tục) hoặc là các thành phần hình học cơ bản (tuỳ thuộc bộ xử lý), lỗ, hốc hoặc đảo.
- Chạy mô phỏng (kiểm lỗi hình học)
- Lựa chọn postprocessor

3. Xuất chương trình NC chi tiết-truyền sang máy CNC.

Việc thiết kế chi tiết máy có thể thực hiện trên những gói CAD riêng lẻ hoặc tại mô đun CAD của một hệ CAD/CAM.

1.2.3.3 Trao đổi các dữ liệu CAD

Mỗi một hệ thống CAD có một dạng thức dữ liệu riêng. Để chuyển đổi một hệ thống CAD này sang một hệ thống khác, một phần mềm chuyển đổi phải được viết. Việc sử dụng bộ chuyển đổi riêng là không kinh tế. Nếu gọi số phần mềm chuyển đổi là N thì

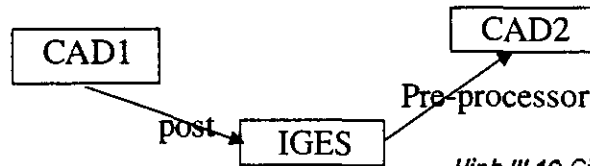
$$N = C(n, 2) = \frac{n!}{2!(n-2)!}$$

n- là hệ thống CAD

N-hệ thống chuyển đổi (hai chiều), như vậy nếu có 5 hệ thống CAD cần 10 bộ biên dịch-chuyển đổi.

Trao đổi CAD xảy ra không chỉ giữa các hệ thống CAD mà cả giữa các gói CAD và CAM. Một dạng thức trao đổi dữ liệu chuẩn (dạng thức dữ liệu trung gian) sẽ giảm được số lượng hệ chuyển đổi. Khi sử dụng tệp dữ liệu như vậy. Mỗi gói CAD cần chỉ một phần mềm tiền xử lý (preprocessor) và một phần mềm hậu xử lý (postprocessor), tức một bộ chuyển đổi. Preprocessor nhập dữ liệu vào

hệ thống, postprocessor xuất tệp này thành tệp dạng thức chuẩn (như hình III.16). Nhiều quốc gia phát triển các dạng thức chuyển đổi CAD. Nhưng những hệ thống được chấp nhận và sử dụng nhiều nhất là IGES và PDES. DXF (dạng thức của AutoCAD không phải là chuẩn quốc tế, nhưng được nhiều nhà sản xuất CAD chấp nhận).



Hình III.16: Giao diện trung gian

* DXF (Drawing Transfer File), dạng thức của Autocad được phát triển bởi Autodesk được nhiều phần mềm sử dụng để trao đổi dữ liệu đồ họa. DXF là một tệp dữ liệu ASCII, thường gồm các phần sau:

Header section

Tables selection

Lientype, layer, style, view (kiểu đường, lớp, cách hiển thị)

Block section

Drawing entities (các đối tượng vẽ)

* IGES (Initial Graphic Exchange Standard), là tệp được ANSI (American National Standard) ISO (International Standard) chấp nhận, được phát triển để trao đổi dữ liệu mô hình CAD 2D và CAD 3D. Hầu hết các hệ thống CAD đều được hỗ trợ bởi IGES. IGES thường có cấu trúc chung như sau:

Flag section

Start

Global: pre/post processor into

Directory entry: one for each entity, line type, color v...v

Parameter data: parameter associated with entity

Các thực thể hình học được mã hoá trong Directory entry. Mỗi thực thể kết hợp với một số tham số được lưu trong Directory entry. IGES hỗ trợ hình học 2 chiều và 3 chiều, kể cả các bề mặt NUS.

* PDES(Product Description Exchange for STEP). PDES đầu tiên được phát triển ở Mỹ, thừa kế từ IGES rất nhiều, còn STEP là tệp chuẩn Âu châu. Khi hai

nhóm chuẩn này hợp nhất PDES đã mạnh lên rất nhiều. Đây là một dự án tham vọng mục tiêu là xác định một tập tiêu chuẩn cho tất cả các thông tin cần thiết để mô tả sản phẩm từ thiết kế đến sản xuất. PDES có khả năng trợ giúp đa lĩnh vực, gồm cả kỹ thuật cơ khí và điện tử. Chuẩn PDES bao gồm những thông tin sau:

Feature (các đặc điểm)

CSG

B-Rep

Function

Process plan

1.2.4 Kết cấu chung lập trình NC máy

Quá trình xử lý trong hệ thống CAM có thể diễn biến như bảng III.1

Bảng III.1

<i>Bước</i>	<i>Phương tiện</i>	<i>Kết quả</i>
Đầu vào về thông tin hình học và điều kiện gia công	Preprocessor/ ngôn ngữ miêu tả giao diện đồ hoạ	Chương trình nguồn
Mã nguồn dữ liệu công nghệ	Processor	CLDATA
CLDATA	Postprocessor	NC program

Để thực hiện được quá trình này, công việc cần thực hiện để xây dựng một hệ thống CAD/CAM là phải viết (preprocessor), processor và postprocessor, tùy theo kết cấu của hệ thống CAD/CAM dự định thiết kế. Ngôn ngữ sử dụng có thể là APT, COMPACTII C++, visual basic v...v.

Thành phần kết cấu của lập trình NC máy:

* Preprocessor:

Preprocessor thực hiện chuyển đổi các mô hình CAD thông qua miêu tả các yếu tố hình học thành một chương trình nguồn. Chương trình nguồn thường có các cấu trúc thành phần sau:

Số chương trình, tên chi tiết và tên postprocessor

Các hình thức xác định hình học (cho phối và chi tiết)

Xác định thứ tự các bước gia công

Kết thúc chương trình

Thực chất, chương trình nguồn (source program) là một mô đun, phần mềm thuộc hệ thống lập trình NC máy. Nó sắp đặt lại các thông tin đầu vào cần thiết, diễn dẫn các thông tin hình học, kể cả các thành phần đơn như điểm, đường thẳng và đường tròn. Chương trình nguồn còn chứa các thông tin công nghệ:

- Xác định dụng cụ
- Xác định gá kẹp
- Các thành phần gia công và
- Quá trình gia công

* Procesor:

Vì chương trình nguồn được trình bày theo ngôn ngữ lập trình, dạng ASCII-American Standard for Information Interchange) nên nó được bộ xử lý biên dịch giải mã, sửa lỗi chính tả, rồi thực hiện các tính toán, nhận dạng các tọa độ “tới” của các đoạn đường đi của dụng cụ theo các quan hệ hình học được cho, các đường đi của dụng cụ và các khả năng va chạm. Một số bộ xử lý còn có khả năng hiệu chỉnh dữ liệu dụng cụ gắn liền với máy công cụ nhờ phần lưu trữ dữ liệu hiệu chỉnh dụng cụ. Kết quả xử lý là quãng đường dịch chuyển của dụng cụ được gọi là tệp CL DATA (Dữ liệu vị trí dụng cụ cắt),

Mọi chương trình (preprocessor, processor, postprocessor) dù viết với ngôn ngữ nào thì cũng đều phải tuân thủ các quy định về hình thức, phương thức và cú pháp lập trình. Ví dụ đối với APT, các từ chủ yếu và thứ yếu được viết hoa, các kí hiệu cho các thành phần hình học được thể hiện bởi kí tự thường. Các ngôn ngữ lập trình hệ xử lý CAD/NC thường hay có những đặc điểm xử lý NC là:

- Các mặt phẳng xác định theo hệ tọa độ để cắt X,Y,Z được chọn bởi người lập trình
- Khi lập trình, dụng cụ được coi là chuyển động, bàn máy đứng yên
- Đường dụng cụ được điều khiển bởi các cặp bề mặt trong hệ 3 chiều

- Các dịch chuyển đường thẳng ngắn, nối tiếp được tính toán để thể hiện biên dạng đường dụng cụ (nội suy thẳng)
- Đường dụng cụ được tính toán để nằm trong miền dung sai của các bề mặt điều khiển.
- Các tọa độ X,Y,Z của các vị trí tới tiếp theo của dụng cụ dọc theo tuyến mong muốn được ghi lại như là giải pháp chung cho vấn đề lập trình
- Xử lý bổ sung (hậu xử lý) sinh chương trình NC với ngôn ngữ tương thích của bộ điều khiển lựa chọn sử dụng.

Processor làm sáng tỏ và tính toán đường đi của dụng cụ. Nó thường phải xử lý các khai báo sau:

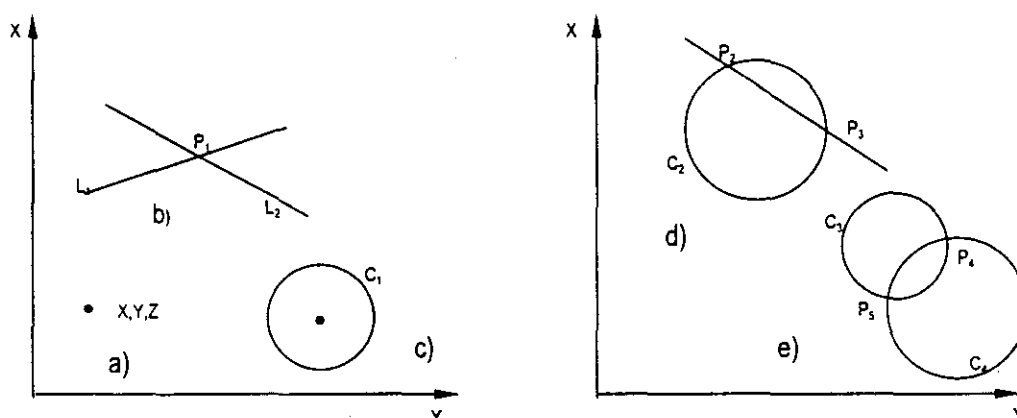
- *Những khai báo nhận dạng*: ví dụ như thể hiện tên của chi tiết hoặc dự án, các thông tin khác;
- *Các khai báo hình học*: miêu tả hình dáng của chi tiết dưới dạng các mặt phẳng, các điểm, đường thẳng, đường tròn, và đôi khi là các hình trụ, côn, hoặc các hình dáng hình học khác.
- *Các khai báo chuyển động*: miêu tả đường chuyển động của dụng cụ, các tính toán số học, hàm lượng giác liên quan, kết quả chính là biên dạng hình học của chi tiết gia công hoặc hệ thống tọa độ.
- *Khai báo postprocessor*, là các câu lệnh kích hoạt postprocessor, một thủ tục phần mềm, chuyển đổi các dữ liệu ở tệp CLDATA thành các mã mà bộ điều khiển NC tương ứng có thể hiểu được.
- *Các khai báo hỗ trợ*: các chức năng hỗ trợ máy công cụ để nhận dạng dụng cụ, phôi, dung sai vv...

Những khai báo về hình học: thường được sử dụng để xác định các cấu tử hình học như các điểm, các đường thẳng, đường tròn vv...

Các điểm có thể xác định bởi:

- Vị trí các tọa độ -hình III.17a) :X,Y,Z
- Giao điểm của hai đường thẳng -hình III.17b) $L_1 \times L_2 \rightarrow P_1$
- Tâm của một đường tròn -hình III.17c)

- Giao điểm của đường tròn và đường thẳng -hình III.17d): $L_2 \times C_3 \rightarrow 2$ kết quả (P_2 và P_3) vì vậy cần phải có yếu tố để nhận dạng điểm nào là điểm nào
- Giao điểm của hai đường tròn -hình III.17e): $C_3 \times C_4 \rightarrow$ có 2 kết quả (P_4 và P_5)

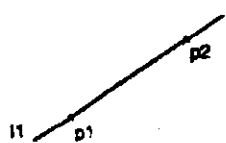


Hình III.17: Xác định các điểm

vì vậy cần phải có yếu tố để nhận dạng điểm nào là điểm nào

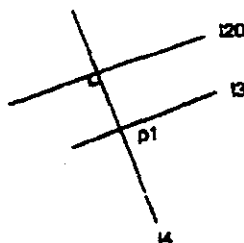
Các đường thẳng có thể xác định bởi:

- Toạ độ (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) của hai điểm
- Hai điểm P_1 và P_2 -hình III.18a)
- Một điểm và một đường (song song/vuông góc với đường ấy)-hình III.18b)

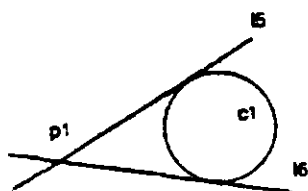


Hình III.18: Xác định đường thẳng

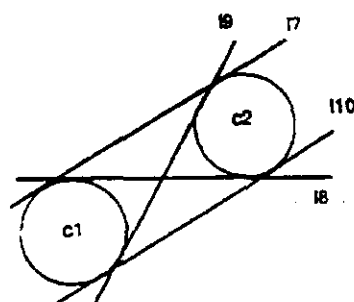
(a)



(b)



(c)

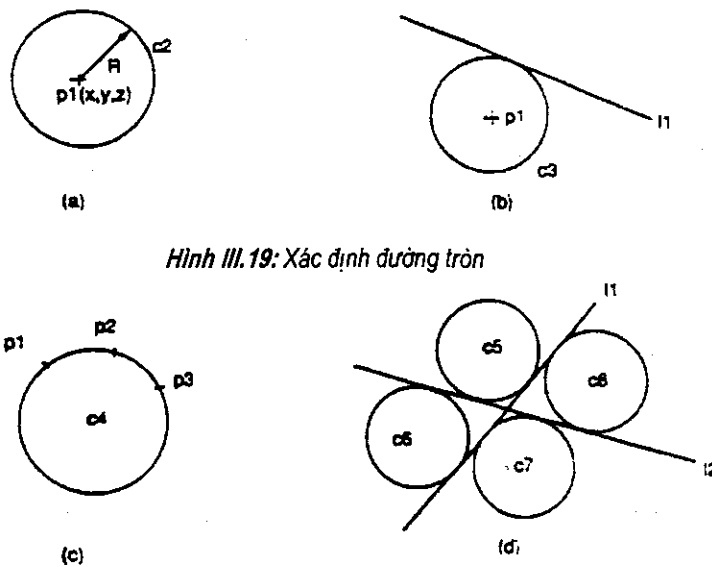


(d)

- Một điểm và tiếp tuyến với một đường tròn -hình III.18c): có 2 giải pháp, cần có yếu tố nhận dạng
- Đường tiếp tuyến với hai đường tròn- hình III.18d): có 4 giải pháp cần có yếu tố nhận dạng

Xác định đường tròn bởi:

- Toạ độ X,Y,Z, tâm điểm và bán kính của nó -hình III.19a)
- Tâm điểm /một điểm và bán kính của nó -hình III.19b)
- Bởi tâm điểm và tiếp tuyến với một đường cho trước -hình III.19c)
- Qua 3 điểm -hình III.19d)
- Tiếp tuyến với hai đường cắt nhau -hình III.19e): có 4 giải pháp, cần yếu tố nhận dạng
- Tiếp tuyến với hai đường tròn cắt nhau): có 4 giải pháp, cần yếu tố nhận dạng



Hình III.19: Xác định đường tròn

Những khai báo dịch chuyển dụng cụ: thông báo chuyển động của dụng cụ từ điểm-đến -điểm , nếu không có thông báo khác thì chúng sẽ đi theo quãng đường ngắn nhất. Các khai báo này gồm:

- vị trí xuất phát-hướng-điểm đến của dụng cụ
- Khoảng dịch chuyển theo gia số hoặc tuyệt đối
- Dịch chuyển dụng cụ với tốc độ cắt hay dịch chuyển nhanh

- Thông tin về lưỡi cắt (cutter): hình dáng lưỡi cắt, đường kính của chúng, với magazzin (nếu có), những thực hiện tiếp theo như thay dao, dừng kiểm tra hoặc để kẹp dụng cụ v...v.

* Postprocessor:

Postprocessor: là một mô đun, phần mềm thuộc hệ thống lập trình NC máy có nhiệm vụ chuyển đổi các khai báo trong tệp CLDATA, kết quả của bộ xử lý thành các dòng lệnh tương ứng trong chương trình NC gia công theo ngôn ngữ mà bộ điều khiển cụ thể có thể hiểu và thực hiện theo chỉ thị. Kết quả của Postprocessor là chương trình gia công (part program). Năng lực của postprocessor phụ thuộc rất nhiều vào cơ sở dữ liệu về các bộ điều khiển NC thương mại.

Ghi chú; Sau khi được biên dịch, máy tính thực hiện những công việc trong theo chỉ thị của chương trình nguồn nhờ sử dụng những mã đặc biệt gọi là mã máy (hoặc ngôn ngữ máy). Với mã máy, máy tính có thể thực hiện tất cả những gì chúng muốn thực hiện và được ra lệnh thực hiện. Đa số những người sử dụng và người lập trình không lĩnh hội thấu đáo được ngôn ngữ máy vì vậy cần trang bị một thủ tục đặc biệt cho máy tính được gọi là Postprocessor để chuyển đổi các mã máy này thành các ký tự tương ứng mà máy công cụ NC và bộ điều khiển của nó có thể nhận biết, hiểu và thực hiện.

Mặc dù đã có khá nhiều những chuẩn hoá về các lệnh NC, như các chuẩn EIA, thì sự khác nhau giữa các bộ điều khiển NC và máy NC (vì đặc điểm của các nhà sản xuất) vẫn còn tồn tại, do vậy cần thiết có các postprocessor đơn cho từng loại bộ điều khiển.

1.3 NHẬN XÉT PHẦN TỔNG QUAN

Sau khi tìm hiểu, phân tích cơ sở giải pháp kỹ thuật hình thành hệ thống CAD và CAM, nhóm tác giả cho rằng: với lượng thời gian và kinh phí giới hạn, việc phát triển một hệ thống CAD/CAM tích hợp có thể là hiệu quả nếu biết cách khai thác, ứng dụng các phần mềm CAD, CAM đang có mặt ở thị trường

Việt nam, thừa hưởng một phần thành quả của các phần mềm này để giảm chi phí và thời gian . Phần mềm CAD/CAM – Ver1.0 (Viện IMI) được phát triển trên cơ sở một số ứng dụng thừa hưởng và cải tiến phát triển cho những yêu cầu cụ thể của đề tài KC03.05.

! CHƯƠNG 2: CAD/CAM TÍCH HỢP cho hệ thiết bị cắt, gia công với các loại tia (Laser, Plasma, tia lửa điện)

2.1 GIỚI THIỆU

Trên cơ sở đã phân tích ở phần I, nhóm đề tài KC03-05 đã phát triển phần mềm CAD/CAM – Ver1.0. Phần mềm này là kết quả của sự nghiên cứu tìm hiểu về khả năng ứng dụng kỹ thuật điều khiển CNC, thông qua các modun chuyển đổi, tích hợp CAD/CAM để điều khiển chính xác vị trí dụng cụ cắt theo các trục toạ độ. Chương trình CAD/CAM – Ver1.0 có khả năng ứng dụng điều khiển chính xác vị trí toạ độ của dụng cụ cắt trong mặt phẳng không gian 2D, hợp cho :

- Gia công bằng Tia Laser.
- Gia công bằng Tia lửa điện (WEDM).
- Gia công bằng Plasma.

Trong thực tiễn ở các nhà máy đóng tàu, Công ty chế tạo máy bay, Công ty kết cấu thép thường hay gặp gia công tấm Phụ thuộc rất nhiều vào đặc điểm sử dụng nguồn gia công, các phương pháp cắt nêu trên đều có đặc điểm chung, mép cắt hẹp , chất lượng mép tốt, chiều dày vật liệu bị giới hạn, chiều dài mạch cắt phụ thuộc vào phạm vi hoạt động của máy cơ sở. Các mạch cắt là những tuyến hình phức tạp đòi hỏi độ chính xác cao. Việc lập trình bằng tay đối với những tuyến hình loại này không thể thực hiện hoặc nếu thực hiện được thì khó khăn và tiêu tốn nhiều thời gian. Do vậy, quá trình lập trình NC này cần phải thực hiện nhờ các hệ thống phần mềm hỗ trợ lập trình tự động CAD/CAM.

Như đã nêu ở phần I, Hiện nay các hãng sản xuất phần mềm nổi tiếng về lĩnh vực CAD/CAM đã tung ra những phần mềm CAD/CAM thương mại, một số đã được sử dụng rộng rãi ở Việt nam như DelCAM (Anh), ProEngineer (Mỹ), Masster CAM (-U.S.A) Cimatron (Israel) vv... Nói chung các phần mềm này hiện đại, có tương đối đầy đủ các mô đun CAM cho gia công chi tiết trên máy công cụ (sử dụng dụng cụ cắt gọt), gia công khuôn mẫu, gia công kim loại tấm, tạo mẫu nhanh vv... Vì vấn đề giá cả mà hầu như các phần mềm trên chỉ được mua phần mô đun gia công cơ chi tiết hoặc gia công khuôn mẫu. Phần mềm phát triển riêng cho gia công kim loại tấm, xuất hiện trên thị trường Việt Nam có thể kể đến là Tubonest và AutoShip. Hai hệ thống phần mềm cho khả năng tích hợp: thiết kế tuyến hình, sắp tối ưu và sinh mã chương trình NC cho máy thực hiện gia công tự động. Nhìn chung các hệ thống phần mềm này đã giải quyết gần như triệt để các vấn đề trong thiết kế và gia công kim loại tấm, nhưng giá thành của chúng rất đắt, lên tới hàng vài chục ngàn đô la.

Để đơn giản hoá vấn đề thao tác, chuyển giao công nghệ, đặc biệt để phát huy nội lực, nhóm tác giả đã nghĩ đến hướng quy tụ những bài toán chỉ xảy ra trong gia công kim loại tấm, giải quyết chúng dưới dạng phần mềm chuyên dụng CAM để sinh mã NC cho gia công tự động. Nhóm tác giả đã nghiên cứu và đưa ra phần mềm CAD/CAMver1.0, sinh mã tự động chương trình NC từ bản vẽ trong môi trường AutoCAD (phần mềm thiết kế phát triển bởi Autodesk được sử dụng rất thông dụng ở Việt nam) tương thích theo ngôn ngữ của hệ điều khiển cho họ máy cắt điều khiển CNC. Một giao diện phần mềm được xây dựng để miêu tả các đối tượng hình học (pre-processor) trên cơ sở ngôn ngữ Visual basic, sử dụng phương thức lập trình ActiveX để điều khiển ứng dụng AutoCAD nhằm tận dụng tối đa chức năng của chương trình ứng dụng này (lấy nền sau của AutoCad làm cơ sở) ; processor cũng được viết trên cơ sở Visual basic; Post processor được viết tương ứng cho các bộ điều khiển CNC, ngôn ngữ G (ISO 6983), TNC 310 (ngôn ngữ hội thoại HEIDENHAIM), ANILAM , với mục đích:

- Tự động sinh mã chương trình cho các máy điều khiển CNC:

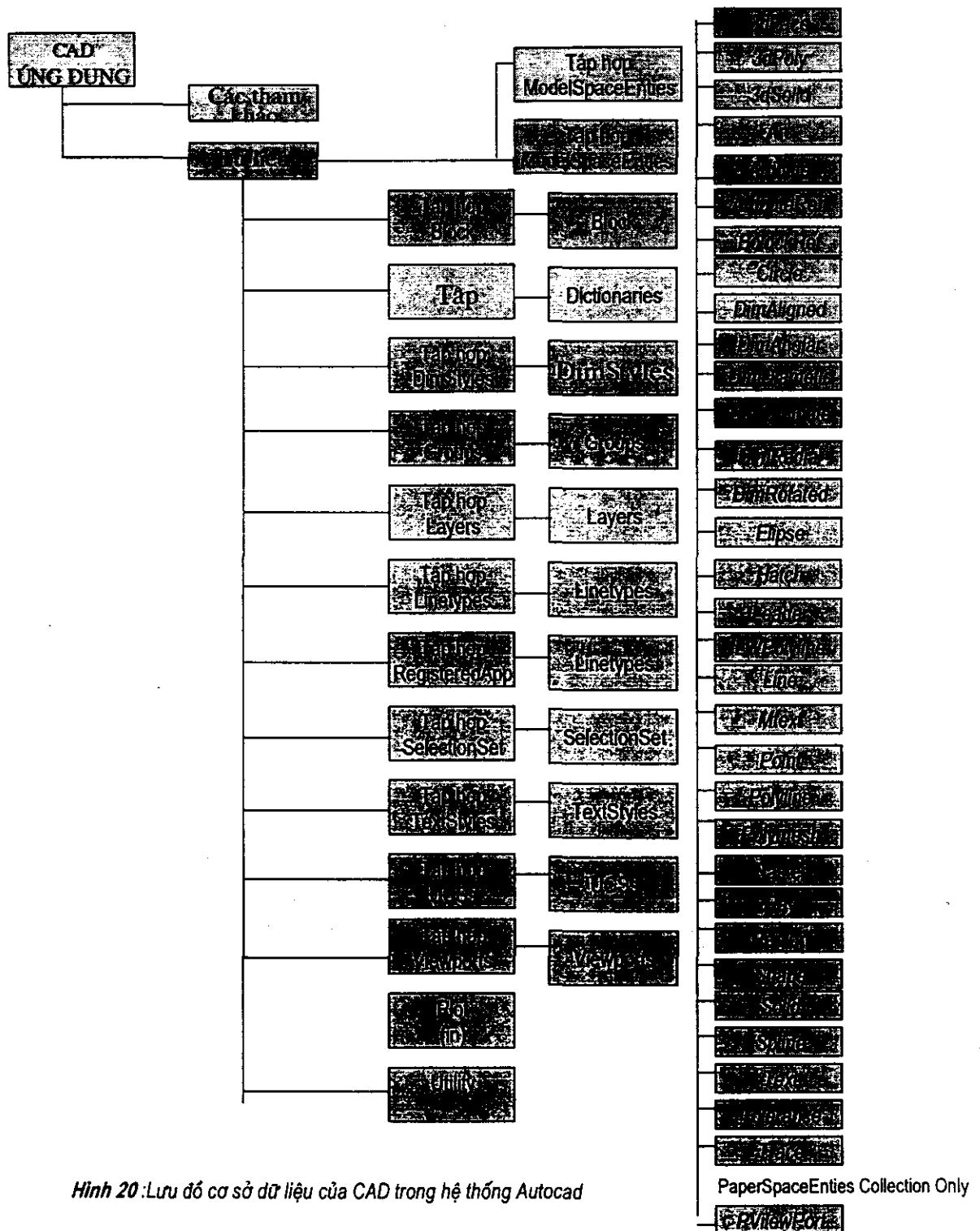
- Máy cắt Laser, Máy phay DMU 60T sử dụng bộ điều khiển TNC-310(Đức)
- Plasma, máy cắt Gas - Ôxy: Sử dụng bộ điều khiển ANILAM3200MK
- Máy MAHO-432, máy cắt dây W-EDM sử dụng ngôn ngữ G code.
- Mô phỏng chương trình, chạy kiểm trước khi thực hiện quá trình cắt.
- Phần mềm còn cho phép người sử dụng tạo thư viện chế độ cắt tối ưu cho quá trình cắt Plasma, Laser , xuất báo cáo một quá trình thực hiện vv...

Với những khả năng thực hiện nêu trên, phần mềm về cơ bản đã đáp ứng được các yêu cầu trong việc tạo lập chương trình cho quá trình cắt. Tuy nhiên, phần mềm này vẫn còn một số hạn chế trong quá trình sử dụng chẳng hạn như: việc mô phỏng quỹ đạo tâm dao hay thư viện các chi tiết tiêu chuẩn vẫn chưa thực hiện được do thời gian thực hiện đề tài bị hạn chế. Nếu có điều kiện phát triển lên các phiên bản tiếp theo chắc chắn phần mềm sẽ giải quyết được nhiều hơn nữa các bài toán trong lĩnh vực cắt kim loại dạng tấm.

2.2 XÂY DỰNG PHẦN MỀM CAMVER1.0

2.2.1 Sơ đồ nguyên lí

Sau khi nghiên cứu nguyên lí xây dựng một hệ thống CAD/CAM tại phần

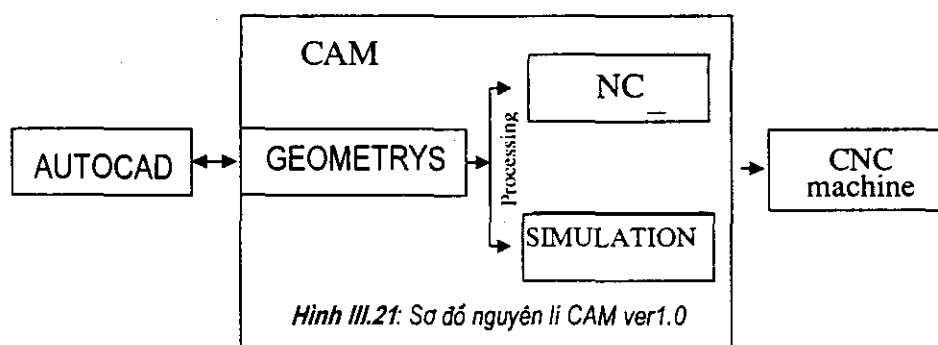


2313, và từ những đặc điểm gia công, phục vụ cho cắt vật liệu tấm (tức trên mặt phẳng XY), nhóm nghiên cứu đã thiết kế Phần mềm CAM ver1.0 IMI. Phần

mềm này được xây dựng theo nguyên lí sơ đồ ở hình 21, trong đó GEOMETRY (preprocessor)-processor và postprocessor được thực hiện với thuật toán được thể hiện theo lưu đồ ở các hình 22, 23, 24

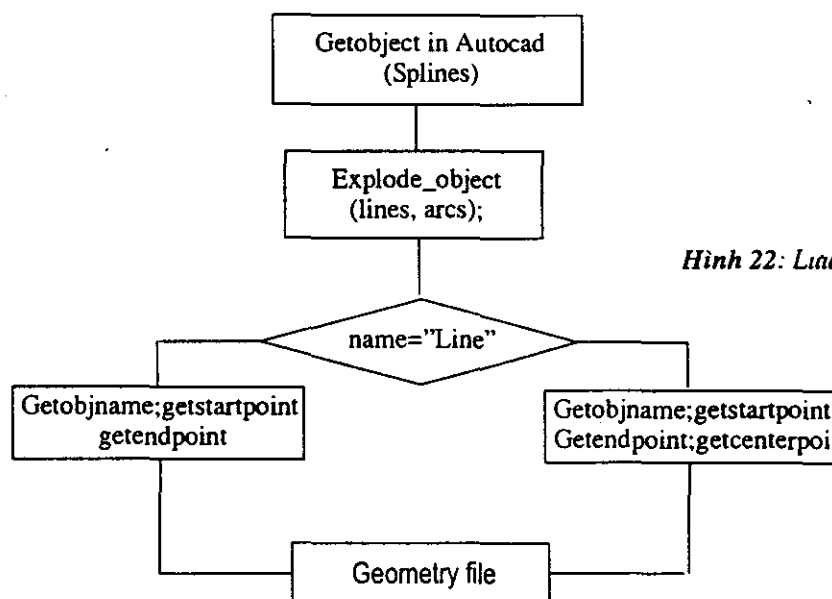
2.2.2 Cơ sở dữ liệu của autocad:

Autocad là một ứng dụng đồ họa hỗ trợ cho quá trình thiết kế kỹ thuật. Sơ đồ tổ chức dữ liệu các đối tượng trong autocad được thể hiện ở hình III.20 Các thông tin hình học của đối tượng được lưu trữ trong bộ nhớ của nó, theo một trật tự xác định và logic. CAM-Ver1.0 sử dụng cơ sở dữ liệu hình học từ phần đồ họa của AutoCAD với mối quan hệ với cả hệ thống như thể hiện ở hình III.21



2.2.3 Xây dựng GEOMETRYS (preprocessor)

GEOMETRYS là một chương trình được viết với ngôn ngữ Visual basic. Chương trình này được xây dựng trên hai nguyên tắc:



- Thông tin hình học cho quá trình điều khiển CNC là: điểm, đường thẳng và cung tròn
- Các đường lines, arcs khi được nối với nhau tạo thành đường spline và trật tự của các phần tử được sắp xếp theo thứ tự tuần tự.

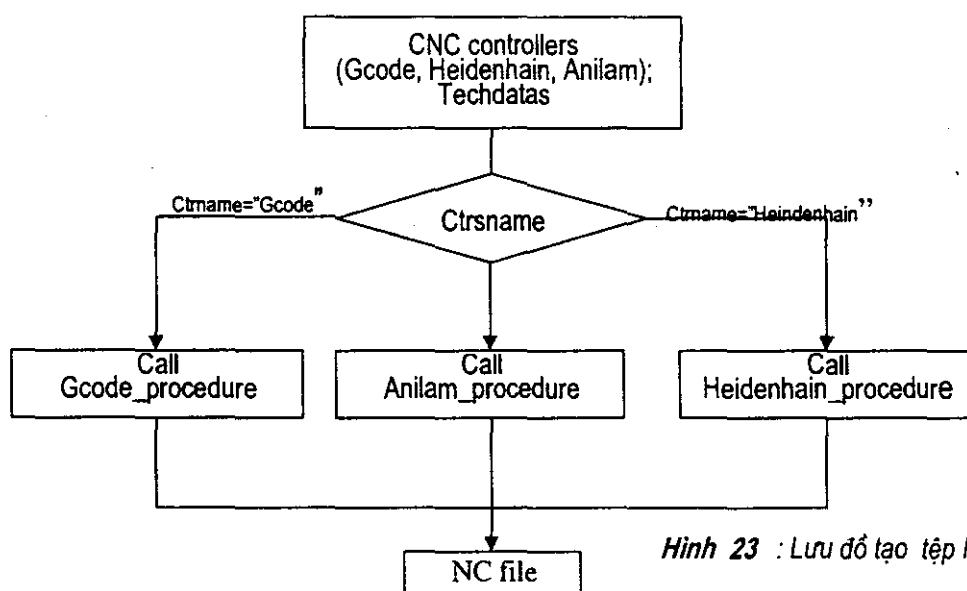
Lưu đồ quá trình tạo geometry: được thể hiện ở hình III.22

2.2.4 Quá trình xử lý

Bản chất là viết phần mềm xử lý các thông tin từ tệp Geometry, trong đó có khai báo các bộ điều khiển sử dụng (đó là các dữ liệu về bộ điều khiển được viết dưới dạng postprocessor thành phần). Phần mềm này được viết để sử dụng cho 3 loại điều khiển Mã G (Deckel Maho- cho phay CNC, gia công bằng tia lửa điện xung và cắt dây), Heidenhain (TNC 310- cho cắt CNC laser), và ANILAM (bộ điều khiển ANILAM cho cắt CNC plasma). Lưu đồ bộ xử lý của CAM Ver 1.0 IMI thực hiện 2 phần việc :

- Tạo tệp NC (hình III.23)
- Mô Phỏng (hình III.25)

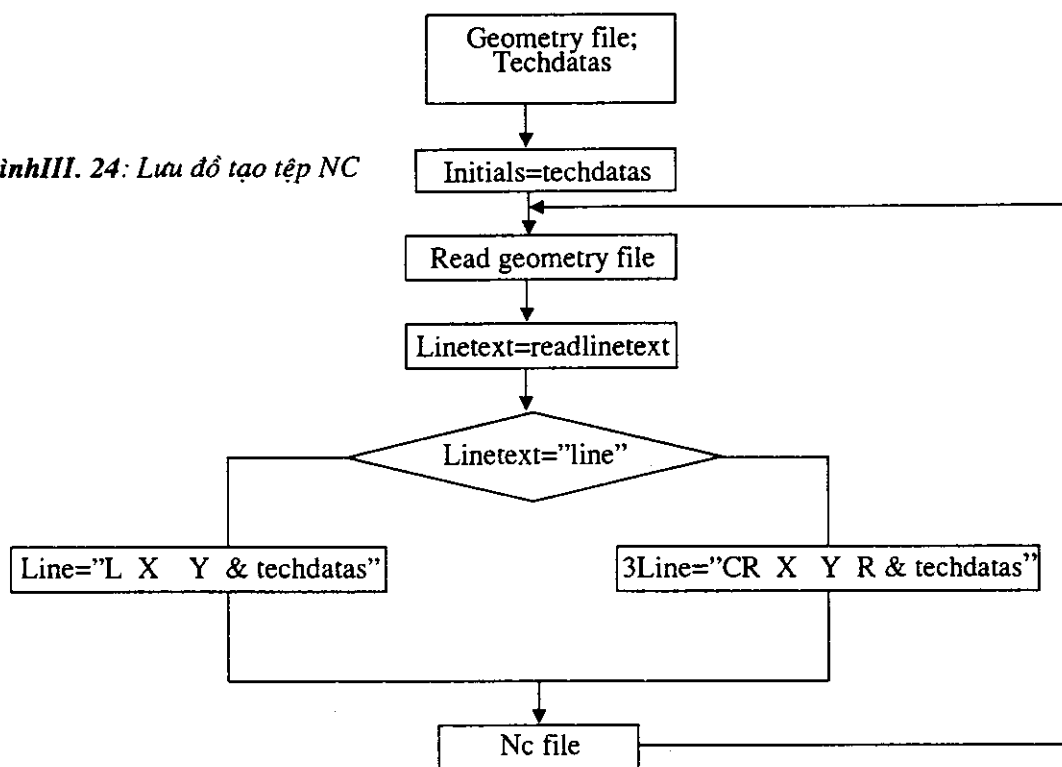
Trong đó đặc điểm của các bộ điều khiển được viết dưới dạng chương trình con



Hình 23 : Lưu đồ tạo tệp NC

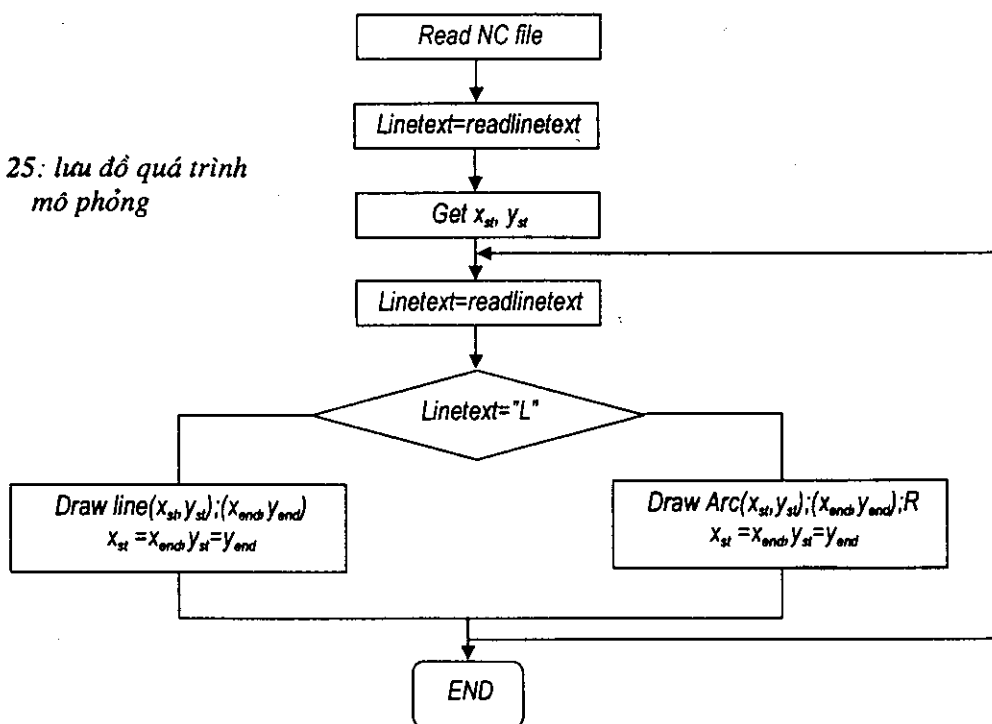
mà ví dụ cho bộ điều khiển TNC 310 được thể hiện ở hình III.24

Hình III. 24: Lưu đồ tạo tệp NC



Mô phỏng chương trình: Trước khi chuyển dữ liệu tới máy gia công CNC, người vận hành cần kiểm tra và xem trước quỹ đạo cắt, để tránh những sai sót trong lúc cắt. Quá trình kiểm tra người vận hành có thể phóng to hoặc thu nhỏ quỹ đạo cắt nhằm giúp cho quá trình mô phỏng được kiểm tra một cách chính xác. Sơ đồ thuật toán cho quá trình mô phỏng quỹ đạo cắt được thể hiện ở hình 25

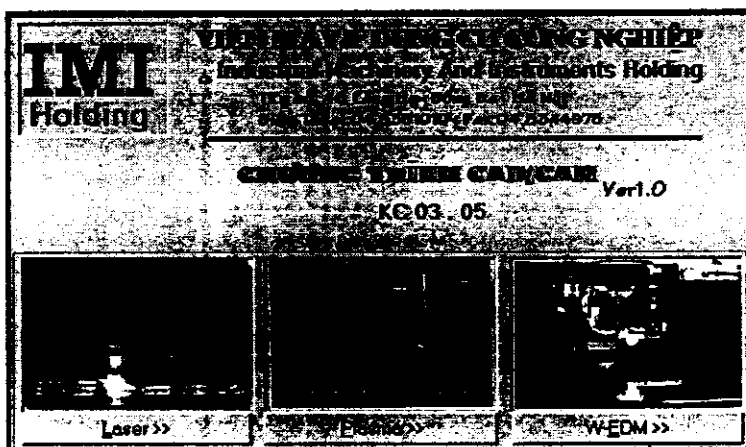
Hình 25: lưu đồ quá trình mô phỏng



2.3 PHẦN MỀM CAMVER1.0- CÁC BƯỚC THỰC HIỆN :

2.3.1 Sinh mã chương trình

Bước 1: Khởi động chương trình



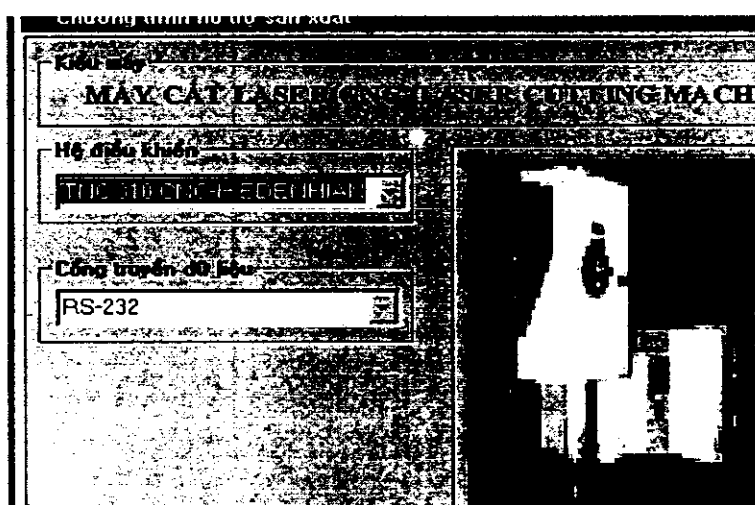
Hình III. 26: Cửa sổ chọn thiết bị

Bước 2: Chọn loại máy cắt trên hộp thoại (hình III.26)

Trong bước này tùy theo loại máy sử dụng mà người sử dụng chọn máy Laser, Plasma hay W-EDM.

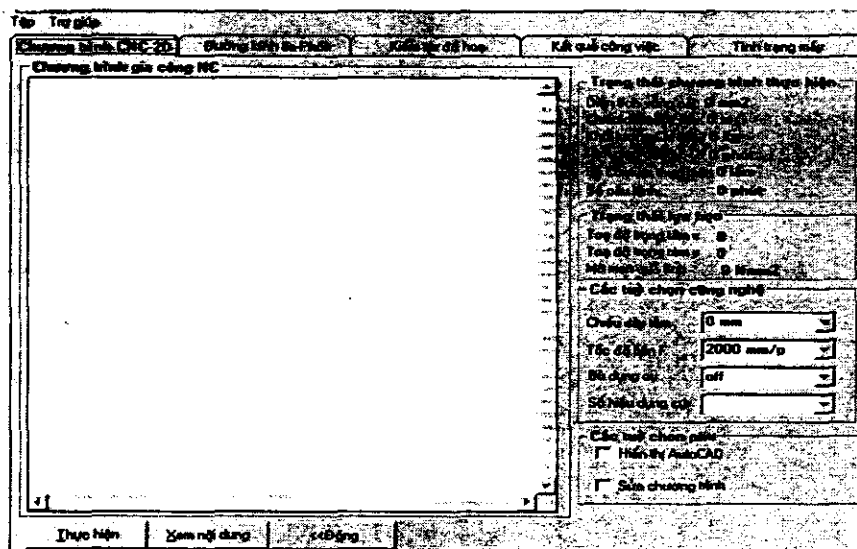
Bước 3: Chọn bộ điều khiển tương ứng với mỗi máy

Nhấn chuột vào hộp combo “hệ điều khiển” để chọn bộ điều khiển (hình III.27)



Hình III. 27: Cửa sổ chọn bộ điều khiển

Bước 4: Gọi hộp thoại chính của chương trình



Hình III. 28: Cửa sổ chọn “thực hiện”

Nhấn chuột vào nút “Thực hiện” trên hình III.28

Bước 5: Hiển thị AutoCAD

Nhấn chuột vào hộp kiểm “Hiển thị AutoCAD”

Bước 6: Mở bản vẽ đã sắp xếp tối ưu

Bước 7: chọn các tham số công nghệ:

Nhấn chuột vào các tùy chọn công nghệ để chọn các thông số như: Tốc độ cắt, hướng bù dụng cụ, số hiệu dụng cụ cắt vv.....

Bước 8: Sinh mã chương trình

Sau khi mở bản vẽ cần sinh chương trình và chọn các thông số công nghệ nhấn chuột vào nút “thực hiện” để sinh mã chương trình (hình III.28)

Bước 9: Chọn điểm bắt đầu cắt

Chuyển màn hình chương trình sang màn hình AutoCAD khi đó dưới dòng nhắc xuất hiện: ‘Chọn điểm bắt đầu của dụng cụ cắt:’ người sử dụng chỉ chuột vào điểm bắt đầu cắt (thao tác này cần sử dụng chế độ bắt để chọn)

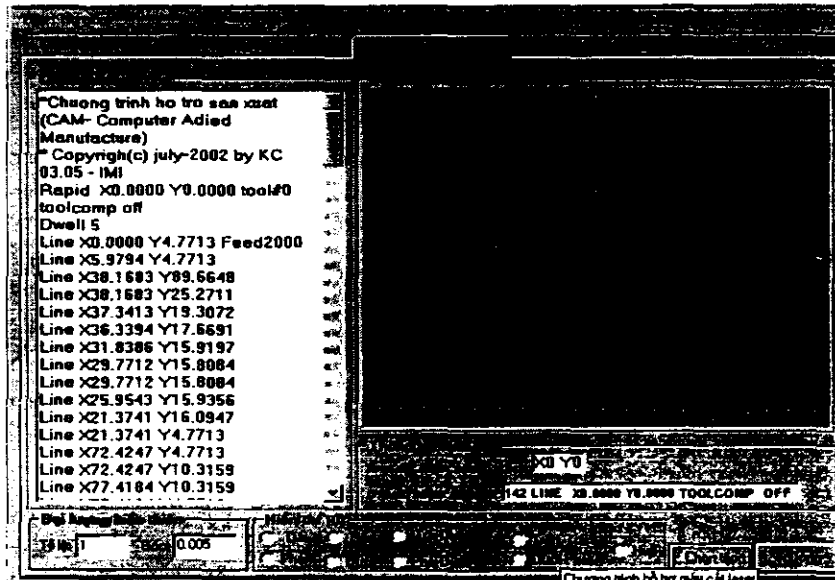
Bước 10: chọn hướng đi của đầu cắt:

Sau dòng nhắc của AutoCAD: “Chọn điểm xác định hướng đi của đầu cắt:” chỉ chuột vào một điểm trên đối tượng để chọn hướng chuyển động của đầu cắt.

Bước 11: Kết thúc quá trình sinh mã

Trong bước này nếu muốn tiếp tục một biên dạng khác sau dòng nhắc của chương trình người sử dụng có thể chọn “yes” để tiếp tục hoặc nhấn “No” để kết thúc.

2.3.2 Mô phỏng đồ họa



Hình 29: Cửa sổ hiển thị “mô phỏng”.

Bước 1: nhấn chuột vào bảng “Kiểm tra đồ họa” để có được màn hình III.29:

Bước 2: Nhấn chuột vào “Chọn tệp” để chọn tệp cần mô phỏng đồ họa

Chú ý: trước khi thực hiện bước hai có thể chọn:

Các đại lượng biến thiên:

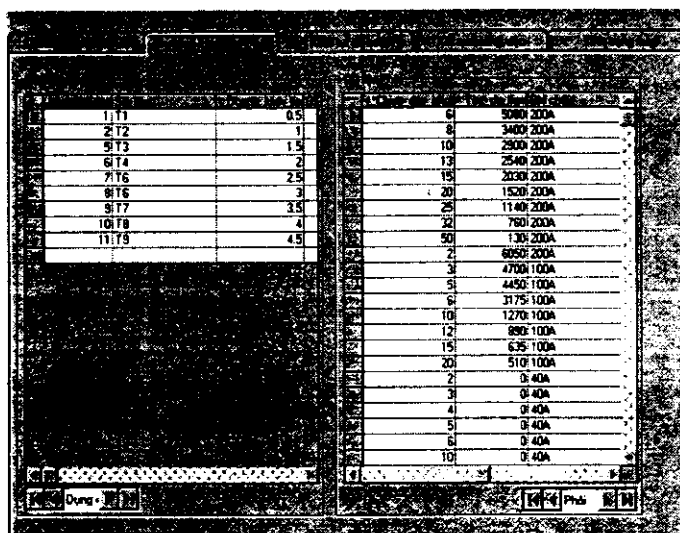
Tỷ lệ: để phóng to hoặc thu nhỏ biên dạng của chương trình

Góc: thay đổi góc vị phân đối với cung tròn

2.3 Thiết lập thư viện chế độ cắt : hình III. 30 thể hiện màn hình nhập dữ liệu dụng cụ (sử dụng bù đường kính tia laser) -phôi

Bước 1: Nhấn chuột sang bảng “Đường kính tia - phôi”

Bước 2: Thiết lập dữ liệu dụng cụ hoặc dữ liệu phôi : nhấn chuột vào bảng “dữ liệu dụng cụ” hoặc “dữ liệu phôi” để nhập các thông số cần thiết.



Hình 30: Màn hình nhập dữ liệu thư viện dụng cụ và phôi

Trên đây là ba phương pháp cơ bản để thực hiện chương trình sinh mã chương trình tự động cho máy cắt điều khiển CNC.

2.3.3 Gia công

Truyền chương trình NC đã lập qua cổng RS232 vào bộ điều khiển CNC thông qua chức năng “read in” của TNC310. Chương trình lập được sử dụng để gia công chi tiết tương ứng.

3 KẾT LUẬN

Trên thực tế phần mềm CAD/CAM Ver1.0 có thể sử dụng để lập trình NC cho một chi tiết với kích thước hình học không hạn chế. Sự giới hạn phụ thuộc vào khả năng của máy cơ sở và phần cứng điều khiển, vì vậy phần mềm này đáp ứng được những yêu cầu đề ra của đề tài là:

- Xác định vị trí dụng cụ theo hai trục tọa độ (X,Y)
- Hành trình dịch chuyển :Trục X: 650; Trục Y: 320
 - Với độ chính xác dịch chuyển hành trình không bị phụ thuộc vào phần mềm mà phụ thuộc vào phần cứng bộ điều khiển và đặc biệt là phần cơ của máy cơ sở. Các phần này theo thiết kế tổng thể đạt được độ chính xác dịch chỉnh là 0,005mm

Sử Phần mềm này có khả năng thiết kế trong môi trường AUTOCAD, tự động sinh mã chương trình gia công NC, mô phỏng 2D bề mặt gia công nên việc ứng dụng trong công nghệ gia công các vật liệu dạng tấm như cắt bằng tia laser, plasma, cắt dây tia lửa điện. Việc sử dụng các tệp đuôi DFX làm tăng tính thích hợp của CAD/CAM Ver.1.0 với các phần mềm CAD khác.

Nhóm tác giả đã nghiên cứu sao cho phần mềm đáp ứng được những bài toán về biên hình khó trong công nghệ gia công kim loại tấm. Thư viện và nhật ký máy hỗ trợ cho việc vận hành và quản lý máy. Tuy nhiên, do thời gian và kinh phí có hạn nên phần mềm vẫn còn những hạn chế nhất định, nhóm tác giả vẫn đang nghiên cứu nhằm hoàn thiện phần mềm này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] YUSUF ALTINTAS, *Manufacturing automation* , Cambridge University press 2000
- [2] TIEN-CHIEN CHANG, RICHARD A. WYSK, HSU-PIN WANG, *Computer-aided Manufacturing*, Prentice Hall International, 1998
- [3] GEORGE C. STANTON, *Manual CNC APT and Compact II*, printed in Singapore 1988

PHẦN IV

Phần mềm tối ưu hoá chế độ công nghệ nhằm đạt độ chính xác cao nhất

1.	Lời mở đầu.....	127
2.	Tổng quan nghiên cứu về cắt với tia laser CO2.....	127
2.1	Mối quan hệ giữa các tham số công nghệ.....	128
2.2	Ảnh hưởng của các tham số công nghệ lên chất lượng gia công.....	129
2.3	Sơ đồ khối của quá trình cắt bằng tia laser.....	130
2.4	Mô hình hóa quá trình gia công vật liệu- lí thuyết nhiệt.....	134
2.5	Đối tượng nghiên cứu.....	137
2.5.1	Đại lượng chất lượng bề mặt cắt & độ chính xác gia công - độ rộng mạch cắt.....	137
2.5.2	Ảnh hưởng của các tham số công nghệ.....	138
2.5.3	Lựa chọn đối tượng nghiên cứu.....	139
3.	Nghiên cứu cắt kim loại trên thiết bị LC 1000CO2-CNC.....	140
3.1	Bố trí thí nghiệm.....	140
3.1.1	Thiết bị thí nghiệm:.....	140
3.1.2	Gá mẫu.....	142
3.1.3	Chuẩn bị mẫu.....	142
3.1.4	Điều kiện tiến hành thí nghiệm.....	144
3.2	Thiết kế thí nghiệm:.....	144
3.2.1	Mô hình định tính quá trình gia công cắt với tia laser.....	144
3.2.2	Thiết kế các thí nghiệm:.....	145
3.3	Thực hiện thí nghiệm.....	147
3.3.1	Thí nghiệm thăm dò khả năng công nghệ của thiết bị.....	147
3.3.2	Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng đơn của một số thông số công nghệ đến chất lượng mạch cắt.....	148

4.	<i>Quy hoạch thực nghiệm và xây dựng mô hình toán học</i>	158
4.1	Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng đồng thời của các thông số công nghệ đến quá trình cắt bằng tia laser.....	158
4.2	Thiết kế quy hoạch thực nghiệm	159
4.2.1	Lựa chọn các thông số công nghệ cần nghiên cứu	159
4.2.2	Qui hoạch thực nghiệm xác định mô hình toán học	161
4.2.3	Xác định dạng của mô hình toán học.....	163
4.2.4	Kiểm định ý nghĩa của hệ số mô hình	166
4.2.5	Thiết kế hợp tử tại tâm-xấp xỉ bậc hai.....	169
	Bảng IV.10: Bảng bố trí thí nghiệm theo phương pháp hợp tử tại tâm	171
4.2.6	Ước lượng hệ số của mô hình xấp xỉ bậc 2 (*).....	174
5.	<i>Giải bài tối ưu</i>	180
5.1	Xây dựng miền ràng buộc	181
5.1.1	Giới hạn về vận tốc cắt lớn (Hình IV. 27).....	181
5.1.2	Miền giới hạn về tốc độ cắt nhỏ (Hình IV.27).....	181
5.1.3	Miền giới hạn trên của áp suất khí (Hình IV.28).....	182
5.1.4	Miền giới hạn dưới của áp suất khí (Hình IV.28).....	182
5.1.5	Miền giới hạn về đường kính đầu phun lớn (Hình IV.29)	183
5.1.6	Miền giới hạn về đường kính đầu phun nhỏ (Hình IV.29)	183
5.1.7	Miền giới hạn xuất phát từ độ nhám bề mặt cho phép.....	184
5.1.8	Miền giới hạn xuất phát từ chiều sâu cắt tối đa	184
5.1.9	Đường lối giải chung.....	185
5.1.10	Thuật toán giải tối ưu	186
5.1.11	Giải bài toán tối ưu.....	187
5.1.12	Thí nghiệm kiểm chứng	189
6.	<i>Thiết kế phần mềm tối ưu hóa các thông số công nghệ</i>	191
7.	<i>Kết luận và kiến nghị</i>	193

1. LỜI MỞ ĐẦU

Như bất cứ công việc chuẩn bị sản xuất trên một máy công cụ mới nào, việc gia công với máy cắt bằng tia laser CO2 1000W CNC cần phải được chuẩn bị về mặt công nghệ.

Là thiết bị thuộc đề tài KC.03.05 " Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tự động hoá vào gia công chính xác trên cơ sở các công nghệ tiên tiến như Laser, plasma và tia lửa điện... " được thiết kế và tích hợp bởi nhóm đề tài, có thể nói máy LC1000 CO2-CNC là sản phẩm của Viện IMI. Đối với nước ta gia công với tia laser là công nghệ mới, những thừa kế tính công nghệ nghiên cứu trong nước cũng như sự hỗ trợ chuyển giao công nghệ của một nhà cung cấp quốc tế trong trường hợp gia công với LC1000 CO2- CNC còn nhiều hạn chế. Để có thể đưa máy vào hoạt động công nghiệp , trang bị cơ sở dữ liệu máy là một việc cần được thực hiện.

Cơ sở dữ liệu máy thực chất là những bộ thông số công nghệ kết hợp tối ưu tương ứng theo từng loại vật liệu và chiều dày gia công, cho phép chi tiết sau gia công đạt được độ chính xác tốt nhất. Việc tìm kiếm các bộ thông số công nghệ hợp lí có thể thực hiện thông qua thí nghiệm khảo sát.

Để giảm bớt số lượng thí nghiệm, sau khi thực hiện những thí nghiệm thăm dò nhằm tìm kiếm các biên công nghệ và xem xét quy luật ảnh hưởng tương tác giữa các tham số công nghệ, cơ sở dữ liệu có thể được xây dựng trên cơ sở tối ưu hoá mô hình toán học được xây dựng thuần lí thuyết hoặc bán lí thuyết bán thực nghiệm hoặc hoàn toàn thông qua quy hoạch thực nghiệm.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VỀ CẮT VỚI TIA LASER CO2

Cắt bằng tia laser CO2 được sử dụng chủ yếu trong ngành công nghiệp máy bay và vũ trụ nhờ khả năng cắt vật liệu kim loại siêu nhẹ và siêu mỏng. Cắt bằng tia laser cũng đang được quan tâm ngày càng nhiều ứng dụng trong công nghiệp chế tạo máy và công nghiệp dân dụng nhờ khả năng gia công cực nhanh, lượng phế thải nhỏ (giảm đáng kể chi phí vật tư và rất thân thiện với môi trường) đảm bảo độ chính xác gia công hình học nhờ không có hiện tượng mòn dụng cụ cắt.

Độ nhám bề mặt thường nhỏ hơn 100 μ m nên không phải gia công lại. Mối quan tâm đặc biệt của nhà chế tạo sử dụng máy cắt laser là tăng cao tối đa năng suất và tiếp theo là chất lượng của sản phẩm được chế tạo nhờ quá trình cắt laser. Cả hai khía cạnh này có thể thực hiện được nếu sử dụng hợp lí bộ tham số công nghệ gia công. Bộ tham số này được gọi là tối ưu, được kết hợp duy nhất cho mỗi loại vật liệu với mỗi loại chiều dày. Những tham số công nghệ trong cắt với tia laser bao gồm: công suất laser, tốc độ cắt, khoảng cách đầu cắt, áp suất khí thổi, đường kính đầu cắt vv... Những tham số này được điều chỉnh để cho được chất lượng cắt yêu cầu. Đã có khá nhiều nghiên cứu theo hướng xây dựng mối quan hệ giữa các tham số công nghệ nhằm tăng năng suất và chất lượng gia công.

2.1 Mối quan hệ giữa các tham số công nghệ

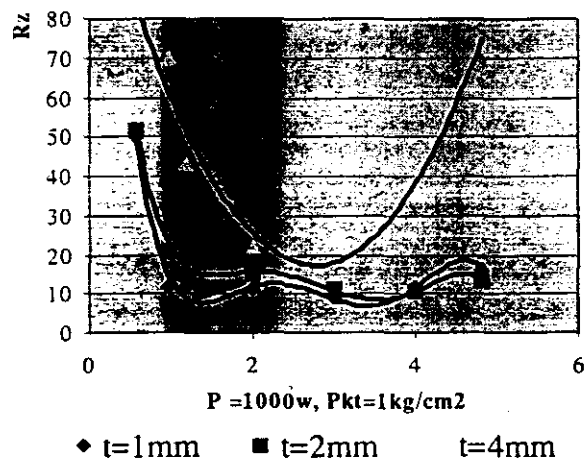
Chất lượng cắt laser rất khó phán đoán do tính chất động của quá trình cắt, đặc biệt khi cắt với CO₂, cần có khí O₂ trợ giúp. Trên cơ sở chấp nhận năng suất và chất lượng nhất định, nhiều nhà nghiên cứu chú ý đến mối quan hệ giữa các tham số công nghệ. Nghiên cứu về quan hệ giữa công suất trên đơn vị chiều dày và tốc độ cắt cho thép chế tạo máy, thép không gỉ, titanium [1,2] chỉ ra rằng đó là mối quan hệ tuyến tính. Quan hệ giữa tốc độ cắt và chiều dày vật liệu thép không gỉ austenitic với công suất P3kW[1], AlMg3 với P1500W [3], Chrom – Nikel, AlMg3, Cu với công suất 1200W [4], thép chế tạo, thép không gỉ, hợp kim nhôm với 4000W [12] đều có cùng kết luận rằng đối với một nguồn năng lượng không đổi, mối quan hệ tốc độ – chiều dày cắt là tuyến tính tỉ lệ nghịch. Về quan hệ tốc độ cắt và áp khí cắt đối với một số chiều dày thép chế tạo tại W1500, [1,2] cho rằng tốc độ cắt tăng cùng với tăng áp suất đến đỉnh sau đó có sự giảm nhẹ khi áp vẫn tiếp tục tăng. Những nghiên cứu về mối quan hệ giữa 3 tham số có [5,6,7]. Theo [5] có một phạm vi tốc độ tối ưu cho vật liệu có chiều dày và công suất cho trước. [6] xây dựng mô hình toán học của tốc độ cắt theo hàm của chiều dày vật liệu và công suất, đó là các hàm có dạng $v = at^bP^c$ (t- chiều dày, P – công suất, a,b,c hằng số, là một số tự nhiên dương).

2.2 Ảnh hưởng của các tham số công nghệ lên chất lượng gia công.

Đa số các nghiên cứu về chất lượng gia công với tia cắt laser thường chú trọng vào nghiên cứu độ rộng mạch cắt, độ nhám mặt cắt và vùng HAZ (vùng ảnh hưởng nhiệt của mạch cắt). Nghiên cứu [2,7,8] về mối quan hệ hai chiều kết luận rằng độ rộng của mạch cắt/ kích thước vùng HAZ tăng khi tăng công suất laser/ áp khí thổi và giảm khi tăng tốc độ cắt. [12] nghiên cứu về ảnh hưởng khoảng cách đầu cắt đến kích thước và hình dáng hình học của rãnh nhận xét, đối với thép chế tạo, tiêu cự nằm trên bề mặt chi tiết gia công cho bề rộng rãnh nhỏ nhất và thể hiện quan hệ giữa kích thước và hình dáng hình học của mạch cắt và độ nhám rằng mạch hình trụ có độ nhám tốt nhất. Về độ nhám bề mặt, [2] đưa ra kết luận nghiên cứu là độ nhám R_z giảm nhanh khi tăng tốc độ cắt (đến 2 m/phút), giảm nhẹ (trong khoảng 2m/phút ÷ 4m/phút) sau đó tăng nhẹ khi nghiên cứu cắt laser CO2 1000W cho thép chế tạo (hình IV.1). [9] khi nghiên cứu với nguồn 700W, 900W,

1100W, 1300W cho vùng tốc độ thấp (từ 25mm/s ÷ 55mm/s) để cắt thép 4130 thể hiện: đầu tiên R_a giảm nhẹ khi tăng tốc độ cắt sau đó tăng nhẹ rồi tăng mạnh hơn khi tăng tốc độ thực hiện. Về quan hệ áp khí thổi với chất lượng bề mặt có rất ít tài liệu đề cập đến, có thể do trước đây thường cắt laser với tốc độ thấp. [10] trong

nghiên cứu gia công với tốc độ cao đã kết luận trong cắt laser với tốc độ nhanh, tốc độ khí thổi có ảnh hưởng đến chất lượng mạch cắt và cho rằng rộng mạch cắt và kích thước HAZ ban đầu tăng nhẹ khi tăng áp khí đến đỉnh và giảm nhẹ khi áp khí thổi tiếp tục tăng [9]. [2] xem xét ảnh hưởng của đường kính đầu cắt qua trung gian áp khí thổi [xem hình IV.17) và nhận xét với đường kính nhỏ, cột áp cao hơn và trụ hơn, lợi về áp.

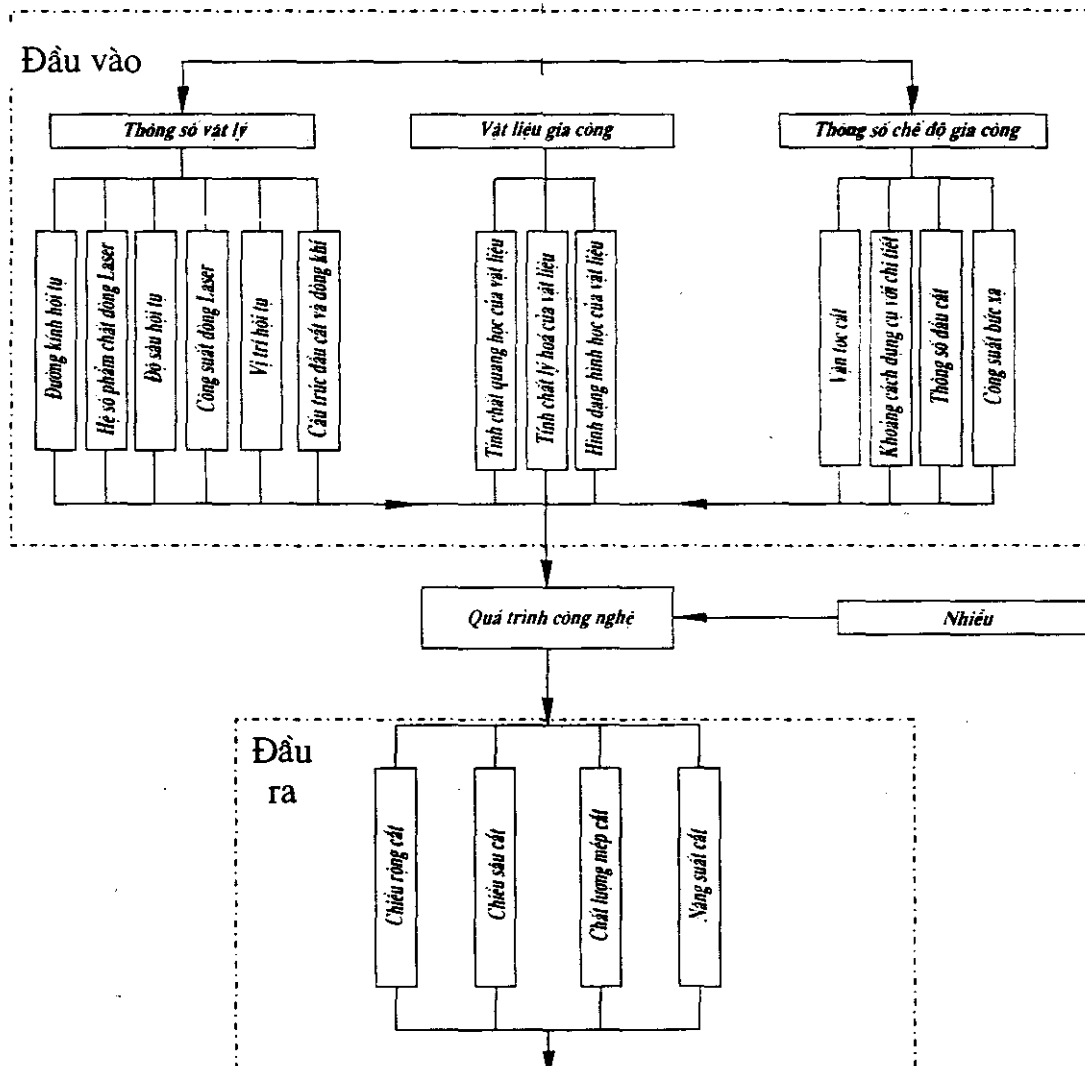


Hình IV.1: ảnh hưởng của vận tốc cắt đến độ nhám bề mặt [2]

Nhìn chung, các nghiên cứu có nhận định tốc độ cắt có ảnh hưởng ít hơn so với công suất đến chiều rộng rãnh cắt và kích thước vùng HAZ nhưng lại có ảnh hưởng quan trọng nhất đến độ nhám gia công.

2.3 Sơ đồ khối của quá trình cắt bằng tia laser

Ta có thể tóm tắt quá trình công nghệ cắt bằng tia Laser qua sơ đồ hình IV. 2 sau:



Hình IV. 2: Sơ đồ quá trình công nghệ cắt bằng tia Laser

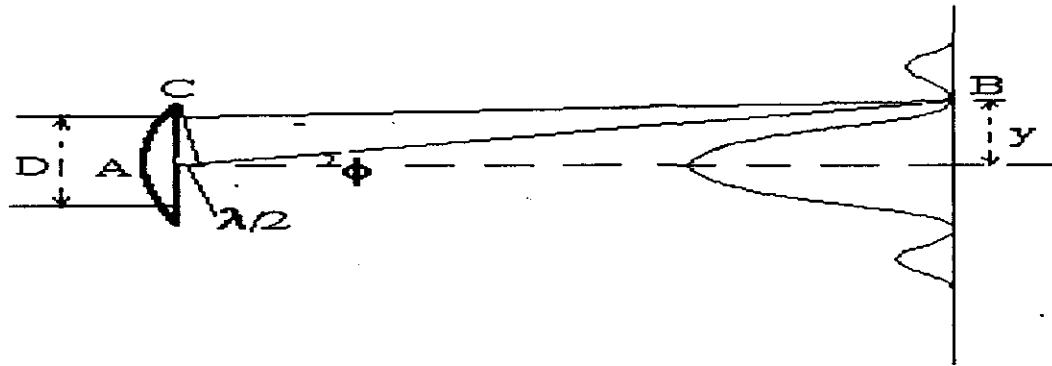
Từ sơ đồ trên [17] có thể nhận xét, đầu vào quá trình gia công với tia laser là các thông số vật lý, vật liệu và công nghệ, đầu ra là chất lượng và năng suất gia công. ảnh hưởng của một số thông số vật lý và vật liệu được quan tâm là:

Đường kính điểm hội tụ.

Đường kính điểm hội tụ là một trong những yếu tố có ảnh hưởng quyết định đến độ rộng mạch cắt và mật độ tập trung năng lượng của chùm tia. Dòng laser sau khi đi qua thấu kính sẽ hội tụ tại mặt phẳng tiêu cự của thấu kính hội tụ [16].

Đường kính của điểm hội tụ chịu tác động của một số yếu tố như:

- Loại thấu kính do Hãng chế tạo cung cấp.
- Hiện tượng nhiễu xạ của chùm tia laser.
- Hiện tượng giao thoa tại mặt phẳng tiêu cự (hiện tượng này sẽ làm xuất hiện các vùng cực đại và các vùng cực tiểu trên mặt phẳng tiêu cự) (hình IV.2)
- Cường độ cực đại tại vạch trung tâm (vùng này chứa hơn 80% năng lượng của dòng laser).



Hình IV.2: Đường kính điểm hội tụ ảnh hưởng do hiện tượng nhiễu xạ

Trên hình IV.2 để có thể xác định được đường kính của điểm hội tụ thì ta phải xác định được hiệu lộ trình (d mm) giữa 2 tia AB và BC là :

$$d = \lambda/2 = (D/2) \cdot \sin(\phi) \quad (\text{mm})$$

Nếu gọi khoảng cách từ tâm của vạch cực đại đến vạch tối đầu tiên là y ta có thể xác định y theo công thức:

$$y = f \cdot \tan(\phi). \quad (\text{mm})$$

Với góc ϕ là rất nhỏ có thể tính gần đúng y theo công thức:

$$y = f \tan(\phi) = f\lambda/D. \quad (\text{mm})$$

Do vậy đường kính điểm hội tụ được xác định:

$$d_{\min} = 2 f\lambda/D. \quad (\text{mm})$$

Trong thực tế với kinh nghiệm và các phương pháp tính gần đúng người ta xác định kích thước của điểm hội tụ theo công thức:

$$d_{\min}=2.44 f\lambda/D. \quad (\text{mm})$$

Với dòng laser không phải đơn mode, đường kính dòng hội tụ được xác định theo công thức sau:

$$d_{\min}=2.44(f\lambda/D)(2m+n+1) \quad (\text{mm})$$

Một yếu tố khác ảnh hưởng đến đường kính điểm hội tụ là phẩm chất của dòng laser. Nếu gọi $K=1/M^2$, là hệ số phẩm chất của dòng laser thì đường kính điểm hội tụ liên hệ với hệ số phẩm chất dòng laser theo công thức [16].

$$d_{\min} = 4M^2 f\lambda/\pi D_L.$$

Như vậy có thể kết luận nếu hệ số K càng lớn thì kích thước điểm hội tụ của dòng laser càng nhỏ.

Mật độ tập trung năng lượng tại điểm hội tụ được tính theo công thức:

$$P_0=4P/\pi d_{\min}^2 \quad \text{W/cm}^2$$

Trong đó :

- + $d_{\min}$: Đường kính điểm hội tụ
- + D : Đường kính dòng laser
- + f : Tiêu cự của thấu kính
- + λ : Bước sóng của dòng laser
- + P : Công suất nguồn laser
- + K : Là hệ số phẩm chất của dòng laser
- + n : Số mode dọc
- + m : Số mode ngang

Như vậy, theo công thức trên nếu đường kính của điểm hội tụ càng nhỏ thì mật độ tập trung năng lượng càng lớn. hơn nữa khi đó độ rộng khe cắt cũng sẽ nhỏ làm tăng độ chính xác của quá trình gia công [18].

Độ sâu hội tụ.

Độ sâu hội tụ là khoảng cách mà dòng hội tụ có cường độ như nhau; kích thước đường kính của điểm hội tụ thay đổi trong khoảng $\pm 5\%$.

Độ sâu hội tụ là yếu tố quyết định đến chiều dày cắt của phôi, độ vát hoặc độ côn của khe hở mạch cắt.

Khảo sát một dòng laser hội tụ với $\tan(\phi) = D/2f$, và gọi độ sâu hội tụ của dòng laser là z_r , ta có:

$$f/z_r = D/1.05d_{\min}$$

Thay $d_{\min}$ vào ta được:

$$z_r = 2.56F^2\lambda, \text{ với } F = f/D.$$

Với dòng laser không phải là đơn mode:

$$z_r = 2.56F^2M^2\lambda.$$

Như vậy độ sâu hội tụ của dòng laser phụ thuộc vào hai thông số :

- Loại thấu kính hội tụ (cấu tạo, vật liệu tính chất quang học...)
- Bước sóng của dòng laser (đơn mode , loại laser ...)

Vật liệu gia công

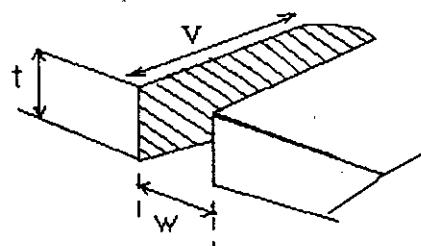
Vật liệu gia công có ảnh hưởng rất quan trọng đến chất lượng và năng suất gia công bằng tia lase. Trong gia công, vật liệu tại điểm hội tụ hấp thụ năng lượng của dòng laser, bị nóng chảy, một phần nhỏ bốc hơi vật liệu trong một khoảng thời gian rất ngắn phần lớn vật liệu nóng chảy được đưa ra khỏi vùng gia công bằng một dòng khí đồng trục có áp.

Trong quá trình gia công, năng lượng giải phóng không được hấp thụ hoàn toàn, theo lý thuyết truyền nhiệt ta có phương trình liên hệ giữa công suất P và các hệ số đặc trưng cho tính chất của vật liệu [1]:

$$\eta P = wtV \cdot \rho [C_p \Delta T + L_f + m' L_v].$$

Trong đó:

- P : Công suất dòng. (W)
- w : Độ rộng khe trung bình. (mm)
- t : Độ dày. (mm)
- V : Tốc độ cắt. (m/phút)
- m' : Phần chất nóng chảy bị bay hơi. (kg)
- L_f : Nhiệt lượng nóng chảy.(J/kg)
- L_v : Nhiệt lượng hoá hơi. (J/kg.K)
- ΔT : Độ biến thiên nhiệt độ. (K)



Hình IV. 3 :Vết cắt phông đại

- η : Hiệu suất
- ρ : Khối lượng riêng. (kg/m³)

Như vậy ta có :

$$[P/tV] = w\rho[C_p\Delta T + L_f + m L_f].$$

Và vì w là một hàm của đường kính điểm hội tụ và các hệ số còn lại là các hằng số của vật liệu nên:

$[P/tV]$ là một hằng số cho một vật liệu xác định.

Bảng hằng số vật liệu của một số vật liệu cơ bản (bảng IV.1) [1]:

Bảng IV.1: Bảng hằng số vật liệu của một số vật liệu cơ bản

Vật liệu	Giá trị trung bình $P/tV(J/mm^2)$
Thép thường +O ₂	5.7
Thép thường +N ₂	10
Thép khó gia công +O ₂	5
Thép khó gia công +Ar	13
Titanium +O ₂	3
Titanium +Ar	14
Alumilium +O ₂	14
Copper +O ₂	30
Brass +O ₂	22
Zirconium +O ₂	1.7
Acrylic	1.2

Về ảnh hưởng của các thông số công nghệ : đề nghị xem phần 3.3

2.4 Mô hình hóa quá trình gia công vật liệu bằng chùm tia Laser thông qua lí thuyết nhiệt

Mô hình hoá là công cụ để trợ giúp sự hiểu biết về một quá trình và trợ giúp kiểm soát quá trình đó. Đa số các báo cáo [1,12,] xây dựng mô hình lý thuyết cho quá trình gia công bằng tia la se trên cơ sở lý thuyết hấp thụ nguồn nhiệt của vật liệu.[12] dẫn dắt, từ phương trình năng lượng:

$$\nabla^2 T = 2\lambda \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

đến cách phân bố nhiệt trên vật thể rắn bởi một nguồn nhiệt liên tục q (năng lượng trên đơn vị chiều dài) như:

$$T = \frac{q}{2\pi k D} e^{ux/2\alpha} K_0\left(\frac{ur}{2\alpha}\right) \quad (2)$$

Trong đó:

- K: hệ số dẫn nhiệt
- D: độ dày vật liệu (mm)
- q: Dòng nhiệt (J/m)
- R_f : Là hệ số phản xạ
- r: bán kính chùm tia (mm)
- t_{ot} : tổng
- v_i : tốc độ thâm nhập
- C: Nhiệt lượng riêng (J/kg K)
- K_0 : hàm Bessel loại 2 bậc không
- $q_{laser} = (1 - R_f) I_0$
- I_0 : cường độ công suất laser
- P: Công suất laser (W)
- u: tốc độ cắt (mm/phút)
- L: Nhiệt tiềm tàng bốc hơi (J/kg)

Trong trường hợp quá trình cắt laser có khí thổi, sự truyền nhiệt xảy ra do các phản ứng hoá học toả nhiệt q_{chem} bề mặt chất lỏng, được viết [7]:

$$q_{chem} = \rho_e u_e C_{Hc} \Delta I \left[1 + \left(\frac{C_{Hd}}{C_{Hc}} - 1 \right) \frac{h_c}{\Delta I} - \frac{B_3}{\Delta I} \right]$$

$$\Delta I = (I_f)_e - (I_f)_g + h_c$$

$(I_f)_e - (I_f)_g$: là lượng thay đổi enthalpi tại bề mặt

h_c : enthalpi của toàn bộ các phản ứng hoá học

$$h_c = \sum_{i \in E} (h_i)_g [(C_i)_g - (1 + B_2)(C_i)_g] + (h_E)_g [B_2 - (1 + B_2)(C_E)_g]$$

$$B_2 = B_3 \frac{C_{Hc}}{C_{Hd}}$$

$$B_3 = \frac{(\rho u)_g}{\rho_e u_e C_{Hc}}$$

Như vậy năng lượng toàn phần trong quá trình nung nóng vật liệu là:

$$q_{tot} = q_{laser} + q_{chem}$$

Khi nhiệt độ đạt đến nhiệt độ nóng chảy, phương trình nhiệt có thể được viết lại:

$$T_m = \frac{q_m}{2\pi k D} e^{ux/(2\alpha)} \frac{ur}{2\alpha} \cdot K_0$$

Đưa vào tọa độ suy biến:

$$X = \frac{ux}{2\alpha} \text{ và } R = \frac{ur}{2\alpha}$$

Phương trình trên viết lại được dưới dạng:

$$T_m = \frac{q_{tot}}{2\pi k D} e^X K_0(R) \quad (4)$$

Từ nhiệt độ T_m của đường đẳng nhiệt, [12] đưa ra phương trình tốc độ của đẳng nhiệt nóng chảy thâm nhập và lan truyền vào chi tiết:

$$v_i = \frac{q_{tot}}{\rho(L + CpT_m)} \quad (5)$$

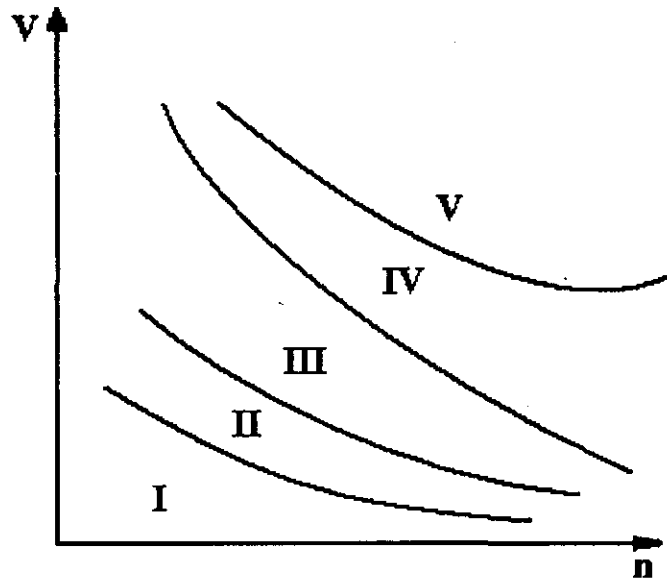
Trong khi [I. Black] đưa ra tốc độ cắt tối ưu:

$$u_{opt} = \frac{P}{2rD\rho[CT_m + L]} \quad (6)$$

Nếu ở mật độ công suất nào đó của nguồn nhiệt có tốc độ thâm nhập của đường đẳng nhiệt nóng chảy bằng hoặc lớn hơn tốc độ cắt, khi đó ở vị trí phía trước chùm lase di chuyển tới đầu tiên sẽ có hiện tượng bốc hơi vật liệu nóng chảy trên bề mặt (vùng I, hình IV.4), sau đó có hiện tượng tạo rãnh do phần trên của tấm vật liệu bị nóng chảy được dòng khí được thổi (vùng II, hình IV.4), hình thành rãnh có độ rộng w_1 ở mép trên và w_d ở mép dưới. Sự phá huỷ của vùng II, nằm sâu trong vết cắt tạo nên do tác động của phần năng lượng của bức xạ xảy ra liên tục. Vùng III là vùng cắt chất lượng, tạo được $w_1 \approx w_d$, được hình thành bởi sự kết hợp hợp lí của dòng khí thổi và sự nung nóng chảy của nguồn nhiệt. Nếu tốc độ cắt lớn hơn tốc độ lan truyền nguồn nhiệt, trường hợp xảy ra có thể là vùng cắt IV, tại đó mép cắt dưới có nhiều rìa xòem mép hoặc V, vùng cắt không thủng [17].

Như vậy để cắt được chi tiết, sử dụng mô hình để nghiên cứu được sự ảnh hưởng của các thông số công nghệ lên chất lượng bề mặt chi tiết gia công, một số các giả thiết về động lực học của quá trình như sau được chấp nhận:

- Tốc độ lan truyền của đường đẳng nhiệt ở một công suất xác định nào đó phải lớn hơn tốc độ cắt.
- Vật liệu phải hấp thụ được hơn 80% năng lượng tại điểm hội tụ.



Hình I V. 4 : Các vùng cắt có thể hình thành trong quá trình cắt [2]

Vùng I : Cắt ở tốc độ thấp (có sự đan xen giữa hai phương pháp cắt bay hơi và cắt nóng chảy)

Vùng II : Vùng cắt tạo rãnh

Vùng III : Vùng cắt chất lượng.

Vùng IV : Vùng cắt có nhiều ba vĩa ở mép cắt được thực hiện ở tốc độ cao .

Vùng V : Vùng cắt không thủng suốt ở tốc độ cắt lớn hơn tốc độ lan truyền nhiệt.

Như vậy chất lượng gia công yêu cầu phải nằm ở vùng III

2.5 Đối tượng nghiên cứu.

2.5.1 Đại lượng chất lượng bề mặt cắt và độ chính xác gia công - độ rộng mạch cắt

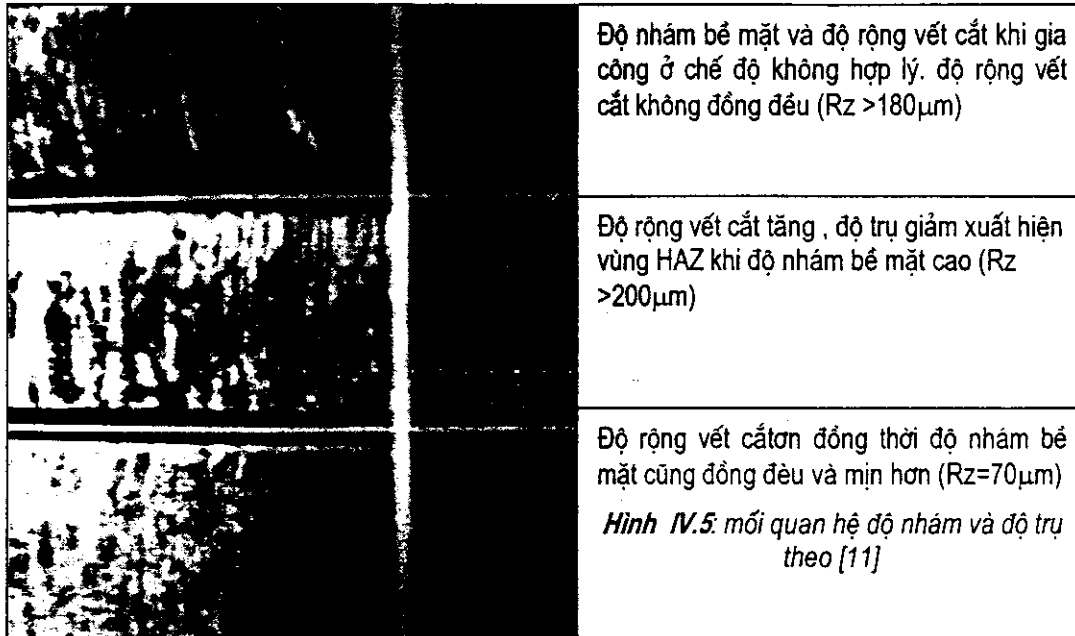
Các đại lượng thể hiện chất lượng mạch cắt trong gia công cắt bằng laser bao gồm:

- Độ rộng mạch cắt
- Độ nhám cắt
- Kích thước vùng HAZ

Với công nghệ gia công bằng laser mạch của vết cắt laser có thể đạt cực nhỏ (có thể đến 0,15mm đối với chiều dày thép từ 1mm÷6mm và 0,5mm đối với thép đến 20mm [13]) đó là đặc điểm nổi bật của công nghệ cắt laser. Từ điểm 1.2 cho thấy ảnh hưởng của một số tham số đơn lên độ rộng mạch cắt

tương đồng về quy luật với vùng HAZ. Từ nghiên cứu [11] (hình IV.5) cũng có thể kết luận rằng độ nhám bề mặt và độ rộng vết cắt có mối quan hệ đồng biến có nghĩa là

- Vết cắt có độ nhám bề mặt thô là vết có độ rộng vết cắt lớn và độ trụ thấp
- Vết cắt có độ bóng tốt nhất là vết có hình dáng hình học đảm bảo độ trụ nhất



Một nguyên nhân khác nên lựa chọn bề rộng rãnh cắt nghiên cứu là trong gia công CNC, kích thước gia công hình học chỉ chính xác khi biết được chính xác đại lượng bù bán kính dao, mà trong trường hợp cắt với laser đó chính là độ rộng mạch cắt.

Như vậy, độ rộng mạch cắt có thể được sử dụng như là đại lượng đại diện để khảo sát về chất lượng cắt của phương pháp cắt bằng tia laser.

2.5.2 Ảnh hưởng của các tham số công nghệ lên chất lượng cắt bằng tia laser

Các nghiên cứu về ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đơn lên chất lượng mạch cắt đã được một số tác giả công bố như điểm 1.2.1. Một số nghiên cứu tối ưu hoá các tham số công nghệ: tốc độ cắt, công suất laser, áp khí cho thép mạ [3] chiều dày 0,55mm 0,8mm và 1mm, cho hợp kim X5CrNi18 [10] chiều dày từ 1 ÷ 6mm có bổ sung thêm vị trí điểm tiêu cự của laser trên cơ sở sử dụng một số lượng thí nghiệm lớn để rút ra một số bộ thông số công nghệ thích hợp. Có một số nghiên cứu về sự ảnh hưởng của các tham số công nghệ trên cơ

sở xây dựng mô hình toán học cụ thể trong [14] mong muốn hợp tác nghiên cứu xây dựng mô hình toán học thuần lý thuyết để tối ưu quá trình gia công với tia laser trong 3 năm tới với kinh phí dự tính 96.000 EURO, [9] trong nghiên cứu cắt laser CO₂ thép C40 đưa ra mô hình toán học hồi quy:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1x_2 + a_4x_1^2 + a_5x_2^2 + a_6x_1x_2^2 + a_7x_1^2x_2 + a_8x_1^2x_2^2$$
 với Y là chất lượng cắt (độ rộng mạch cắt/kích thước HAZ/độ nhám), x_1 là công suất và x_2 tốc độ cắt. Ngoài ra trong các tài liệu mà nhóm tác giả tham khảo, khảo sát, chưa thấy một nghiên cứu nào công bố về tối ưu hoá các tham số công nghệ trên cơ sở xây dựng mô hình toán học cho quá trình cắt với laser CO₂.

2.5.3 Lựa chọn đối tượng nghiên cứu:

1. Nghiên cứu chất lượng bề mặt gia công, thông qua độ rộng mạch cắt
2. Các tham số công nghệ:
 - Công suất cắt
 - Tốc độ cắt
 - Khoảng cách đầu cắt (vị trí tiêu cự)
 - Áp suất khí thổi
 - Đường kính đầu cắt

được lựa chọn để nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời lên chất lượng gia công

3. Mục đích

- Nghiên cứu thực nghiệm : Thăm dò khả năng công nghệ của thiết bị, xem xét hưởng của các thông số công nghệ chính (Công suất, vận tốc cắt, khoảng cách cắt, đường kính đầu cắt, áp suất khí) đến độ rộng mạch cắt, độ vát của mạch cắt thông qua chỉ tiêu năng suất và chất lượng của vết cắt.
- Làm rõ nguyên lý cắt nói chung ; xác định miền giới hạn công nghệ đối với một số loại vật liệu cụ thể .
- Mô hình hóa quá trình cắt bằng chùm tia laser để xây dựng mối quan hệ thực nghiệm tường minh giữa chất lượng của mạch cắt và các thông số công nghệ. Mô hình hóa được dựa trên cơ sở các phương pháp qui hoạch thực nghiệm và kiểm chứng thống kê.

- Tối ưu hóa các thông số công nghệ bằng cách giải bài toán qui hoạch thực nghiệm với các điều kiện biên theo phương pháp Gradien; thiết lập phần mềm tra chế độ công nghệ tối ưu [22].
- Bên cạnh các kết luận cụ thể, đặt tiền đề cho các nghiên cứu thực nghiệm và tối ưu khi gia công các vật liệu khác trong khuôn khổ cắt bằng tia laser trên thiết bị LC1000 -CNC hoặc các nghiên cứu tương tự khác.

4. Giới hạn của nghiên cứu:

Nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số công nghệ đến chất lượng bề mặt gia công được thực hiện trên máy cắt laser CO₂-CNC 1000W, có đặc tính kỹ thuật được liệt kê trong [15: Máy LC1000-CNC, báo cáo NCKH đề tài KC03-05]. Đối với gia công kim loại trong công nghiệp với laser CO₂, 1000W thuộc loại công suất nhỏ.

Mục tiêu nghiên cứu là nâng cao năng suất và nâng cao chất lượng gia công trên LC1000-CNC .

Giới hạn của nghiên cứu : các thí nghiệm được tiến hành với các tham số công nghệ trong vùng công nghệ được khảo nghiệm trước

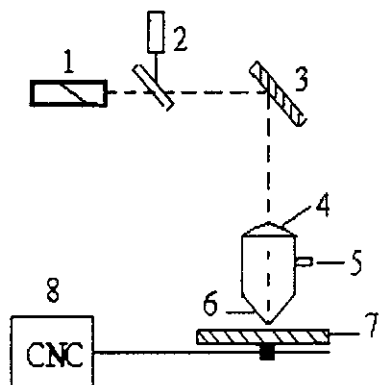
3. NGHIÊN CỨU CẮT KIM LOẠI TRÊN THIẾT BỊ LC 1000CO₂-CNC

3.1 Bố trí thí nghiệm

Sơ đồ bố trí thí nghiệm được thể hiện ở hình IV.5.

3.1.1 Thiết bị thí nghiệm:

Thiết bị gia công là LC1000CO₂-CNC có khả năng điều khiển vị trí theo 3



1. Nguồn laser CO₂ .
2. Hệ gương chấn dòng
3. Gương dẫn dòng
4. Hệ hội tụ.
5. Dòng khí cắt.
6. Đầu cắt laser.
7. Phôi gia công.
8. Máy CNC.

Hình IV.6: Sơ đồ kết cấu thực nghiệm

trục tọa độ X,Y,Z, dễ dàng thay đổi và khống chế độ ổn định và độ chính xác của đầu cắt.

Nguồn laser CO2: Bộ phận này có nhiệm vụ tạo ra nguồn bức xạ laser cho đầu cắt. Các nhiên liệu khí (CO_2 , He, N_2 , H_2) được bơm vào buồng cộng hưởng nhờ một bơm hút chân không, Quá trình tạo ra chùm tia laser được thực hiện trong buồng cộng hưởng nhờ một điện trường cao thế. Chùm tia laser được đưa đến đầu cắt nhờ một hệ thống gương quang học được bố trí như hình vẽ 6

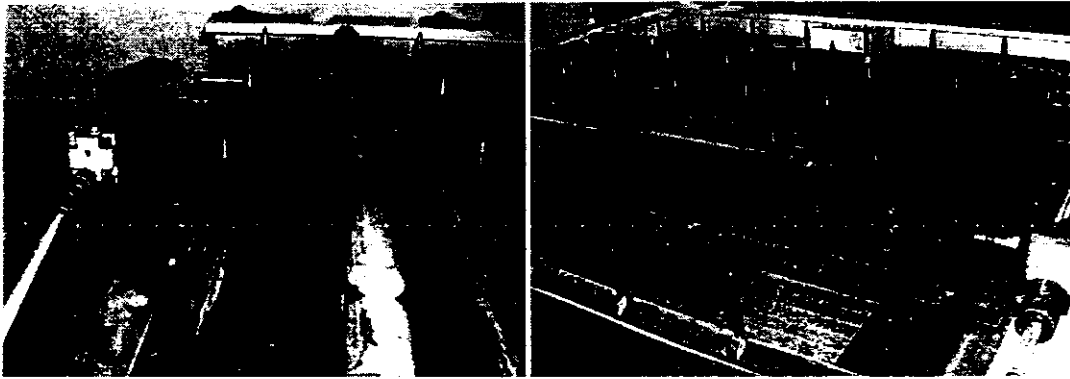
Đặc điểm kỹ thuật của thiết bị: [15] mô tả đầy đủ đặc tính kỹ thuật của ML1000CO2- CNC, sau đây là một vài đặc điểm chính

- Sai số đo tại 3 trục:
 - + Trục X ± 0.01 mm
 - + Trục Y ± 0.01 mm
 - + Trục Z ± 0.01 mm
- Kích thước máy : 5200x2200x1700 mm
- Hành trình dịch chuyển :
 - + Trục X : 2400mm
 - + Trục Y : 1200 mm
 - + Trục Z : 200mm
- Chiều dày cắt lớn nhất (đối với thép chế tạo) : 6mm
- Tốc độ tiến bàn máy vô cấp theo các trục:
 - + Trục X : 0 $\rightarrow$ 23000mm/phút
 - + Trục Y : 0 $\rightarrow$ 18000mm/phút
 - + Trục Z : 0 $\rightarrow$ 9000mm/phút
- Thấu kính hội tụ được chế tạo từ vật liệu ZnSe và có tiêu cự f 5"(127mm) [4].
- Loại khí cắt sử dụng (N_2 , CO_2) độ sạch 99,9%

Các thông số công nghệ (công suất laser, tốc độ cắt, áp khí thổi, khoảng cách đầu cắt) có thể được thiết lập và điều khiển bởi bộ điều khiển TNC-310 HAIDENHEIN có tích hợp với điều khiển Laser FEHA. Các đầu cắt có đường kính khác nhau có thể dễ dàng thay thế vào hệ thống đầu cắt thông qua ren lắp ráp.

3.1.2 Gá mẫu

Quá trình cắt bằng chùm tia laser là một quá trình cắt không có lực cắt. Do vậy vấn đề kẹp phôi không được coi trọng như các phương pháp gia công cắt gọt khác. Hình IV.7 biểu diễn bộ gá phôi và kẹp phôi bằng khí nén. Mẫu thí nghiệm ở dạng tấm được đưa vào bàn cắt một cách dễ dàng nhờ một hệ thống bi lăn và định vị trên các chốt tỳ. Trường hợp gia công phôi nhỏ, phôi có thể được đặt trực tiếp trên bàn cắt, không cần gá kẹp [15].



Hình IV. 7: Bộ gá phôi và kẹp phôi bằng khí nén

3.1.3 Chuẩn bị mẫu

Thí nghiệm cắt bằng tia laser được tiến hành theo nhiều nhóm thí nghiệm. Để tránh có những sự khác nhau không cần thiết, các thí nghiệm trong nhóm sẽ được thực hiện trên các mẫu có kích thước dài x rộng và phân bố vết cắt tương tự nhau. Do là thiết bị cắt CNC nên vấn đề về khả năng gia công các biên dạng hình học phức tạp đạt độ chính xác cao (độ chính xác định vị ± 0.01 , độ chính xác lặp lại ± 0.01 [15]), các thí nghiệm sẽ được thực hiện cắt thẳng để dễ dàng cho việc quan sát và đo đạc.

Các loại mẫu thí nghiệm:

Nhóm mẫu thép thường

- Mẫu thép CT3
 - Kích thước : 30 mm x 25 mm
 - Chiều dày : t (1mm, 1.2mm, 2mm, 3mm. 6mm...)
 - Mẫu được cắt theo dạng hình lược (Hình IV.8)
 - Tính chất vật liệu (Theo bảng IV. 2)

- Mẫu thép C45
- Kích thước : 30 mm x 25 mm
- Chiều dày : t (1mm, 1.2mm, 2mm, 3mm, 6mm...)
- Mẫu được cắt theo dạng hình lược
- Tính chất vật liệu (Theo bảng IV.2)

Nhóm mẫu thép khó gia công

- Mẫu thép INOX-SU304
- Kích thước : 30 mm x 25 mm
- Chiều dày : t (1mm, 1.2mm, 2mm, 3mm, 6mm...)
- Mẫu được cắt theo dạng hình lược
- Tính chất vật liệu (Theo bảng IV.2)
- Mẫu thép 65Ge
- Kích thước : Theo bản vẽ thiết kế của Cty cổ phần xây dựng & thiết bị công nghiệp (phụ lục IV.3)
- Chiều dày : t = 6mm

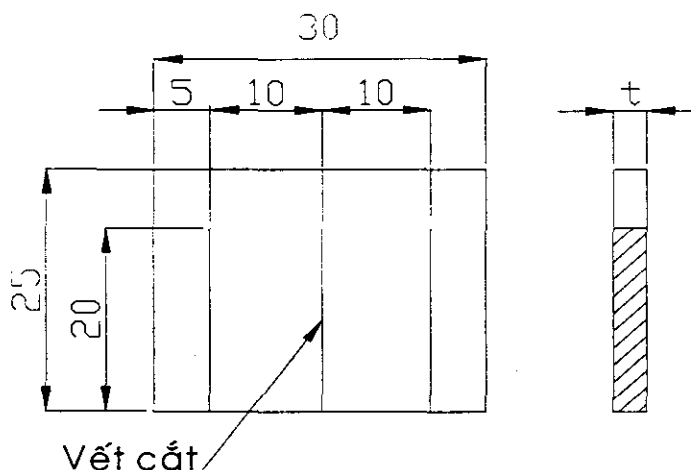
Đặc tính kỹ thuật của vật liệu thí nghiệm: được thể hiện ở bảng IV. 2

Bảng IV.2: Đặc tính kỹ thuật của các vật liệu thí nghiệm

Đặc tính		Thép C 45 thường	Thép CT3	Thép hợp kim SU304
Thành phần %	C	0.45	0.3	0.38
	Si	0.5	0.6	0.20
	Mn	0.02	0.03	0.90
	S	0.15	0.17	0.40
Độ cứng		185HB	130 :170HB	150-170HB
Độ bền kéo				700N/mm ²
Đặc tính	Gia công cơ	Tốt	Tốt	Trung bình
	Chống mài mòn	Trung bình	Trung bình	Tốt
	Cấu trúc hạt	Thô	Thô	Mịn
Độ dẫn nhiệt K(W/cm ⁰ C)		0,835(273 ⁰ K)	0,793(273 ⁰ K)	0,168(273 ⁰ K)
		0,325(1000 ⁰ K)		0,225(1000 ⁰ K)

Nhiệt lượng riêng (J/g ⁰ C)		0,42(273 ⁰ K)	0,51(273 ⁰ K)	0,37(273 ⁰ K)
		0,98(1000 ⁰ K)	0,92(1000 ⁰ K)	0,45(1000 ⁰ K)

Kích thước mẫu thí nghiệm: t - chiều dày vật liệu, phụ thuộc vào nhóm thí nghiệm thực hiện



Hình IV. 8: Qui cách của mẫu thí nghiệm

3.1.4 Điều kiện tiến hành thí nghiệm

- Nhiệt độ phòng : 23⁰C
- Nhiệt độ buồng làm mát : 19,6⁰C
- Độ ẩm : 85%

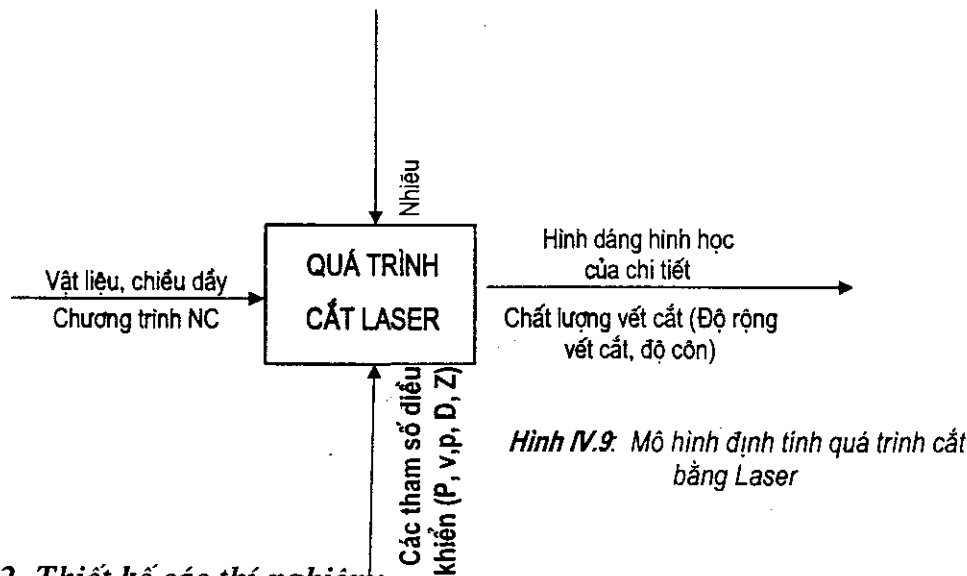
3.2 Thiết kế thí nghiệm:

3.2.1 Mô hình định tính quá trình gia công cắt với tia laser

Mô hình định tính quy trình gia công trên máy ML1000CO2-CNC được thể hiện ở hình IV.9 với:

- Đầu vào là phôi gia công (thể hiện qua vật liệu và chiều dày tấm) và chương trình NC
- Đầu ra là hình dáng hình học chi tiết và chất lượng gia công (thông qua độ rộng mạch cắt và độ côn của mạch)
- Các tham số điều khiển : Công suất (P), tốc độ cắt (v), áp khí thổi (p) đường kính đầu cắt (D), khoảng cách đầu cắt/vị trí tiêu cự (Z)
- Nhiễu: là nhiễu hệ thống và nhiễu ngẫu nhiên

Thiết kế thí nghiệm quan tâm đến tuyển chọn các giá trị tham số điều khiển để chèn vào chương trình NC, thực hiện gia công theo thiết kế đã định trước. Vì là thiết bị mới nên những quy luật của nhiều hệ thống chưa được nghiên cứu do vậy trong thiết kế thí nghiệm ta chấp nhận tất cả các mẫu đều chịu ảnh hưởng như nhau về nhiễu, tức tìm ẩn một sai lệch nghiên cứu như nhau.



3.2.2 Thiết kế các thí nghiệm:

Thiết kế thí nghiệm là một khâu quan trọng trong nghiên cứu sự ảnh hưởng của các thông số công nghệ. Chúng tuân theo các qui tắc chuẩn mực từ khâu đầu tiên đến khâu kết thúc, từ đó bằng các phương pháp qui hoạch thực nghiệm đưa ra được các mối quan hệ toán học nhằm đánh giá một cách chính xác nhất mối quan hệ của thông số đầu vào và hàm mục tiêu.

Để có một thiết kế thí nghiệm tốt tức là các thí nghiệm được thiết kế phản ánh được đầy đủ sự tác động của các thông số lên hàm mục tiêu người thực hiện bắt buộc phải tiến hành các thí nghiệm:

- Thí nghiệm xác định khả năng công nghệ (biên của các tham số)
- Thí nghiệm xác định qui luật ảnh hưởng đơn của các yếu tố công nghệ
- Thí nghiệm nghiên cứu sự ảnh hưởng đồng thời của các tham số công nghệ theo các phương pháp thiết kế chọn trước.

Thí nghiệm xác định khả năng công nghệ: Là yêu cầu đầu tiên trong việc thiết kế thí nghiệm, phải xác định được các giới hạn của bài toán công nghệ tức là tìm ra các giới hạn trên và dưới của các thông số công nghệ cần khảo sát. Nhóm

nghiên cứu đã làm một loạt các thí nghiệm để thăm dò giới hạn của các thông số công nghệ. Bảng IV.3 là ví dụ về thiết kế cho tấm vật liệu CT3 chiều dày $t = 2\text{mm}$.

Bảng IV.3 : Thí nghiệm thăm dò tìm khả năng công nghệ của thiết bị

Khả năng	Tham số biến đổi	Bộ tham số cố định	Chi chú
Tốc độ (v)	1m/phút và 5m/phút	P970W, p=3 bar, $\phi 0,8$, Z2mm	
Áp khí thổi (p)	0,5 bar, 5 bar	P970W, v=3 m/phút, $\phi 0,8$ Z2mm	

Thí nghiệm xác định ảnh hưởng đơn của các thông số công nghệ: Các thí nghiệm này sẽ đánh giá được qui luật ảnh hưởng của từng thông số công nghệ lên hàm mục tiêu, từ đó có thể đưa ra nhận xét về tỉ trọng ảnh hưởng của từng thông số công nghệ và là những căn cứ quan trọng trong việc đánh giá sự chính xác của mô hình toán học sau này. Các thí nghiệm nghiên cứu sự ảnh hưởng đơn của các thông số công nghệ được thiết kế trong bảng IV.4 cho vật liệu là thép CT3 chiều dày $t = 2\text{mm}$.

Bảng IV. 4: Thí nghiệm ảnh hưởng đơn của thông số công nghệ

Thông số	Tham số biến đổi	Bộ tham số cố định	Chi chú
Mối quan hệ giữa P, V	$P(w), v (m/p)$	$P_{kt}=3 \text{ bar}, \phi 0,8, Z2\text{mm}$	$t=2\text{mm}$ $t=2,5\text{mm}$
Vận tốc cắt - chiều sâu t (mm)	$v(m/p) - t(mm)$	$P_{kt}=3 \text{ bar}, \phi 0,8, Z2\text{mm}$	$P = 1000w$ $P=750w$
Công suất laser (P)- W	970, 850, 750, 650, 550, 450	$v=3\text{m/phút}, p=3 \text{ bar}, \phi 0,8, Z2\text{mm}$	$t = 1,5\text{mm}$ $t=2\text{mm}$
Tốc độ cắt v-m/phút	4; 3; 2;	P970W, p=3bar, $\phi 0,8$, Z2mm	
áp khí thổi (p)-bar	4; 3; 2; 1;	P970W, v=3 m/phút, $\phi 0,8$, Z2mm	
Khoảng cách đầu phun (Z)-mm	3; 2, 5; 2; 1,5; 1	P970W, v=3 m/phút, p=3bar, $\phi 0,8$,	
Đường kính đầu phun (D)-mm	0,8 ; 1,2 ; 2	P970W, v=3 m/phút, p=3bar, Z2mm	

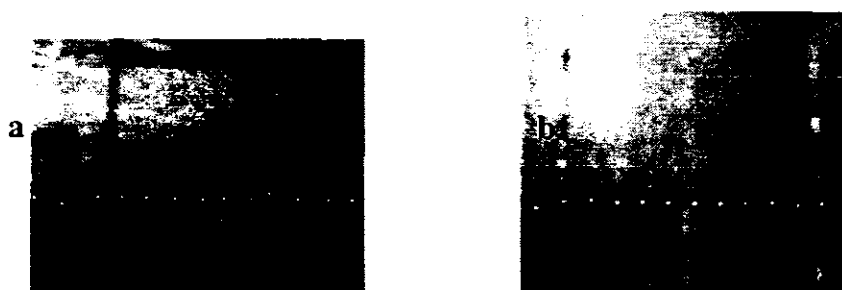
Thí nghiệm nghiên cứu sự ảnh hưởng đồng thời của các thông số công nghệ: Các thí nghiệm sẽ được thiết kế dựa trên các thí nghiệm nêu trên và được thiết kế theo các phương pháp chọn trước để tìm kiếm mô hình toán học (xem

điểm 6.2.2) và tối ưu hoá các tham số công nghệ (xem điểm 7.2): Sau khi thực hiện thí nghiệm thăm dò và khảo sát ảnh hưởng đơn của thông số công nghệ, quy hoạch thực nghiệm mới được thiết kế và tiến hành thí nghiệm

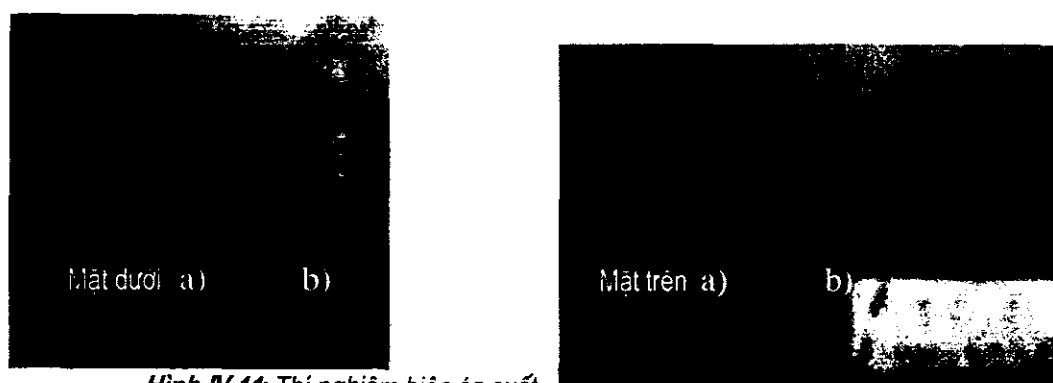
3.3 Thực hiện thí nghiệm

3.3.1 Thí nghiệm thăm dò khả năng công nghệ của thiết bị

Một loạt các thí nghiệm thăm dò khả năng công nghệ của thiết bị cũng như giới hạn của phương pháp đã được thực hiện theo thiết kế của bảng IV.3, quan



Hình IV.10: Thí nghiệm biên tốc độ
a) Cắt với tốc độ chậm ($v = 1\text{m/p}$)
b) Vết cắt không đứt khi cắt với $v = 5\text{m/p}$



Hình IV.11: Thí nghiệm biên áp suất
a) Vết cắt với áp thấp ($P_{kt} = 0,5\text{bar}$)
b) Vết cắt với áp cao ($P_{kt} = 5\text{ bar}$)

sát trên các đồ thị hình IV.10 và hình IV.11 ta có các nhận xét sau:

Khảo sát khả năng của vận tốc cắt gia công thép chế tạo từ 1÷6 mm cho thấy tại mẫu với $v = 5\text{m/phút}$, chất lượng mép cắt có chiều dày 2mm nằm vùng IV (hình IV.4): tốc độ quá nhanh mạch cắt chưa đứt, $v = 1\text{m/phút}$ chất lượng mép cắt lại nằm ở vùng II, mạch cắt khá rộng

- Khảo sát vùng áp khí thổi :(phụ lụcIV.1): $p=0,5$ bar, áp không đủ để đưa vật liệu nóng chảy ra khỏi rãnh cắt, $p=5$ bar cho mạch cắt sạch, đều nhưng không có sự khác biệt so với áp 4 bar.

3.3.2 Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng đơn của một số thông số công nghệ đến chất lượng mạch cắt.

Nghiên cứu sự ảnh hưởng của từng thông số công nghệ đến các chỉ tiêu quá cắt như độ rộng mạch cắt, độ côn mạch cắt, ...được thực hiện với các thí nghiệm được thiết kế theo bảng I.V4 tại mục 3.2.2 . Các kết quả được đo tại phòng thí nghiệm vật liệu Trường đại học Bách Khoa Hà Nội được thể hiện ở phụ lục IV.1.

Xử lí số liệu được thực hiện dưới sự hỗ trợ của các phần mềm ứng dụng Turbo Pascal , Aess Exel của bộ Office Windows XP chạy trên PC.

3.3.2.1 *Mối quan hệ giữa vận tốc cắt và công suất cắt*

Quan hệ giữa tốc độ cắt và công suất cắt là mối quan hệ tuyến tính bậc nhất qua kết quả thí nghiệm được thể hiện ở hình IV.12 (thép CT3 ở chiều dày 2mm, 2.5mm). Điều này là phù hợp với các công bố [1,2,...]. Có thể giải thích mối quan hệ này như sau:

Công suất của nguồn bức xạ laser được coi như một nguồn nhiệt tập trung còn vận tốc cắt chính là tốc độ di chuyển của nguồn nhiệt đó trên bề mặt phôi. Mối quan hệ giữa vận tốc cắt (V) và toàn bộ năng lượng nhiệt (bao gồm công suất bức xạ và nhiệt lượng bổ xung do các phản ứng oxy hóa) có thể được xác định gần đúng theo biểu thức xác định hiệu suất của quá trình [1].

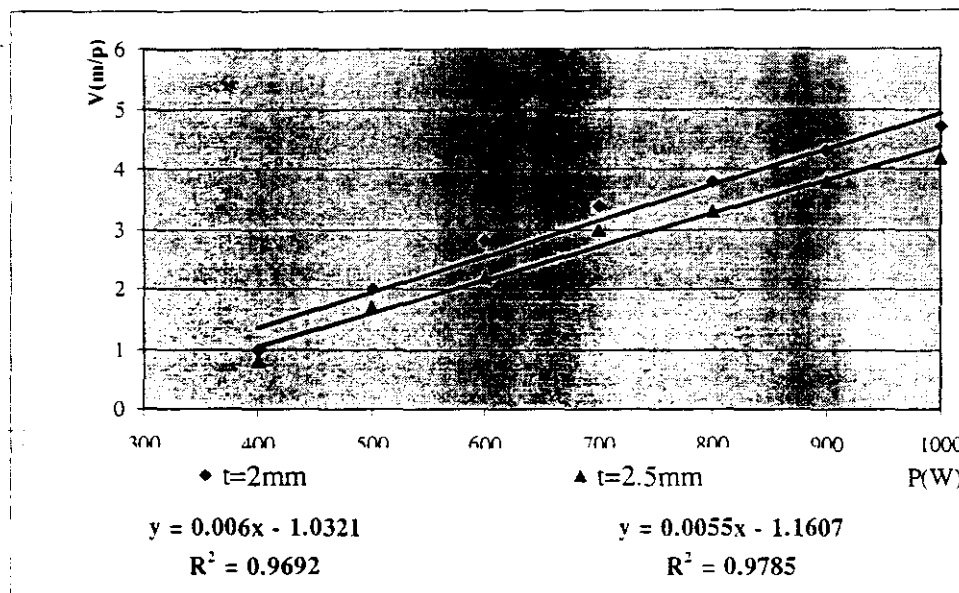
$$P = \eta . w . t . V$$

Trong đó

- P : Công suất dòng.
- w : Độ rộng khe trung bình.
- t : Độ dày của tấm vật liệu.
- V : Tốc độ cắt. (m/s)
- η : Hiệu suất

Như vậy đối với một vật liệu có chiều dày t cố định, mạch cắt w có thể

giữ được cố định nếu khi tăng P thì v cũng phải tăng theo tương ứng và ngược lại. Điều này cho thấy tác động của nguồn nhiệt lên chất lượng mạch cắt là tương tự với tác động của tốc độ cắt, thậm chí tốc độ cắt còn có tác dụng mạnh hơn đến độ nhám bề mặt gia công vì hiện tượng tạo striation [N.Rja].

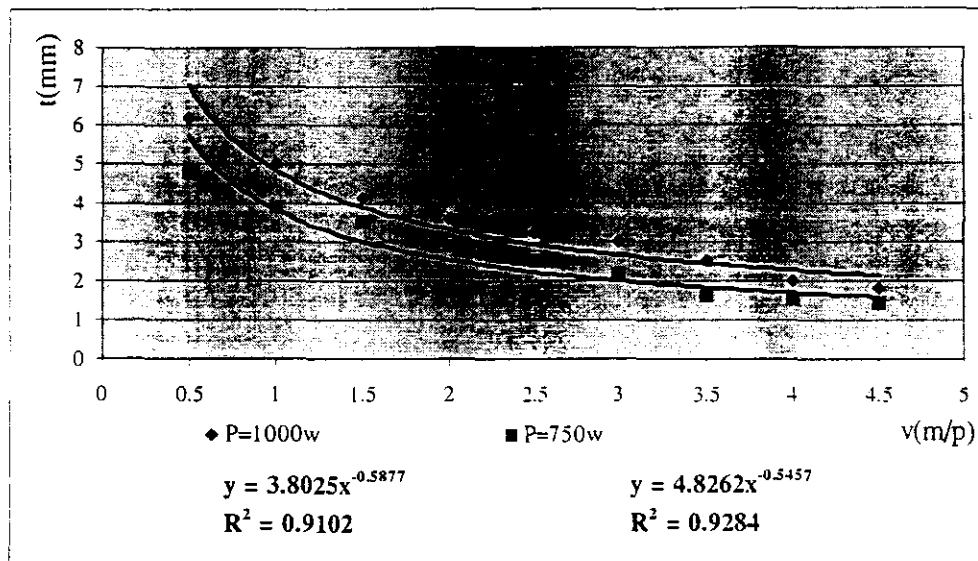


Hình IV.12: Mối quan hệ của P và V

Như vậy, trong trường hợp sử dụng hết công suất của thiết bị 1000W, ta có thể sử dụng vùng tốc độ lớn từ 2m/phút ÷ 4m/phút (theo kết quả khảo nghiệm biên công nghệ tại điểm 3.2.1) để có được chất lượng vết cắt tốt.

3.3.2.2 Ảnh hưởng của tốc độ cắt đến chiều dày vật liệu cắt

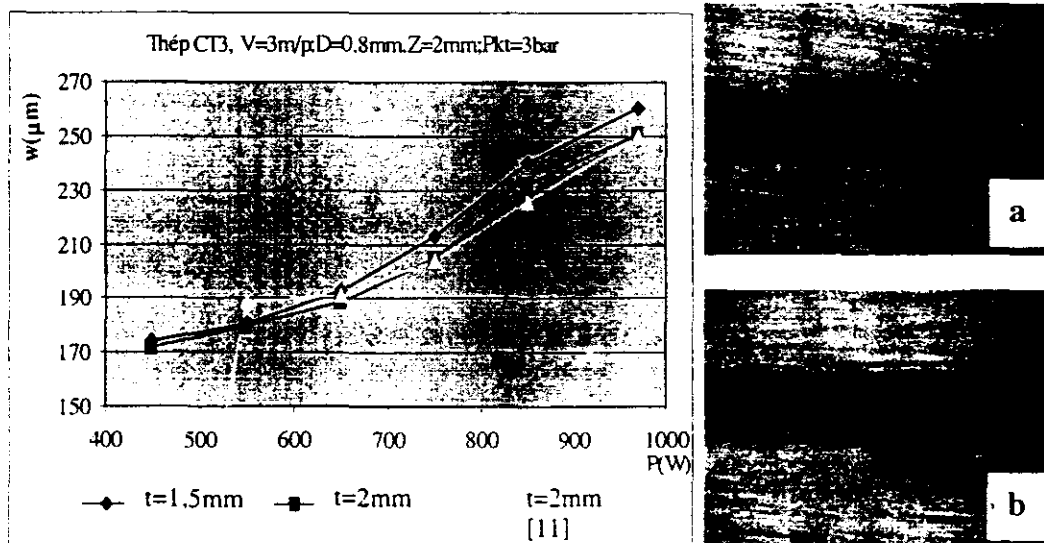
Thí nghiệm xem xét ảnh hưởng của tốc độ cắt (v) đến chiều dày vật liệu cắt (t). Kết quả về mối quan hệ giữa v - t được thể hiện ở hình IV.13. Từ thí nghiệm gia công tại P1000W và P750W có được đồ thị xấp xỉ với phương trình hệ số mũ (theo phương pháp bình phương nhỏ nhất) thể rút ra kết luận đó là mối quan hệ $v = at^{-b}$ với a và b là hai hằng số dương. Điều này tương hợp với những báo cáo [1, 2] rằng tại một công suất cho trước, để đảm bảo chất lượng gia công thì tăng tốc độ cắt khi chiều dày giảm và ngược lại.



Hình IV.13: ảnh hưởng của vận tốc cắt đến chiều dày gia công

3.3.2.3 Ảnh hưởng của công suất cắt đến độ rộng vết cắt.

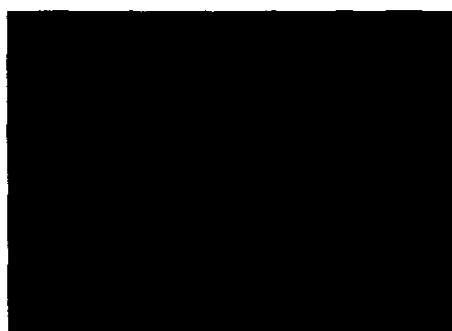
Công suất của nguồn Laser đại diện cho mật độ năng lượng của chùm tia laser, là yếu tố quyết định đến khả năng gia công và chất lượng gia công. Ảnh hưởng của công suất laser đến độ rộng mạch cắt được thể hiện ở hình IV.11 khi thực hiện thí nghiệm theo bảng IV.4.



Hình IV.14: Mối quan hệ giữa công suất cắt P và độ rộng vết cắt w

a) Độ rộng mạch cắt của thép CT3, $t=1.5mm$

b) Độ rộng mạch cắt của thép CT3, $t=2mm$



(a) P=970w



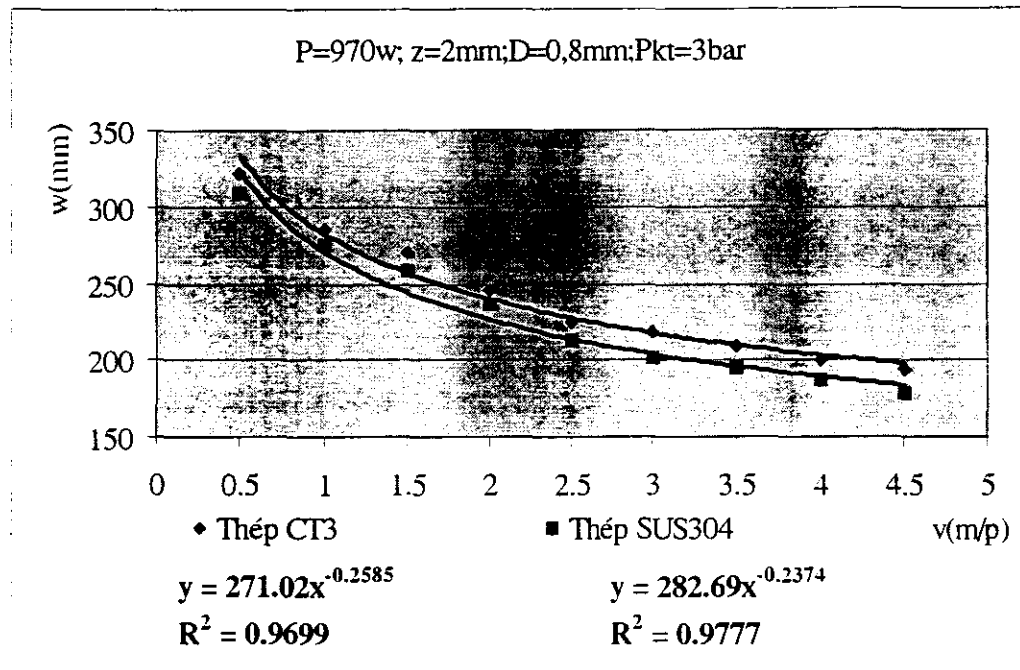
(b) P = 650w

Hình IV.15: Mẫu thí nghiệm khi cắt ở các mức công suất khác nhau

Trong gia công bằng chùm tia laser đối với mỗi một loại vật liệu khác nhau thì tồn tại một giá trị được gọi là hằng số vật liệu (hằng số này phụ thuộc vào tính chất lý hóa của vật liệu, ở mục 2.2 trình bày cách tính hằng số vật liệu) theo mục 2.2 ta có được mối quan hệ giữa hằng số vật liệu, tốc độ cắt và chiều sâu cắt theo phương trình: $\frac{P}{tv} = K$ (hằng số vật liệu). như vậy trong gia công một loại vật liệu có cùng chiều dày để được chất lượng bề mặt là tốt nhất thì P và V phải cùng biến đổi sao cho hằng số vật liệu không thay đổi. hình IV.14 chỉ ra hai mẫu thí nghiệm khi gia công thép CT3, $t=2\text{mm}$; $v=2,8\text{m/p}$ P=970w và P = 650w. Quan sát mẫu ta nhận thấy khi giá trị P, v là hợp lý thì chất lượng bề mặt của chi tiết là nhẵn, khe hở hẹp và đều (mẫu a), mẫu còn lại (mẫu b) còn thấy vết cắt tồn tại bavia, mạch cắt không đều.

3.3.2.4 ảnh hưởng của tốc độ cắt đến độ rộng vết cắt

Tiến hành các thí nghiệm nghiên cứu sự ảnh hưởng của vận tốc cắt lên độ rộng vết cắt theo bảng IV.4. Hình IV.16 là đồ thị miêu tả ảnh hưởng của tốc độ cắt lên độ rộng mạch cắt trong miền cắt được tại công suất P = 1000W, cho hai loại thép CT3 và thép INOX SU304, dày 1.5mm. Có thể nhận thấy tốc độ cắt có ảnh hưởng theo mối quan hệ $w = av^{-b}$ trong đó w là độ rộng mạch cắt, v là tốc độ cắt, a và b là hằng số phụ thuộc vào các tham số công nghệ tham gia gia công khác (đồ thị 13 đưa ra đường cong quan hệ w-v khi cắt thép CT3 và SUS304).



Hình 16: Đồ thị ảnh hưởng của vận tốc cắt lên độ rộng mạch cắt

Kết quả nghiên cứu này tương đồng với báo cáo của [9]. Có thể giải thích mối quan hệ này như sau :

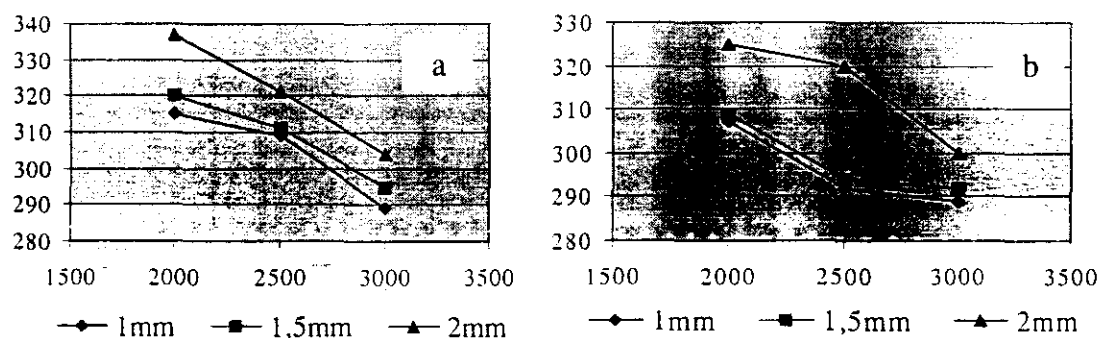
Tốc độ cắt chính là tốc độ di chuyển của nguồn nhiệt tập trung trên bề mặt của phôi. Tại một công suất cố định của nguồn bức xạ, nếu vận tốc cao hơn, thời gian lưu lại của nguồn nhiệt trên bề mặt vật liệu, tạo lan truyền nhiệt sang cạnh đường di chuyển ít, nên sẽ tạo nên vết cắt cũng như vùng HAZ nhỏ hơn. Kích thước mạch cắt chỉ giảm trong vùng tốc độ tăng thích ứng, nơi kim loại nhận đủ năng lượng để nóng chảy. Đó là “đỉnh của đường Gauss”- V_{gh} . Nếu tốc độ tăng quá cao ($V_c > V_{gh}$) sẽ xảy ra hiện tượng cắt không đứt, khi đó lượng kim

Bảng IV. 5: Bảng thí nghiệm kiểm tra ảnh hưởng của vận tốc cắt

STT	Thông số công nghệ	Vật liệu thép C45			Vật liệu thép SUS304		
		1(mm)	1,5(mm)	2(mm)	1(mm)	1,5(mm)	2(mm)
1	P (W)	1000			1000		
2	P_{kt} (Bar)	3,5			3,5		
3	D (mm)	0,8			0,8		
4	h(mm)	2,5			2,5		
5	V(mm/ph)	2000	2500	3000	2000	2500	3000

loại nóng chảy không có đường thoát có thể có hiện tượng trào ngược lên bề mặt của phôi, phá hỏng vết cắt (hình IV10.b)

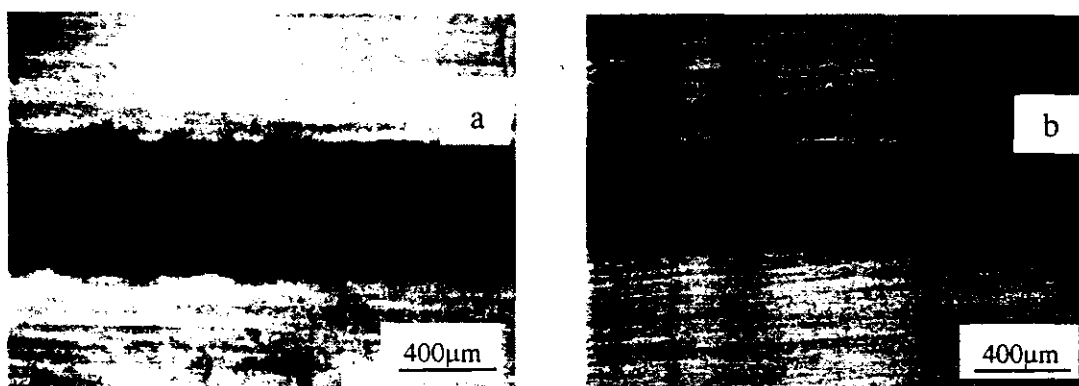
Bằng một loạt các thí nghiệm kiểm tra (bảng IV.5) đánh giá sự ảnh hưởng của vận tốc cắt lên độ rộng mạch cắt với các vật liệu và chiều dày khác nhau. Ta có thể kết luận một cách chắc chắn rằng vận tốc cắt tác động tỷ lệ nghịch với độ rộng mạch cắt. Hình IV.17, 18 cho ta thấy sự biến thiên của độ rộng mạch cắt khi thay đổi tốc độ cắt.



Hình IV.17: a) ảnh hưởng của V tới w khi cắt thép C45
b) ảnh hưởng của V tới w khi cắt thép INOX SUS304

3.3.2.5 Ảnh hưởng của áp suất khí thổi đến độ rộng vết cắt.

Tiến hành các thí nghiệm nghiên cứu sự ảnh hưởng của áp suất khí thổi lên độ rộng vết cắt theo bảng IV.4. Hình IV.19 mô tả mối sự ảnh hưởng của áp suất

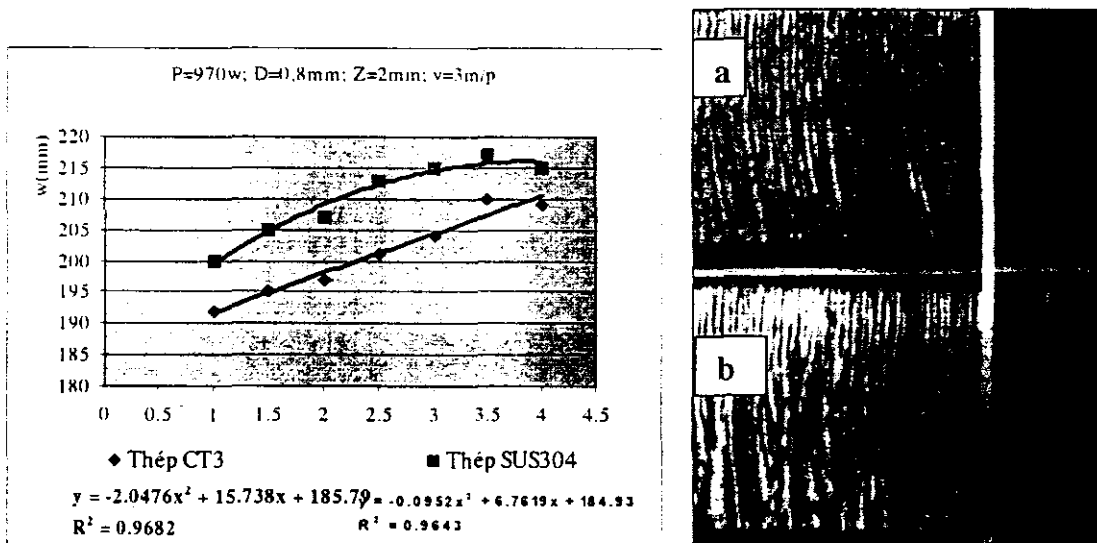


Hình IV. 18: ảnh chụp phóng đại độ rộng mạch cắt sau gia công
a) Mẫu thép CT3
b) Mẫu thép INOX SUS304

khí thổi đến chiều sâu cắt và độ rộng của vết cắt với khí thổi (O₂) khi gia công thép CT3 và INOX-SUS304 chiều dày t = 2mm. Với cả hai loạt thí nghiệm ta đều thấy qui luật ảnh hưởng có dạng một hàm đa thức, (hai mô hình ví dụ tại hình

IV.19) quan sát trên đồ thị ta nhận thấy ban đầu Pkt và w tỉ lệ thuận sau khi tới một giá trị tới hạn khi tiếp tăng Pkt ta nhận thấy w có chiều giảm nhẹ, như vậy có thể kết luận rằng: Mỗi quan hệ này là mối quan hệ có điểm cực trị, tương tự như báo cáo của [10]. Ban đầu khi tăng dần áp suất khí, dưới tác động của lực dòng khí phun vào vùng gia công, một phần khí sẽ bổ xung cho phản ứng đốt cháy, phần còn lại thực hiện đưa phoi ra khỏi vùng gia công. ở giai đoạn này lượng phoi được thổi tăng khi tăng áp. Khi áp suất khí tăng đạt đến một giới hạn Pgh nào đó, tại đó dòng khí đã đảm bảo đủ lưu lượng khí cho phản ứng đốt cháy và đưa phoi ra khỏi vùng gia công nếu tiếp tục tăng áp suất khí thì sẽ chỉ gây ra sự lãng phí. Mặt khác, tại điểm Pth áp lực khí đã đạt được ngưỡng nhảy về độ nén nên nếu tiếp tục tăng áp sẽ làm giảm tốc độ và năng lượng động học của dòng khí, hiện tượng này sẽ giảm lượng phoi được đẩy ra.

Một trong những ảnh hưởng nữa của áp suất khí đến độ rộng mạch cắt là tạo nên hiện tượng hội tụ sớm và tán xạ dòng Laser bởi trường mật độ khí DGF

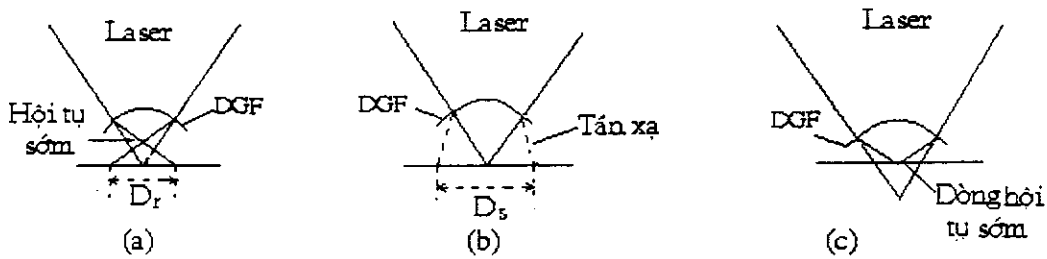


Hình IV.19: Mối quan hệ của áp suất khí và độ rộng mạch cắt

a) Độ nhám và độ rộng mạch cắt khi cắt thép CT3

b) Độ nhám và độ rộng mạch cắt khi cắt thép SUS-3

(Density gradient field) làm thay đổi vị trí thực của điểm hội tụ (xem hình IV.20):

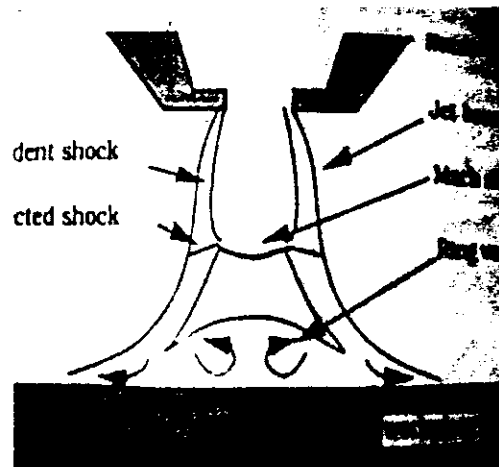


Hình IV.20: ảnh hưởng sự giao thoa của trường DGF

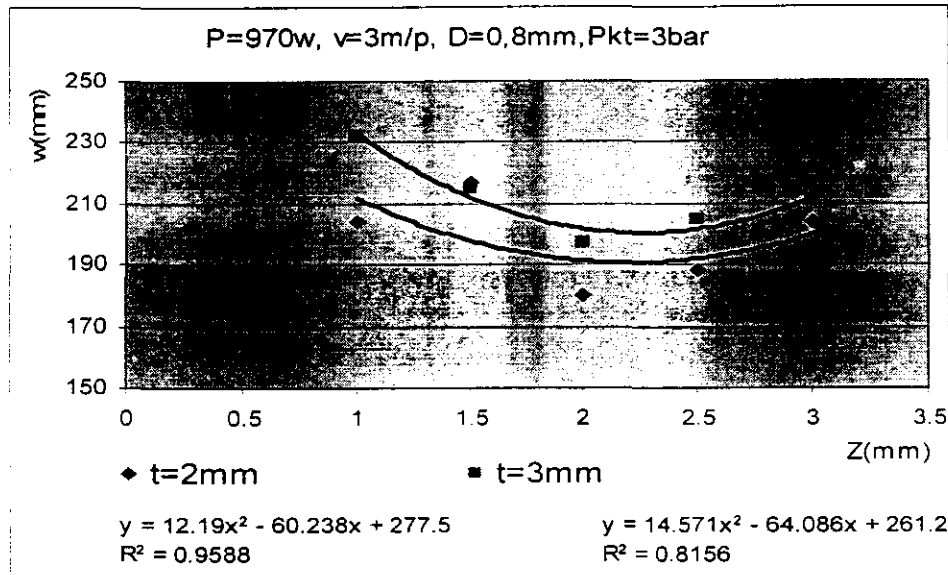
- Hiện tượng hội tụ sớm : Hiện tượng này làm dịch chuyển mặt phẳng hội tụ lên trên bề mặt phôi, làm thay đổi đường kính hội tụ (D_r) tại bề mặt phôi, ảnh hưởng đến độ rộng khe cắt và tốc độ làm nóng chảy bề mặt phôi (hình IV.20a,c).
- Hiện tượng tán xạ dòng laser: Hiện tượng này cũng làm tăng đường kính vòng hội tụ trên bề mặt phôi (D_s), ảnh hưởng đến độ rộng khe cắt (hình IV.20b).

3.3.2.6 Ảnh hưởng của khoảng cách đầu cắt đến độ rộng vết cắt.

Khoảng cách đầu cắt được định nghĩa là khoảng cách từ đỉnh của đầu cắt đến bề mặt của chi tiết gia công. Ảnh hưởng của khoảng cách đầu cắt đến độ rộng vết cắt thực chất là ảnh hưởng của vị trí điểm hội tụ tia laser (khi gia công, điểm tập trung năng lượng chính là điểm hội tụ của tia laser, vị trí này được tính toán sao cho điểm hội tụ lý thuyết nằm trên bề mặt gia công, đó là lý do mà trong suốt quá trình gia công đầu cắt cần phải được giữ cách bề mặt phôi một khoảng cách cố định). Ngoài ra khoảng cách đầu cắt còn ảnh hưởng trực tiếp đến cấu trúc khí động học của dòng khí cắt (xem hình IV.21) và gián tiếp vào dịch chuyển vị trí hội tụ của chùm laser.



Hình IV.21: Cấu trúc khí động học của dòng khí cắt.



Hình IV.22: ảnh hưởng của khe hở đầu cắt đến độ rộng vết cắt
khi gia công vật liệu SU304

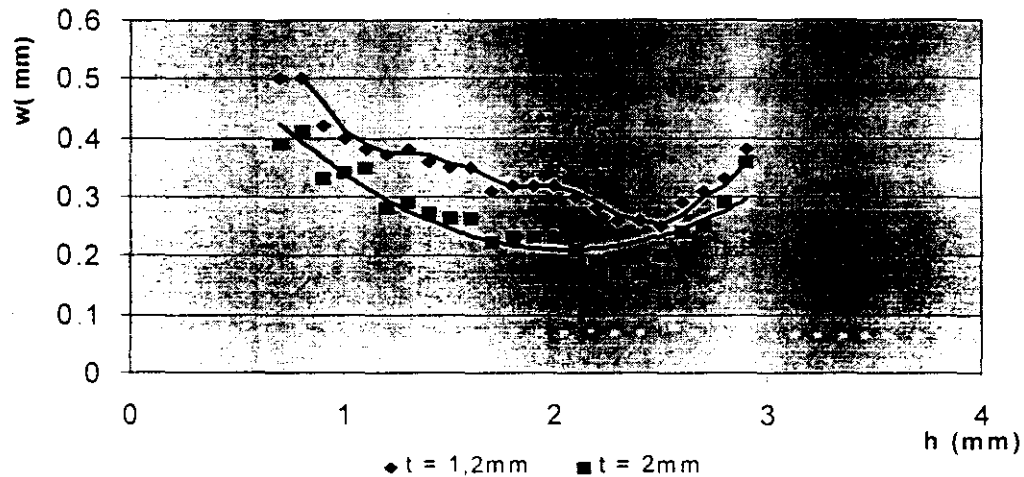
Kết quả về ảnh hưởng của khoảng đầu phun đến độ rộng mạch cắt được thể hiện ở hình IV.22. Tại $Z=2mm$, chiều rộng mạch cắt là nhỏ nhất. Theo tính toán lí thuyết, với $Z=2,5mm$ vị trí của tiêu cự nằm trên bề mặt gia công còn $Z=2mm$, vị trí tiêu cự nằm dưới bề mặt gia công. Do hiệu ứng DGF vị trí tiêu cự bị dịch chuyển nên có thể cho rằng trong trường hợp $Z = 2mm$ vị trí tiêu cự thực là trên bề mặt.

Việc chọn lựa khoảng cách tối ưu từ những lí do: Nếu khoảng cách đầu cắt là quá nhỏ, trong quá trình cắt phản lực của dòng khí cắt có áp có thể tác động ngược lên thấu kính gây hư hỏng, hoặc có thể có thể gây ra hiện tượng kẹt và va chạm giữa đầu cắt và các xỉ thép. Nếu khoảng cách là quá xa sẽ gây ra tổn thất áp . Trong các nghiên cứu đã được công bố [11], [12] các tác giả kết luận khoảng cách đầu cắt được sử dụng hiệu quả trong khoảng (0,89mm : 3mm) và thí nghiệm trên khoảng cách đầu phun bằng 2mm là tối ưu.

Hình IV.23: ảnh chụp phóng đại độ rộng mạch cắt khi gia công ở các khoảng cách đầu phun khác nhau: a) $h=1mm$; b) $h=2mm$; c) $h=3mm$



Kết quả về ảnh hưởng của khoảng đầu phun đến độ rộng mạch cắt được thể hiện ở hình IV.22. Tại $Z=2\text{mm}$, chiều rộng mạch cắt là nhỏ nhất. Theo tính toán lí thuyết, với $Z=2,5\text{mm}$ vị trí của tiêu cự nằm trên bề mặt gia công còn $Z=2\text{mm}$, vị trí tiêu cự nằm dưới bề mặt gia công. Do hiệu ứng DGF vị trí tiêu cự bị dịch chuyển nên có thể cho rằng trong trường hợp $Z = 2\text{mm}$ vị trí tiêu cự thực

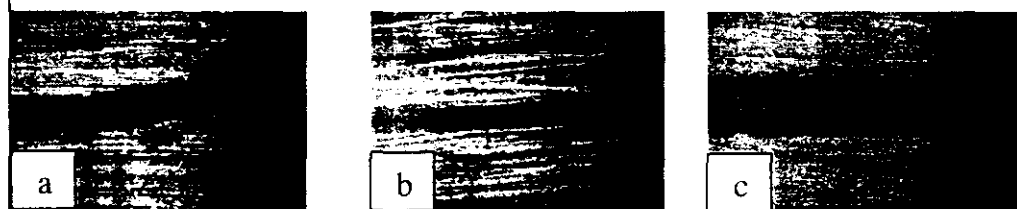


Hình IV.22: ảnh hưởng của khe hở đầu cắt đến độ rộng vết cắt khi gia công vật liệu SU304

là trên bề mặt.

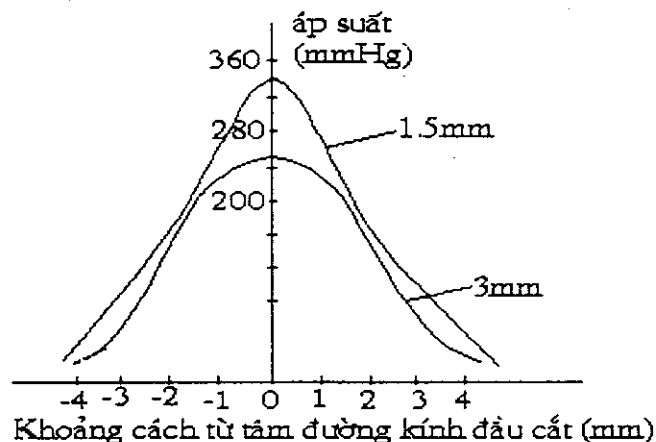
Việc chọn lựa khoảng cách tối ưu từ những lí do: Nếu khoảng cách đầu cắt là quá nhỏ, trong quá trình cắt phản lực của dòng khí cắt có áp có thể tác động ngược lên thấu kính gây hư hỏng, hoặc có thể có thể gây ra hiện tượng kẹt và va chạm giữa đầu cắt và các xỉ thép. Nếu khoảng cách là quá xa sẽ gây ra tổn thất áp. Trong các nghiên cứu đã được công bố [11], [12] các tác giả kết luận khoảng cách đầu cắt được sử dụng hiệu quả trong khoảng (0,89mm : 3mm) và thí nghiệm trên khoảng cách đầu phun bằng 2mm là tối ưu.

Hình IV.23: ảnh chụp phóng đại độ rộng mạch cắt khi gia công ở các khoảng cách đầu phun khác nhau: a) $h=1\text{mm}$; b) $h=2\text{mm}$; c) $h=3\text{mm}$



3.3.2.7 Ảnh hưởng của đường kính đầu cắt đến độ rộng vết cắt.

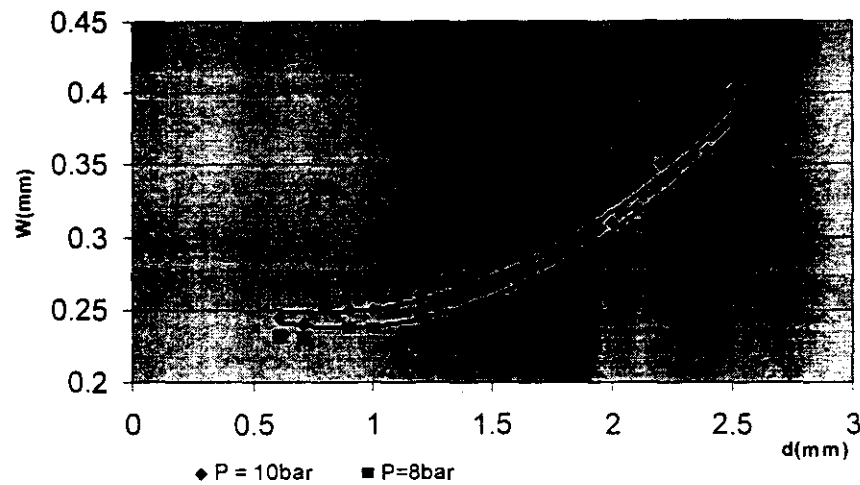
Ảnh hưởng của đường kính đầu cắt đến độ rộng vết cắt được thể hiện ở hình IV.25 Có thể nhận xét là đối 3 loại đường kính đầu phun thí nghiệm ($\phi 0,8$, $\phi 1,2$ và $\phi 2\text{mm}$) thì chất lượng các vết cắt với $\phi 0,8$ là đẹp nhất và có độ rộng mạch cũng như độ côn nhỏ nhất khi gia công với tất cả các mức áp trong khi các vết cắt với đầu $\phi 2$ xấu, đa số có ba vĩa mặt dưới, đặc biệt là đối với trường hợp gia công với áp khí thổi thấp (áp = 1 bar). Điều này có thể giải thích rằng, theo nguyên lý về khí động học [1], luồng khí cắt có áp đi qua đầu cắt có qui luật phân bố dạng Gauss. Hình dạng phân bố này phụ thuộc vào đường kính (D mm) của đầu cắt và áp suất khí cấp (hình 24). Luồng khí áp thổi có tác dụng bảo vệ thấu kính, hỗ trợ phản ứng đốt cháy và thổi kim loại ra khỏi vùng gia công. Việc lựa chọn đường kính đầu cắt sẽ phụ thuộc vào vật liệu gia công, áp suất khí thổi, chiều dài phôi. Với mỗi giá trị áp suất, vật liệu, chiều dài xác định ta cần lựa chọn một đường



Hình IV.24: Sự phân bố áp suất theo đường kính đầu cắt

kính thích hợp. Trong trường hợp thí nghiệm theo bảng IV. 4 với đầu cắt $\phi 2\text{mm}$ tại khoảng cách đầu phun 22,5mm đã có sự tụt áp. Sự tụt áp này ảnh hưởng không đáng kể khi gia công với áp 4 bar, nhưng đặc biệt rõ rệt khi gia công với áp thấp 1 bar, khi ấy áp suất đã không còn đủ để đẩy kim loại nóng chảy ra khỏi vùng gia công, để lại nhiều bavaria đọng tại mặt dưới của rãnh gia công.

Ảnh hưởng của đường kính đầu cắt lên vận tốc và độ rộng vết cắt (hình IV.25) Trong khoảng đường kính và áp suất cho thấy đường kính của đầu cắt lý lẽ thuận với độ rộng của vết cắt.



Hình IV.25: ảnh hưởng của đường kính đầu cắt đến độ rộng vết cắt

4. QUY HOẠCH THỰC NGHIỆM VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC

4.1 Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng đồng thời của các thông số công nghệ đến quá trình cắt bằng tia laser.

Việc nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng đơn của từng yếu tố công nghệ đến chất lượng vết cắt, nhằm xem xét thị phần ảnh hưởng của từng thông số công nghệ lên vết cắt, cho phép đánh giá định tính ảnh hưởng đồng thời của nhiều yếu tố tác động đến quá trình cắt.

Ảnh hưởng đồng thời của các tham số công nghệ lên hệ thống gia công bằng tia laser có thể khảo sát thông qua xây dựng mô hình toán học theo phương pháp lí thuyết thuần tuý hoặc theo phương pháp quy hoạch thực nghiệm. Đối với một đơn vị nghiên cứu ứng dụng như Viện IMI, việc lựa chọn phương pháp quy hoạch thực nghiệm là hợp lý. Trong phạm vi nghiên cứu, 5 thông số công nghệ chính được quan tâm, đó là:

- Công suất cắt
- Vận tốc cắt
- Khe hở đầu cắt
- Áp suất khí
- Đường kính đầu phun

Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng một mô hình toán học thực nghiệm dạng tường minh và tìm các bộ thông số công nghệ tối ưu theo hàm mục tiêu về độ hẹp của mạch cắt.

Kết quả của việc mô hình hóa sẽ giúp công việc đánh giá quá trình này một cách xác thực hơn cũng như biểu diễn được mối liên quan sự ảnh hưởng của các thông số công nghệ, làm cơ sở để tối ưu hóa quá trình gia công (tìm ra bộ thông số công nghệ tối ưu) phục vụ công việc xây dựng cơ sở dữ liệu của thiết bị

4.2 Thiết kế quy hoạch thực nghiệm

Việc lựa chọn một phương pháp thiết kế thí nghiệm hợp lý (tránh được các hiện tượng nhiễu và tốn kém do số lượng thí nghiệm lớn) là rất cần thiết. Phương pháp qui hoạch thực nghiệm được thực hiện trong nghiên cứu này là *Thiết kế nhân tố đầy đủ 2^J* (2^J - số mức điều khiển của nhân tố, J -số nhân tố cần thiết kế) [22].

Theo phương pháp thiết kế nhân tố đầy đủ 2^J để tiến hành xác định được mô hình toán học thì cần trải qua các bước sau:

- *Bước 1:* Lựa chọn các thông số công nghệ cần nghiên cứu, thiết kế các thí nghiệm theo tiêu chuẩn của phương pháp và mô tả chúng dưới dạng các biến giải
- *Bước 2:* Chuẩn hóa các biến giải thích
- *Bước 3:* Lựa chọn dạng mô hình toán học
- *Bước 4:* Kiểm định các hệ số của mô hình theo mức ý nghĩa chọn trước nếu thỏa mãn thì đây là mô hình toán học đại diện, nếu không thỏa mãn thì quay lại nâng cấp mô hình ở bước 3 .
- *Bước 5:* Quay trở lại biến thực tế ta được mô hình toán học, đây chính là mô hình toán học để tối ưu hóa.

4.2.1 Lựa chọn các thông số công nghệ cần nghiên cứu

- | | | |
|------------------------------------|---|------------|
| - Công suất nguồn Laser | : | P (W) |
| - Vận tốc cắt | : | V (m/phút) |
| - Khoảng cách giữa đầu cắt và phôi | : | h (mm) |

- Áp suất khí thổi (N₂, O₂) tại đầu cắt : P_{kt} (Bar)
- Đường kính đầu phun : D (mm)

Công suất:

Từ công thức $\frac{P}{v} = \eta wt$ [1] với P là công suất, v- vận tốc cắt, w độ rộng mạch cắt, t- chiều dày phôi và η - hệ số hữu ích của thiết bị, cho thấy tăng công suất cho phép cắt tại tốc độ lớn hơn và/hoặc cắt vật liệu chiều dày hơn. Cũng từ công thức trên đối với mỗi chủng loại vật liệu, khi chiều dày tấm t không đổi, để đạt được chiều rộng mạch cắt w càng nhỏ thì hoặc phải giảm P, hoặc tăng v hoặc thực hiện cả hai việc trên. Tuy nhiên nếu giảm P, thì năng suất cắt lại giảm theo do các nguyên nhân về năng lượng cho quá trình cắt. Điều này rất bất lợi cho các quá trình sản xuất công nghiệp, vốn đòi hỏi cao cả về chất lượng gia công cũng như năng suất gia công và giá thành. Mặt khác, với các tấm có chiều dày lớn (đối với công nghệ laser) máy cũng không thể cắt được nếu điều chỉnh ở các mức công suất thấp. Do vậy, trong thực tế sản xuất công nghiệp, với các gam máy công suất vừa và nhỏ như trường hợp của thiết bị LC1000CO2-CNC, người ta có thể cố định công suất max và thay đổi v để đạt được các hiệu quả về chiều rộng mạch cắt nhỏ (tương tự như nếu giảm P) cũng như năng suất gia công cao (mà việc giảm P trái lại làm hạ năng suất). Vậy để đồng thời đạt hai mục tiêu chiều rộng mạch cắt và năng suất gia công, ta chọn P=P_{max} và giải bài toán tối ưu tìm v hợp lý cùng với các thông số công nghệ khác.

Khoảng cách đầu cắt tối ưu

Như đã phân tích tại điểm 6 phần 3.2.2 về sự ảnh hưởng của khoảng cách đầu phun đến chất lượng vết cắt ta nhận thấy chất lượng mạch cắt bé nhất khi khoảng cách đầu cắt cách bề mặt phôi là 2mm. Như vậy khoảng cách của đầu cắt Z_{tối ưu} = 2mm.

Kết luận: Thiết kế thí nghiệm và quy hoạch thực nghiệm sẽ được thực hiện với:

- P_{tối ưu} = 1000W
- Z_{tối ưu} = 2mm

Các thông số công nghệ còn lại, cần được tối ưu là:

- Vận tốc cắt : V (mm/phút)
- Áp suất khí thổi tại đầu cắt : P_{kt} (Bar)
- Đường kính đầu phun : D (mm)

Số thí nghiệm cần thiết cho một loại vật liệu và có chiều dày cố định là:

$$N = 2^j = 2^3 = 8 \text{ thí nghiệm}$$

Đại lượng đầu vào:

- Vận tốc cắt V (mm/p)
- Áp suất khí thổi P_{kt} (bar)
- Đường kính đầu phun d (mm).

Đại lượng đầu ra:

- Độ rộng vết cắt (mm)

Kết luận: thí nghiệm theo phương pháp quy hoạch thực nghiệm được thiết kế như trong bản 5.

4.2.2 Qui hoạch thực nghiệm xác định mô hình toán học

Như ta đã biết để thiết lập mối quan hệ giữa các biến định lượng :

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_j; a_1, a_2, \dots, a_j)$$

trong đó dạng hàm f và các tham số a_j là chưa xác định, người ta có thể xuất phát từ quan hệ bản chất (lý, hóa, công nghệ...) giữa tốc độ biến thiên của y theo bộ biến $x_1, x_2, \dots, x_j$.

Có nhiều phương pháp để xác định các tham số a_j nhưng một trong những phương pháp được sử dụng nhiều nhất đó là phương pháp thực nghiệm. Phương pháp này xuất phát từ một bộ số liệu thực nghiệm người ta ước lượng mối quan hệ giữa các biến cần giải thích y và bộ biến giải thích $x_1, x_2, \dots, x_j$, bằng một sắp xỉ nào đó (tuyến tính hoặc phi tuyến) trên cơ sở ứng dụng cực tiểu hóa tổng bình phương độ lệch giữa giá trị hàm và giá trị thực nghiệm tương ứng của y (gọi là điều tiết một mặt hồi qui).

Khác với các phương pháp khác, phương pháp thực nghiệm có thể chủ động cho các giá trị xác định của các biến giải thích (xác định trước các điểm thí nghiệm), và mỗi điểm thí nghiệm xác định $(x_1, x_2, \dots, x_j)$ đó thu được một giá trị ngẫu nhiên y_i của y ở đầu ra.

Tuy nhiên, việc lựa chọn một phương pháp thực nghiệm từ khâu thiết kế thí nghiệm đến xử lý và đưa ra mô hình toán học thực nghiệm vừa phản ánh một cách chính xác nhất mối quan hệ của các biến vừa có thể tránh được các hiện tượng nhiễu và tổn kém do số lượng thí nghiệm lớn là rất cần thiết. Như đã phân tích tại mục 4.2 nhóm tác giả đã lựa chọn phương pháp qui hoạch thực nghiệm *Thiết kế nhân tố đầy đủ* 2^J (2- số mức điều khiển của nhân tố, J-số nhân tố cần thiết kế).

Để tránh hiện tượng bài viết quá dài nhóm tác giả chỉ đưa ra một thí nghiệm điển hình làm đại diện, các thí nghiệm còn lại được tiến hành tương tự. Số thí nghiệm cần thiết cho một loại vật liệu thép CT3 và có chiều dày cố định là $t = 2\text{mm}$:

- Số thí nghiệm tiến hành: $N = 2^J = 2^3 = 8$ thí nghiệm

Đặt các biến giải thích Các biến giải thích

Đặt X_1 : Biến giải thích của Vận tốc cắt ($V \text{ mm/p}$)

Đặt X_2 : Biến giải thích của áp suất khí thổi P_{kt} (bar).

Đặt X_3 : Biến giải thích của đường kính đầu phun D (mm).

Ghi chú: Trong nghiên cứu này, mô hình toán học được lập chuẩn cho vật liệu thép Cacbon CT3 chiều dày 2mm, trên cơ sở đó một phương pháp luận được hình thành để xây dựng mô hình toán học cho các loại vật liệu/chiều dày khác nhau.

Điều kiện biên, theo các thí nghiệm xác định khả năng gia công của thiết bị tại mục 3.3 kiểm tra thực tế đối với vật liệu thép CT3 chiều dày 2mm thì miền giới hạn có thể gia công tốt được xác định như sau:

$$V_{\text{cắt max}} = 4\text{m/phút}$$

$$V_{\text{cắt min}} = 2\text{m/phút}$$

$$P_{Kt\text{max}} = 4 \text{ (bar)}$$

$$P_{Kt\text{min}} = 1 \text{ (bar)}$$

$$d_{\text{max}} = 2 \text{ (mm)}$$

$$d_{\text{min}} = 0,8 \text{ (mm)}$$

Số thí nghiệm được tính theo công thức:

$$N = 2^J \text{ (J là số nhân tố được bố trí trong thí nghiệm)}$$

$$N = 2^3 = 8 \text{ (thí nghiệm)}$$

Trong đó:

Ma trận thiết kế theo phương pháp nhân tố

$$X = \begin{pmatrix} & X_1 & X_2 & X_3 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} Y \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix}$$

Với việc sử dụng phương pháp thiết kế đầy đủ với hai mức điều khiển để phân tích độ biến động của đối tượng nghiên cứu (như đã trình bày ở mục 4.2.2), một trong những vấn đề cần thiết là xác định được dạng mô hình toán học thực nghiệm của đối tượng nghiên cứu. Từ đó, bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm có thể xác định được các hệ số trong mô hình và kiểm tra sự tồn tại của các hệ số cũng như mô hình toán học đó trong mức ý nghĩa cho phép.

4.2.3 Xác định dạng của mô hình toán học

Với phương pháp thiết kế nhân tố 2^j thì dạng mô hình đơn giản nhất là mô hình tuyến tính bậc nhất:

$$y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3$$

Trong đó:

- X_1 : Biến đại diện cho vận tốc cắt V (mm/phút)
- X_2 : Biến đại diện cho áp suất khí thổi tại đầu cắt P_{kt} (Bar)
- X_3 : Biến đại diện cho đường kính đầu phun D (mm)
- Y : Biến đại diện cho hàm mục tiêu về độ rộng của mạch cắt.

Các thí nghiệm được tiến hành lần lượt và kết quả đo đạc được ghi trong bảng IV.5

Bảng IV.5: Bảng bố trí thí nghiệm theo phương pháp thiết kế nhân tố.

SST	Vận tốc cắt	áp suất khí (bar)	Đường kính đầu phun	Kết quả đo (Y) Độ rộng (μm)	Đánh giá sơ bộ
-----	-------------	-------------------	---------------------	---------------------------------------	----------------

	(m/phút) X_1	X_2	(mm) X_3	Mặt trên (1)	Mặt dưới (2)	Chênh lệch Mặt 2-1	Hình thức (bám xỉ)
1	4,0000	4,0000	2,0000	142,0000	145	3	Mặt dưới có 1 vài điểm gợn
2	4,0000	4,0000	0,8000	132,0000	128	-4	Sạch đều 2 mặt
3	4,0000	1,0000	2,0000	120,0000	0	-	Mạch không thông
4	2,0000	4,0000	2,0000	187,0000	192	5	Khả sạch
5	4,0000	1,0000	0,8000	126,0000	145	19	1 vài điểm gợn
6	2,0000	4,0000	0,8000	153,0000	159	6	Sạch
7	2,0000	1,0000	2,0000	165,0000	157	-8	Gỉ bám nhẹ đều
8	2,0000	1,0000	0,8000	150,0000	141	-9	Khả sạch

Chuẩn hóa các biến giải thích [7]

Các biến giải thích cần chuẩn hóa bao gồm X_1 , X_2 , X_3 ,

$$X_1 = \{ 1 \text{ ứng với } X_1 = 4; -1 \text{ ứng với } X_1 = 2 \}$$

Do đó ta có: $S_1 = 0,5.(4 - 2) = 1$

$$x_1 = (X_1 - 3) / 1$$

$$X_2 = \{ 1 \text{ ứng với } X_2 = 4; -1 \text{ ứng với } X_2 = 1 \}$$

Do đó ta có: $S_2 = 0,5.(4 - 1) = 1,5$

$$x_2 = (X_2 - 2,5) / 1,5$$

$$X_3 = \{ 1 \text{ ứng với } X_3 = 2; -1 \text{ ứng với } X_3 = 0,8 \}$$

Do đó ta có: $S_3 = 0,5.(2 - 0,8) = 0,6$

$$x_3 = (X_3 - 1,4) / 0,6$$

Trong đó x_1 , x_2 , x_3 là các biến được chuẩn hóa.

Kết quả điều tra với biến chuẩn hóa.

Bảng IV. 6 : Bảng chuẩn hóa các biến giải thích trong mô hình mới

SST	x_1	x_2	x_3	y	$y - \bar{y}$
1	1,0000	1,0000	1,0000	142,0000	-4,8750
2	1,0000	1,0000	-1,0000	132,0000	-14,8750
3	1,0000	-1,0000	1,0000	120,0000	-26,8750
4	-1,0000	1,0000	1,0000	187,0000	40,1250

5	1,0000	-1,0000	-1,0000	126,0000	-20,8750
6	-1,0000	1,0000	-1,0000	153,0000	6,1250
7	-1,0000	-1,0000	1,0000	165,0000	18,1250
8	-1,0000	-1,0000	-1,0000	150,0000	3,1250

Trong đó:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) \quad (n = 2^J = 8 - \text{số thí nghiệm})$$

Xác định các hệ số của mô hình thực nghiệm:

$$a_0 = \frac{1}{2^J} \sum_{i=1}^{2^J} y_i$$

$$a_0 = \bar{y} = 292,3750$$

$$a_j = \frac{1}{2^J} \sum_{i=1}^{2^J} x_{ij} \cdot y_i \quad j = 1: J$$

Bảng IV.7 : Bảng các hệ số trong mô hình tuyến tính bậc nhất

j	$a_0 = \bar{y}$	x_{1j}	x_{2j}	x_{3j}
1	142,0000	142,0000	142,0000	142,0000
2	132,0000	132,0000	132,0000	-132,0000
3	120,0000	120,0000	-120,0000	120,0000
4	187,0000	-187,0000	187,0000	187,0000
5	126,0000	126,0000	-126,0000	-126,0000
6	153,0000	-153,0000	153,0000	-153,0000
7	165,0000	-165,0000	-165,0000	165,0000
8	150,0000	-150,0000	-150,0000	-150,0000
Hệ số	a_0	a_1	a_2	a_3
	146,8750	-16,8750	6,6250	6,6250

Các hệ số của mô hình được tính toán từ bảng IV.8:

$$a_0 = 146,8750; \quad a_1 = -16,3750; \quad a_2 = 6,6250; \quad a_3 = 6,6250;$$

Như vậy ta có mô hình tuyến tính xấp xỉ bậc nhất:

$$y = 146,8750 - 16,8750.x_1 + 6,6250.x_2 + 6,6250.x_3$$

Quay trở về biến thực

$$y = 146,875 - 16,8750 \cdot \frac{X_1 - 3}{1} + 6,6250 \cdot \frac{X_2 - 2,5}{1,5} + 6,6250 \cdot \frac{X_3 - 1,4}{0,6}$$

$$y = 171,0000 - 16,3750 \cdot X_1 + 4,4167 \cdot X_2 + 11,0417 \cdot X_3$$

4.2.4 Kiểm định ý nghĩa của hệ số mô hình

Trong mục 6.2.3 ta đã tìm được mô hình tuyến tính bậc nhất mô tả sự ảnh hưởng đồng thời của các yếu tố công nghệ lên độ rộng mép cắt có dạng:

$$y = 146,8750 - 16,8750 \cdot x_1 + 6,6250 \cdot x_2 + 6,6250 \cdot x_3$$

Theo lý thuyết của phương pháp thiết kế nhân tố để kiểm định mức ý nghĩa các hệ số của mô hình [7] giả sử mô hình tuyến tính có dạng :

$$y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + \dots + b_J \cdot X_J + \varepsilon$$

Mô hình ước lượng (mô hình hồi qui) dạng:

$$y = a_0 + a_1 X_1 + \dots + a_J X_J$$

Trong đó a_j là các ước lượng của b_j .

Với giả thiết ε tuân theo luật phân phối chuẩn $N(0, \sigma^2)$ bài toán kiểm ý nghĩa của các b_j là:

$$H_0 : b_j = 0$$

$$H_1 : b_j \neq 0; j = 1..J$$

Tiêu chuẩn kiểm định Fisher là:

$$F = \frac{s_j^2}{s_e^2}$$

Ở mức kiểm định α ($\alpha=0,05$) nếu :

- $F > f_{\text{bảng}} = f[1; 2^J - J - 1; \alpha]$ thì các giá trị $b_j \neq 0$ một các có ý nghĩa
- $F < f_{\text{bảng}} = f[1; 2^J - J - 1; \alpha]$ thì các giá trị b_j không tồn tại nói cách khác mô hình giả thiết không phù hợp.

Như vậy với mô hình ước lượng cụ thể :

$$y = 146,8750 - 16,8750 \cdot x_1 + 6,6250 \cdot x_2 + 6,6250 \cdot x_3$$

Ta có: véc tơ các hệ số a_j ; X_{ij} ; y_j :

$$a = \begin{pmatrix} 146,8750 \\ -16,8750 \\ 6,6250 \\ 6,6250 \end{pmatrix} \quad a^T = \begin{bmatrix} 146,8750 & -16,8750 & 6,6250 & 6,6250 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad y = \begin{pmatrix} 142,0000 \\ 132,0000 \\ 120,0000 \\ 187,0000 \\ 126,0000 \\ 153,0000 \\ 165,0000 \\ 150,0000 \end{pmatrix}$$

$$TBP_{HQ} = a^T \cdot X^T \cdot y$$

$$TBP_{HQ} = \begin{bmatrix} 307,6250 & -16,3750 & 6,1250 & 2,6250 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 142,0000 \\ 132,0000 \\ 120,0000 \\ 187,0000 \\ 126,0000 \\ 153,0000 \\ 165,0000 \\ 150,0000 \end{pmatrix}$$

$$TBP_{HQ} = 175560,0000$$

Tính các giá trị hồi qui trong bảng IV.8:

$$TBP_0 = \frac{1}{I} \left(\sum_{i=1}^I y_i \right)^2 = 8 \cdot (\bar{y})^2 = 8 \cdot (292,375)^2 = 172578,1250$$

$$S_{1y} = \sum_i X_{i1} (y_i - \bar{y})$$

$$S_{2y} = \sum_i X_{i2} (y_i - \bar{y})$$

$$S_{3y} = \sum_i X_{i3} (y_i - \bar{y})$$

Bảng IV. 8 : Bảng tính các giá trị hồi qui

i	x_1	x_2	x_3	$y - \bar{y}$
1	1.0000	1.0000	1.0000	-17.3750
2	1.0000	1.0000	-1.0000	-18.3750
3	1.0000	-1.0000	1.0000	-19.3750
4	-1.0000	1.0000	1.0000	27.6250
5	1.0000	-1.0000	-1.0000	-10.3750
6	-1.0000	1.0000	-1.0000	32.6250

7	-1.0000	-1.0000	1.0000	19.6250
8	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-14.3750
S_{iy}	S_{1y}	S_{2y}	S_{3y}	$\bar{y}$
	-135,0000	53,0000	53,0000	146,8750

Tính các giá trị trong bảng phân tích phương sai (bảng IV.9)

$$TBP_1 = a_1 \cdot S_{1y} = (-16,8750) \cdot (-135,0000) = 2278,1250$$

$$TBP_2 = a_2 \cdot S_{2y} = 6,6250 \cdot 53,0000 = 351,1250$$

$$TBP_3 = a_3 \cdot S_{3y} = 6,6250 \cdot 53,0000 = 351,1250$$

$$TBP_e = TBP_{HQ} - (TBP_0 + TBP_1 + TBP_2 + TBP_3).$$

$$TBP_0 + TBP_1 + TBP_2 + TBP_3$$

$$= 172578,1250 + 2278,1250 + 351,1250 + 351,1250 = 175558,1250$$

$$Y^T \cdot Y = \sum_{i=1}^I y_i^2 = 175560,0000$$

$$TBP_e = 175560,0000 - 175558,1250 = 1,875$$

Bảng IV. 9 : Bảng phân tích phương sai

Nguồn	Tổng bình phương	Bậc tự do	Phương sai	F
Do a_0	$TBP_0 = \frac{1}{I} \left(\sum_{i=1}^I y_i \right)^2$	1		
Do x_1	$TBP_1 = a_1 \cdot S_{1y}; j = 1..J$	1	S^2_1	S^2_1 / S^2_e
Do x_2	$TBP_2 = a_2 \cdot S_{2y}; j = 1..J$	1	S^2_2	S^2_2 / S^2_e
Do x_3	$TBP_3 = a_3 \cdot S_{3y}; j = 1..J$	1	S^2_3	S^2_3 / S^2_e
Hồi qui	$TBP_0 + TBP_1 + TBP_2 + TBP_3$	4	S^2_{HQ}	S^2_{HQ} / S^2_e
Sai số	$Y^T \cdot Y - (TBP_0 + TBP_1 + TBP_2 + TBP_3)$	$(I - J - 1)$	S^2_e	
Tổng	$Y^T \cdot Y = \sum_{i=1}^I y_i^2$	I		

Thay thế số vào bảng IV.9 ta có bảng phân tích phương sai cụ thể như sau:

Nguồn	Tổng bình phương	Bậc tự do	Phương sai	F
Do a_0	172578,1250	1		
Do x_1	2278,1250	1	2278,1250	5125,210
Do x_2	351,1250	1	351,1250	786,834
Do x_3	351,1250	1	351,1250	786,834
Hồi qui	175560,0000	4	43890	98408.07
Sai số	1,785	4	0,44625	
Tổng	175560,0000	8		

Kiểm tra hệ số Fisher ở mức kiểm định α ($\alpha=0,05$)

$$f_{\text{bảng}} = f[1; 2^J - J - 1; \alpha]$$

Trong đó :

- J : Số nhân tố trong thiết kế
- α : Mức kiểm định
- 2^J : Số thí nghiệm

Tra bảng Fisher (phụ lục IV.4):

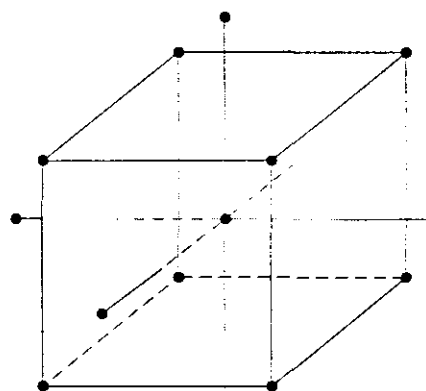
$$f(1; 4; 0,05) = 7,7100$$

Quan sát trên bảng phân tích phương sai (bảng IV.9) mặc dù các giá trị $F_{\text{ính}}$ trong bảng lớn hơn các giá trị tra bảng trong bảng Fisher ($F_{\text{tra bảng}}$) , nhưng với sai số $TBP_e = 1,785$ là quá lớn so với mức cho phép (0,1). Như vậy, có thể kết luận rằng mô hình tuyến tính bậc nhất chưa phản ánh được đầy đủ qui luật giữa hàm mục tiêu và các biến số hay nói cách khác là mô hình bậc nhất bị thiếu hụt.

4.2.5 Thiết kế hợp tử tại tâm-xấp xỉ bậc hai

Để bù vào sự thiếu hụt của mô hình bậc nhất ta đưa thêm vào các hệ số tương tác a_{ik} . Tức là phải bổ xung vào mô hình bậc nhất các giá trị tương tác giữa các biến giải thích, điều đó đồng nghĩa với việc phải tiến hành thêm một số thí nghiệm nhằm tăng độ chính xác của mô hình toán học.

Một trong những cách thiết kế thí nghiệm bổ xung hữu hiệu nhất cho bài toán thiết kế nhân tố 2^J (thiết kế bộ phận) đó là phương pháp thiết kế hợp tử tại tâm (hình IV.26) tức là phát triển thêm các thí nghiệm tại đỉnh của một hình đa diện đều $2J$ đỉnh. Có thể diễn giải một cách rõ ràng hơn là ở bước 1 thực hiện thiết kế 2^J với điều tiết xấp xỉ bậc nhất nhưng do mô hình bậc nhất có thiếu hụt (đã chứng minh ở trên) ta chuyển sang bước thứ hai với thiết kế $2J$ là là hợp tử tại tâm của 2^J đồng thời với n_0 điểm thí nghiệm tại tâm với điều tiết xấp xỉ bậc 2.



Hình IV.26: Sơ đồ thiết kế tử tại tâm

Như vậy dạng thiết kế mới sẽ có dạng khối lập phương với tử tại tâm như hình IV.11. trong đó:

- 2^J : Số thí nghiệm theo thiết kế nhân tố
- $2.J$: Số thí nghiệm tại các đỉnh bổ xung.
- n_0 : Số điểm thí nghiệm tại tâm.

Như vậy tổng số thí nghiệm sẽ phải tiến hành là: $I = 2^J + 2.J + n_0$

$$I = 8 + 6 + 1 = 15 \text{ (thí nghiệm)}$$

Bằng khai triển Taylor với hàm 3 biến X_1, X_2, X_3 ($f(X_1, X_2, X_3)$) tại lân cận (X_{01}, X_{02}, X_{03}) cho xấp xỉ bậc hai Ta có dạng mô hình mô hình xấp xỉ tổng quát như sau:

$$y = a_0 + \sum_{j=1}^J a_j X_j + \sum_{j=1}^J a_{jj} X_j^2 + \sum_{j=1}^J \sum_{k=j}^J a_{jk} X_j X_k$$

Với $J = 3$ ta có:

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_{11} X_1^2 + a_{22} X_2^2 + a_{33} X_3^2 + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + a_{23} X_2 X_3 (*)$$

Với mô hình (*) tổng bình phương sai số không chỉ biểu thị độ biến động của sai số thí nghiệm mà còn biểu thị sự đóng góp của mọi tương tác. Sự đóng góp đó chính là sự thiếu hụt của mô hình điều tiết (mô hình bậc nhất) đã nêu ở trên.

Tương tự như mục 6.2.3 ta có bảng thí kế thí nghiệm theo phương pháp thiết kế hợp tử tại tâm với $J = 3$ biến giải thích (bảng IV.10).

Trong đó:

- a: Bán kính thí nghiệm được xác định theo công thức:

$$n + 2.a^4 = 3.n$$

$$a = n^{0.25} = 8^{0.25} = 1,682$$

Xác định giá trị của các biến giải thích trong thí nghiệm bổ xung:

$$X_1 - 3 = 1,682 \rightarrow X_1 = 4,682; \quad X_1 - 3 = -1,682 \rightarrow X_1 = 1,3180$$

$$(X_2 - 2,5)/1,5 = 1,682 \rightarrow X_2 = 5,0230; \quad (X_2 - 2,5)/1,5 = -1,682 \rightarrow X_2 = 0$$

$$(X_3 - 1,4)/0,6 = 1,682 \rightarrow X_3 = 2,4; \quad (X_3 - 1,4)/0,6 = -1,682 \rightarrow X_3 = 0,4$$

Tại mức 0 tức là các điểm thí nghiệm nằm tại tâm.

Bảng IV.10: Bảng bố trí thí nghiệm theo phương pháp hợp tử tại tâm

SST	Vận tốc cắt (m/phút) X_1	áp suất khí (bar) X_2	Đường kính đầu phun (mm) X_3	Độ rộng (μ m)	Ghi chú
1	4.0000	4.0000	2.0000	142	$2^3 = 8$ thí nghiệm theo thiết kế nhân tố
2	4.0000	4.0000	0.8000	132	
3	4.0000	1.0000	2.0000	120	
4	2.0000	4.0000	2.0000	187	
5	4.0000	1.0000	0.8000	126	
6	2.0000	4.0000	0.8000	153	
7	2.0000	1.0000	2.0000	165	
8	2.0000	1.0000	0.8000	150	
9	4,6000	2.5000	1.4000	215	$2 \times 3 = 6$ thí nghiệm bổ xung
10	3.0000	5.0000	1.4000	235	
11	3.0000	2.5000	2.4000	240	
12	1,3000	2.5000	1.4000	270	
13	3.0000	0	1.4000	####	
14	3.0000	2.5000	0.4000	153	
15	3.0000	2.5000	1.4000	160	Số điểm thí nghiệm tại tâm

Bảng ma trận số liệu mới với biến chuẩn hóa:

Bảng IV.10 : Bảng chuẩn hóa các biến giải thích trong mô hình mới

SST	x_1	x_2	x_3	y
1	1	1	1	142
2	1	1	-1	132
3	1	-1	1	120
4	-1	1	1	187
5	1	-1	-1	126
6	-1	1	-1	153
7	-1	-1	1	165
8	-1	-1	-1	150
9	a= 1,682	0	0	215
10	0	a= 1,682	0	235
11	0	0	a= 1,682	240
12	-a = -1,682	0	0	270
13	0	-a = -1,682	0	####
14	0	0	-a = -1,682	153
15	0	0	0	160

Theo lý thuyết của phương pháp thiết kế tử tại tâm ta có:

$$\sum_{i=0}^{14} X_{ij} = \sum_{i=0}^{14} X_{ij} X_{jk} = \sum X_{ij}^2 X_{jk} = \sum X_{ij}^3 = 0$$

$$\sum_{i=1}^{14} X_{ij}^2 = n + 2a^2 = 8 + 2 \cdot (1,682)^2 = 13,6582$$

$$\sum_{i=1}^{14} X_{ij}^2 \cdot X_{ik}^2 = n = 8$$

$$\sum_{i=1}^{14} X_{ij}^4 = n + 2a^4 = 8 + 2 \cdot (1,682)^4 = 24$$

Các hệ số trong mô hình (*) được xác định theo công thức:

$$a_j = \frac{1}{n + 2a^2} \sum_i X_{ij} y_i; j = 1..J \quad (1)$$

$$a_{jk} = \frac{1}{n} \sum_i X_{ij} X_{ik} y_i; j = 1..J-1; k > j \quad (2)$$

a_{jj} (j = k) là nghiệm của hệ phương trình:

trong bảng IV.11

SST	$x_{i1} \cdot y_i$	$x_{i2} \cdot y_i$	$x_{i3} \cdot y_i$	$x_{i1} \cdot x_{i2} \cdot y_i$	$x_{i1} \cdot x_{i3} \cdot y_i$	$x_{i2} \cdot x_{i3} \cdot y_i$
1	142.00	142.00	142.00	142.00	142.00	142.00
2	132.00	132.00	-132.00	132.00	-132.00	-132.00
3	120.00	-120.00	120.00	-120.00	120.00	-120.00
4	-187.00	187.00	187.00	-187.00	-187.00	187.00
5	126.00	-126.00	-126.00	-126.00	-126.00	126.00
6	-153.00	153.00	-153.00	-153.00	153.00	-153.00
7	-165.00	-165.00	165.00	165.00	-165.00	-165.00
8	-150.00	-150.00	-150.00	150.00	150.00	150.00
9	361.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	395.27	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	403.68	0.00	0.00	0.00
12	-454.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	-257.35	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hệ số	a₁	a₂	a₃	a₁₂	a₁₃	a₂₃
	-16,6574	32,8206	14,5945	0,3750	-5,6250	4,3750

Tính toán các giá trị a_{ij} theo hệ phương trình (3)

SST	y_i	$x^2_{i1} \cdot y_i$	$x^2_{i2} \cdot y_i$	$x^2_{i3} \cdot y_i$
1	142.00	142.00	142.00	142.00
2	132.00	132.00	132.00	132.00

3	120.00	120.00	120.00	120.00
4	187.00	187.00	187.00	187.00
5	126.00	126.00	126.00	126.00
6	153.00	153.00	153.00	153.00
7	165.00	165.00	165.00	165.00
8	150.00	150.00	150.00	150.00
9	215.00	608.26	0.00	0.00
10	235.00	0.00	664.84	0.00
11	240.00	0.00	0.00	678.99
12	270.00	763.86	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00
14	153.00	0.00	0.00	432.86
15	160	0	0.00	0.00
Tổng	2448,0000	2547,1251	1839,8441	2286,8457

Kết hợp hệ phương trình (3) và bảng IV.12 ta có hệ phương trình 3.1

$$\begin{cases} 15.a_0 + 13,658.a_{11} + 13,658.a_{22} + 13,658.a_{33} = 2448 \\ 13,658.a_0 + 24.a_{11} + 8.a_{22} + 8.a_{33} = 2547,121 \\ 13,658.a_0 + 8.a_{11} + 24.a_{22} + 8.a_{33} = 1839,8441 \\ 13,658.a_0 + 8.a_{11} + 8.a_{22} + 24.a_{33} = 2286,8457 \end{cases} \quad (3.1)$$

Giải hệ phương trình theo phương pháp Gauss ta có:

$$a_0 = 167,6468; \quad a_{11} = 18,5294; \quad a_{22} = -25,6754; \quad a_{33} = 2,2622$$

Ta có dạng của mô hình xấp xỉ bậc 2 :

$$y = 167,6468 - 16,6574.x_1 + 32,8206.x_2 + 14,5945.x_3 + 18,5294.x_1^2 - 25,6754.x_2^2 + 2,2622.x_3^2 + 0,3750.x_1.x_2 - 5,6250.x_1.x_3 + 4,3750.x_2.x_3 \quad (*)$$

4.2.6 Ước lượng hệ số của mô hình xấp xỉ bậc 2 (*)

Theo lý thuyết của phương pháp thiết kế tử ở tâm để kiểm định mức ý nghĩa các hệ số của mô hình [*] với mô hình tuyến tính dạng :

$$y = a_0 + \sum_{j=1}^J a_j X_j + \sum_{j=1}^J a_{jj} X_j^2 + \sum_{j=1}^J \sum_{k=j}^J a_{jk} X_j X_k + \varepsilon$$

Giả thiết ε tuân theo luật phân phối chuẩn $N(0, \sigma^2)$. Nếu sai số của các ước lượng a_{ij} nằm trong khoảng cho phép và các tiêu chí kiểm định của Fisher được thỏa mãn thì có thể kết luận các hệ số của mô hình xấp xỉ bậc hai là đủ tin cậy trong mức ý nghĩa chọn trước.

Xác định ma trận X_{ij} .

- Cột 1 gồm các giá trị 1 ($n + 2J + n_0$ giá trị).
- Các cột 2 đến cột $J + 1$ ta cột thiết kế với $J = 3$ biến chuẩn hóa
- Các cột còn lại là các giá trị cho thiết kế tại tâm.

Ma trận X_{ij} trong thiết kế tử tại tâm:

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1.682 & 0 & 0 & 2.8291 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1.682 & 0 & 0 & 2.8291 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1.682 & 0 & 0 & 2.8291 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1.682 & 0 & 0 & 2.8291 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1.682 & 0 & 0 & 2.8291 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1.682 & 0 & 0 & 2.8291 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.8291 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Đặt ma trận $A = X^T * X$ ta có:

$$A = \begin{pmatrix} 15 & 0 & 0 & 0 & 13.6582 & 13.6582 & 13.6582 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 13.6582 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 13.6582 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 13.6582 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 13.6582 & 0 & 0 & 0 & 24 & 8 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ 13.6582 & 0 & 0 & 0 & 8 & 24 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ 13.6582 & 0 & 0 & 0 & 8 & 8 & 24 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8 \end{pmatrix}$$

Mã trận nghịch đảo A^{-1}

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 0.9885 & 0 & 0 & 0 & -0.3374 & -0.3374 & -0.3374 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0732 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0732 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0732 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.3374 & 0 & 0 & 0 & 0.1652 & 0.1027 & 0.1027 & 0 & 0 & 0 \\ -0.3374 & 0 & 0 & 0 & 0.1027 & 0.1652 & 0.1027 & 0 & 0 & 0 \\ -0.3374 & 0 & 0 & 0 & 0.1027 & 0.1027 & 0.1652 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1250 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1250 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1250 \end{pmatrix}$$

$$y = \begin{pmatrix} 142 \\ 132 \\ 120 \\ 187 \\ 126 \\ 153 \\ 165 \\ 150 \\ 215 \\ 235 \\ 240 \\ 270 \\ 0 \\ 153 \\ 160 \end{pmatrix}$$

Các hệ số ước lượng $\bar{a}_{ij}$ được tính theo công thức : $\bar{a} = A^{-1} \cdot X^T \cdot Y$

$$\bar{a}_{ij} = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_{11} \\ a_{22} \\ a_{33} \\ a_{12} \\ a_{13} \\ a_{23} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 167.6767 \\ -16.6573 \\ 32.8205 \\ 14.5944 \\ 18.5089 \\ -25.6748 \\ 2.2493 \\ 0.3750 \\ -5.6250 \\ 4.3750 \end{pmatrix}$$

Xác định độ chênh lệch của các hệ số a_{ij}

ij	a_0	a_1	a_2	a_3	a_{11}	a_{22}	a_{33}	a_{12}	a_{13}	a_{23}
a_{ij}	167.6468	-16.6574	32.8206	14.5945	18.5294	-25.6754	2.2622	0.3750	-5.6250	4.3750
$\bar{a}_{ij}$	167.6767	-16.6573	32.8205	14.5944	18.5089	-25.6748	2.2493	0.3750	-5.6250	4.3750
Chênh lệch	0.0299	0.0001	0.0001	0.0001	0.0205	0.0006	0.0129	0	0	0

Xác định phương sai của các hệ số trong mô hình phi tuyến:

$$y = 167,6468 - 16,6574.x_1 + 32,8206.x_2 + 14,5945.x_3 + 18,5294.x_1^2 - 25,6754.x_2^2 + 2,2622.x_3^2 + 0,3750.x_1.x_2 - 5,6250.x_1.x_3 + 4,3750.x_2.x_3$$

Về mặt lý thuyết thì một mô hình phi tuyến bất kỳ nào cũng có thể đưa về mô hình tuyến tính qui bội. Tuy nhiên, với mô hình phi tuyến thì vấn đề quan tâm thêm là ý nghĩa đóng góp của các hệ số bậc cao, khi đó người ta sẽ phân tích tổng bình phương thành hai thành phần:

- Phần thứ nhất là do đóng góp của các số hạng bậc nhất
- Phần thứ hai là do đóng góp của các số hạng bậc cao

Đặt :

$$z_1 = x_1; \quad z_2 = x_2; \quad z_3 = x_3; \\ z_4 = x_1^2; \quad z_5 = x_2^2; \quad z_6 = x_3^2; \quad z_7 = x_1.x_2; \quad z_8 = x_1.x_3; \quad z_9 = x_2.x_3$$

Mô hình trở thành :

$$y = a_0 + a_1 z_1 + a_2 z_2 + a_3 z_3 + a_{11} z_4 + a_{22} z_5 + a_{33} z_6 + a_{12} z_7 + a_{13} z_8 + a_{23} z_9$$

trong đó : $a_0 = \bar{y}$

$$S_{ji} = \frac{1}{I} \sum_{j=1}^J X_{ij} (y_i - \bar{y})$$

Ta có bản phân tích phương sai trong mô hình xấp xỉ bậc hai

Bảng IV. 13 : Bảng phân tích phương sai

Nguồn	Tổng bình phương	Bậc tự do	Phương sai	F
Do a_0	$TBP_0 = \frac{1}{I} (\sum_{i=1}^I y_i)^2$	1		

Do số hạng bậc nhất	$TBP_1 + TBP_2 + TBP_3$	3	S^2_1	S^2_1 / S^2_e
Do số hạng bậc hai	$TBP_4 + \dots + TBP_9$	6	S^2_2	S^2_2 / S^2_e
Sai số	$Y^T \cdot Y - (TBP_0 + TBP_1 + \dots + TBP_9)$	$(I - J - 1)$	S^2_e	
Tổng	$Y^T \cdot Y = \sum_1^I y_i^2$	I		

Tính các giá trị hồi qui S_{ji}

$$S_{ji} = \frac{1}{I} \sum_1^J X_{ij} (y_i - \bar{y})$$

Bảng IV. 14: Bảng tính các giá trị hồi qui

i	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	$y - \bar{y}$
1	-21.2	-21.2	-21.2	-21.2	-21.2	-21.2	-21.2	-21.2	-21.2	-21.2
2	-31.2	-31.2	31.2	-31.2	-31.2	-31.2	-31.2	31.2	31.2	-31.2
3	-43.2	43.2	-43.2	-43.2	-43.2	-43.2	43.2	-43.2	43.2	-43.2
4	-23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	-23.8	-23.8	23.8	23.8
5	-37.2	37.2	37.2	-37.2	-37.2	-37.2	37.2	37.2	-37.2	-37.2
6	10.2	-10.2	10.2	-10.2	-10.2	-10.2	10.2	-10.2	10.2	-10.2
7	-1.8	-1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	-1.8	-1.8	1.8
8	13.2	13.2	13.2	-13.2	-13.2	-13.2	-13.2	-13.2	-13.2	-13.2
9	87.1	0.0	0.0	146.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.8
10	0.0	120.8	0.0	0.0	203.1	0.0	0.0	0.0	0.0	71.8
11	0.0	0.0	129.2	0.0	0.0	217.3	0.0	0.0	0.0	76.8
12	-179.6	0.0	0.0	302.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	106.8
13	0.0	274.5	0.0	0.0	-461.7	0.0	0.0	0.0	0.0	-163.2
14	0.0	0.0	17.2	0.0	0.0	-28.9	0.0	0.0	0.0	-10.2
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.2
S_{iy}	S_{1y}	S_{2y}	S_{3y}	S_{4y}	S_{5y}	S_{6y}	S_{7y}	S_{8y}	S_{9y}	$\bar{y}$
	-227.5	448.3	199.3	318.1	-389.2	57.8	3.0	-45.0	35.0	163.2

$$\begin{aligned}
TBP_1 &= a_1 \cdot S_{1y} = (-16,6574) \cdot (-227,5) = 3789,5585 \\
TBP_2 &= a_2 \cdot S_{2y} = 32,8206 \cdot 448,3 = 14713,4749 \\
TBP_3 &= a_3 \cdot S_{3y} = 14,5945 \cdot 199,3 = 2908,6838 \\
TBP_4 &= a_4 \cdot S_{4y} = 18,5294 \cdot 318,1 = 5894,2021 \\
TBP_5 &= a_5 \cdot S_{5y} = (-25,6754) \cdot (-389,2) = 9992,8656 \\
TBP_6 &= a_6 \cdot S_{6y} = 2,2622 \cdot 57,8 = 130,7551
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TBP_7 &= a_7 \cdot S_{7y} = 0,375 \cdot 3 = 1,1250 \\
 TBP_8 &= a_8 \cdot S_{8y} = (-45) \cdot (-5,625) = 253,1250 \\
 TBP_9 &= a_9 \cdot S_{9y} = 35 \cdot 4,375 = 153,6250 \\
 TBP_0 &= \frac{1}{I} \left(\sum_{i=1}^I y_i \right)^2 = (2448)^2 / 14 = 428050,2857
 \end{aligned}$$

$$\text{Tổng } Y^T \cdot Y = \sum_{i=1}^I y_i^2 = 465888,0000$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sai số} &= TBP_e = TBP - (TBP_0 + TBP_1 + TBP_2 + \dots + TBP_9) = \\
 &(TBP_0 + TBP_1 + TBP_2 + \dots + TBP_9) = 465887,7007 \\
 TBP_e &= 465888,0000 - 465887,7007 = 0,2993
 \end{aligned}$$

Thay thế số vào bảng IV. 9 ta có bảng phân tích phương sai cụ thể như sau:

Nguồn	Tổng bình phương	Bậc tự do	Phương sai	F (Fisher)
Do a_0	428050,2857	1	428050,2857	
Do số hạng bậc nhất	21412,2172	3	7137,4057	264333
Do số hạng bậc hai	16425,1978	6	2737,5329	100644
Sai số	0,2993	11	0.0272	
Tổng	465888,0000	15		

Kiểm tra hệ số Fisher ở mức kiểm định α ($\alpha=0,05$)

$$f_{\text{bảng}} = f[1; (2^J + 2 \cdot J + 1) - J - 1; \alpha]$$

Trong đó :

- J : Số nhân tố trong thiết kế
- α : Mức kiểm định ($\alpha=0,05$)
- 2^J : Số thí nghiệm

Tra bảng Fisher (phụ lục IV.4):

$$f(1; 11; 0,05) = 243$$

$$f(3; 11; 0,05) = 8,76$$

$$f(6; 11; 0,05) = 4,03$$

So sánh các giá trị $F_{\text{tính}}$ trong bảng phân tích phương sai (bảng IV.9) và các giá trị tra được ta nhận thấy các giá trị $F_{\text{tính}} \gg F_{\text{tra bảng}}$.

Như vậy, có thể kết luận rằng các hệ số của mô hình phi tuyến (*) là phù hợp ở mức kiểm định ($\alpha=0,05$). Nói khác là mô hình (*) đã phản ánh được đầy đủ sự ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến hàm mục tiêu độ rộng mạch cắt.

Quay trở về biến thực bằng cách thay các giá trị của biến chuẩn hóa dưới đây vào phương trình (*)

$$x_1 = \frac{X_1 - 3}{1}; \quad x_2 = \frac{X_2 - 2,5}{1,5}; \quad x_3 = \frac{X_3 - 1,4}{0,6}$$

Vậy mô hình toán học thực tế biểu diễn mối quan hệ giữa vận tốc cắt, áp suất khí thổi, đường kính đầu phun và độ rộng của mạch cắt có dạng.

$$y = 216,1327 - 115,335.X_1 + 70,3813.X_2 + 22,7286.X_3 + 18,5294.X_1^2 - 11,4113.X_2^2 + 6,2838.X_3^2 + 0,250.X_1.X_2 - 9,3750.X_1.X_3 + 4,8160.X_2.X_3$$

5. GIẢI BÀI TỐI ƯU

Bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm ta đã xác định được dạng mô hình toán học về sự ảnh hưởng của các thông số công nghệ lên hàm mục tiêu độ rộng mạch cắt (mục 7.1). Việc xác định giá trị của các biến đầu vào sao cho giá trị hàm mục tiêu là nhỏ nhất ($y \rightarrow \min$) trong miền ràng buộc D chính là xác định điểm cực trị toàn cục (cực tiểu) của hàm toán học 3 biến.

$$y = 216,1327 - 115,3350.X_1 + 70,3813.X_2 + 22,7286.X_3 + 18,5294.X_1^2 - 11,4113.X_2^2 + 6,2838.X_3^2 + 0,250.X_1.X_2 - 9,3750.X_1.X_3 + 4,8160.X_2.X_3 \quad (I)$$

Trong lý thuyết toán có rất nhiều phương pháp để tìm cực trị của bài toán phi tuyến trên một cách chính xác hoặc xấp xỉ gần đúng như:

- Phương pháp tối ưu hóa toàn cục.
- Phương pháp điểm diện (duyet toàn bộ)
- Phương pháp hàm phạt
- Phương pháp Gradient
- Phương pháp nhân tử Lagrange

Phân tích các ưu nhược điểm trong các thuật toán của các phương pháp giải trên và mục tiêu của bài toán công nghệ nhóm tác giả lựa chọn phương pháp *Gradient* để giải bài toán cực trị phi tuyến (I).

Ưu điểm của phương pháp Gradien:

- . Chỉ ra hướng tăng hoặc giảm nhanh nhất của hàm mục tiêu tại điểm xét
- . Sử dụng đơn giản, tính vận năng cao
- . Xác định chính xác các điểm cực trị địa phương.
- . Độ tin cậy cao.

Nhược điểm của phương pháp Gradien:

- Khó nhận được các đạo hàm dưới dạng các hàm hợp, giải tích.
- Hàm mục tiêu phải khả vi và liên tục đến đạo hàm cấp 2
- Hội tụ chậm khi gặp hàm cực tiểu hóa có dạng “khe”.

5.1 Xây dựng miền ràng buộc

5.1.1 Giới hạn về vận tốc cắt lớn (Hình IV. 27)

Giới hạn về tốc độ cắt lớn nhất R_v bao gồm:

- R_{v1} : Tốc độ cắt lớn nhất mà máy có thể đạt được theo trục OX
- R_{v2} : Tốc độ cắt lớn nhất mà máy có thể đạt được theo trục OY
- R_{v3} : Tốc độ cắt lớn nhất xác định được từ khả năng làm việc của chùm tia Laser khi cắt ở chế độ làm việc giới hạn trên.

Như vậy : $V_{\text{cắt}} \leq \text{Min} (R_{v1}, R_{v2}, R_{v3})$

Trong thiết bị cắt bằng chùm tia Laser LC 1000-CNC ta có

$R_{v1} = 23\text{m/phút}$, $R_{v2} = 18\text{m/phút}$, $R_{v3} = 8\text{m/phút}$

$R_v \leq \text{Min} (R_{v1}, R_{v2}, R_{v3}) = 8\text{m/phút}$

5.1.2 Miền giới hạn về tốc độ cắt nhỏ (Hình IV.27)

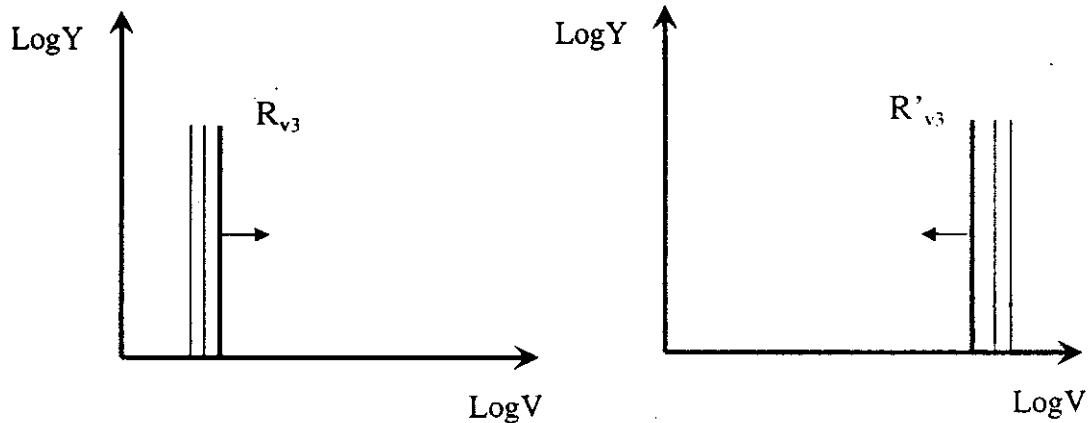
- R'_{v1} : Tốc độ cắt nhỏ nhất mà máy có thể đạt được theo trục OX
- R'_{v2} : Tốc độ cắt nhỏ nhất mà máy có thể đạt được theo trục OY
- R'_{v3} : Tốc độ cắt nhỏ nhất xác định được từ khả năng làm việc của chùm tia Laser khi cắt ở chế độ làm việc giới hạn dưới.

Như vậy : $V_{\text{cắt}} \geq \text{Max} (R'_{v1}, R'_{v2}, R'_{v3})$

Trong thiết bị cắt bằng chùm tia Laser LC 1000-CNC ta có

$R'_{v1} = 0 \text{ m/phút}, R'_{v2} = 0 \text{ m/phút}, R'_{v3} = 1 \text{ m/phút}$

$R'_v \geq \text{Max} (R_{v1}, R_{v2}, R_{v3}) = 1 \text{ m/phút}$



Hình IV.27: Giới hạn về tốc độ cắt lớn và tốc độ cắt nhỏ

5.1.3 Miền giới hạn trên của áp suất khí (Hình IV.28)

Giới hạn về áp suất khí thổi lớn nhất $R_{\text{khí thổi}}$ bao gồm:

- R_{k1} : Áp suất khí thổi lớn nhất mà máy có thể đạt được
- R_{k2} : Áp suất khí thổi lớn nhất xác định được từ khả năng làm việc của thiết bị khi cắt ở chế độ làm việc giới hạn trên.

Như vậy : $P_{\text{khí thổi}} \leq \text{Min} (R_{k1}, R_{k2})$

Trong thiết bị cắt bằng chùm tia Laser LC 1000-CNC ta có

$R_{k1} = 30 \text{ Bar}, R_{k2} = 18 \text{ Bar}$

$R_{\text{khí thổi}} \leq \text{Min} (R_{k1}, R_{k2}) = 18 \text{ Bar}$

5.1.4 Miền giới hạn dưới của áp suất khí (Hình IV.28)

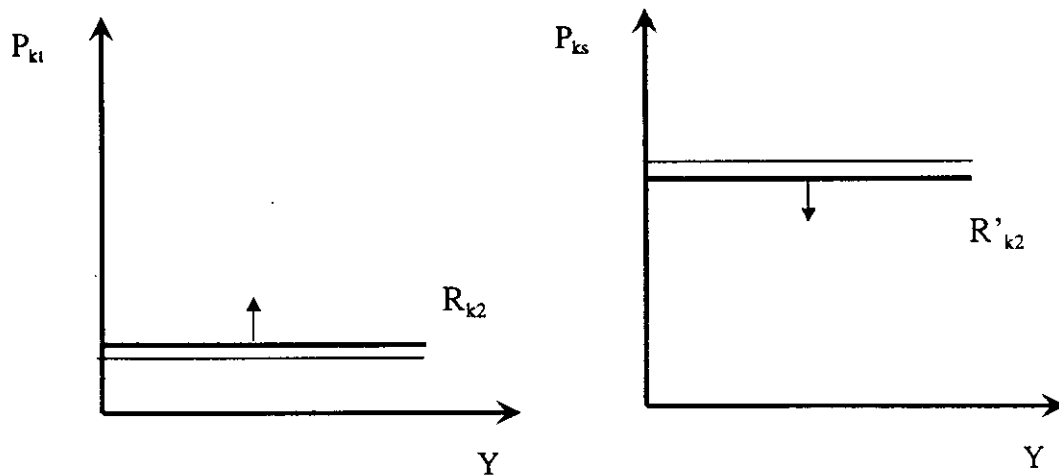
- R'_{k1} : Áp suất khí thổi lớn nhỏ nhất mà máy có thể đạt được
- R'_{k2} : Áp suất khí thổi nhỏ nhất xác định được từ khả năng làm việc của thiết bị khi cắt ở chế độ làm việc giới hạn dưới.

Như vậy : $R'_{\text{khí thổi}} \geq \text{Max} (R'_{k1}, R'_{k2})$

Trong thiết bị cắt bằng chùm tia Laser LC 1000-CNC ta có

$R'_{k1} = 0 \text{ Bar}, R'_{k2} = 1 \text{ Bar}$

$$R'_{\text{khí thổi}} \geq \text{Max}(R_{k1}, R_{k2}) = 1\text{Bar}$$



Hình IV.28: Giới hạn về áp suất khí thổi lớn và tốc độ cắt nhỏ

5.1.5 Miền giới hạn về đường kính đầu phun lớn (Hình IV.29)

Giới hạn về đường kính đầu phun lớn nhất R_D bao gồm:

- R_{D1} : Đường kính đầu phun lớn nhất mà thiết bị đạt được
- R_{D2} : Đường kính đầu phun lớn nhất đạt được theo lý thuyết

Như vậy : $P_D \leq \text{Min}(R_{D1}, R_{D2})$

Trong thiết bị cắt bằng chùm tia Laser LC 1000-CNC ta có

$$R_{D1} = 2\text{mm}, R_{D2} = 13\text{mm}$$

$$R_D \leq \text{Min}(R_{D1}, R_{D2}) = 2\text{mm}$$

5.1.6 Miền giới hạn về đường kính đầu phun nhỏ (Hình IV.29)

Giới hạn về đường kính đầu phun nhỏ nhất R'_D bao gồm:

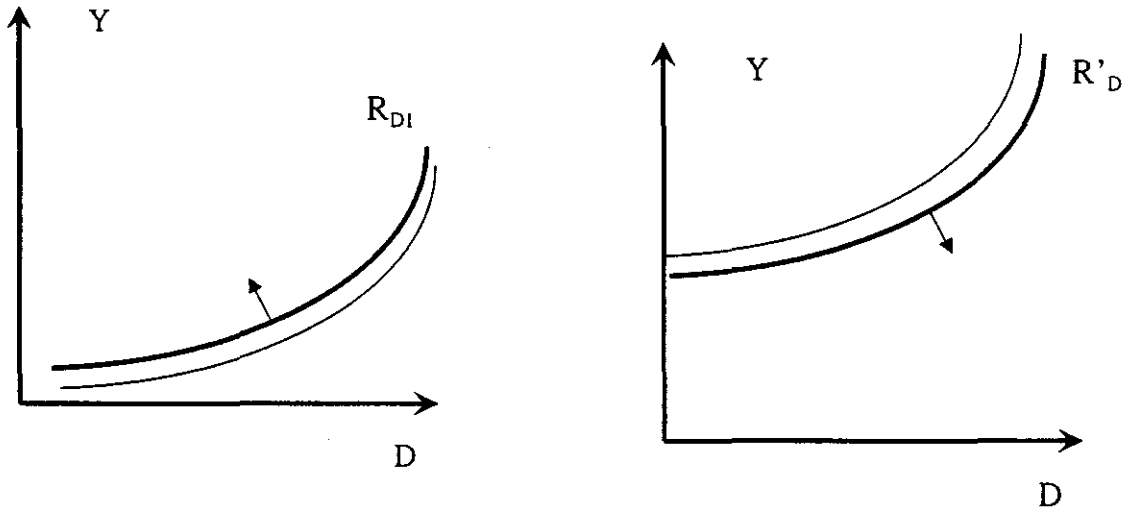
- R'_{D1} : Đường kính đầu phun nhỏ nhất mà thiết bị đạt được
- R'_{D2} : Đường kính đầu phun nhỏ nhất để đường hội tụ của chùm tia Laser có thể đi qua được.

Như vậy : $R_D \geq \text{Max}(R'_{D1}, R'_{D2})$

Trong thiết bị cắt bằng chùm tia Laser LC 1000-CNC ta có

$$R'_{D1} = 0,6\text{mm}, R'_{D2} = 0,16\text{ mm}$$

$$R'_D \geq \text{Max} (R'_{D1}, R'_{D2}) = 0,8\text{mm}$$



Hình IV. 29: Giới hạn về đường kính phun lớn nhất và nhỏ nhất

5.1.7 Miền giới hạn xuất phát từ độ nhám bề mặt cho phép

Độ nhám bề mặt khi gia công bằng chùm tia laser phụ thuộc rất nhiều vào tốc độ cắt (V), tính chất của vật liệu, áp suất khí thổi. Do đó, để xác định được giới hạn cho phép cần phải xây dựng được mô hình về sự ảnh hưởng của các thông số công nghệ trong điều kiện cụ thể.

Trong nghiên cứu về ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt [3] đã đưa ra được mô hình sau:

$$y_1 = 20,37 - 10,79 X_1 + 3,35 X_3$$

Gia công bằng chùm tia Laser thì độ nhám bề mặt nằm trong phạm vi ($\Delta 3 - \Delta 6$) tương đương với ($10\mu\text{m} < R_z < 80\mu\text{m}$)

5.1.8 Miền giới hạn xuất phát từ chiều sâu cắt tối đa

Với thiết bị cắt bằng chùm tia Laser LC1000-CNC thì chiều sâu cắt tối đa là 6mm đối với kim loại.

Bằng thực nghiệm [3] đã xác định được mô hình ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chiều sâu cắt tối đa như sau:

$$y_2 = -2,5X_1 + 0,26X_2 \leq 6$$

Miền giới hạn xuất phát từ sự xuất hiện bavia tại vết cắt

Hiện tượng xuất hiện ba bìa tại vết cắt là do sự ảnh hưởng của áp suất khí thổi, đường kính đầu phun, vận tốc cắt. Để xác định được giới hạn cho phép cần phải xây dựng được mô hình về sự ảnh hưởng của các thông số công nghệ trong điều kiện cụ thể. Dựa trên mô hình thực nghiệm được công bố [3] nhóm tác giả kiểm nghiệm trên máy LC1000CNC và chấp nhận sự xuất hiện của bavia tuân theo qui luật gần đúng sau:

$$y_3 = 5X_1 - 2X_2 - X_3 \leq 30.$$

Từ các giới hạn của các thông số công nghệ và giới hạn của bài toán qui hoạch.

$$\begin{cases} 1 \leq X_1 \leq 8 \\ 1 \leq X_2 \leq 18 \\ 0.8 \leq X_3 \leq 2 \end{cases} \quad \begin{cases} 20,37 - 10,79 X_1 + 3,35 X_3 \leq 80 \\ -2,5 X_1 + 0,26 X_2 \leq 6 \\ 5 X_1 - 2 X_2 - X_3 \leq 30. \\ 2 \leq X_1 \leq 4 \\ 1 \leq X_2 \leq 4 \\ 0.8 \leq X_3 \leq 2 \end{cases}$$

Bài toán tối ưu hóa trở thành tìm $\min(f(x_i))$ của hàm toán học

$$y = 216,1327 - 115,335.X_1 + 70,3813.X_2 + 22,7286.X_3 + 18,5294.X_1^2 - 11,4113.X_2^2 + 6,2838.X_3^2 + 0,250.X_1.X_2 - 9,3750.X_1.X_3 + 4,8160.X_2.X_3 \quad (I)$$

với các điều kiện ràng buộc sau:

$$\begin{cases} 5X_1 & - 2X_2 & - X_3 & \leq 50 \\ -10,79 X_1 & & +3,35X_3 & \leq 59,63 \\ -2,5X_1 & + 0,26X_2 & & \leq 6 \\ 2 \leq X_1 \leq 4 \\ 1 \leq X_2 \leq 4 \\ 0.6 \leq X_3 \leq 2 \end{cases}$$

5.1.9 Đường lối giải chung

Xét một bài toán qui hoạch:

$$f(x_1 \dots x_i) \rightarrow \min$$

với các ràng buộc:

$$\begin{cases} A.x = b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

- Nếu bài toán qui hoạch tồn tại phương án tối ưu thì có ít nhất một đỉnh của miền D là phương án tối ưu.
- Miền đa diện D là một miền xác định với một số hữu hạn đỉnh.

Như vậy, phải tồn tại một thuật toán hữu hạn bao gồm hai bước sau:

- *Bước 1* : Tìm một phương án cực biên (tìm một đỉnh).
- *Bước 2* : Kiểm tra điều kiện tối ưu đối với phương án đó.
- Nếu điều kiện tối ưu được thỏa mãn thì đó là phương án tối ưu. Nếu không thỏa mãn thì ta chuyển sang một phương án mới sao cho cải tiến được giá trị của hàm mục tiêu.
- Kiểm tra điều kiện với phương án tối ưu mới.

Ta phải thực hiện một dãy các thủ tục như trên cho đến khi bài toán nhận được phương án tối ưu hoặc đưa đến tình huống kết luận bài toán không có phương án tối ưu.

5.1.10 Thuật toán giải tối ưu

Xét bài toán qui hoạch:

$$f(x_1, \dots, x_n) \rightarrow \min$$

với các ràng buộc:

$$\begin{cases} A_i \cdot x + b_i \leq 0, & i = 1, 2, \dots, m \\ x_j \geq 0, & j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, $A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})$ là véc tơ dòng n chiều,

b_i : là hằng số thực.

Tập D xác định bởi hệ (1) là một đa diện nằm trong đơn hình S_n xác định bởi:

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_j \leq \alpha, \quad \alpha > 0$$

Bước 1:

Tìm phương án $x^0 \in M$ (miền ràng buộc).

Bước 2:

Đã xác định được x^k , ($k > 0$), xác định độ dài bước.

Chuyển từ x^k theo hướng $-\nabla f(x^k)$ tới điểm $x^k + \{-\nabla f(x^k)\}.\lambda$ kéo theo biến đổi hàm f một số gia: $\Delta f = -f[x^k - \nabla f(x^k) . \lambda] - f(x^k)$

Giá trị λ mà với nó số gia Δf đạt giá trị lớn nhất (tức là hàm f giảm được nhiều nhất) có thể xác định điểm dừng của hàm Δf :

$$d\Delta f/d\lambda = 0 \approx -\nabla f[x^k - \nabla f(x^k) . \lambda](-f(x^k)) = 0$$

từ đó ta tìm được điểm dừng λ^*

Nếu tại λ^* $d^2\Delta f/d\lambda^2 < 0$

Do đó

$$x^{k+1} = x^k + [-\nabla f(x^k)]. \lambda^*$$

Bước 3:

Kiểm tra x^{k+1} có thuộc trong miền ràng buộc không

Nếu x^{k+1} không nằm trong miền ràng buộc thì phải rút ngắn bước λ sao cho được một điểm trên biên theo hướng đã chọn.

Bước 4:

Nếu $\Delta f(x^{k+1}) = 0$ thì x^{k+1} là điểm tối ưu cần tìm.

Nếu $\Delta f(x^{k+1}) \neq 0$ thì x^{k+1} chưa là điểm tối ưu. Tăng k lên 1 và quay trở lại bước 2

5.1.11 Giải bài toán tối ưu

$$\text{Đặt } f(x) = y = 216,1327 - 115,3350.X_1 + 70,3813.X_2 + 22,7286.X_3 + 18,5294.X_1^2 - 1,4113.X_2^2 + 6,2838.X_3^2 + 0,250.X_1.X_2 - 9,3750.X_1.X_3 + 4,8160.X_2.X_3$$

Tính các đạo hàm cấp 1 của hàm $f(x)$.

$$\frac{\partial f(x)}{\partial X_1} = -115,3350 + 37,0588.X_1 + 0,250.X_2 - 9,3750.X_3$$

$$\frac{\partial f(x)}{\partial X_2} = 70,3813 - 2,8226.X_2 + 0,250.X_1 + 4,8160.X_3$$

$$\frac{\partial f(x)}{\partial X_3} = 22,7286 + 12,5676.X_3 - 9,3750.X_1 + 4,8160.X_2$$

Lấy trong miền ràng buộc một điểm bất kỳ x^0 (2,1,0.8) điểm X^0 nằm trong miền ràng buộc vì:

$$\begin{cases} 5.2 - 2.1 - 0.8 = 7.2 \leq 50 \\ -10.79.2 + 3.35.0.8 = 18.89 \leq 59.63 \\ -2.5.2 + 0.26.1 = 4.74 \leq 6 \\ 2 \leq X_1 \leq 4 \\ 1 \leq X_2 \leq 4 \\ 0.8 \leq X_3 \leq 2 \end{cases}$$

$$f(x^0) = 130,11061$$

$$\frac{-\partial f(x^0)}{\partial X_1} = -48,4674$$

$$\frac{-\partial f(x^0)}{\partial X_2} = 68,44398$$

$$\frac{-\partial f(x^0)}{\partial X_3} = 18,84868$$

Nhận thấy

$-\nabla f(x^0) = (-48,4674; 68,4439; 18,8487) \neq 0$ do đó x^0 chưa phải là điểm cực tiểu. Mỗi điểm trên hướng đối Gradien có dạng:

$$\begin{aligned} & x^0 + (-\nabla f(x^0)).\lambda \\ = & (2; 1; 0,8) + (-48,4674; 68,44398; 18,84868). \lambda \\ = & (2 - 48,4674. \lambda; 1 + 68,44398. \lambda; 0,8 + 18,84868. \lambda) \end{aligned}$$

$$\text{Tính: } \frac{d\Delta f}{d\lambda} = -\nabla f[x^k - \nabla f(x^k). \lambda](-f(x^k)) = 0$$

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta f}{d\lambda} = & [(-115,3350 + 37,0588.X_1 + 0,250.X_2 - 9,3750.X_3); (70,3813 - 2,8226.X_2 \\ & + 0,250.X_1 + 4,8160.X_3); (22,7286 + 12,5676.X_3 - 9,3750.X_1 + 4,8160.X_2)] \end{aligned}$$

Thay $x^0 + (-\nabla f(x^0)).\lambda = (2 - 48,4674. \lambda; 1 + 68,44398. \lambda; 0,8 + 18,84868. \lambda)$ vào phương trình $\frac{d\Delta f}{d\lambda}. (-\nabla f(x^0)) = 0$ ta có:

$$\begin{aligned} & [-115,3350 + 37,0588.(2 - 48,4674. \lambda) + 0,250.(1 + 68,4439. \lambda) - 9,3750.(0,8 \\ & + 18,8487. \lambda); \quad 70,3813 - 2,8226.(1 + 68,4439. \lambda) + 0,250.(2 - 48,4674. \lambda) + \\ & 4,8160.(0,8 + 18,8487. \lambda); \quad (22,7286 + 12,5676.(0,8 + 18,8487. \lambda) - \end{aligned}$$

$$9,3750.(2 - 48,4674.\lambda) + 4,8160.(1 + 68,4439.\lambda) [-48,4674; 68,4439; 18,84868] = 0$$

$$[(-48,4674 - 1955,7308.\lambda); (71,9115 - 114,5313.\lambda); (18,8487 + 1020,890\lambda)] .$$

$$[-48,4674; 68,4439; 18,84868] [(-48,4674 - 1955,7308.\lambda).(-48,4674); (71,9115 - 114,5313.\lambda).68,4439; (18,8487 + 1020,890\lambda).18,8487] = 7625,4787 - 106192,6675.\lambda = 0$$

$$\Rightarrow \lambda \approx 0,01$$

Kiểm tra $\frac{d^2\Delta f}{d\lambda^2} = -106192,667 < 0$ như vậy λ là bước cực đại của ∇f .

Chọn độ dài bước $\lambda \approx 0,07$

$$x^1 = x^0 + [-\nabla f(x^0)].\lambda^* = [2, \quad 1, \quad 0.8] + (-48,4674; 68,4439; 18,8487).0,07$$

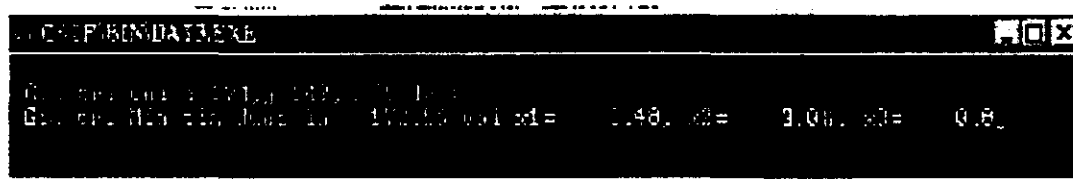
Dựa vào thuật toán nêu trên mục 5.1.10 nhóm tác giả viết chương trình tính toán giá trị tối ưu trên ngôn ngữ lập trình Turbo Pascal 6.0 (Xem phụ lục IV.2). Sau khi chạy, tính toán và so sánh các giá trị tìm được phần mềm sẽ đưa ra giá trị min tìm được và bộ thông số công nghệ tối ưu.

$$y_{\min} = 172,56\mu\text{m}$$

$$x_1 = 3,48 \Leftrightarrow v \approx 3,5 \text{ m/phút}$$

$$x_2 = 3,08 \Leftrightarrow P_{kt} \approx 3 \text{ bar}$$

$$x_3 = 0,8 \Leftrightarrow v = 0,8 \text{ mm}$$



5.1.12 Thí nghiệm kiểm chứng:

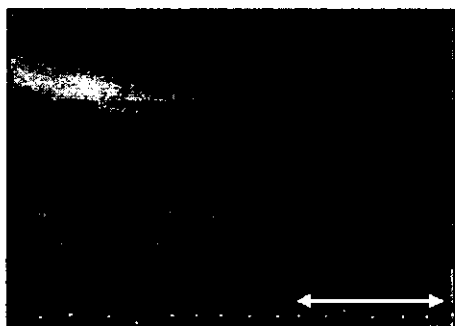
Bộ thông số công nghệ và kết quả đo trong thí nghiệm kiểm chứng.

Vật liệu : Thép tấm CT3

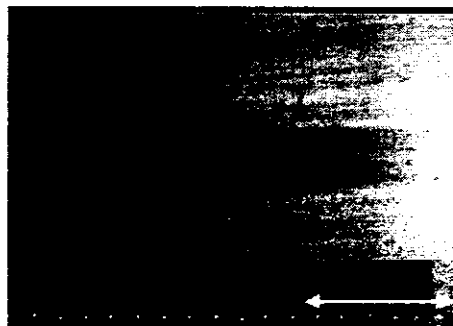
Chiều dày : 2mm

Số thí nghiệm : 3 thí nghiệm

TT	Thông số công nghệ					Kết quả đo độ rộng mép cắt TB (μm)
	Công suất (W)	Vận tốc (mm/ph)	Khe hở (mm)	Áp suất khí (bar)	Đường kính vòi (mm)	
1	1000	3500	2	3	0,8	175
2	1000	3500	2	3	0,8	172.7
3	1000	3500	2	3	0,8	173.8



Hình IV.30: ảnh chụp vết cắt khi cắt ở chế độ thường



Hình IV.31: ảnh chụp vết cắt khi cắt ở chế độ tối ưu

Bằng thí nghiệm kiểm chứng ta có thể nhận thấy độ rộng của vết cắt khi cắt ở chế độ công nghệ hợp lý (chế độ tối ưu tìm được hình IV.31) nhỏ và đẹp hơn nhiều khi cắt ở chế độ thường (hình IV.30). Trên hình IV.31 thể hiện rất rõ sự khác biệt khi đo độ rộng mép cắt tại 10 điểm liên tiếp trên chiều dài đo 10mm. Tuy nhiên ta thấy sự nhấp nhô trên bề mặt của vết cắt vẫn còn tồn tại mặc dù có giảm một cách đáng kể, hiện tượng này có thể giải thích do 3 nguyên nhân chính sau:

- Sự không ổn định của nguồn nhiệt tập trung
- Sự rung động của hệ thống khi làm việc.
- Sự không đồng nhất của thành phần vật liệu

Đây là những hiện tượng có thể coi là các yếu tố nhiễu, ta không thể giải quyết chúng một cách triệt để bằng thông số công nghệ mà phải giải quyết từ sự ổn định của hệ thống khi làm việc, thuộc về thiết kế chế tạo thiết bị. Tuy nhiên, trong điều kiện sản xuất thực tế thì với các kết quả ở trên thì hoàn toàn có thể đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật trong sản xuất.

BẢNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC VÀ CÁC BỘ THÔNG SỐ TỐI ƯU CHO THÉP CT3 CÓ CHIỀU DÂY KHÁC NHAU

Tương tự như đã trình bày ở trên tiến hành cho các loại chiều dây và các vật liệu khác nhau theo mô hình dạng:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3$$

Ta có bảng

Chiều dây t(mm)	Vật liệu thép CT3									
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_{11}	a_{22}	a_{33}	a_{12}	a_{13}	a_{23}
0.8	207.53	-110.74	67.58	21.83	17.79	-1.35	6.03	0.24	-9.00	4.62
1	209.65	-111.87	68.27	22.05	17.97	-1.37	6.09	0.24	-9.09	4.67
1.2	211.79	-113.01	68.97	22.27	18.16	-1.38	6.16	0.24	-9.19	4.71
1.5	213.95	-114.17	69.67	22.50	18.34	-1.40	6.22	0.25	-9.28	4.76
2	216.13	-115.33	70.38	22.73	18.53	-1.41	6.283	0.25	-9.375	4.81
3	218.73	-116.72	71.23	23.00	18.75	-1.43	6.36	0.25	-9.49	4.87
4	221.37	-118.13	72.09	23.28	18.98	-1.44	6.44	0.26	-9.60	4.93
5	224.32	-119.70	73.05	23.59	19.23	-1.46	6.52	0.00	-9.73	4.99
6	228.72	-122.05	74.48	24.05	19.61	0.00	6.65	0.00	-9.92	5.09

Bộ thông số tối ưu cho gia công thép CT3 có chiều dây khác nhau:

Chiều dây t(mm)	Vật liệu thép CT3 Bộ thông số tối ưu P=1000W, Z=2mm		
	V(m/p)	P_{kt} (bar)	D (mm)
0,8	6,5	3	0,8
1	5	3	0,8
1,2	4,5	3	0,8
1,5	4	3	0,8
2	3,5	3	0,8
3	3,2	2,5	0,8
4	2,8	2,2	0,8
5	2,5	1,5	1
6	1,8	1,3	1,2

6. THIẾT KẾ PHẦN MỀM TỐI ƯU HÓA CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ.

Bằng các nghiên cứu từ lý thuyết và thực nghiệm nhóm tác giả đã nghiên cứu và phân tích sự ảnh hưởng của đơn và đồng thời của các thông số công nghệ lên độ rộng mạch cắt. Các kết quả nghiên cứu thu được bằng các công cụ toán học, tin học... như :

- Phương pháp qui hoạch thực nghiệm (tìm ra mô hình toán học)
- Phương pháp giải bài toán tối ưu (Phương pháp đơn hình)
- Ngôn ngữ lập trình Turbo Pascal (Giải các bài toán con)
- Phần mềm Malab 6.0 (Tính toán các ma trận)

Cho phép chúng ta thiết kế một phần mềm tối ưu hóa các thông số công nghệ trong quá trình cắt bằng chùm tia Laser. Phần mềm này có tác dụng như một quyển sổ tay công nghệ điện tử cho phép người thao tác máy sử dụng một tra chế độ công nghệ tối ưu dễ dàng và thuận lợi nhất.

Bằng phần mềm lập trình Visual Basic và Microsolf Access 2000 nhóm tác giả đã liên kết toàn bộ các cơ sở dữ liệu, các kết quả tính toán rời rạc ở trên tạo ra một thư viện. Trong đó gồm rất nhiều các bộ thông số công nghệ tối ưu. người đọc chỉ cần lựa chọn đầu vào không điều khiển (vật liệu, chiều dày...) phần mềm sẽ đưa ra một bộ thông số công nghệ tối ưu nhất.

Phần mềm này luôn cho phép cập nhật các chế độ công nghệ mới khi nghiên cứu tối ưu hóa các thông số công nghệ khi gia công trên các vật liệu mới.

Các thông số cần khai báo:

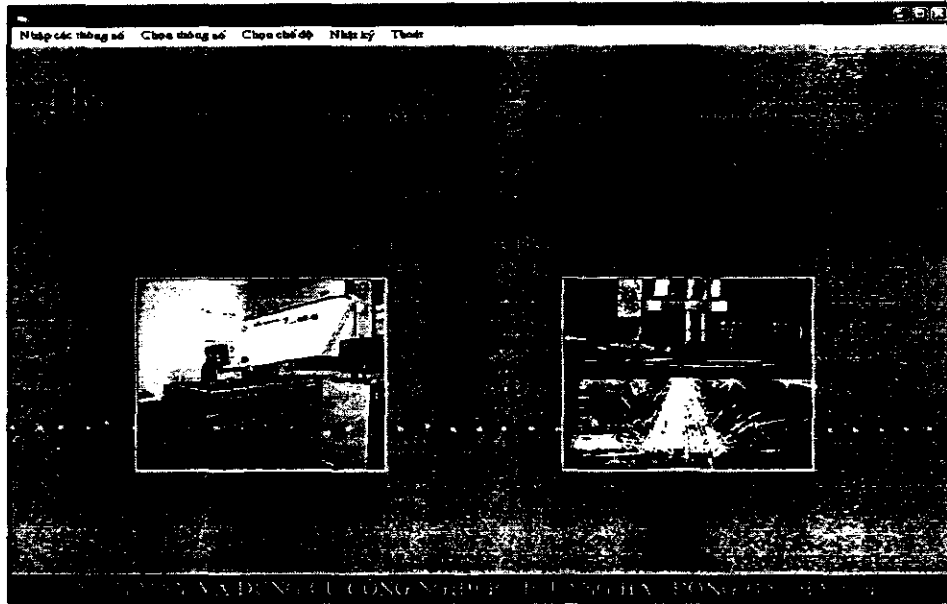
- Thiết bị
- Vật liệu gia công
- Chiều dày phôi
- Loại khí sử dụng

Kết quả

- Công suất cắt
- Vận tốc cắt
- Khe hở đầu cắt
- Áp suất khí

- Đường kính đầu phun

Hình IV.33 là form bắt đầu của phần mềm với các menu trợ giúp như “nhập thông số khi có cơ sở dữ liệu mới” “thực hiện tối ưu hóa thông số công nghệ”, “nhật ký sử dụng máy”



Hình IV.33 : Form bắt đầu của phần mềm

Các thông số tối ưu

Các thông số đầu vào

Thiết bị: LC1000CNC

Vật liệu: C45

Chiều dày: 0.8

Khí cắt: O2

Thực hiện

Chấp nhận

Chọn lại

In phiếu

Thoát

Bộ thông số tối ưu

Công suất P(w)	Vận tốc V(mm/phút)	áp suất khí (Pkt bar)	Khí hỗ đầu cắt (l/min)	Đường kính đầu phun(D:mm)
1000	5800	4.5	2.5	0.8

Hình IV.34: Form thực hiện lựa chọn của phần mềm

Hình IV.34 là form thực hiện các lựa chọn thông số đầu vào và sẽ đưa ra một bộ thông số công nghệ tối ưu nhất và in phiếu công nghệ.

7. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu tối ưu hóa các thông số công nghệ trong quá trình gia công vật liệu bằng chùm tia laser là một bước quan trọng trong việc đưa công nghệ này áp dụng vào sản xuất.

Trong phạm vi của đề tài nghiên cứu và phát triển khoa học công nghệ cấp nhà nước KC03.05 (thời gian thực hiện từ 2001 ÷ 2003) nhóm tác giả đã thực hiện một khối lượng công việc tương đối lớn bao gồm:

- Phân tích lựa chọn mẫu sản phẩm
- Xây dựng, lắp đặt thiết bị LC1000-CNC
- Viết phần mềm CAD/CAM
- Tối ưu hóa các thông số công nghệ
- Tích hợp phần mềm tối ưu vào phần mềm CAD/CAM IMI Ver.1.0
- Lập các báo cáo khoa học

Đối với một công nghệ mới như công nghệ Laser để nghiên cứu hoàn thiện công nghệ này cần phải có một thời gian dài, cần có sự điều chỉnh giữa nghiên cứu lý thuyết và thực tế sản xuất tại Việt Nam

Phần mềm tối ưu hóa các thông số công nghệ nhóm tác giả đi sâu nghiên cứu và phân tích sự ảnh hưởng của 05 thông số công nghệ chính đến độ rộng của mạch cắt và tối ưu hóa các thông số công nghệ đó theo hàm mục tiêu độ rộng mạch cắt nhỏ nhất với hai mục đích :

- Tiết kiệm vật liệu gia công
- Xác định được độ rộng trung bình của mạch cắt từ đó xác định được bán kính bù dao hợp lý cho từng loại vật liệu nhằm đạt độ chính xác cao nhất.

Trong quá trình nghiên cứu nhóm tác giả nghiên cứu nhận thấy để đơn giản hơn nữa cho người sử dụng và hiểu sâu hơn nữa về công nghệ gia công tiên tiến này cần phải tiếp tục nghiên cứu phát triển các vấn đề sau:

- Nghiên cứu sự ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt chi tiết, chiều sâu các lớp ảnh hưởng nhiệt, năng suất gia công...

TÀI LIỆU THAM KHẢO.

TÀI LIỆU NƯỚC NGOÀI

- [1]. **William M. Steen**, *Laser material processing*, Springer 1998
- [2]. **Michael Bass**, *Laser materials processing*, North-Holland publishing Company Amsterdam. New York Oxford
- [3]. **Jügen M. Weick, Wolfgang Bartel, Wolfgang Stolz.**, *Untersuchungen zum Laserschneiden mit CO₂- Lasern*, Forschungsbericht von Trumpf
- [4]. Technische Dokument von FEHA, Feinmechanische Werke Halle GmbH
- [5]. **Decker, J Ruge, u Atzert**, *Physical models and technological aspects of laser gas cutting*, Proceeding of SPIE- the international Society of Optical Engineering, industrial applications of high power laser, Linz. Austria 455 (1984)81-87
- [6]. **M. Querry**, *Laser cutting*, Pergamon pp 195-211, 1989
- [7]. **N. Rajendran, M.B. Pate**, *the effect of laser beam velocity on cut quality and surface temperature*, American Society of Mechanical engineers, Heat Transfer Division 104 (1988) 121-127
- [8]. **W.K Hamoudi.**, *The effect of speed and processing gas on laser cutting of steel using a 2kW CO₂ laser*. International Journal for joining of Materials 9 (1) 1996 (pag 31-36)
- [9]. **N.Rajaram, Sheikh-Ahmad, S.H Cheraghi**, International Journal of machine Tools& Manufacture 43 (2003) 351-358
- [10]. **J wang**, *an experimental Analysis and Optimisation of the CO₂ laser cutting process for metallics coated sheet Steels*, Advanced Manufacturing Technology, Springer Verlage 2000
- [11]. **Bernd Kallies**, *Laserstrahlschneiden von Blechformteilen*, Carl Hanser Verlage Münches Wien, 1995
- [12]. **Rzany, Bernhard**, *Laserschneiden*. Düsseldorf Deutscher Verlag für Schweißtechnik, DVS&Verl 1995
- [13]. TLF Laser in material machining, TRIUMPF Werkzeugmaschinen GmbH+CoKG, 10/2000
- [14]. **Genrikh M Arutjunian**, *Radiation gas –dynamic and Thermal – Mechanical Investigation of Optimizing the Parameter of technological Quantum Optical Generator (QOG) w.w.w.*

TÀI LIỆU TRONG NƯỚC

- [15]. Máy LC1000-CO2 CNC ,, báo cáo tổng kết đề tài KC03-05, 2004
- [16]. Đinh Văn Hoàng, Trịnh Đình Chiến, “Vật lý Laser và ứng dụng”, Đại học tổng hợp 1998. ,Lý văn Hậu, “Luận văn cao học”, Đại học bách khoa Hà nội 1995.
- [17]. Viện công nghệ laser, “*Nghiên cứu ứng dụng công nghệ cắt vật liệu bằng bức xạ laser CO₂ ở chế độ liên tục*”. Báo cáo chương trình khoa học cấp nhà nước: công nghệ mới trong chế tạo máy và thiết bị .
- [18]. Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Trần Sỹ Tuý., “*Nguyên lý gia công vật liệu*”, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật - Hà nội 2000.
- [19]. Nguyễn Trọng Bình .*Tối ưu hoá quá trình gia công cắt gọt*”, Nhà xuất bản giáo dục 2003.
- [20]. Lê Văn Tiến, *Gia công vật liệu có độ bền cao*”, Bài giảng Cao học BKHN- Hà nội 1997.
- [21]. Tô Cẩm Tú, “*Thiết kế và phân tích thí nghiệm*”, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật- Hà nội 1999.
- [22]. Trần Văn Địch, “*Nghiên cứu độ chính xác gia công bằng các phương pháp thực nghiệm*”, Bài giảng Cao học và Nghiên cứu sinh Đại học BKHN.
- [23]. Nguyễn Phùng Quang, “*Matlab & simulink*”, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật- Hà nội 2004
- [24]. Bùi Minh Trí, *Qui hoạch toán học*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật- Hà nội 1999

4 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Thiết bị LC1000CN được xây dựng với những đặc tính kỹ thuật:

Kích thước bàn máy	2700 x1524 mm
Khoảng cách các chốt bàn chông	200 x 200 mm
Hành trình trục X xYxZ	2400 x1200 x200mm
Số cấp tốc độ trục	Vô cấp
Động cơ trục X; Y; Z	DC- Servo -12 ; 2,9; 1 (Nm)
Tốc độ chạy nhanh trục X ; Y; Z	23.000 ; 18.000; 9.000 (mm/phút)
Độ chính xác định vị	0,005mm
Độ chính xác lặp lại	0,01 mm
Trọng lượng phôi lớn nhất	400 kg
Trọng lượng toàn máy	3500 kg
Kích thước máy(dài x rộng x cao)	5200x2200x1700 mm
Bộ điều khiển CNC	TNC-310 HEINDENHAIN
Khả năng điều khiển 3 trục +1	
Bộ điều khiển Lase	SM1000MC-FEHA
Công suất	1000W CO ₂
Điều khiển chiều cao	Trên cơ sở siêu âm

Và với một loạt sản phẩm đơn về:

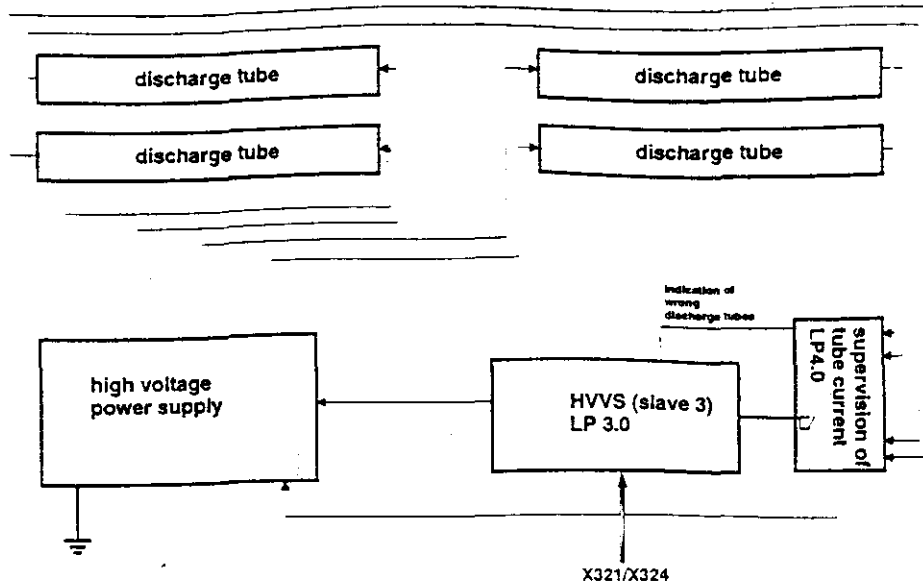
TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học	Chú thích
1	2	3	4
1	Phần mềm CAD/CAM tích hợp điều khiển tối ưu vị trí và quỹ đạo gia công thích ứng cho các thiết bị gia công hiện đại bằng tia (Lase, plasma	ứng dụng kỹ thuật điều khiển CNC, thông qua các Modun chuyển đổi, tích hợp CAD/CAM để điều khiển vị trí dụng cụ theo trục tọa độ nhằm đạt được độ chính xác gia công tương đương sản phẩm của các hãng nổi tiếng trên thế giới như Heidenhain, Siemens (CHLB Đức), ANILAM (Mỹ), Fanuc (Nhật): Cụ thể là:	

	và tia lửa điện.vv...) điều khiển CNC .	- Xác định vị trí dụng cụ theo 2 trục toạ độ. - Độ chính xác dịch chuyển hành trình đạt được: 0.005 mm. - Hành trình dịch chuyển: + Trục X: 650mm. + Trục Y: 320mm.	
2	Phần mềm điều khiển tối ưu chế độ công nghệ gia công nhằm đạt độ chính xác cao nhất.	ứng dụng kỹ thuật điều khiển CNC, PLC, CC để tự động điều khiển các yếu tố công nghệ gia công nh tốc độ cắt, chiều rộng rãnh cắt, tốc độ dịch chuyển... thích ứng cho các máy cắt có sử dụng công nghệ Lase, plasma và tia lửa điện với các loại vật liệu, chiều dày cắt khác nhau nhằm tự động hoá quá trình gia công, nâng cao độ chính xác và chất lượng sản phẩm.	
3	Thiết bị điều khiển tự động duy trì khoảng cách giữa dụng cụ và chi tiết gia công. Bao gồm : - Bộ điều khiển tự động PLC, CC (modun phần cứng và phần lập trình). - Các phần tử đo. - Hệ truyền dẫn.	ứng dụng kỹ thuật quang điện tử, thông qua các Modun giao tiếp và lập trình điều khiển PLC, CC để xác định và điều khiển duy trì khoảng cách gia công chính xác giữa dụng cụ và chi tiết gia công nhằm đạt được độ chính xác gia công tương đương sản phẩm của các hãng nh Siemens (CHLB Đức), Fanuc (Nhật): Cụ thể là: - Duy trì khoảng cách theo 1 trục toạ độ. - Độ chính xác dịch chuyển hành trình đạt được: 0.05 mm. - Khoảng cách dịch chuyển : Trục Z = 200mm	
	Thiết bị gia công bằng	ứng dụng kỹ thuật điều khiển CNC để tự động	

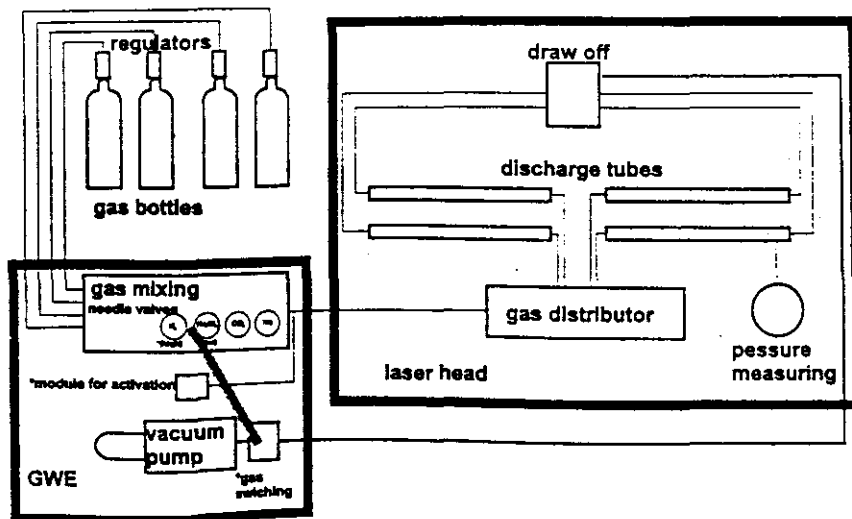
PHỤ LỤC I.1

- **SƠ ĐỒ VỀ KÍCH HOẠT LASER**
- **HỆ THỐNG KHÍ**
- **SƠ ĐỒ LÀM MÁT**

Appendix laser excitation

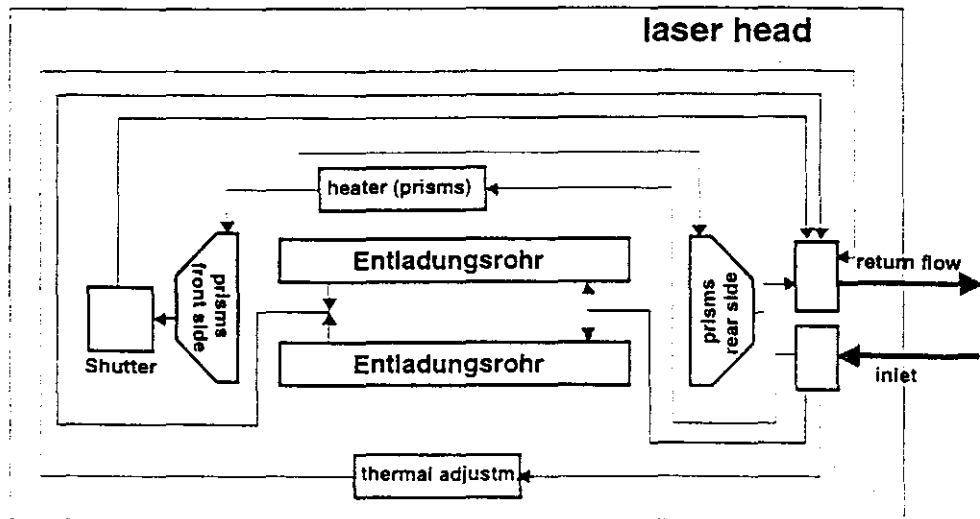


gas system

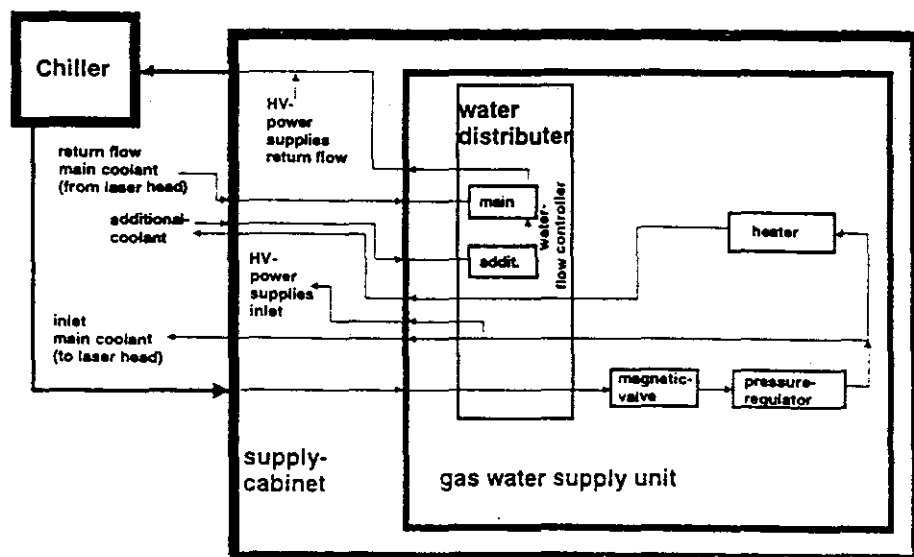


Appendix

water circuit in laser head



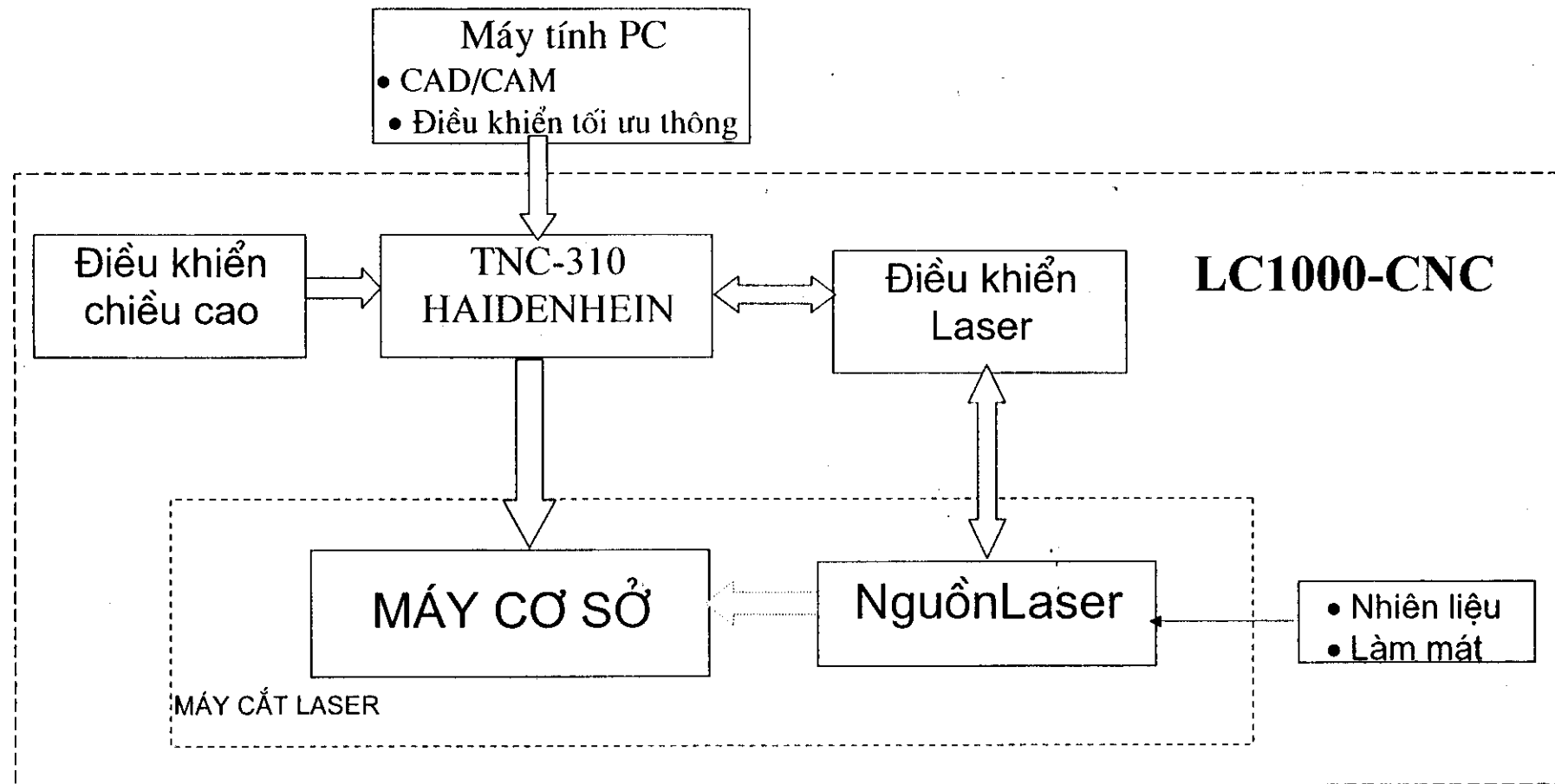
water circuit in supply cabinet

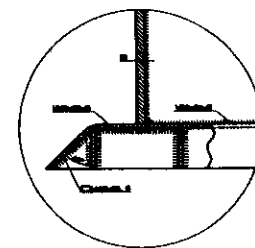
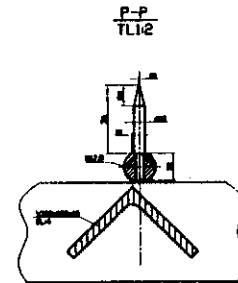
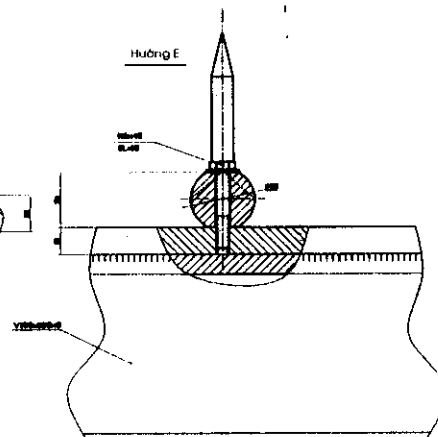
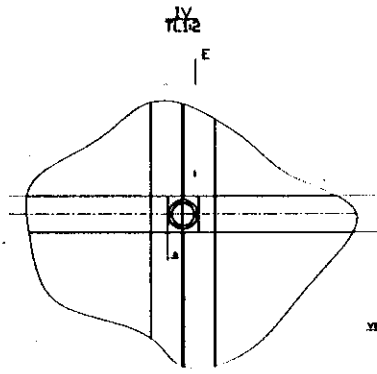
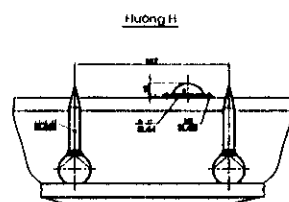
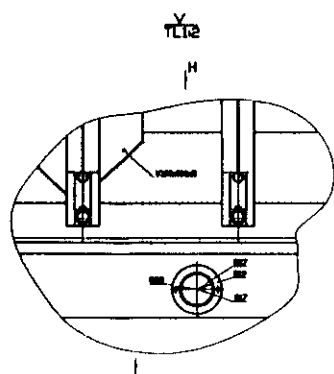
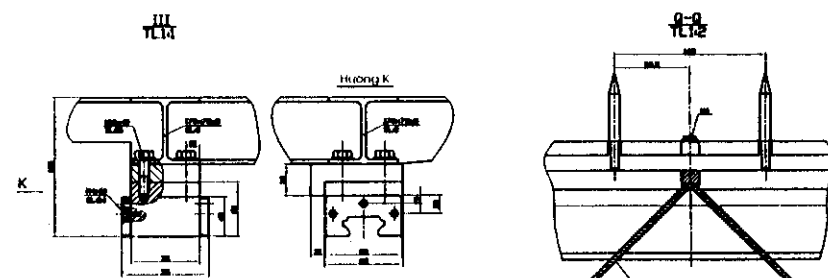
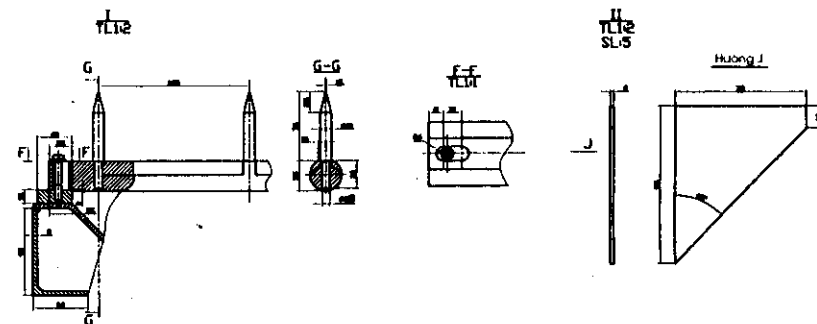
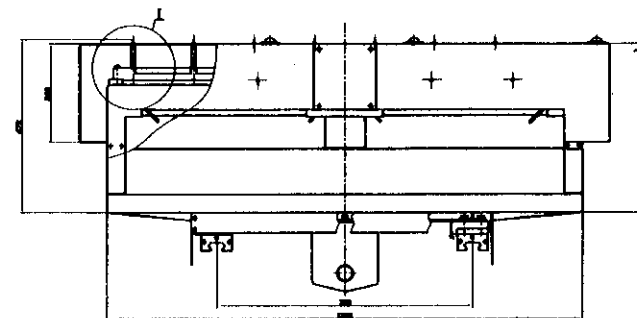
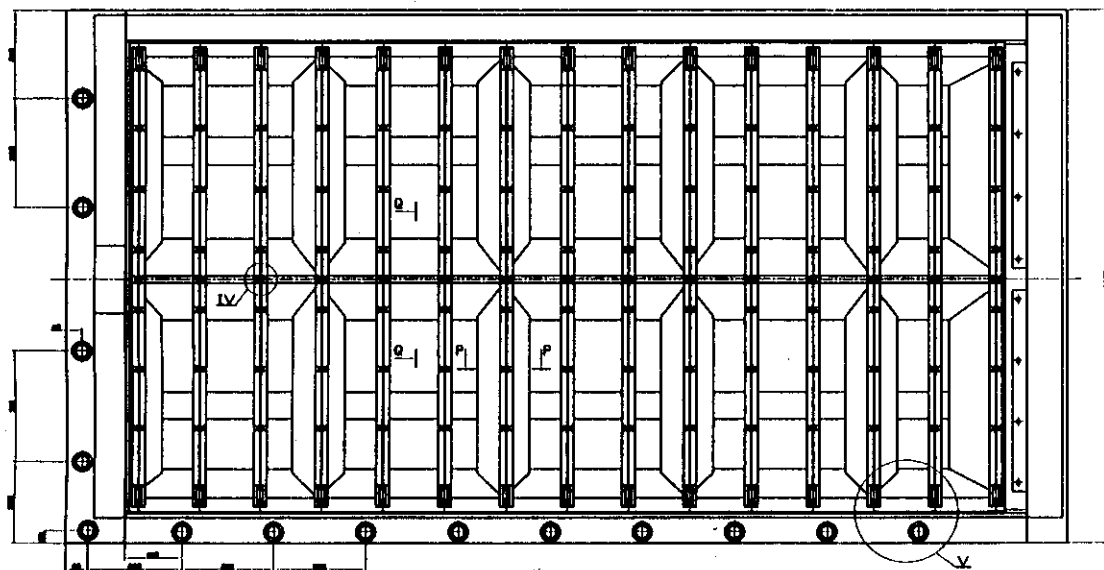
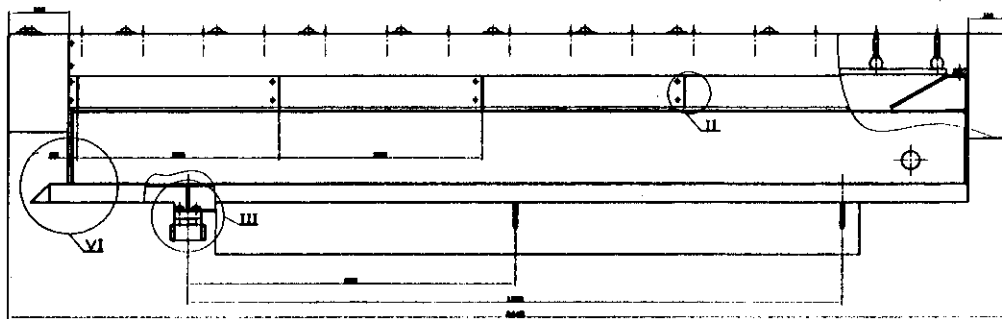


PHỤ LỤC I.2

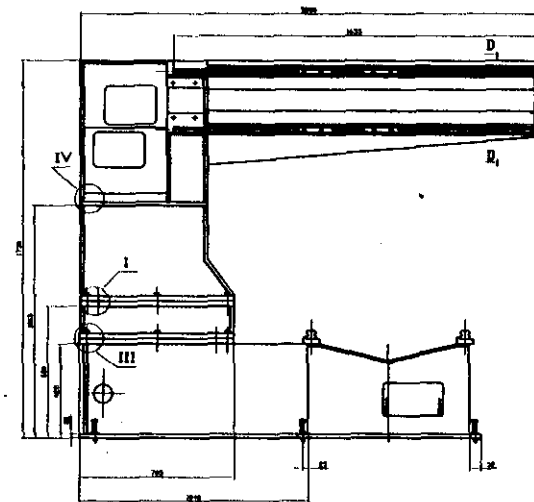
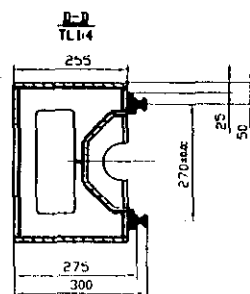
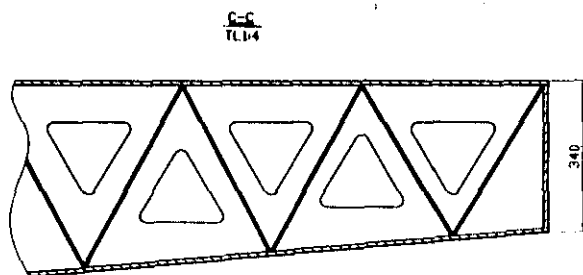
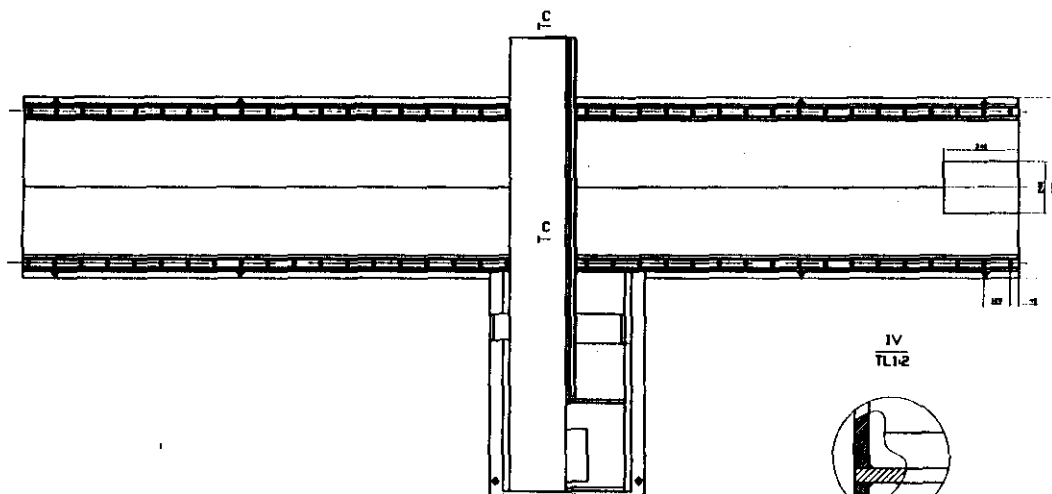
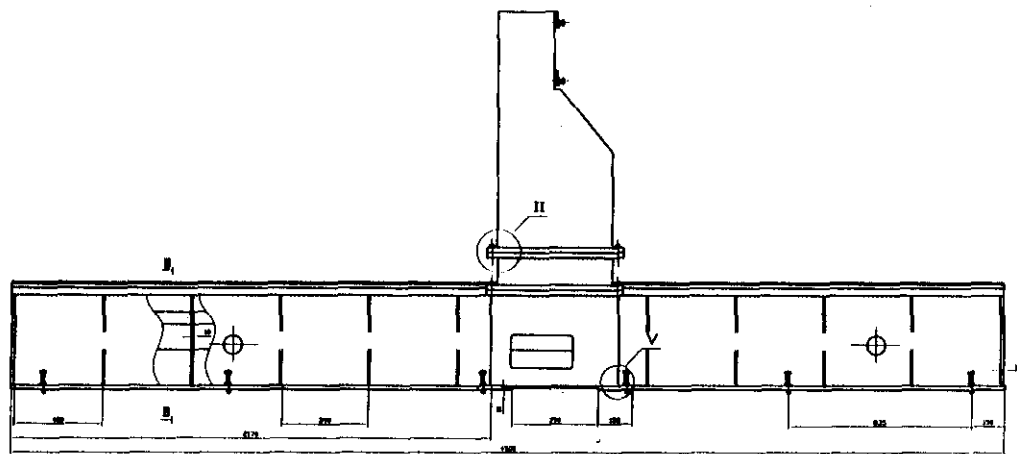
- **BẢN VẼ TỔNG THỂ THIẾT BỊ**
- **BẢN VẼ MỘT SỐ CỤM CHI TIẾT CHÍNH**
- **BẢN VẼ HỆ TRUYỀN DẪN TIA LASER**

SƠ ĐỒ GHÉP NỐI HỆ THỐNG MÁY CẮT LASER CO₂ LC1000-CNC





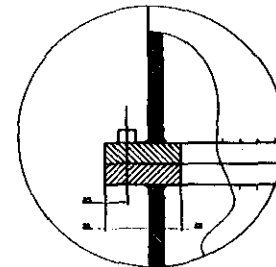
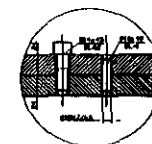
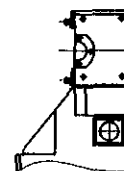
BAI MAI	
BAN CHUNG	



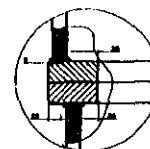
Theo A

I
TL12

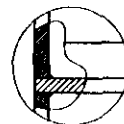
II
TL12



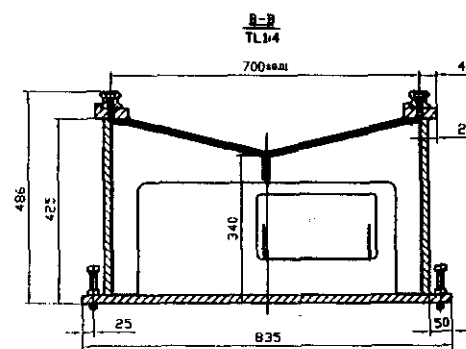
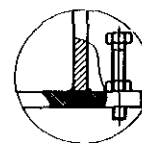
III
TL12



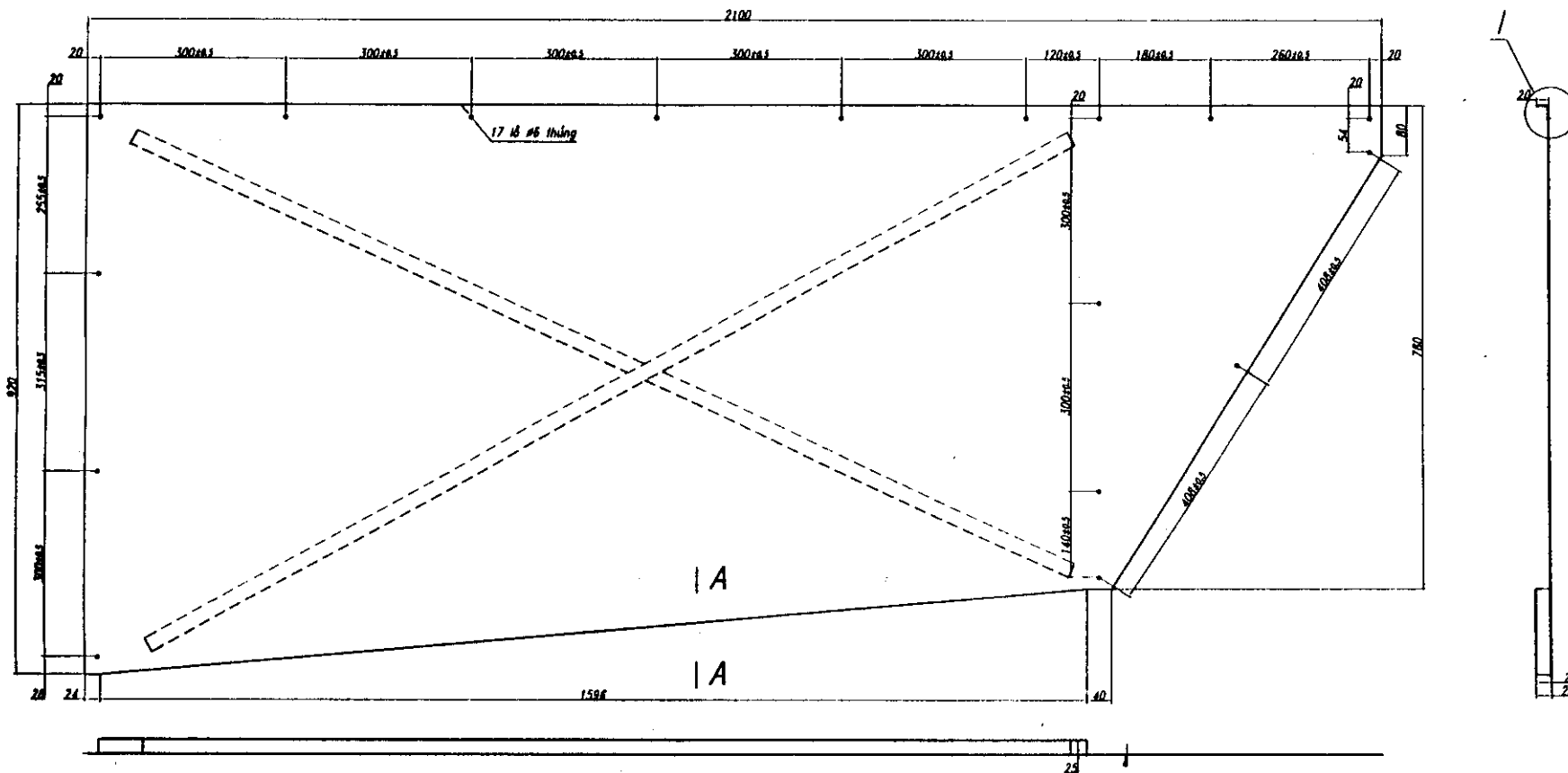
IV
TL12



V
TL12

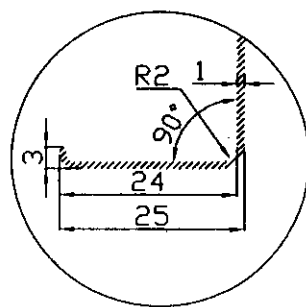
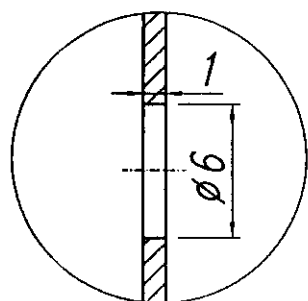


STANDARD	DATE	REVISION	REVISION
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20

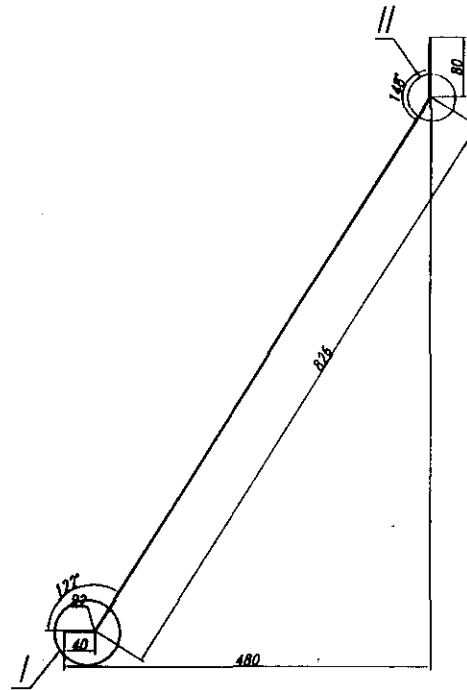
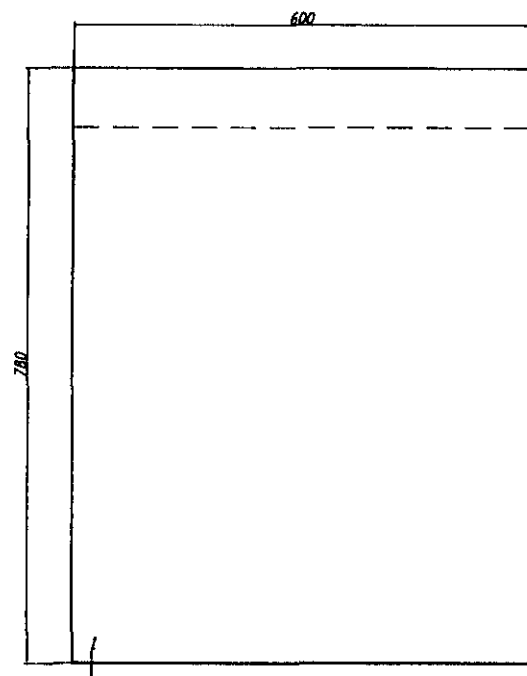


GHỊ CHÚ

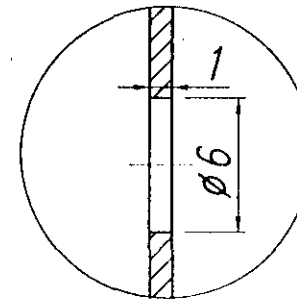
- VẬT MỀM VÀ MÀI CÙN CÁC CẠNH SẮC
- GIA CÔNG ĐẢM BẢO CHÍNH XÁC CÁC KÍCH THƯỚC
- CHỈ TIẾT ĐƯỢC SƠN TRẮNG SAU KHI GIA CÔNG



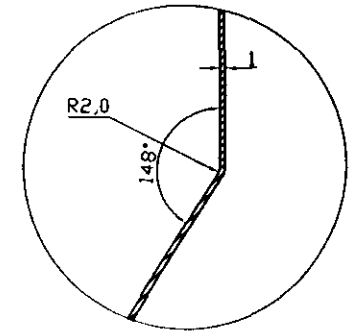
				BAO CHẾ ĐẦU CẮT LASER MÁY CẮT LASER TOYAMA-TNC 310 FEHA		T.T. NGHIÊN CỨU CÁC CÔNG NGHỆ ĐẶC BIỆT (CREST)	
				TẮM GIỮA		Mã số: 00-000-000	
T.kế	Họ tên	Ký	Ngày			Số lượng	Khối lượng
K.suất	Bùi.T Đạt					01	###
T.k.l				VẬT LIỆU : THÉP CT3; S = 1MM		Tỉ lệ	1:6
K.l.l.c						Tô:	Số tô:
K.l.c.n						Lớn cấp: 01	
Duyệt	Trần A. Quân					IMI HOLDING	
						VĂN MỸ VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP	



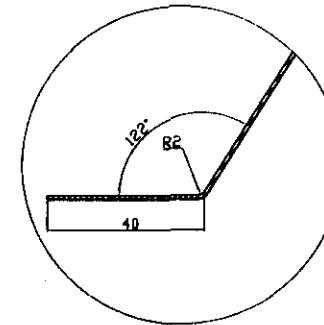
III
TL1:1



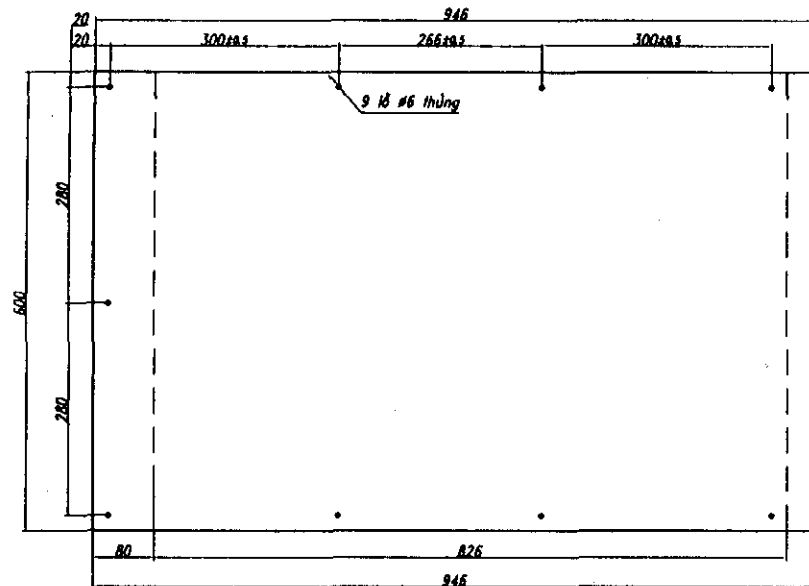
II
TL1:1



I
TL1:1



BẢN VẼ KHAI TRIỂN

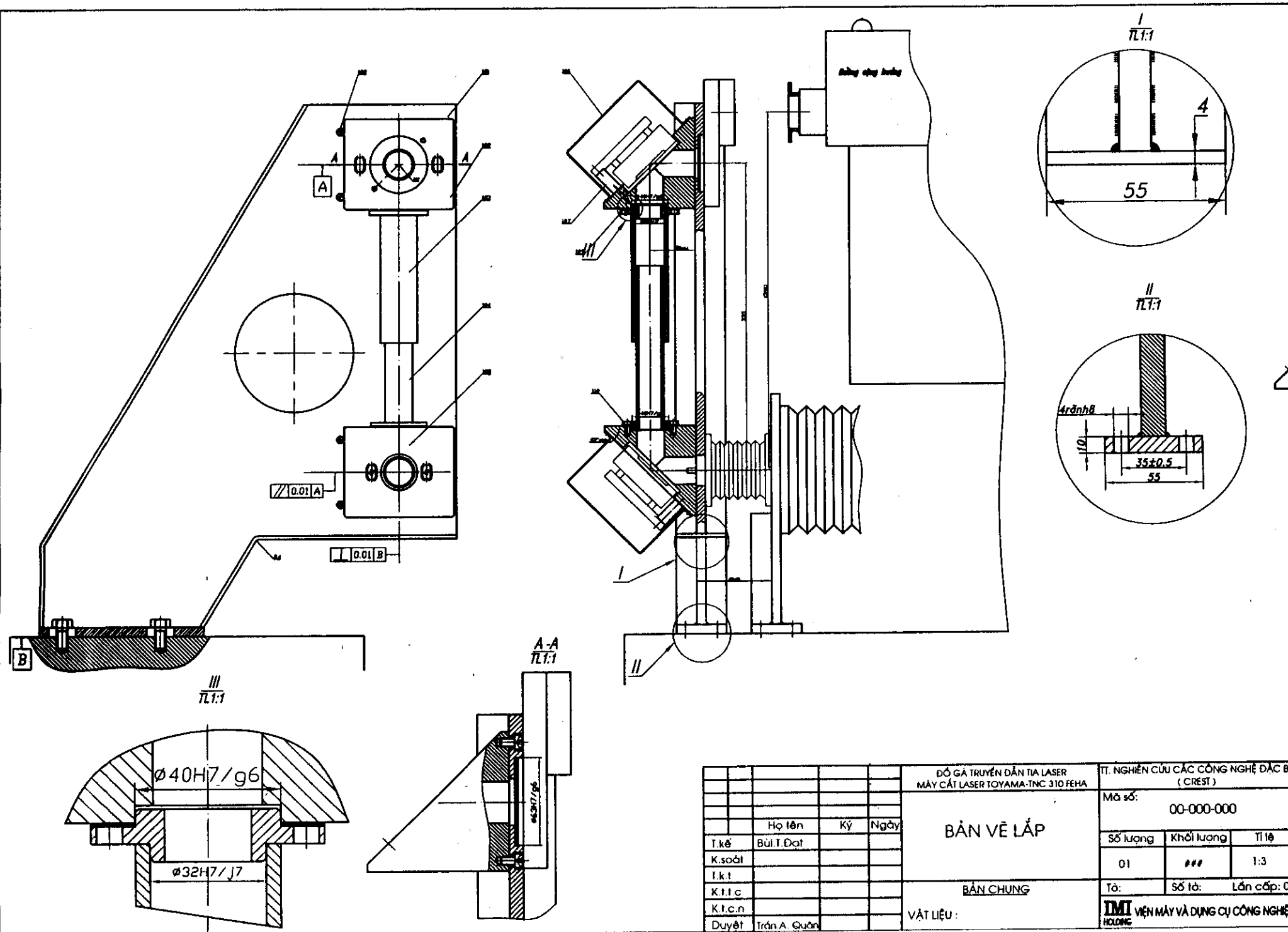


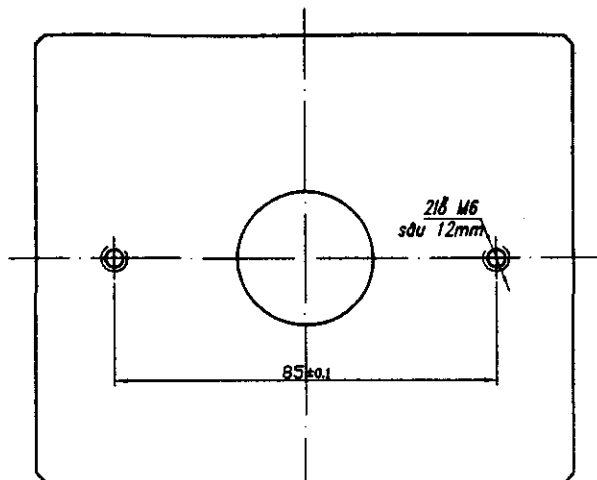
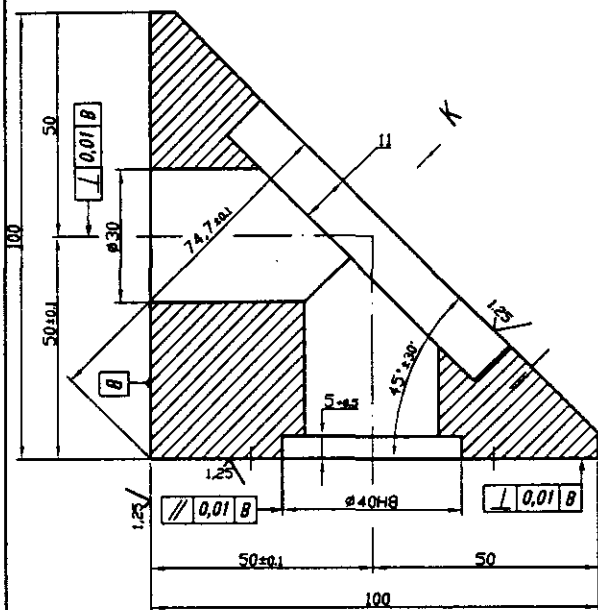
GHI CHÚ

- VẬT MẸP VÀ MÀI CÙN CÁC CẠNH SẮC
- GIA CÔNG ĐẢM BẢO CHÍNH XÁC CÁC KÍCH THƯỚC
- CHI TIẾT ĐƯỢC SƠN TRẮNG SAU KHI GIA CÔNG

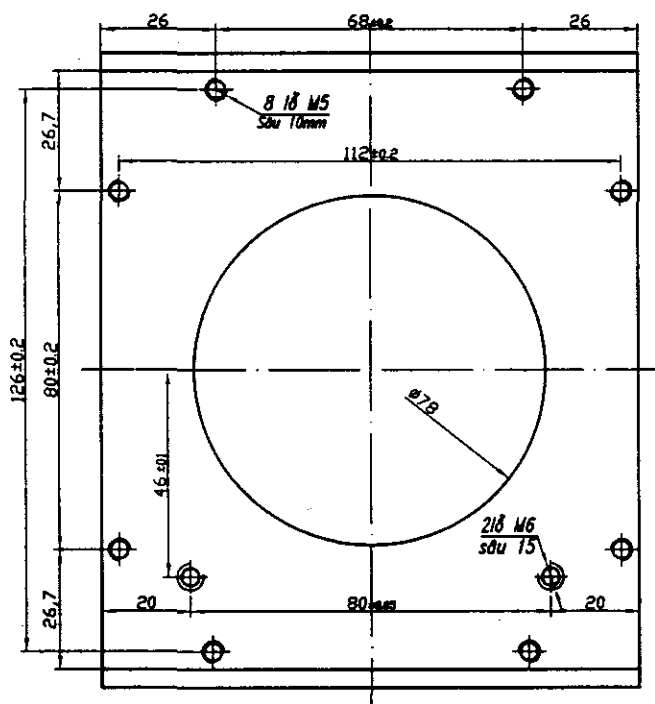
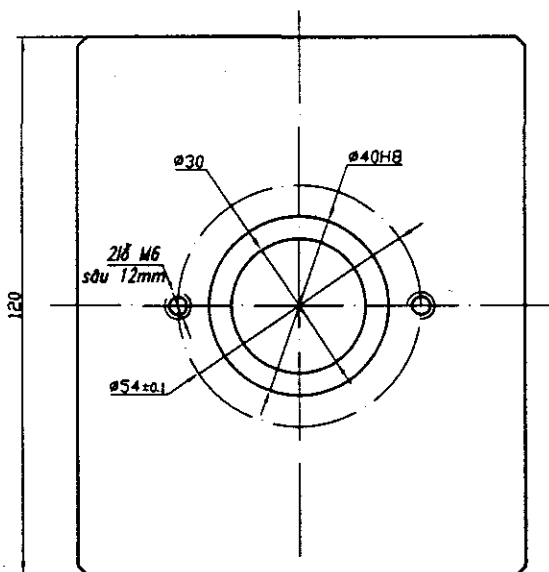
					BAO CHẾ ĐẦU CẮT LASER MÁY CẮT LASER TOYAMA-TNC 310 FEHA	T.T. NGHIÊN CỨU CÁC CÔNG NGHỆ ĐẶC BIỆT (CREST)		
					TẤM BÊN	Mã số: 00-000-000		
						Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
						01	###	1:6
						Tà:	Số tà:	Lần cấp: 01
						VẬT LIỆU : THÉP CT3; S = 1MM		
						VẬT LIỆU : THÉP CT3; S = 1MM		
T.kế	Bùi.T.Đạt					VẬT LIỆU : THÉP CT3; S = 1MM		
K.số						VẬT LIỆU : THÉP CT3; S = 1MM		
T.k.t						VẬT LIỆU : THÉP CT3; S = 1MM		
K.t.t.c						VẬT LIỆU : THÉP CT3; S = 1MM		
K.t.c.n						VẬT LIỆU : THÉP CT3; S = 1MM		
Duyệt	Trần.A.Quân					VẬT LIỆU : THÉP CT3; S = 1MM		

IMI
HOLDING VIỆN MÁY VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP





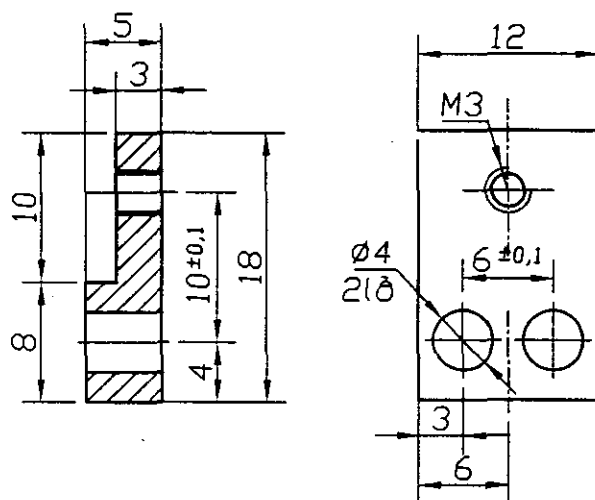
Theo K



GHICHU

- Gia công chính xác các kích thước
- Nhuộm đen chỉ tiết sau khi gia công
- Gia công đảm bảo độ song song và độ vuông góc

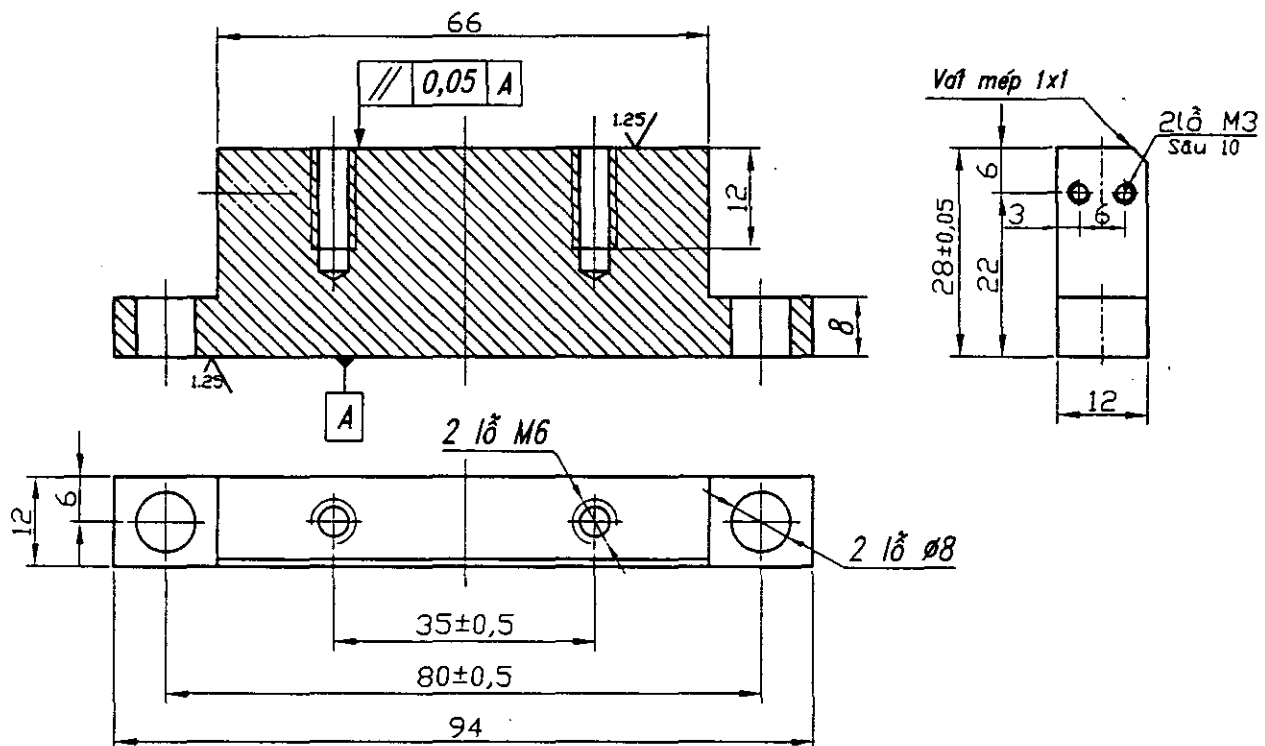
					ĐỒ GÁ TRUYỀN DẪN TIA LASER MÁY CẮT LASER TOYAMA-TNC 310 FEHA	TT. NGHIÊN CỨU CÁC CÔNG NGHỆ ĐẶC BIỆT (CREST)		
					CÚT CHUYỂN HƯỚNG TRÊN	Mã số: 00-001-102		
		Họ tên	Ký	Ngày		Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
T.kế	Bùi.T.Đạt					01	##	1:1
K.soát								
T.k.t								
K.t.t.c					BẢN CHI TIẾT: VẬT LIỆU : NHÔM	Tờ:	Số tờ:	Lần cấp: 01
K.t.c.n						 VIỆN MÁY VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP		
Duyệt	Trần.A.Quân							



GHI CHÚ

- Gia công chính xác các kích thước
- Vát mép các cạnh sắc

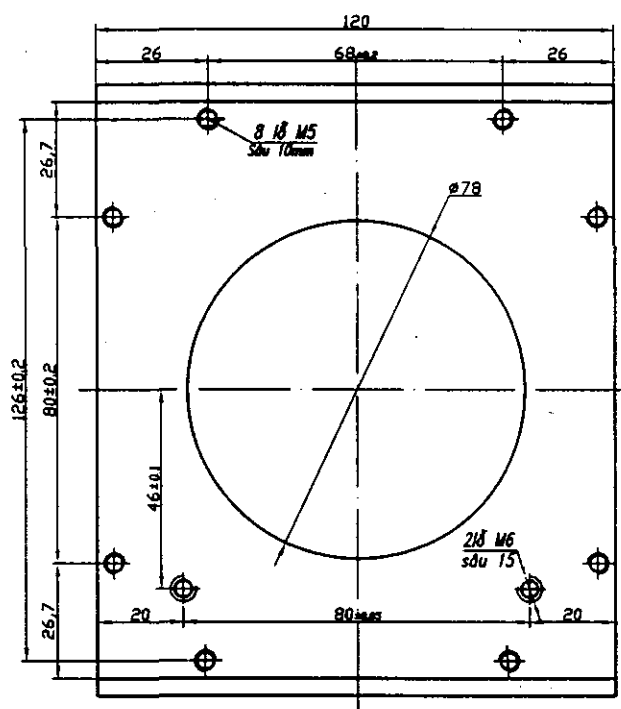
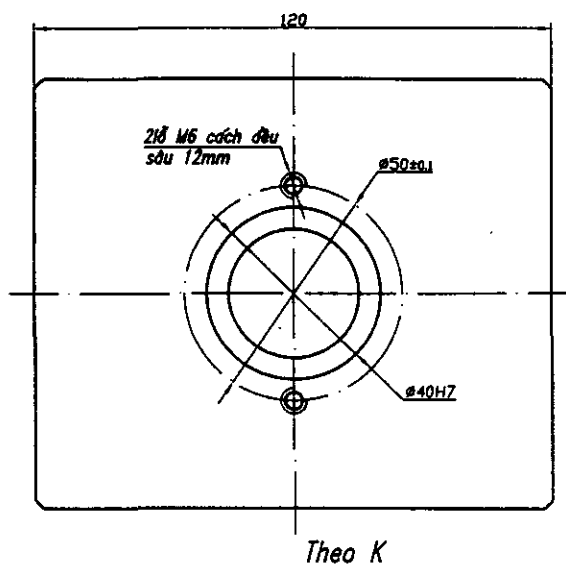
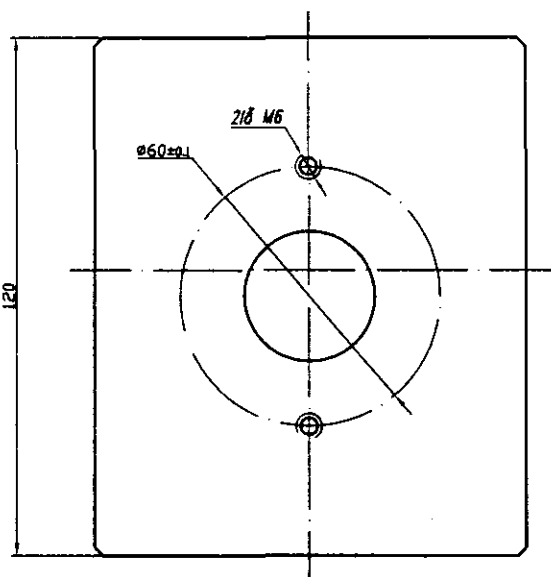
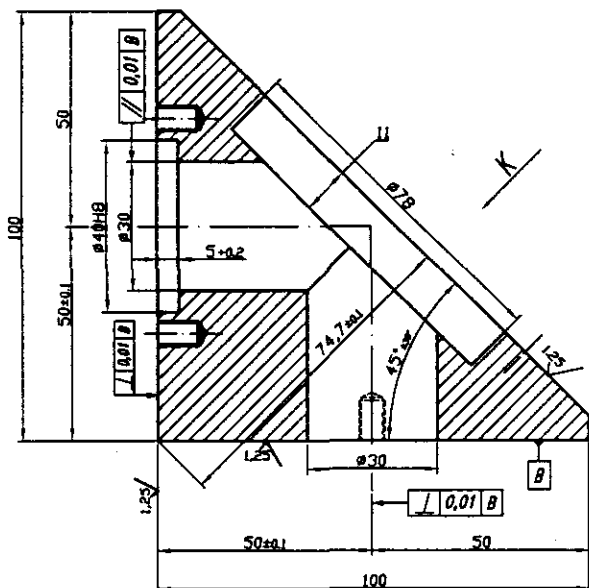
					ĐỒ GÁ TRUYỀN DẪN TIA LASER MÁY CẮT LASER TOYAMA-TNC 310 FEHA	TT. NGHIÊN CỨU CÁC CÔNG NGHỆ ĐẶC BIỆT (CREST)		
					TẮM ĐỊNH VỊ	Mã số: 00-001-109		
		Họ tên	Ký	Ngày		Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
T.kế	Bùi.T.Đạt					02	##	2:1
K.soát								
T.k.t	Trần.A.Quân							
K.t.t.c					BẢN CHỈ TIẾT:	Tô:	Số tô:	Lần cấp: 01
K.t.c.n					VẬT LIỆU : CT3	IMI VIỆN MÁY VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP HOLDING		
Duyệt	Đỗ.V.Vũ							



GH CHÚ

- Gia công chính xác các kích thước
- Vát mép các cạnh sắc

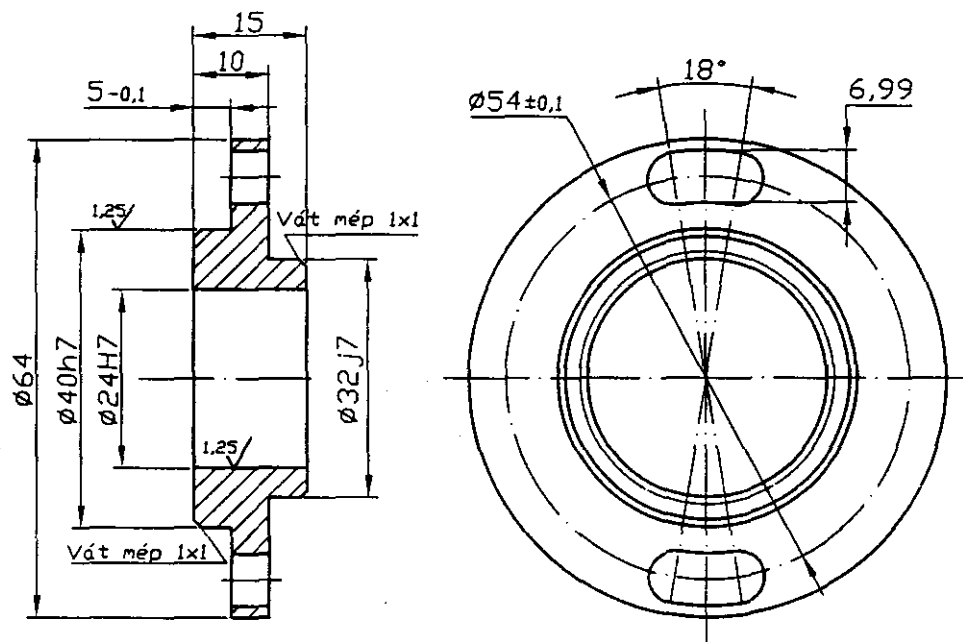
					ĐỒ GÁ TRUYỀN DẪN TIA LASER MÁY CẮT LASER TOYAMA-TNC 310 FEHA	TT. NGHIÊN CỨU CÁC CÔNG NGHỆ ĐẶC BIỆT (CREST)		
					TẤM ĐỖ GUƠNG	Mã số: 00-001-107		
		Họ tên	Ký	Ngày		Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
T.kế	Bùi.T.Đạt					02	##	1:1
K.soát								
T.k.t	Trần.A.Quân							
K.t.t.c					BẢN CHI TIẾT:	Tờ:	Số tờ:	Lần cấp: 01
K.t.c.n					VẬT LIỆU : CT3	IMI VIỆN MÁY VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP HOLDING		
Duyệt	Đỗ.V.Vũ							



GHI CHÚ

- Gia công chính xác các kích thước
- Nhuộm đen chi tiết sau khi gia công
- Gia công đảm bảo độ song song và độ vuông góc

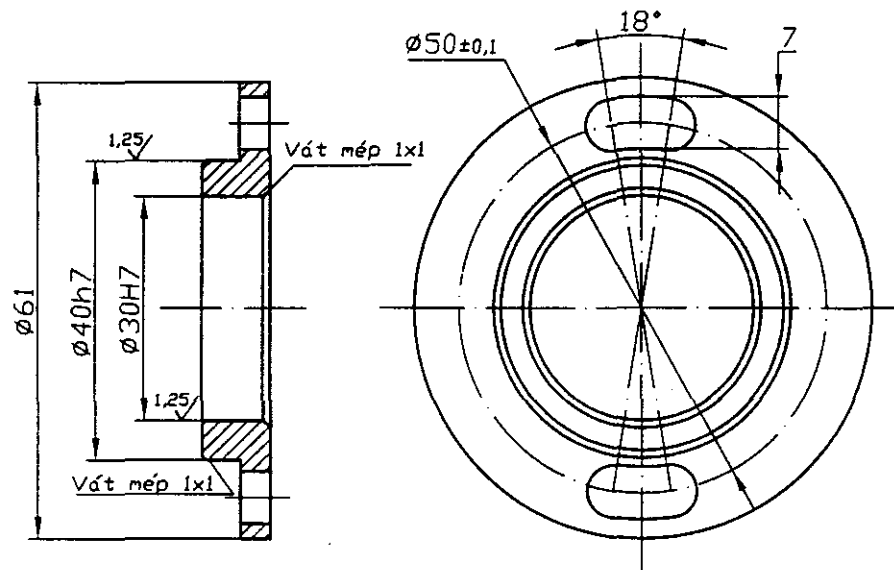
				ĐỒ GÁ TRUYỀN DẪN TIA LASER MÁY CẮT LASER TOYAMA-TNC 310 FEHA	TT. NGHIÊN CỨU CÁC CÔNG NGHỆ ĐẶC BIỆT (CREST)		
				CÚT CHUYỂN HƯỚNG DƯỚI	Mã số: 00-001-105		
T.kế	Họ tên	Ký	Ngày		Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
K.soát	Bùi.T.Đạt				01	##	1:1
T.k.t					Tò:	Số tò:	Lấn cấp: 01
K.t.f.c					VẬT LIỆU : NHÔM		
K.t.c.n					IMI HOLDING VIỆN MÁY VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP		
Duyệt	Trần.A.Quân						



GHI CHÚ

- Gia công chính xác các kích thước
- Vát mép các cạnh sắc
- Được ghép trung gian với chi tiết 103

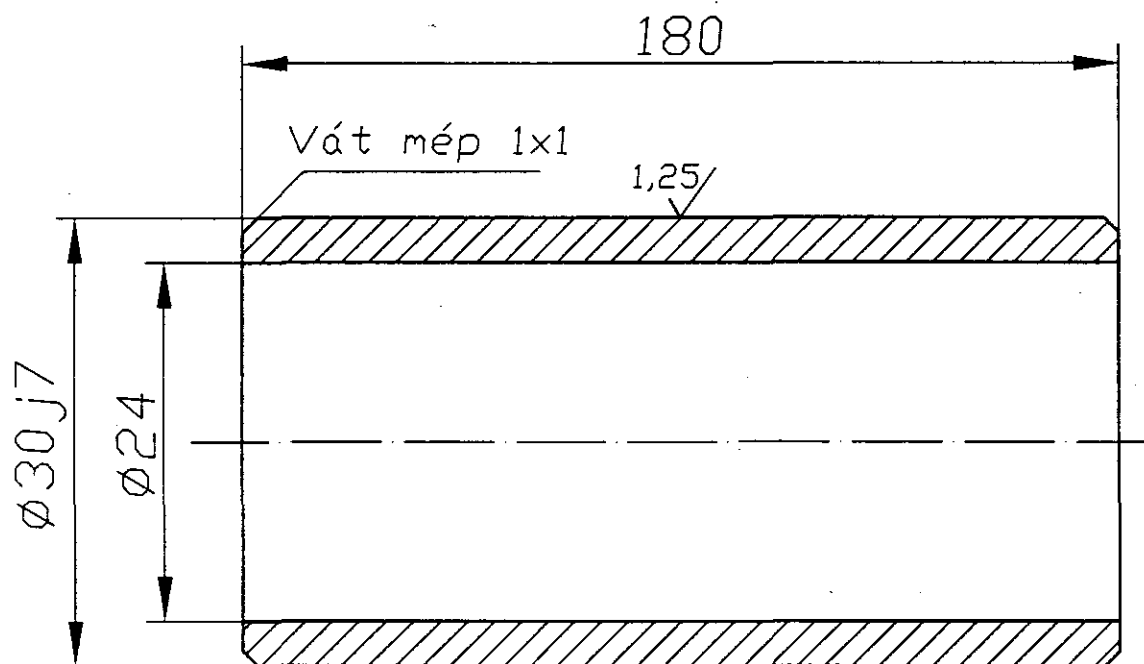
					ĐỒ GÁ TRUYỀN DẪN TIA LASER MÁY CẮT LASER TOYAMA-TNC 310 FEHA	TT. NGHIÊN CỨU CÁC CÔNG NGHỆ ĐẶC BIỆT (CREST)		
					BÍCH NỐI ỐNG CHẮN TRÊN	Mã số: 00-001-109		
		Họ tên	Ký	Ngày		Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
T.kế	Bùi.T.Đạt					01	##	1:1
K.soát					BẢN CHI TIẾT:	Tô: Số tô: Lần cấp: 01		
T.k.t					VẬT LIỆU : NHÔM	VIỆN MÁY VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP		
K.t.t.c								
K.t.c.n								
Duyệt	Trần.A.Quân							



GHĨCHÚ

- Gia công chính xác các kích thước
- Vát mép các cạnh sắc
- Được ghép trung gian với chi tiết 104

					ĐỒ GÁ TRUYỀN DẪN TIA LASER MÁY CẮT LASER TOYAMA-TNC 310 FEHA	T.T. NGHIÊN CỨU CÁC CÔNG NGHỆ ĐẶC BIỆT (CREST)		
					BÍCH NỐI ỐNG CHẮN DƯỚI	Mã số: 00-001-110		
		Họ tên	Ký	Ngày		Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
T.kế	Bùi.T.Đạt					01	##	1:1
K.soát								
T.k.t								
K.t.t.c					BẢN CHI TIẾT:	Tô:	Số tô:	Lần cấp: 01
K.t.c.n					VẬT LIỆU : NHÔM	IMI HOLDING VIỆN MÁY VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP		
Duyệt	Trần.A.Quân							

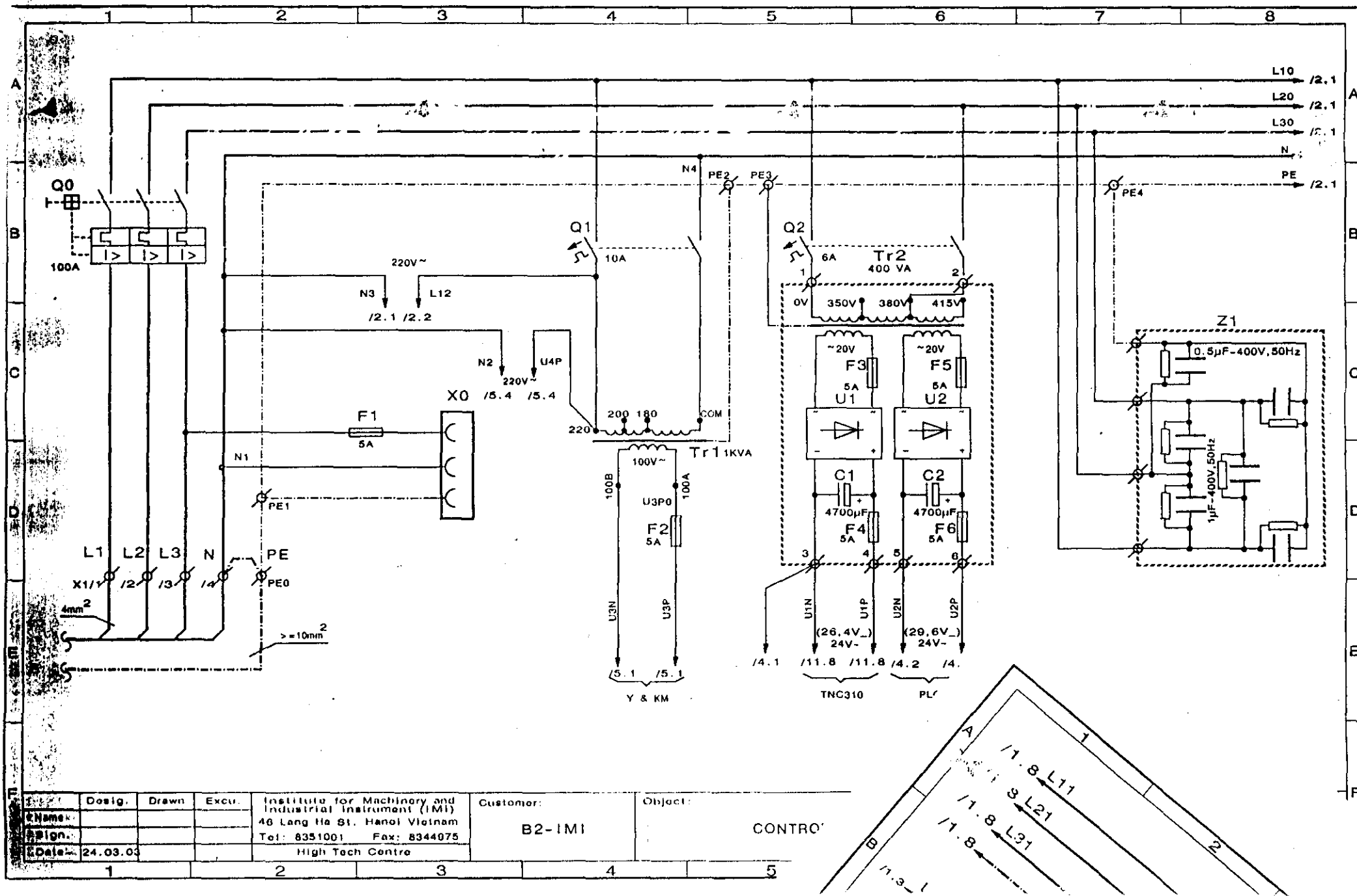


GHI CHÚ

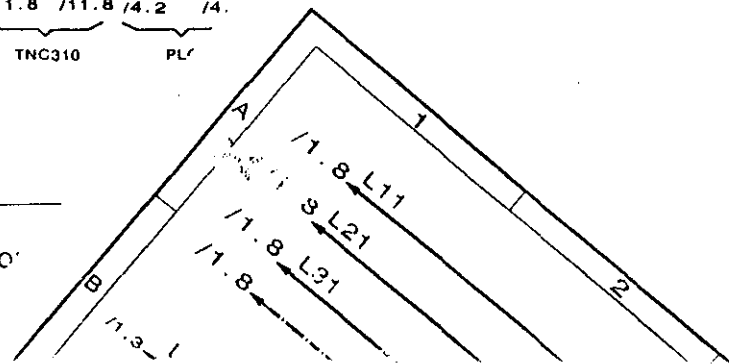
- Gia công chính xác các kích thước
- Vát mép các cạnh sắc

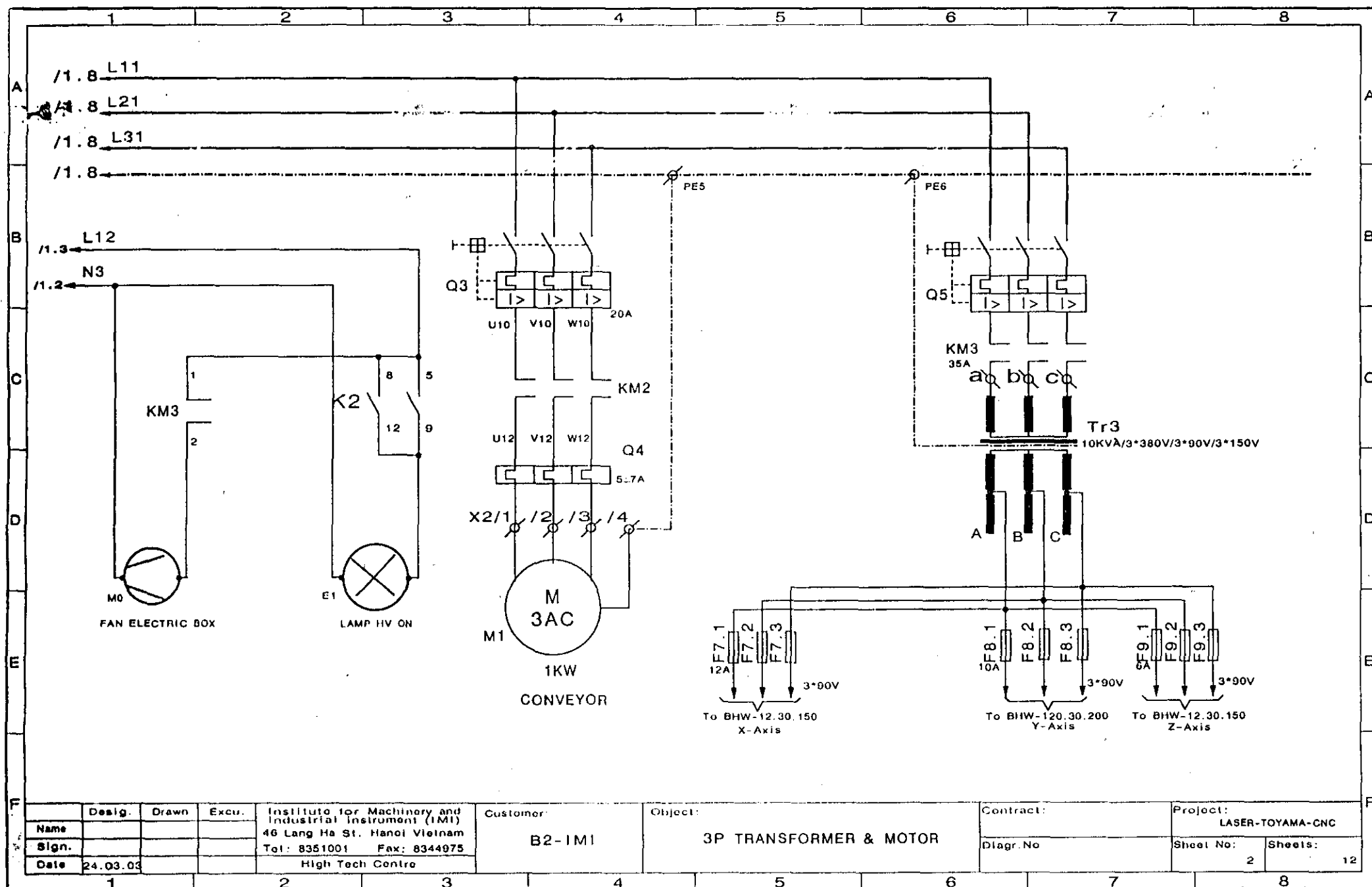
					ĐỒ GÁ TRUYỀN DẪN TIA LASER MÁY CẮT LASER TOYAMA-TNC 310 FEHA	TT. NGHIÊN CỨU CÁC CÔNG NGHỆ ĐẶC BIỆT (CREST)		
					ỐNG CHẮN DƯỚI	Mã số: 00-001-104		
		Họ tên	Ký	Ngày		Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
T.kế	Bùi.T.Đạt					01	##	2:1
K.soát								
T.k.t								
K.t.t.c					BẢN CHI TIẾT:	Tà:	Số tờ:	Lần cấp: 01
K.t.c.n					VẬT LIỆU : NHÔM	IMI HOLDING VIỆN MÁY VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP		
Duyệt	Trần.A.Quân							

PHỤ LỤC I.3
SƠ ĐỒ HỆ THỐNG ĐIỆN



Desig.	Drawn	Excu.	Institute for Machinery and Industrial Instrument (IMI)	Customer:	Object:
46 Lang Ha St. Hanoi Vietnam			Tel: 8351001 Fax: 8344075	B2-IMI	CONTROL
Date: 24.03.03			High Tech Centre		

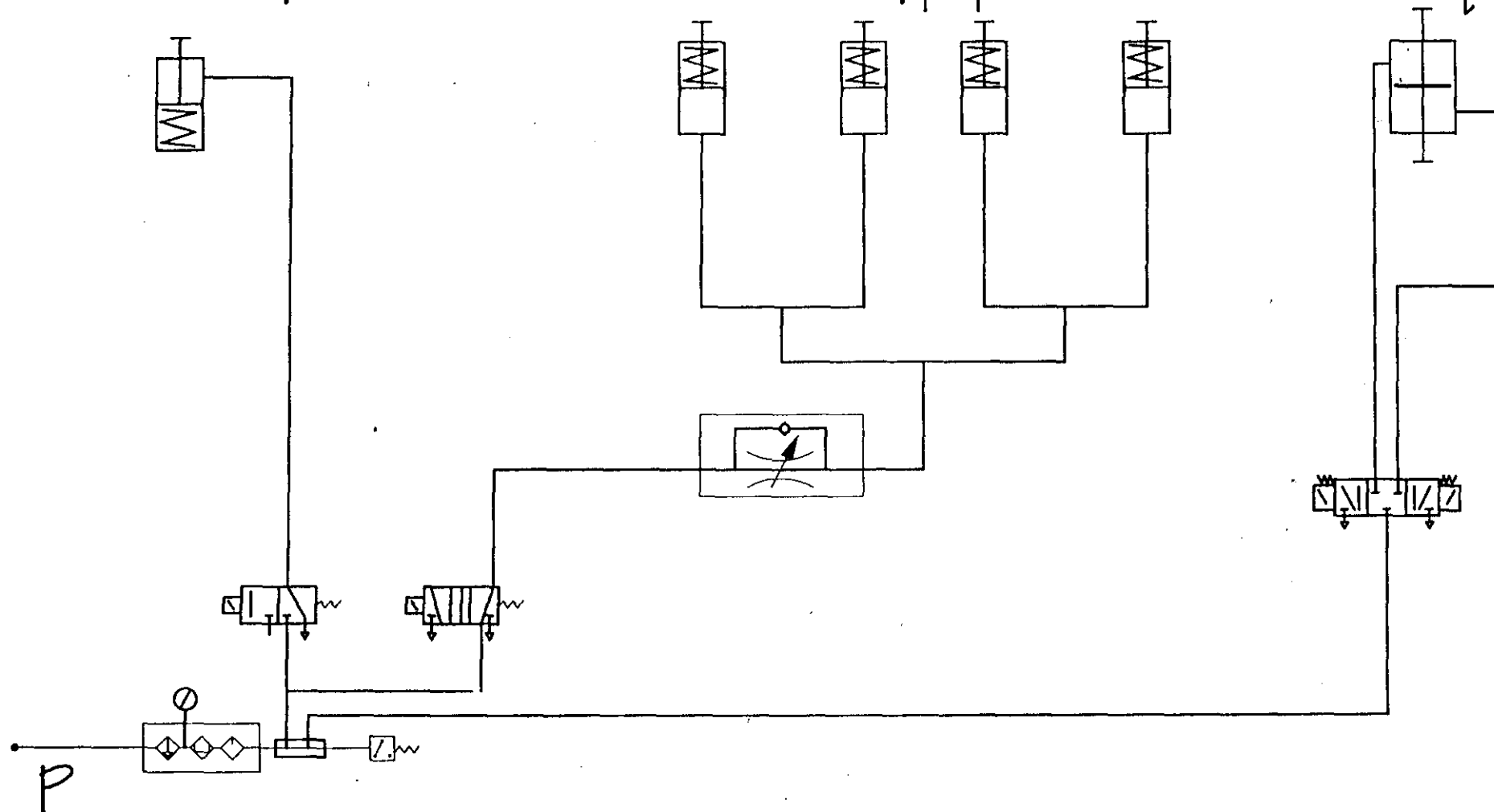




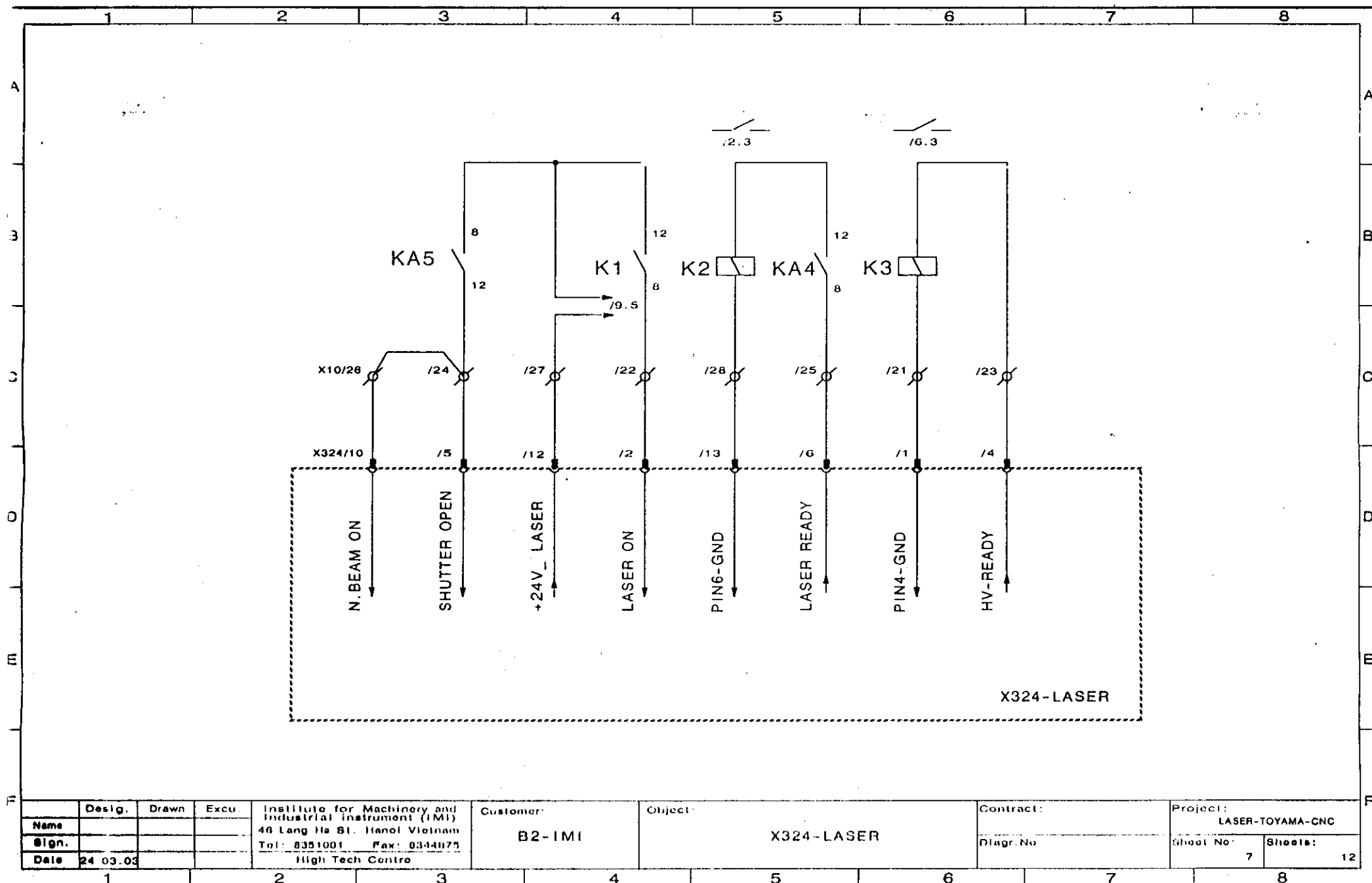
Chốt trực Z

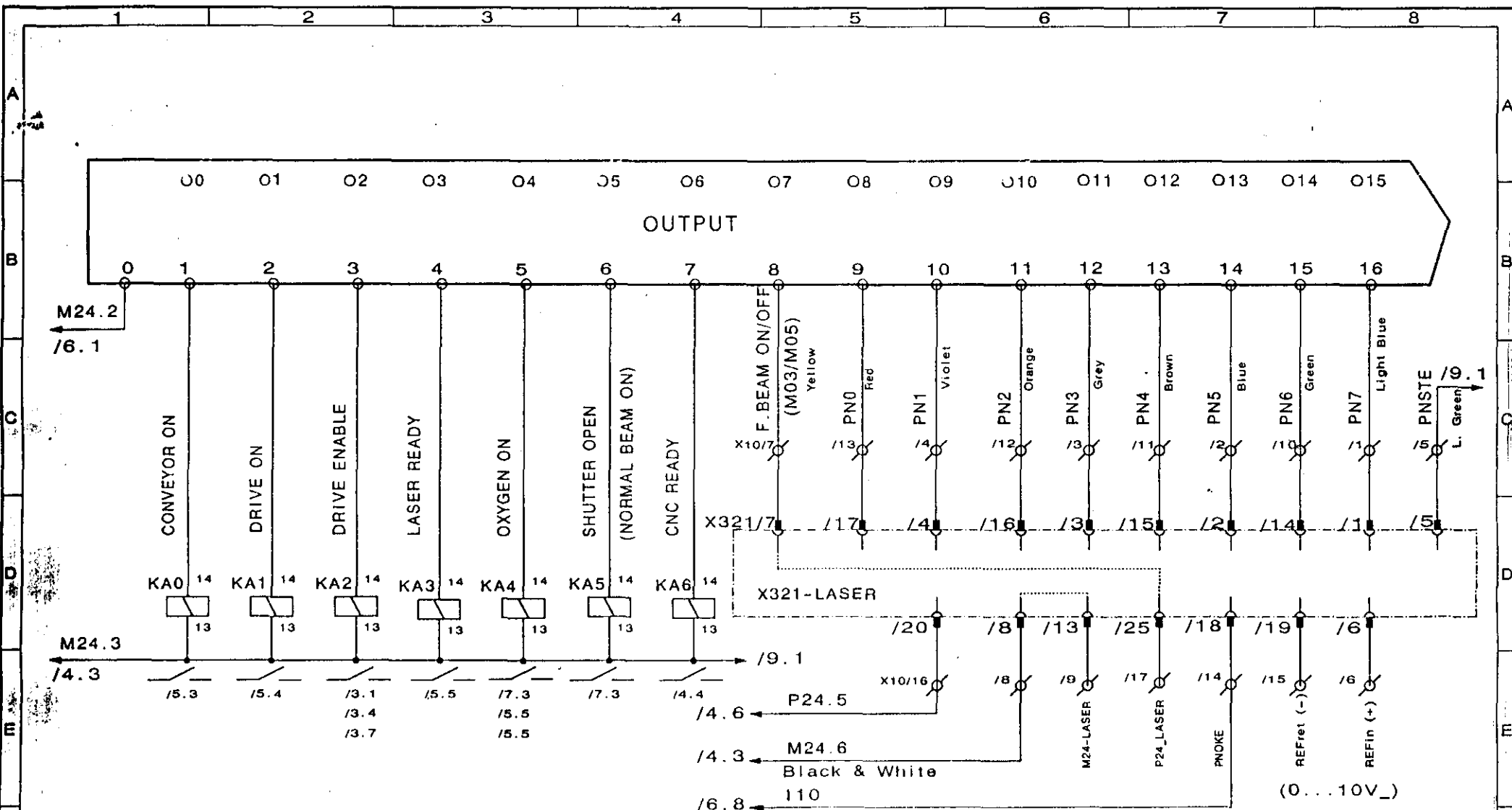
Kẹp phôi

Cần quay

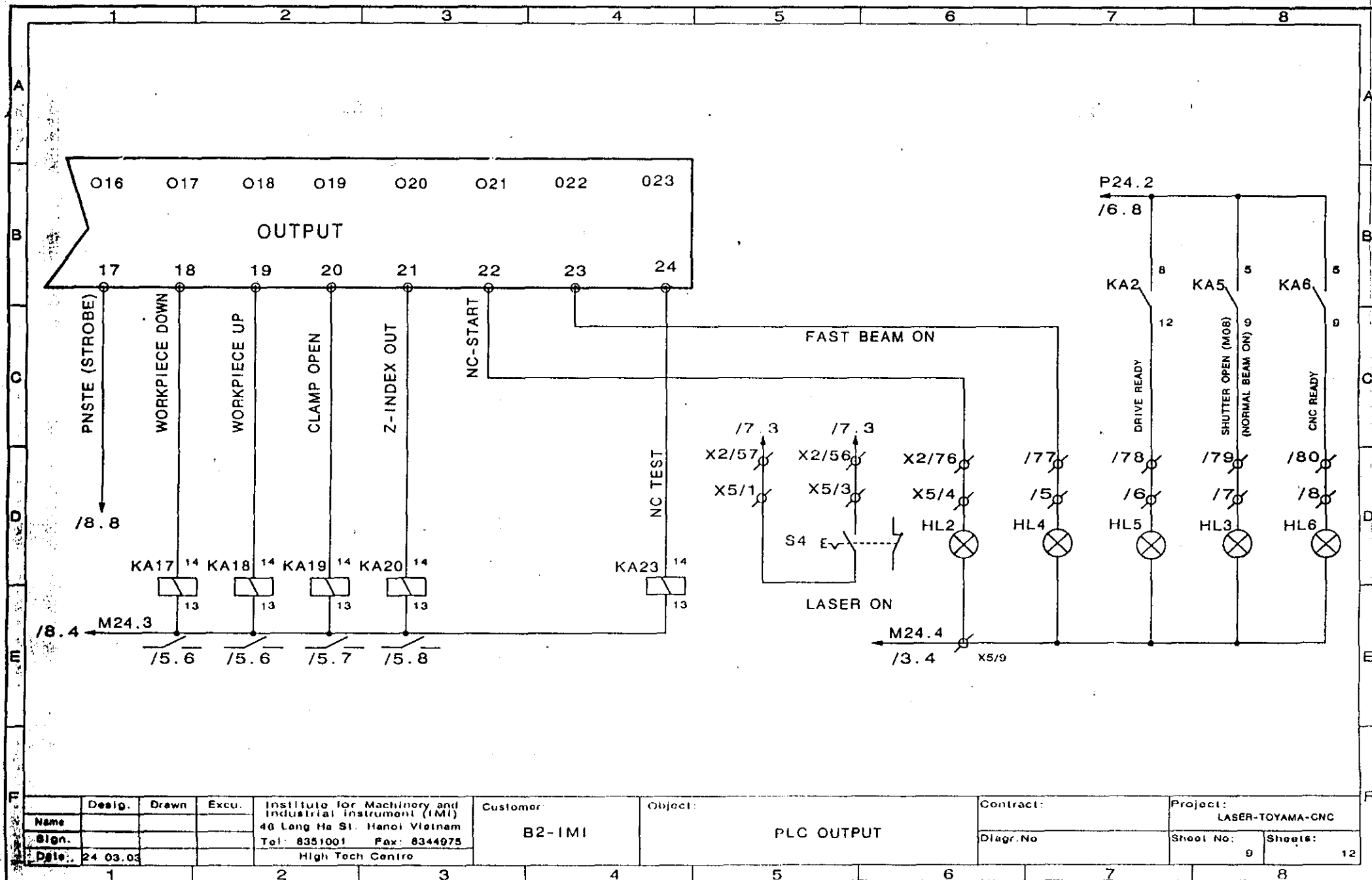


Sơ đồ khí máy cắt Laze

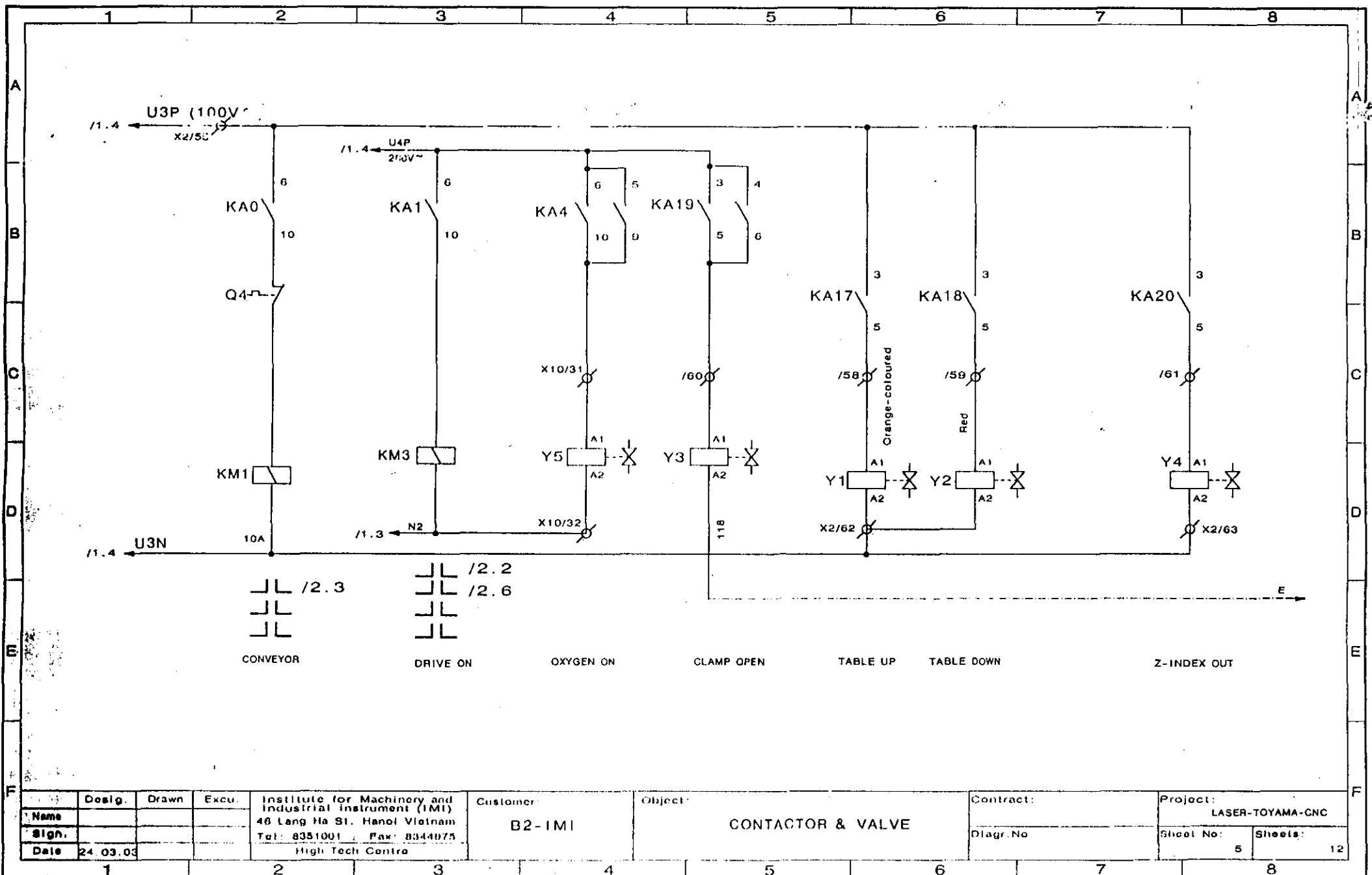


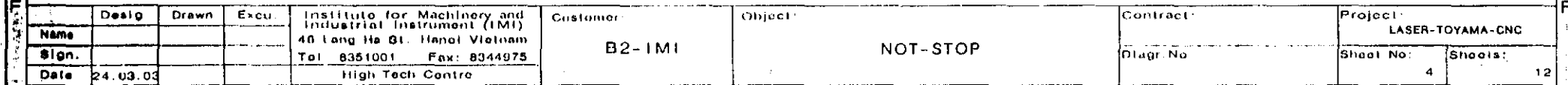


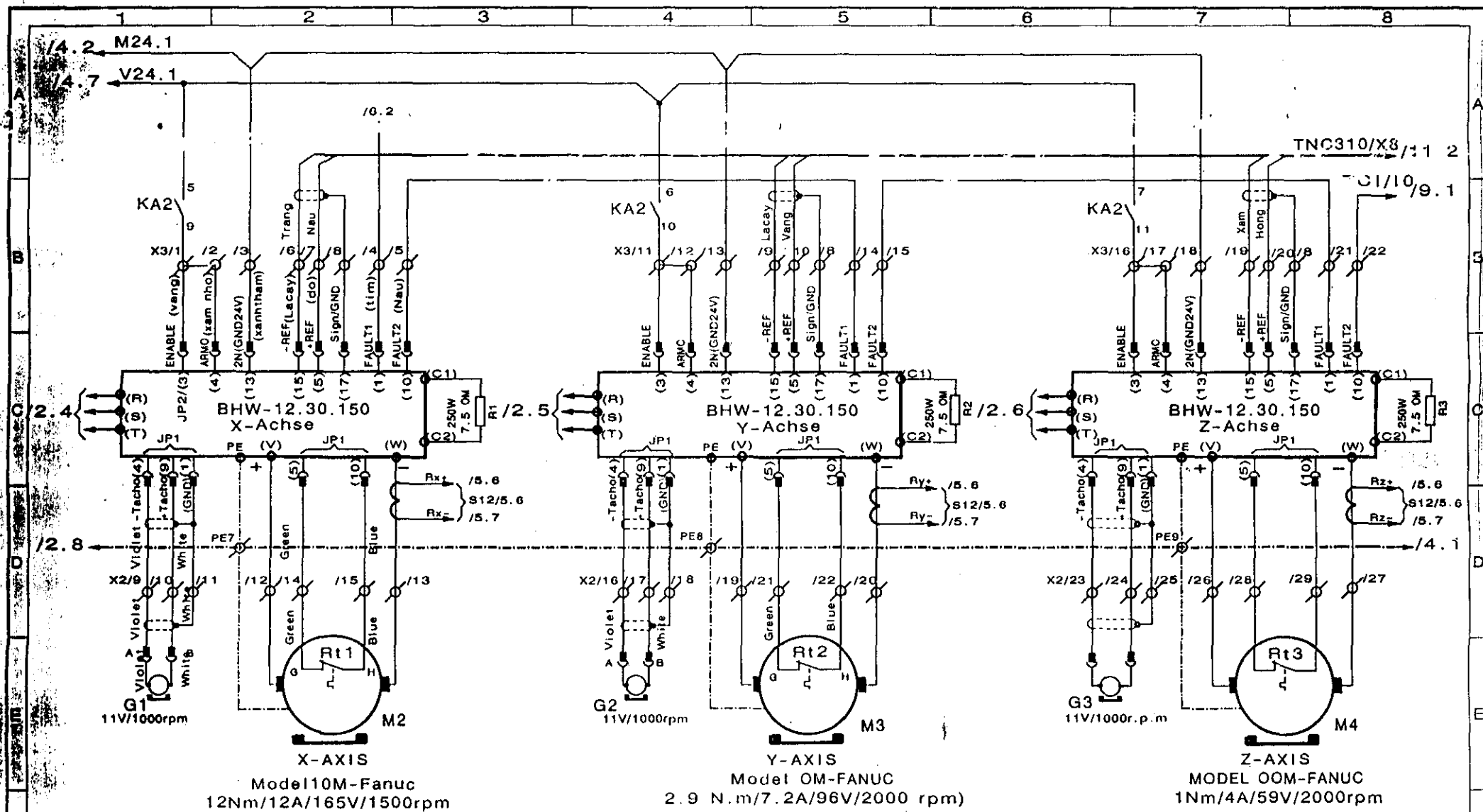
	Desig.	Drawn	Execu.	Institute for Machinery and Industrial Instrument (IMI) 40 Lang Ha St. Hanoi Vietnam	Customer: B2-IMI	Object: PLC OUTPUT	Contract:	Project: LASER-TOYAMA-CNC		
Name				Tel: 8351001 Fax: 8344075			Diagr.No	Sheet No:	Sheets:	
Sign.				High Tech Centre				8	12	
Date	24.03.03									
	1			2	3	4	5	6	7	8



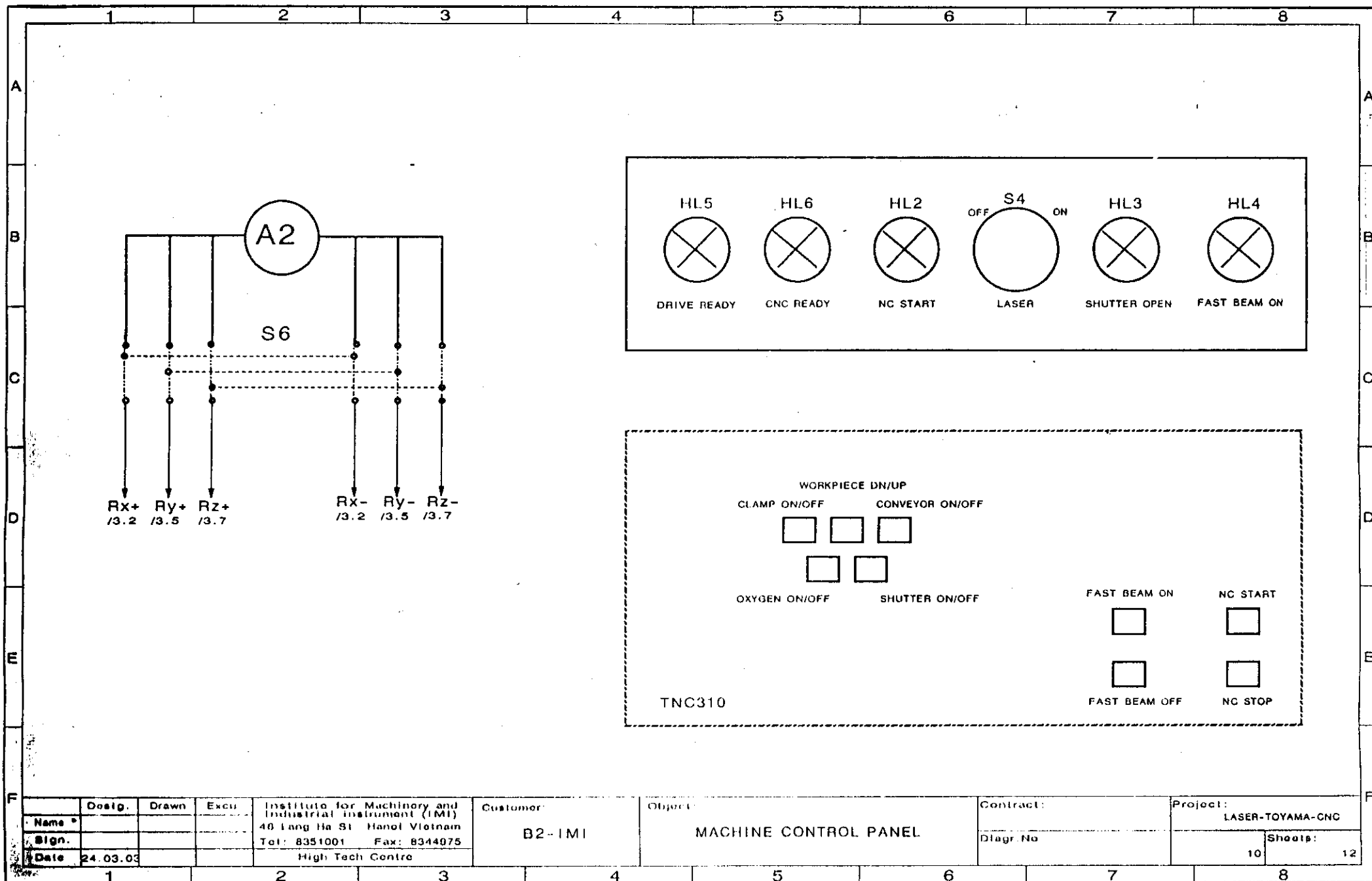
Desig.	Drawn	Excu.	Institute for Machinery and Industrial Instrument (IMI)	Customer	Object	Contract	Project
Name			48 Lang Ha St. Hanoi Vietnam	B2-IMI	PLC OUTPUT		LASER-TOYAMA-CNC
Sign.			Tel: 8351001 Fax: 8344075			Diagr. No	Sheet No: 9
Date	24.03.03		High Tech Centre				Sheets: 12

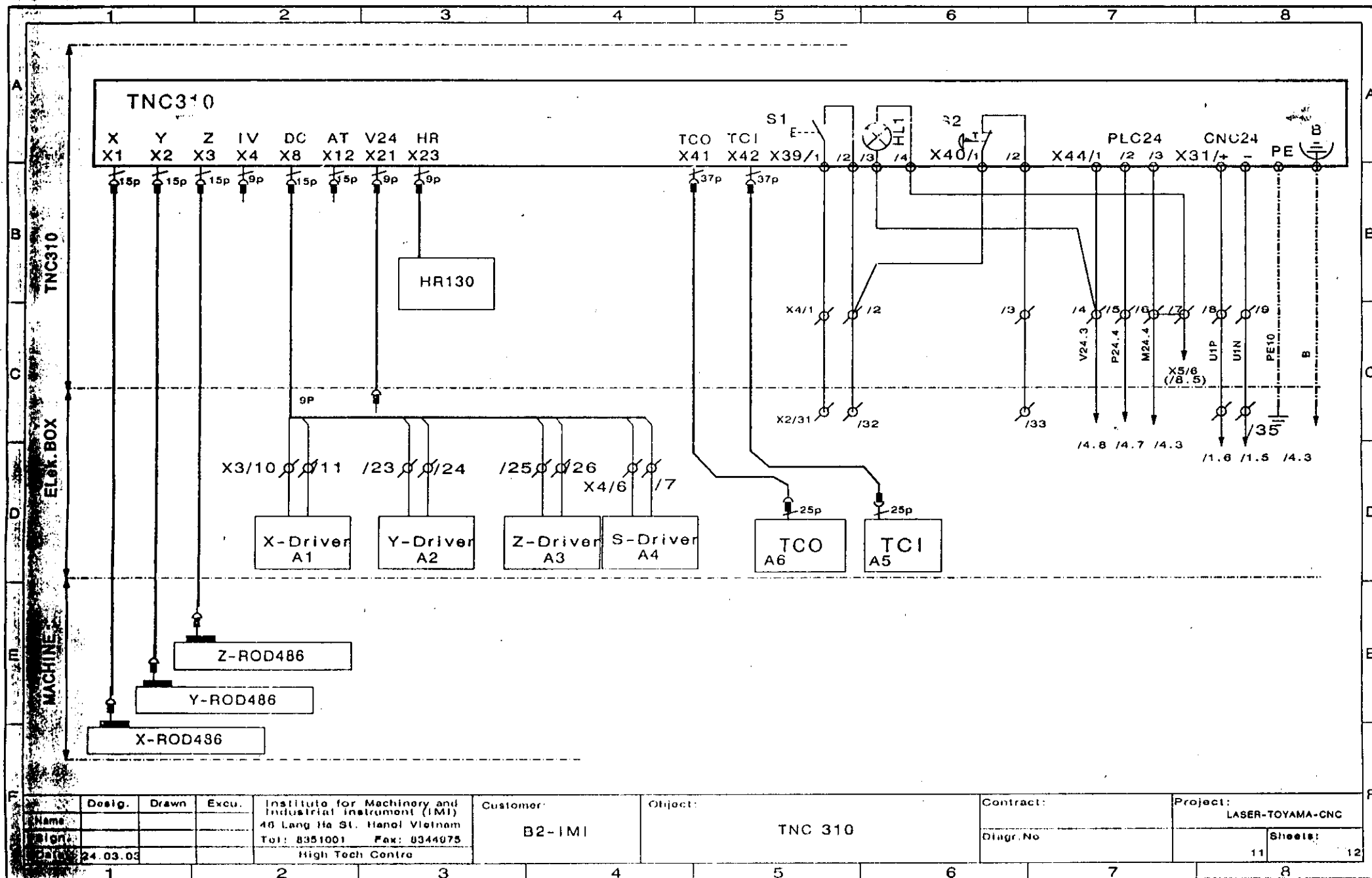




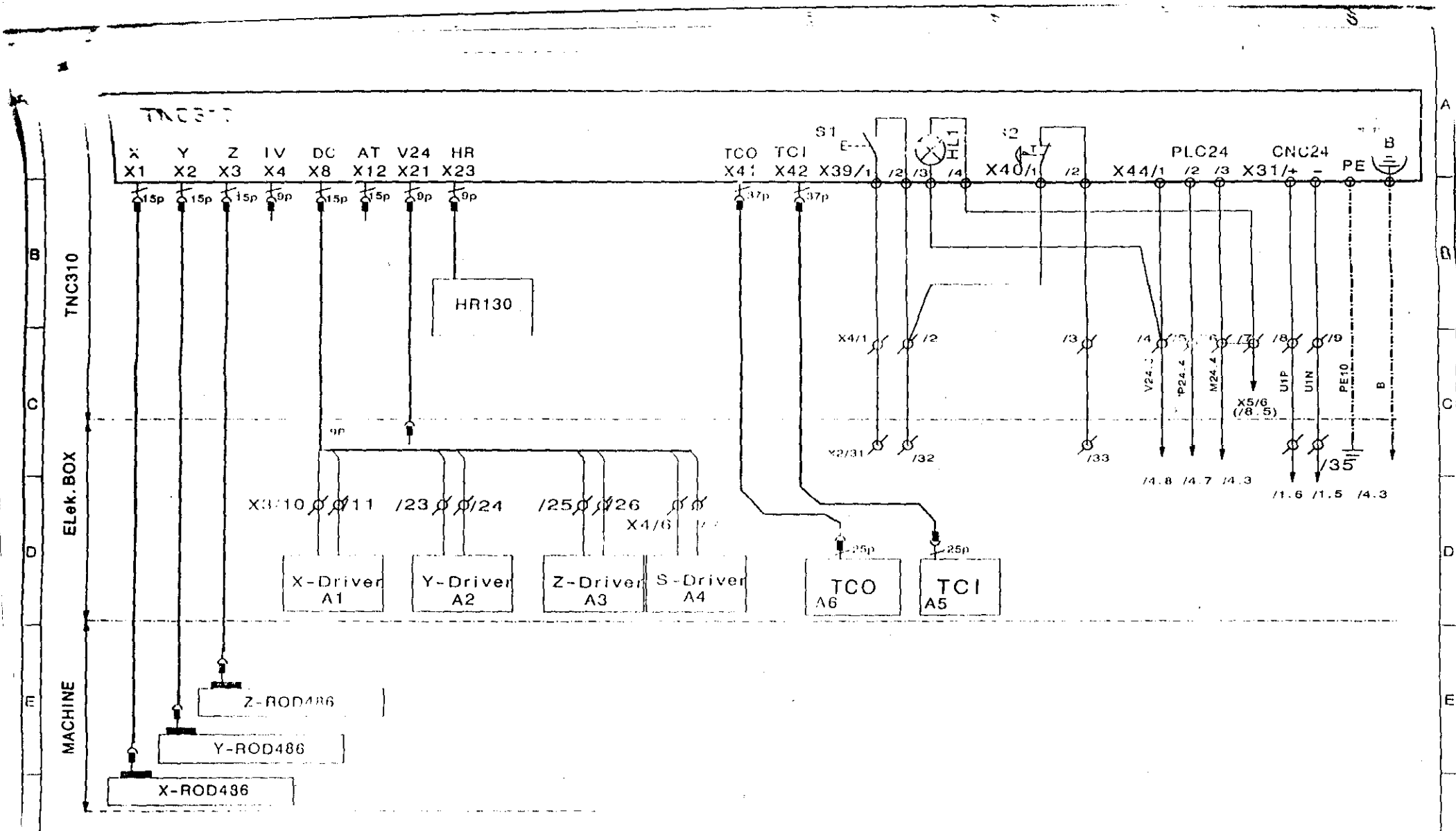


Design:	Drawn:	Execu:	Institute for Machinery and Industrial Instrument (IMI) 46 Lang Ha St. Hanoi Vietnam Tel: 8351001 Fax: 8344075	Customer:	Object:	Contract:	Project:
Name:				B2-IMI	X, Y, Z SERVO DRIVE		LASER-TOYAMA-CNC
Sign:						Diagr No:	Sheet No:
Date:	24.03.03		High Tech Centre				3
							12

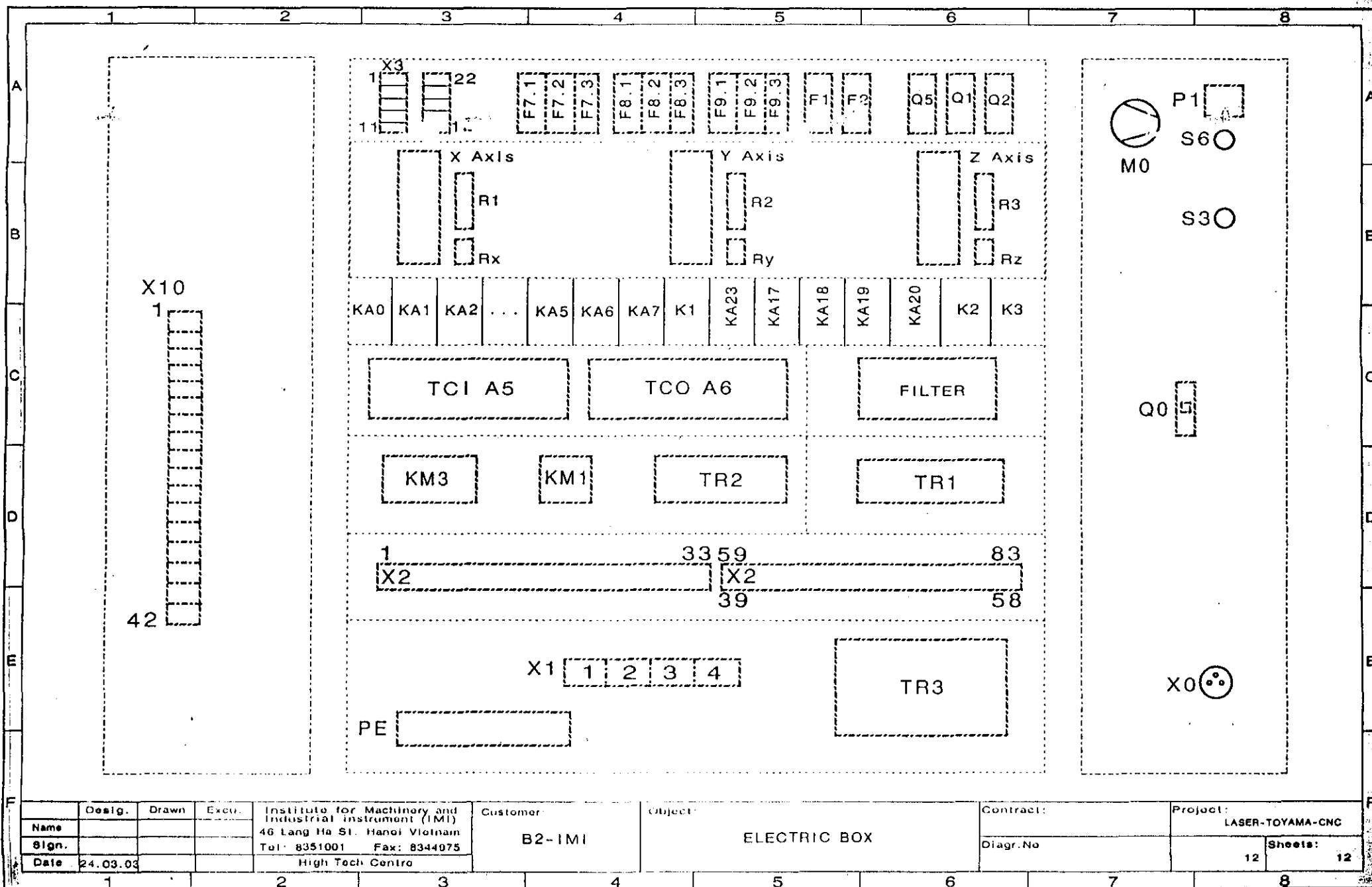




Desig.	Drawn	Execu.	Institute for Machinery and Industrial Instrument (IMI)		Customer	Object	Contract	Project	
Name			40 Lang Ha St. Hanoi Vietnam		B2-IMI	TNC 310		LASER-TOYAMA-CNC	
Sign			Tel: 8351001 Fax: 8344075				Diagr. No	11	Sheets
Date	24.03.03		High Tech Centre						12



	Desig.	Drawn	Exec.	Institute for Machinery and Industrial Instrument (IMI) 46 Lang Ha St. Hanoi Vietnam Tel: 8351001 Fax: 8344975 High Tech Centre	Customer: B2-IMI	Object: TNC 310	Contract:	Project:
Name								
Sign.								
Date	24.03.03							



PHỤ LỤC I.4
CHƯƠNG TRÌNH CẮT CHI TIẾT KIỂM ĐỊNH

KC.03.05

Phụ lục 4

CHƯƠNG TRÌNH GIA CÔNG TRÊN MÁY CẮT LC1000-CNC:

Cho chi tiết theo bản vẽ phụ lục 5

```
1 ;IMI-Holding
2 ;CNC Software for Laser cutting machine
3 ;This program was updated at time:10:49 ,date:22-07-04
4 BEGIN PGM 220704 MM
5 TOOL CALL 2 Z
6 L X+0 Y+0 R F 3000 M
7 L X+492.4215 Y-181.3999 R F 3000
8 L Z+0 R F 3000 M
9 M8 M10
10 M4
11 CYCL DEF 9.0 DWELL TIME
12 CYCL DEF 9.1 DWELL 1.
13 CC X442.4215 Y-181.3999
14 C X+392.4215 DR- R F3000
15 CC X442.4215 Y-181.3999
16 C X+492.4215 DR- R F M5
17 L X+496.883 Y-211.3999 R F
18 M4
19 CYCL DEF 9.0 DWELL TIME
20 CYCL DEF 9.1 DWELL 1.
21 CC X494.383 Y-211.3999
22 C X+491.883 DR- R F
23 CC X494.383 Y-211.3999
24 C X+496.883 DR- R F M5
25 L X+444.9215 Y-241.3999 R F
26 M4
27 CYCL DEF 9.0 DWELL TIME
28 CYCL DEF 9.1 DWELL 1.
29 CC X442.4215 Y-241.3999
30 C X+439.9215 DR- R F
31 CC X442.4215 Y-241.3999
32 C X+444.9215 DR- R F M5
33 L X+392.9599 Y-211.3999 R F
34 M4
35 CYCL DEF 9.0 DWELL TIME
36 CYCL DEF 9.1 DWELL 1.
37 CC X390.4599 Y-211.3999
38 C X+387.9599 DR- R F
39 CC X390.4599 Y-211.3999
40 C X+392.9599 DR- R F M5
41 L Y-151.3999 R F
42 M4
43 CYCL DEF 9.0 DWELL TIME
44 CYCL DEF 9.1 DWELL 1.
45 CC X390.4599 Y-151.3999
46 C X+387.9599 DR- R F
```

47 CC X390.4599 Y-151.3999
48 C X+392.9599 DR- R F M5
49 L X+444.9215 Y-121.3999 R F
50 M4
51 CYCL DEF 9.0 DWELL TIME
52 CYCL DEF 9.1 DWELL 1.
53 CC X442.4215 Y-121.3999
54 C X+439.9215 DR- R F
55 CC X442.4215 Y-121.3999
56 C X+444.9215 DR- R F M5
57 L X+496.883 Y-151.3999 R F
58 M4
59 CYCL DEF 9.0 DWELL TIME
60 CYCL DEF 9.1 DWELL 1.
61 CC X494.383 Y-151.3999
62 C X+491.883 DR- R F
63 CC X494.383 Y-151.3999
64 C X+496.883 DR- R F M5
65 L X+522.4215 Y-181.3999 R F
66 M4
67 CYCL DEF 9.0 DWELL TIME
68 CYCL DEF 9.1 DWELL 1.
69 CC X442.4215 Y-181.3999
70 C X+362.4215 DR- R F
71 CC X442.4215 Y-181.3999
72 C X+522.4215 DR- R F M5
73 M9 M11
74 L Z+20 R F MAX
75 END PGM 220704 MM

PHỤ LỤC I.5
BIÊN BẢN KIỂM ĐỊNH THIẾT BỊ LC1000-CNC



TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG
(Directorate for Standards and Quality)

TRUNG TÂM ĐO LƯỜNG
(Vietnam Metrology Institute)

Add: Đường Hoàng Quốc Việt - Nghĩa đô - Cầu giấy - Hà nội
Tel: (84-4) 8361872 - 8343060; Fax: +(84-4) 8344260; Email: vmi@fpt.vn

GIẤY CHỨNG NHẬN KẾT QUẢ ĐO, THỬ NGHIỆM

(Measurement & Testing Certificate)

Số (N^o): V01.CN6.004.2004

Tên đối tượng đo/ thử nghiệm (Object): MÁY CẮT BẰNG TIA LASER

Kiểu (Type): LC 1000-CNC

Số (Serial N^o): V01.CN6.004.2004

Cơ sở sản xuất (Manufacturer): Việt Nam (IMI)

Đặc trưng kỹ thuật (Technical Specification): Khoảng cách dịch chuyển (x;y): (2000x1000)mm
Giá trị độ chia : 0,001 mm

Cơ sở sử dụng (Customer): Viên máy và dụng cụ công nghiệp (IMI)

Phương pháp thực hiện (In accordance with): Đo so sánh

Chuẩn sử dụng là thiết bị đo chiều dài Laser HP5529A

Kết quả (Results):

Xem kết quả đo

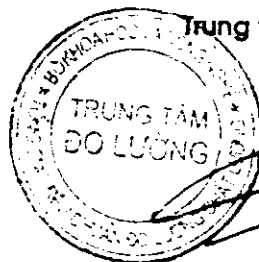
Ngày 18 tháng 5 năm 2004
(Date of Calibration)

Trưởng phòng thí nghiệm
(Head of the calibration Laboratory)

Bùi Quốc Thụ

Giám đốc

Trung tâm Đo lường
(Director)



Trưởng phòng
Nguyễn Đức Lộc

Trang: 1/5
(N^o of pages)

Không được sao chép rời khi giấy chứng nhận có nhiều trang nếu không được sự đồng ý của Trung tâm Đo lường
(This certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of VMI)

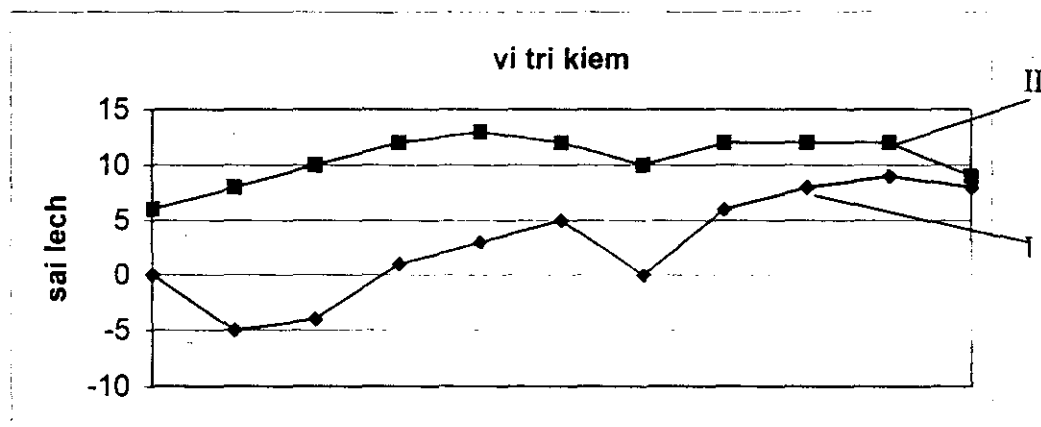
KẾT QUẢ ĐO, THỬ NGHIỆM

(Measurement & Testing results)

Kết quả đo:

Kiểm tra theo trục x:

TT	Vị trí kiểm (mm)	Sai lệch (μm)	
		Chiều tiến (I)	Chiều lùi (II)
1	0	0	6
2	200	-5	8
3	400	-4	10
4	600	1	12
5	800	3	13
6	1000	5	12
7	1200	0	10
8	1400	6	12
9	1600	8	12
10	1800	9	12
11	2000	8	9



Trang 2/5
(Nº of pages)

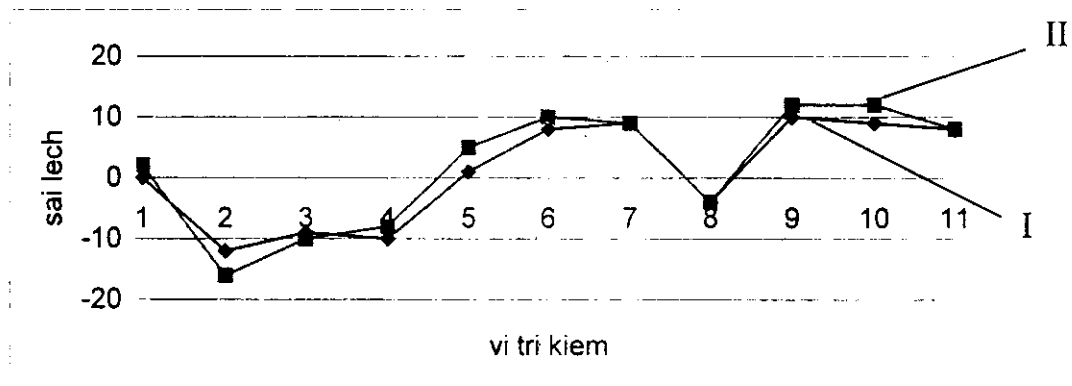
Kèm theo giấy chứng nhận kết quả đo số (attached to certificate Nº): V01. CNB. 004. 04
Ngày 17 tháng 5 năm 2004
(Dated)

KẾT QUẢ ĐO, THỬ NGHIỆM

(Measurement & Testing results)

Kiểm tra theo trục Y

TT	Vị trí kiểm (mm)	Sai lệch (μm)	
		Chiều tiến (I)	Chiều lùi (II)
1	0	0	2
2	100	-12	-16
3	200	-9	-10
4	300	-10	-8
5	400	1	5
6	500	8	10
7	600	9	9
8	700	-4	-4
9	800	10	12
10	900	9	12
11	1000	8	8



Trang 3/5
(N^o of pages)

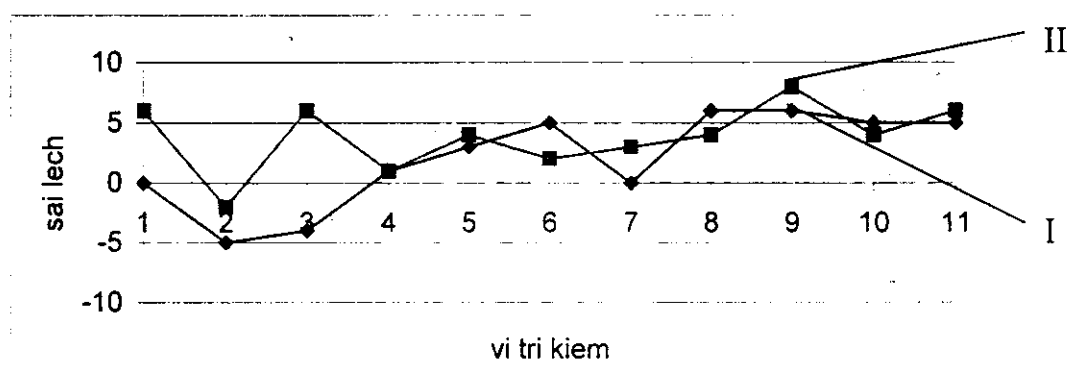
Kèm theo giấy chứng nhận kết quả đo số (attached to certificate N^o): V01-CN6-004-04
Ngày 18 tháng 5 năm 2004
(Dated)

KẾT QUẢ ĐO, THỬ NGHIỆM

(Measurement & Testing results)

Kiểm tra trục z:

TT	Vị trí kiểm (mm)	Sai lệch (μm)	
		Chiều tiến (I)	Chiều lùi (II)
1	0	0	6
2	20	-5	-2
3	40	-4	6
4	60	1	1
5	80	3	4
6	100	5	2
7	120	0	3
8	140	6	4
9	160	6	8
10	180	5	4
11	200	5	6



Trang 4/5
(Nº of pages)

Kèm theo giấy chứng nhận kết quả đo số (attached to certificate N°): Vol. CN6.004.04
Ngày 18 tháng 5 năm 2004
(Dated)

KẾT QUẢ ĐO, THỬ NGHIỆM

(Measurement & Testing results)

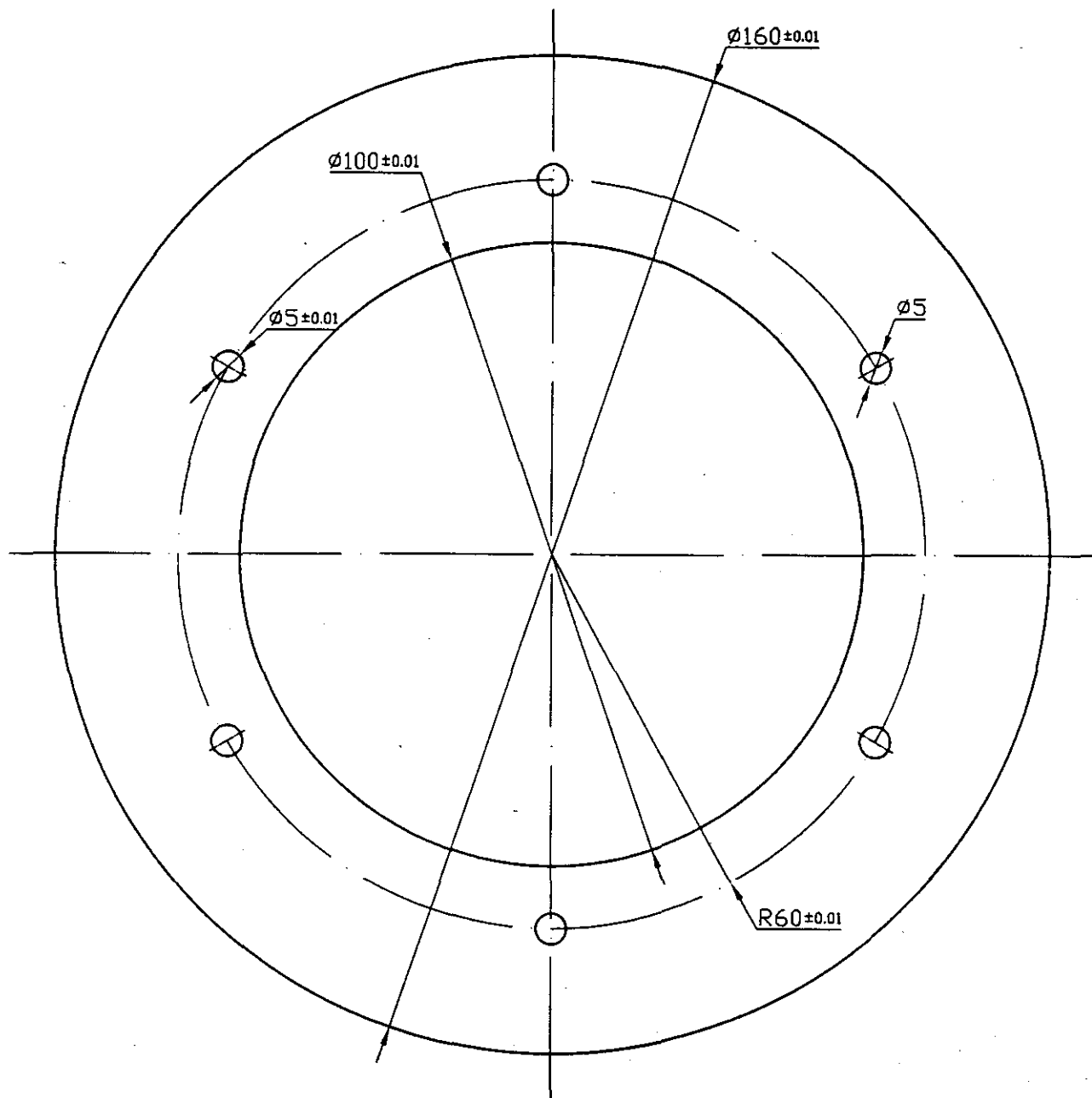
Kiểm tra khả năng của phần mềm CAD/CAM Ver1.0 IMI

Kiểm tra chi tiết gia công trên máy cắt Laser LC 1000 CNC (có bản vẽ kèm theo)

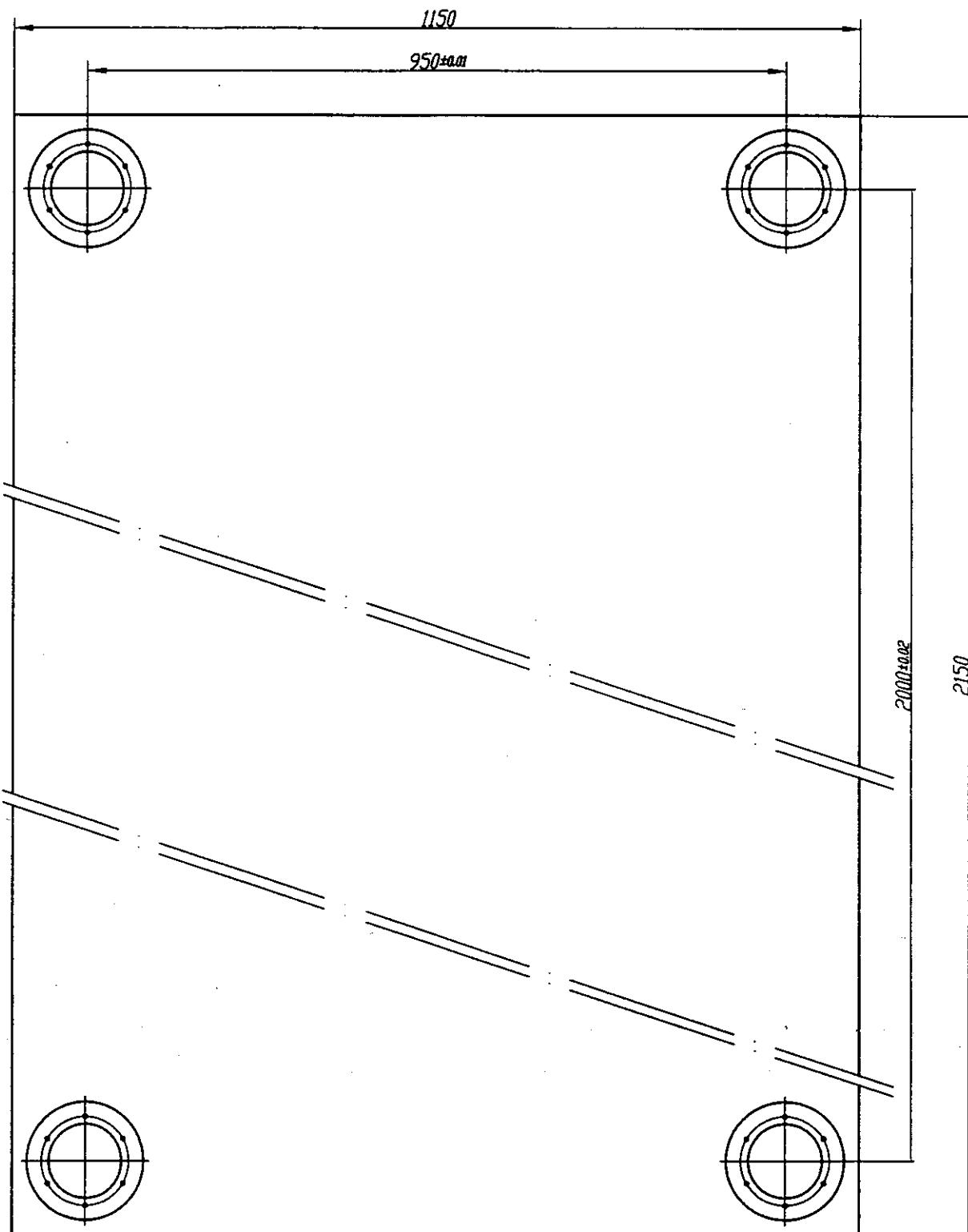
TT	Kích thước danh định (mm)	Kích thước đo được (mm)
1	Φ 160	Φ 160,006
2	Φ 100	Φ 99,996
3	Φ 5,00	Φ 5,000
4	R 60	R 60,002

Trang 5/5
(Nº of pages)

Kèm theo giấy chứng nhận kết quả đo số (attached to certificate N^o): VCM CN6.004.04
Ngày 18 tháng 5 năm 2004
(Dated)



					MÁY CẮT LASER LC1000-CNC	TT. NGHIÊN CỨU CÁC CÔNG NGHỆ ĐẶC BIỆT (CREST)		
					BẢN VẼ KIỂM ĐỊNH ĐỘ CHÍNH XÁC MÁY LASER	Mã số: 00-001-100		
						Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
						01	##	1:1
						Tờ:	Số tờ:	Lần cấp: 01
						IMI VIỆN MÁY VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP HOLDING		
T.kế		Họ tên	Ký	Ngày	BẢN CHI TIẾT:			
K.soát					VẬT LIỆU : SUS304; $\delta = 2\text{MM}$.			
T.k.t								
K.t.t.c								
K.t.c.n								
Duyệt								



					MÁY CẮT LASER LC1000-CNC	TT. NGHIÊN CỨU CÁC CÔNG NGHỆ ĐẶC BIỆT (CREST)		
					BẢN VẼ KIỂM TRA ĐỘ CHÍNH XÁC GIA CÔNG	Mã số: 00-001-100		
						Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
						01	##	1:10
						Tờ: Số tờ: Lần cấp: 01		
						VẬT LIỆU : SUS304		
T.kế	Họ tên	Ký	Ngày		IMI HOLDING VIỆN MÁY VÀ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP			
K.soát								
T.k.t								
K.t.t.c								
K.t.c.n								
Duyệt								

PHỤ LỤC IV.1

**BẢNG KẾT QUẢ ĐO, CHỤP ĐỘ RỘNG MẠCH CẮT CỦA MẪU THÍ
NGHIỆM TẠI PHÒNG THÍ NGHIỆM VẬT LIÊU HỌC- ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA HÀ NỘI**

xác

Hà nội, ngày ... tháng ... năm 2004

PHIẾU BÁO KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

(Đo chiều rộng mạch cắt)

Tên mẫu : Thép CT3 Số lượng:
Tên đơn vị đặt mẫu : Viện máy và dụng cụ công nghiệp
Trạng thái : Mẫu thí nghiệm
Thiết bị kiểm tra : Kính hiển AXIOVER-100A

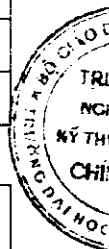
Kết quả thử nghiệm

Lô 1

STT	Tên mẫu	Chiều rộng mặt trên (μm)	Chiều rộng mặt dưới (μm)
1	Mẫu 1	142	145
2	Mẫu 2	132	128
3	Mẫu 3	120	0
4	Mẫu 4	187	192
5	Mẫu 5	126	145
6	Mẫu 6	153	159
7	Mẫu 7	165	157
8	Mẫu 8	150	141

Lô 2

STT	Tên mẫu	Chiều rộng mặt trên (μm)	Chiều rộng mặt dưới (μm)
1	Mẫu 1	215	197
2	Mẫu 2	235	225
3	Mẫu 3	240	214
4	Mẫu 4	270	263
5	Mẫu 5	0	0
6	Mẫu 6	153	189
7	Mẫu 7	160	141



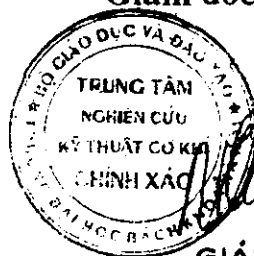
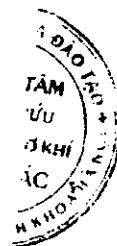
Lô 3

STT	Tên mẫu	Chiều rộng mặt trên (μm)	Chiều rộng mặt dưới (μm)
1	Mẫu 1	204	198
2	Mẫu 2	188	192
3	Mẫu 3	180	178
4	Mẫu 4	217	205
5	Mẫu 5	219	204

Lô 4

STT	Tên mẫu	Chiều rộng mặt trên (μm)	Chiều rộng mặt dưới (μm)
1	Mẫu 1	250	234
2	Mẫu 2	230	220
3	Mẫu 3	200	185
4	Mẫu 4	188	185
5	Mẫu 5	175	0

Người thực hiện

Trần thanh Tùng**Giám đốc trung tâm****GIÁM ĐỐC***Th.s. Nguyễn Thị Quang*

PHỤ LỤC IV.2

CHƯƠNG TRÌNH TURBO PASCAL TÍNH TOÁN TỐI ƯU THEO PHƯƠNG PHÁP GRADIEN

CHƯƠNG TRÌNH TURBO PASCAL TÍNH TOÁN GIÁ TRỊ TỐI ƯU

```

PROGRAM OPTIMIZATION;
Uses crt;
Label 10;
Type AR1 = Array[1..50] of real;
      AR2 = Array[0..50,1..50] of real;
Var
  AA: Array[1..10,1..10] of real;
  FF: Array[0..1000] of real;
  AF: Array[0..1000] of real;
  AT,STP,BS:AR2;
  ID, BPS, STP: Char;
  STEPinit, RADS,Alfa,FD,Alf1,Alf2:Real;
  Z,C,B1,B2,BETA,SD,SP,EPS,NORM,NORM1,FX,Fopt,F,F1:Real;
  STC,I,J,K,M,N,NBS,NBSopt,NBF,NBFopt,NSX: Integer;
  PP,PR,NIS RNIS:Integer;
{-----}
{ $ obf.pas}
{-----}
{CALCULATION OF GRADIENT}
PROCEDURE GRADV;
Begin
  if NBS = 0 then FD :=1e-9;
  for i :=1 to N do
    begin
      SD:=X[i];
      X[i]:= X[i]+FD;
      OBF(X,F);
      D[i]:=(F-FX)/FD;
      X[i];
    end;
  SD:=(NBS+1)/(NBS+2);
  FD:=FS*SD;
  RADS:=RADS*SD;
  NORM:=0;
  for i:=1 to N do NORM := NORM + sqr(D[i]);
  NORM:=sqrt(NORM);
End;
{-----}
{RESULT PRINTING PROGRAM}
Procedure
Var
  i,j,:integer;
Begin
  write('BAN CO MUON IN KET QUA KHONG:(Y/N ?)');
  if Upcase (readkey) ='Y' then
  begin
    write( Printing:PR:=')
    Readln(PR);
    Writeln(intial point: ' ');
    i:=PR;
    for j :=1 to N do
      Write (('x0','j',)= 'x0[j,1:9:6' ');
    Writeln;
    Writeln('NBF(0)=' ,AF[0],'FX= ', 'FF(0)',);
  end;

```

```

Repeat
  Writeln('NBF(0)=' , AF([i], 'FX= ', 'FF[i]', ));
  i:=i+PR;
Until i>NBS;
for i:=1 to N do
  Write(Xopt=(' , i, '= ', Xopt[i]:9:6, ' '));
Writeln;
Writeln('NBSopt=', 'NBFOpt=', 'FOpt=' ');
readln;
end;
else Exit;
End;
{-----}
{PLANNING STEP CALCULATION}
Procedure Planning_steps;
Begin
  if NBS=0 then
    begin
      Write('Step init = ');
      readln(stepinit);
    end;
  NBS:=NBS+1;
  A:=Stepinit/NBS;
  For i:=1 to N do X[i] :=X[i] + A*S[i];
  OBF(X,FX);
End;
{-----}
GRADIEN DIRECTION GRADIEN) )
  Procetre GRADIEN;
  Begin
    for I:=1 to N do
      S[i]:=D[i]/NORM;
    End;
  {-----}
  {(CONJUGATE GRADIENS (CONGR))}
  Procedure CONJGRD;
  Begin
    BETA:=0;
    if NBS=0 then
    begin
      write ('Variant 1/2/3 ? ');
      readl (NIS);
    end;
    begin
      B1:=sqr(NORM)
      if NIS<>1 then
      begin
        B1:=0;
        for i:=1 to N do B1:=B1+ D:[i]-D1[i]);
      end;
      if NIS=3 then
      begin
        B2:=0;
        for i:=1 to N do B2:=B2+D:[i]-D1[i]);
      end;
      BETA:=B1/(B2+(1e-20));
    end;
  end;

```

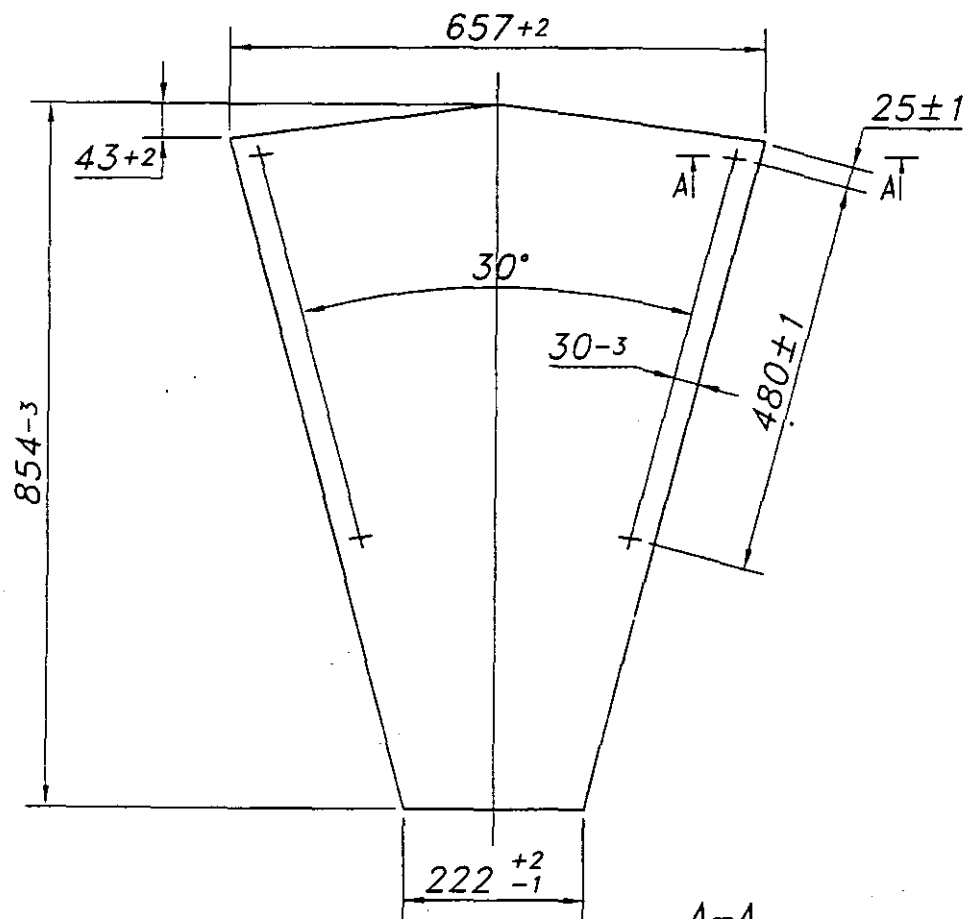
```

        for j:=i to N do
        begin
            S1[i]:=BETAS*S1[i]-D[i];
            SD:=SD+sqr(S1[i]);
            D1[i]:D=[i];
        end;
SD:=sqr(SD)+(1e-20);
B2:=sqr(NORM);
for i:1 to N do
S[[i]:=S1[i]/SD
End;
{-----MAIN PROGRAM-----}
BEGIN
    clrscr;
    writeln (' Chon phuong phap toi uu ?');
    writeln ('1.Su dung dao ham. ');
    writeln ('5k: BIS/PER/5TCH/MpRJ/pRJ/GAD/
        CONGR/VARM/New)B/P/S/M/J/A/G/C/V/N. ');
    writeln ('2. Khong su dung dao ham. ');
    wrriteln ('Sk: GZeidel/Gause/Hook (Z/A/H) ');
    BPS:=Ucase (readkey);
    writeln ('Chon phuong an xac dinh do dai buoc ? ');
    writeln ('Step: Planning/Simple/Golden/clefover' (P/S/G/C) ' ');
    STP:=Ucase(readkey);
    if (BPS='A') or (BPS='Z') or (BPS='R') or (BPS='H')
    then FD:=1e-9;
    write'NBSmax PERIODprn = '; readln(NSX,PP);
    EPS:=1e-6; RNIS:=0; NIS:=0; NBS:=0;
    NBF:=0; OBF(X,F); FX:F; Fopt:F;
    for i:=1 to N do
    Begin
        X0[i] :=X[i]; S1[i] :=0; X1[i] :=X[i];
        for j:1 to N do
        Begin
            BS[i,j]:=0; BS1[i,j]:0;
        End;
    End;
    Norm:=1;
    Repeat;
        if (BPS='A') or (BPS='Z') or (BPS='R') or (BPS='H')
        then NORN:=Norm
    else GRADV;
        AF[NBS]:=NBF; FF[NBS]:=FX;
        if FX<Fopt then
        Begin
            NBSopt:=NBS; NBFopt:=NBF;
            Fopt:FX;
            for i:=1 to N do Xopt[i]:=X[i];
        End;
        if NORN<EPS then goto 10;
        case BPS of
            'G': GRADIEN;
            'C': CONJGRD;
        end;
    {CHOOSING the STEP TYPE}
    case STP of
        'P': PLANNING STEP;

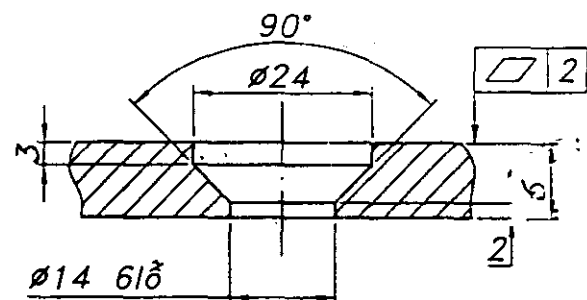
```

```
end;  
    Until NBS>=NSX;  
10: PRINT2;  
END;
```

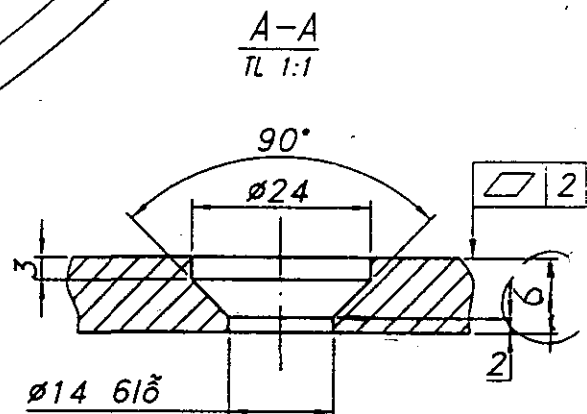
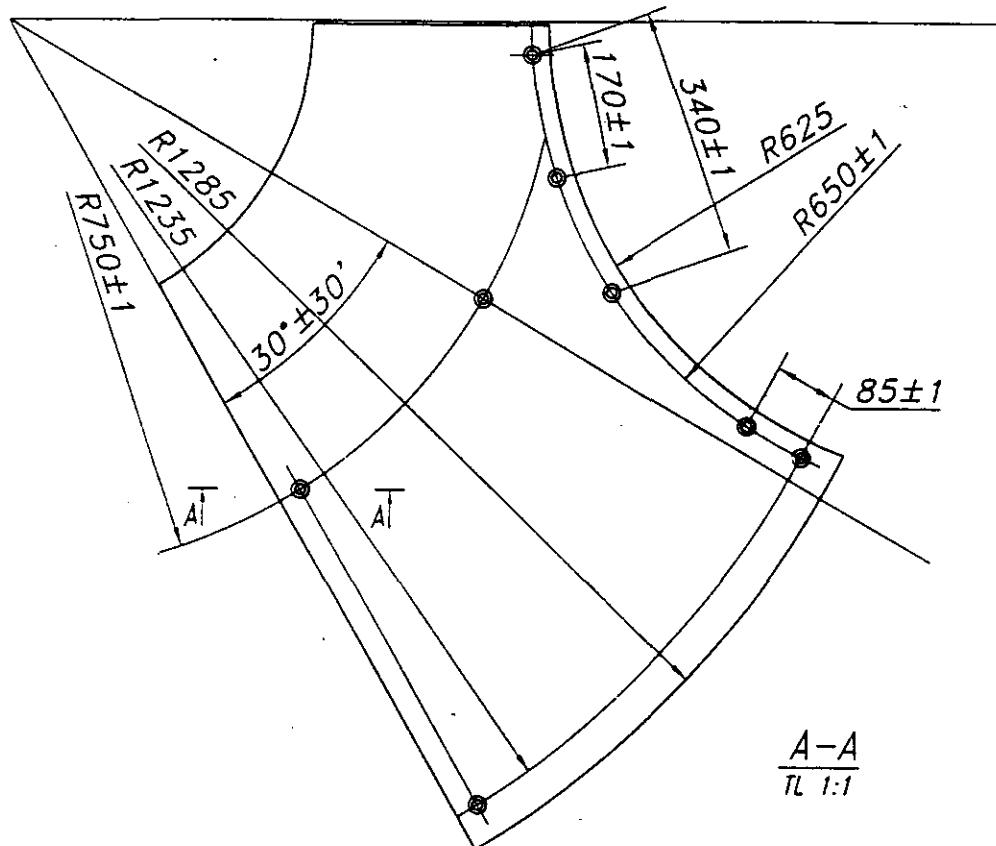
PHỤ LỤC IV.3
BẢN VẼ MẪU THÍ NGHIỆM VÀ CHI TIẾT CẮT THỦ



A-A
TL 1:1



						CỐI TRỘN BÊ TÔNG	CT - 1500A		
						TẤM LÓT 1	04-106		
Sđ	sl	Họ tên	Ký	Ngày			Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
TK							01	36,7	1:5
KS									
TKT									
KTTC						50Γ	Tờ:	Số tờ:	
KTCN							CIE CÔNG TY CỔ PHẦN XÂY DỰNG VÀ THIẾT BỊ CÔNG NGHIỆP		
Duyệt									



					CỐI TRỘN BÊ TÔNG	CT - 1500A		
					THANH ĐẾ 1	04-106		
Sđ	sl	Họ tên	Ký	Ngày		Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
TK						01	36,7	1:5
KS								
TKT								
KTTC					50Γ	Tơ:	Số tơ:	
KTCN						CIE CÔNG TY CỔ PHẦN XÂY DỰNG VÀ THIẾT BỊ CÔNG NGHIỆP		
Duyệt								

PHỤ LỤC IV.4

BẢNG FISHER

Bảng Va

Phân phối F (Fisher - Snedecor) - Các mức ý nghĩa 0,1; 0,05 và 0,01

(Trung bình bình phương lớn đặt ở tử, còn trung bình bình phương bé ở mẫu)

Bậc tự do của mẫu S ₂	P	Bậc tự do của tử (trung bình bình phương lớn hơn)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0,1	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.20	58.91	59.44	59.86	60.19	60.47	60.71	60.90	61.07	61.22	61.35	61.46	61.57	61.66	61.74
	0,05	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246	246	247	247	248	248
	0,01	4.052	4.999	5.403	5.625	5.764	5.859	5.928	5.981	6.022	6.056	6.038	6.016	6.126	6.143	6.517	6.170	6.181	6.191	6.201	6.209
2	0,1	8.053	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38	9.39	9.40	9.41	9.41	9.42	9.42	9.43	9.43	9.44	9.44	9.44
	0,05	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.39	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43	19.43	19.44	19.44	19.44	19.45
	0,01	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.41	99.42	99.42	99.43	99.43	99.44	99.44	99.44	99.45	99.45
3	0,1	5.4	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24	5.23	5.22	5.22	5.21	5.20	5.20	5.20	5.19	5.19	5.19	5.18
	0,05	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.4	8.73	8.71	8.70	8.69	8.68	8.67	8.67	8.66
	0,01	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.13	27.05	26.98	26.92	26.87	26.83	26.79	26.75	26.72	26.69
4	0,1	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94	3.92	3.91	3.90	3.89	3.88	3.87	3.86	3.86	3.85	3.85	3.84
	0,05	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.4	5.91	5.89	5.87	5.86	5.84	5.83	5.82	5.81	5.80
	0,01	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.45	14.37	14.31	14.25	14.20	14.15	14.11	14.08	15.05	14.02
5	0,1	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32	3.30	3.28	3.27	3.26	3.25	3.24	3.23	3.22	3.22	3.21	3.21
	0,05	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.46	4.64	4.62	4.60	4.59	4.58	4.57	4.56
	0,01	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.96	9.89	9.82	9.77	9.72	9.68	9.64	9.61	9.58	9.55
6	0,1	3.76	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96	2.94	2.92	2.90	2.89	2.88	2.87	2.86	2.85	2.85	2.84	2.84
	0,05	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.92	3.91	3.90	3.88	3.87
	0,01	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.79	7.72	7.66	7.60	7.56	7.52	7.48	7.45	7.42	7.40

Bảng Vb
Phân phối F (tiếp)

(10)

Bậc tự do của mẫu	P	Bậc tự do của tử <u>5r</u>																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7	.10	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72	2.70	2.68	2.67	2.65	2.64	2.63	2.62	2.61	2.61	2.60	2.59
	.05	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.49	3.48	3.47	3.46	3.44
	.01	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.54	6.47	6.41	6.36	6.31	6.28	6.24	9.21	6.18	6.16
8	.10	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56	2.54	2.52	2.50	2.49	2.48	2.46	2.45	2.45	2.44	2.43	2.42
	.05	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.20	3.19	3.17	3.16	3.15
	.01	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.73	5.67	5.61	5.56	5.52	5.48	5.44	5.41	5.38	5.36
9	.10	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44	2.42	2.40	2.38	2.36	2.35	2.34	2.33	2.32	2.31	2.30	2.30
	.05	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.99	2.97	2.96	2.95	2.94
	.01	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.18	5.11	5.05	5.01	4.96	4.92	4.89	4.86	4.83	4.81
10	.10	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35	2.32	2.30	2.28	2.27	2.26	2.24	2.23	2.22	2.22	2.21	2.20
	.05	4.96	4.70	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.83	2.81	2.80	2.79	2.77
	.01	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.77	4.71	4.65	4.60	4.56	4.52	4.49	4.46	4.43	4.41
11	.10	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27	2.25	2.23	2.21	2.19	2.18	2.17	2.16	2.15	2.14	2.13	2.12
	.05	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.70	2.69	2.67	2.66	2.65
	.01	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.46	4.40	4.34	4.29	4.25	4.21	4.18	4.15	4.12	4.10
12	.10	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21	2.19	2.17	2.15	2.13	2.12	2.10	2.09	2.08	2.08	2.07	2.06
	.05	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.60	2.58	2.57	2.56	2.54
	.01	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.22	4.16	4.10	4.05	4.01	3.97	3.94	3.91	3.88	3.86

Bảng Vc
Phân phối F (tiếp)

Bậc tự do của mẫu	P	Bậc tự do của tử																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
13	.10	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16	2.14	2.12	2.10	2.08	2.07	2.05	2.04	2.03	2.02	2.01	2.01
	.05	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.51	2.50	2.48	2.47	2.46
	.01	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	4.02	3.96	3.91	3.86	3.82	3.78	3.75	3.72	3.69	3.66
14	.10	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12	2.10	2.07	2.05	2.04	2.02	2.01	2.00	1.99	1.98	1.97	1.96
	.05	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.44	2.43	2.41	2.40	2.39
	.01	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.86	3.80	3.75	3.70	3.66	3.62	3.59	3.56	3.53	3.51
15	.10	3.07	2.70	2.49	2.36	2.27	2.21	2.16	2.12	2.09	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97	1.96	1.95	1.94	1.93	1.92
	.05	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34	2.33
	.01	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.73	3.67	3.61	3.56	3.57	3.49	3.45	3.42	3.40	3.37
16	.10	3.05	2.67	2.46	2.33	2.24	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.01	1.99	1.97	1.95	1.94	1.93	1.92	1.91	1.90	1.89
	.05	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35	2.33	2.32	2.30	2.29	2.28
	.01	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.62	3.55	3.50	3.45	3.41	2.37	3.34	3.31	3.28	3.26
17	.10	3.03	2.64	2.44	2.31	2.22	2.15	2.10	2.06	2.03	2.00	1.98	1.96	1.94	1.93	1.91	1.90	1.89	1.88	1.87	1.86
	.05	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.24	2.23
	.01	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.52	3.46	3.40	3.35	3.31	3.27	3.24	3.21	3.19	3.16
18	.10	3.01	2.62	2.42	2.29	2.20	2.13	2.08	2.04	2.00	1.98	1.95	1.93	1.92	1.90	1.89	1.87	1.86	1.85	1.84	1.84
	.05	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.22	2.20	2.19
	.01	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.43	3.37	3.32	3.27	3.23	3.19	3.16	3.13	3.10	3.08

Bảng Vd
Phân phối F (tiếp)

Bậc tự do của mẫu	P																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
19	.10	2.99	2.61	2.40	2.27	2.18	2.11	2.06	2.02	1.98	1.96	1.93	1.91	1.89	1.86	1.85	1.84	1.82	1.83	1.82	1.81
	.05	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17	2.16
	.01	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.36	3.30	3.24	3.19	3.15	3.12	3.08	3.05	3.03	3.00
20	.10	2.97	2.59	2.38	2.25	2.16	2.09	2.04	2.00	1.96	1.94	1.91	1.89	1.87	1.86	1.84	1.83	1.82	1.81	1.80	1.79
	.05	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.17	2.15	2.14	2.12
	.01	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.29	3.23	3.18	3.13	3.09	3.05	3.02	2.99	2.96	2.94
21	.10	2.96	2.57	2.36	2.23	2.14	2.08	2.02	1.98	1.95	1.92	1.90	1.87	1.86	1.84	1.83	1.81	1.80	1.79	1.78	1.78
	.05	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.16	2.14	2.12	2.11	2.10
	.01	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.24	3.17	3.12	3.07	3.03	2.99	2.96	2.93	2.90	2.88
22	.10	2.95	2.56	2.35	2.22	2.13	2.06	2.01	1.97	1.93	1.90	1.88	1.86	1.84	1.83	1.81	1.80	1.79	1.78	1.77	1.76
	.05	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07
	.01	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.18	3.12	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.88	2.85	2.83
23	.10	2.94	2.55	2.31	2.21	2.11	2.05	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.84	1.83	1.81	1.80	1.78	1.77	1.76	1.75	1.74
	.05	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.08	2.06	2.05
	.01	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.14	3.07	3.02	2.97	2.93	2.89	2.86	2.83	2.80	2.78
24	.10	2.93	2.54	2.33	2.19	2.10	2.04	1.98	1.94	1.91	1.88	1.85	1.83	1.81	1.80	1.78	1.77	1.76	1.75	1.74	1.73
	.05	4.26	3.40	3.01	2.87	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.03
	.01	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.09	3.03	2.98	2.93	2.89	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74

XÁC NHẬN CỦA CÁC CƠ SỞ ỨNG DỤNG

KC.03.05

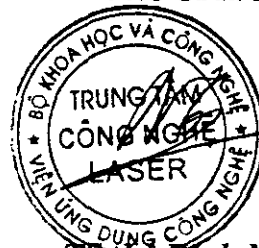
Hà nội, ngày 23/06/03

GIẤY NHẬN XÉT

Trên cơ sở hợp tác nghiên cứu khoa học kỹ thuật giữa hai cơ quan, với tư cách là một đơn vị có chuyên môn về lĩnh vực Laser, Trung tâm Công nghệ Laser có một số nhận xét sau khi tham quan và xem một số sản phẩm cắt bằng máy cắt Laser CO₂-1000W của Viện Máy và Dụng cụ Công nghiệp như sau:

- Hệ thiết bị đảm bảo độ chính xác, công suất và độ tin cậy đủ để triển khai một số nghiên cứu trong phòng thí nghiệm và sản xuất loạt nhỏ về lĩnh vực cắt vật liệu bằng Laser.
- Đội ngũ cán bộ kỹ thuật của Viện Máy và Dụng cụ Công nghiệp đã làm chủ được Thiết bị và Công nghệ cắt vật liệu bằng Laser CO₂-1000W.

KT. GIÁM ĐỐC
TRUNG TÂM CÔNG NGHỆ LASER
PHÓ GIÁM ĐỐC



TS. Lê Đình Nguyên

**CÔNG TY CỔ PHẦN XÂY DỰNG
và THIẾT BỊ CÔNG NGHIỆP**

**Cộng hoà xã hội chủ nghĩa việt nam
Độc lập tự do hạnh phúc**

Hà nội 10/12/2003

GIẤY XÁC NHẬN

Công Ty Cổ Phần Xây Dựng và Thiết Bị Công Nghiệp (CIE) đã đặt Viện Máy và Dụng Cụ Công Nghiệp (IMI) cắt một số chi tiết bằng vật liệu thép 65Γ trên Máy cắt laser CO₂, gồm các chi tiết sau:

1. Tấm lót đáy 2, theo bản vẽ TB1-001-111.
2. Tấm đáy 1, theo bản vẽ TB1-001-110.
3. Cánh xoắn vít tải xiên, chi tiết số 16 của bản vẽ TB1-003-101.

Số lượng mỗi loại: 50 chi tiết, sử dụng cho Trạm trộn bê tông 45m³/h.

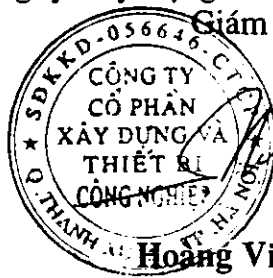
Bộ phận KCS của Công ty CIE đo kiểm và xác nhận:

- Các chi tiết này đã được chế tạo hoàn chỉnh.
- Đạt độ chính xác về kích thước hình học và chất lượng mạch cắt theo yêu cầu bản vẽ.
- Sau khi cắt, bề mặt không cần gia công lại.
- Chất lượng các tấm gia công là như nhau, thể hiện khả năng lắp lại cao, phù hợp với gia công công nghiệp.
- Tiết kiệm phôi do mạch cắt nhỏ và khả năng xếp hình hợp lý trên máy điều khiển CNC.

Các chi tiết này đã được lắp ráp vào các trạm trộn bê tông 45m³/h. Cho đến nay vẫn hoạt động tốt, được khách hàng chấp nhận.

Công ty Xây Dựng và Thiết Bị Công Nghiệp

Giám Đốc



Hoàng Việt Hồng