

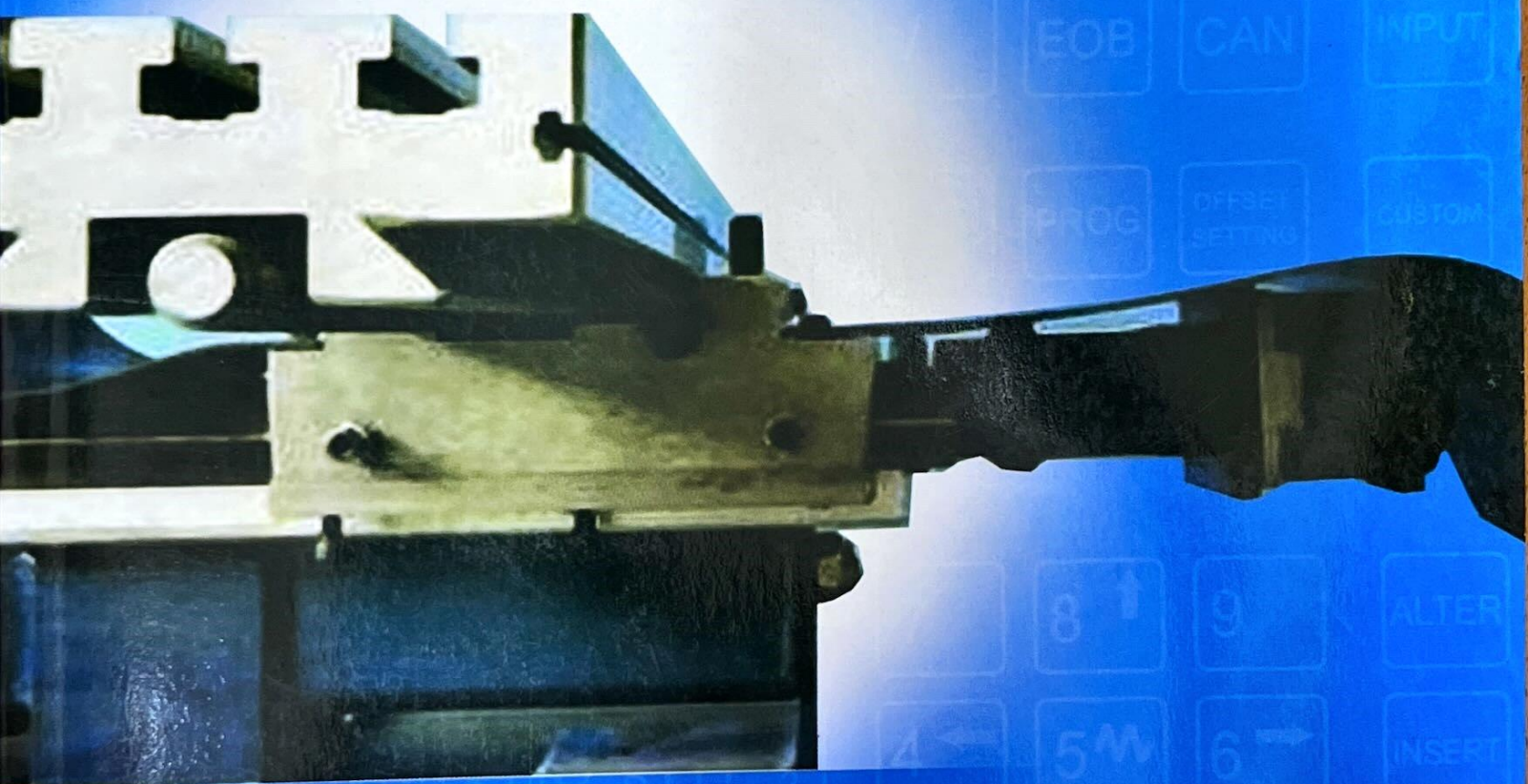
TRẦN THẾ SAN - NGUYỄN NGỌC PHƯƠNG

KHOA CƠ KHÍ CHẾ TẠO MÁY

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

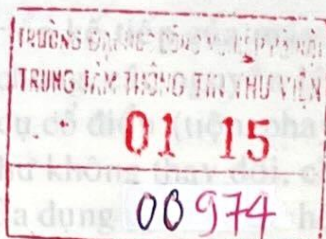


SỔ TAY LẬP TRÌNH

CNC

MÁY TIỆN - MÁY PHAY
TRUNG TÂM GIA CÔNG CNC

TRẦN THẾ SAN - NGUYỄN NGỌC PHƯƠNG
KHOA CƠ KHÍ CHẾ TẠO MÁY
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP.HCM



SỔ TAY LẬP TRÌNH

CNC

MÁY TIỆN - MÁY PHAY
TRUNG TÂM GIA CÔNG CNC



DENSO MANUFACTURING VIETNAM CO., LTD



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Lời nói đầu

CNC là bước phát triển kế tiếp của máy công cụ trong thời đại công nghệ thông tin. Nói chung, các nguyên lý và phương pháp gia công cắt gọt trên máy công cụ cổ điển (tiện, phay, bào, khoan, khoét, doa, gia công ren,...) và trên máy CNC hầu như không thay đổi, chủ yếu dựa trên chuyển động của phôi (chi tiết) và chuyển động của dụng cụ cắt theo hệ quy chiếu được chọn trước. Khác biệt cơ bản giữa công nghệ gia công cổ điển và công nghệ CNC là hệ thống điều khiển. Công nghệ cổ điển thường áp dụng điều khiển bằng cơ cấu cam, các relay, và một số mạch điều khiển đơn giản, còn công nghệ CNC áp dụng điều khiển bằng chương trình máy tính.

Để điều khiển hiệu quả trên máy CNC cần phải viết chương trình gia công. Bạn có thể viết chương trình gia công bằng tay sử dụng giấy và bút, hoặc viết trên máy tính sử dụng phần mềm CAD/CAM. Về nguyên tắc, bạn phải nắm vững các nguyên lý viết chương trình, sử dụng thành thạo các kỹ thuật và công cụ lập trình bằng tay trước khi viết chương trình trên máy tính. Cuốn sách này hướng dẫn chi tiết các phương pháp lập trình gia công chi tiết trên máy công cụ CNC (phay, tiện, doa, cắt ren,...), trên cơ sở giả thiết bạn đọc đã có đủ kiến thức về vẽ kỹ thuật, nguyên lý và chi tiết máy, vật liệu cơ khí, công nghệ gia công cắt gọt, máy công cụ,...

Gia công cắt gọt trên máy CNC là công nghệ hiện đại và liên tục phát triển, nhưng không quá khó như suy nghĩ của một số người. Công nghệ này chỉ đòi hỏi kiến thức cơ bản về chế tạo máy và tính sáng tạo của người sử dụng.

Cuốn sách này là tài liệu hướng dẫn cơ bản và hệ thống, bao quát hầu như mọi vấn đề về lập trình bằng tay, bao gồm hệ thống điều khiển, quy hoạch lập trình, cấu trúc chương trình, các hàm và các lệnh (mã G, mã M,...), các chu kỳ gia công, các chế độ bù, chương trình con,... và các ví dụ lập trình cụ thể. Bạn đọc là kỹ sư cơ khí, nhà quản lý, sinh viên,... sẽ tìm thấy ở đây nhiều kiến thức bổ ích và thú vị. Đây cũng là tài liệu tham khảo cho mọi người quan tâm đến lĩnh vực gia công hiện đại trên hệ thống CNC.

CÔNG NGHỆ NC VÀ CNC

Về thuật ngữ, các viết tắt NC và CNC có sự khác biệt về ý nghĩa. NC là viết tắt của công nghệ điều khiển số (Numerical Control) viết tắt của CNC là viết tắt của công nghệ điều khiển số trên máy tính hóa (Computerized Numerical Control), là sự phát triển cao hơn của NC. Thông thường, trong thực tiễn, CNC được dùng thay

MỤC LỤC

Chương 1. ĐIỀU KHIỂN SỐ

Định nghĩa điều khiển số	7
Công nghệ NC và CNC	7
Gia công CNC và gia công cổ điển	8
Ưu thế của điều khiển số	8
Các kiểu máy công cụ CN	C10
Máy phay và trung tâm gia công	11
Máy tiện và trung tâm tiện	11
Nhân lực sử dụng CNC	11
Nhà lập trình CNC	12
Người vận hành máy CNC	12
An toàn với máy CNC	12
Hình học máy	13

Chương 2. PHAY CNC

Máy CNC - Phay	15
Các kiểu máy phay	15
Trung tâm gia công đứng	16
Trung tâm gia công ngang	17
Máy phay doa ngang	17
Các đặc tính kỹ thuật thông dụng	18

Chương 3. TIỆN CNC

Máy CNC - Tiện	19
Các kiểu máy tiện CNC	19
Ký hiệu trục	19
Máy tiện hai trục	20
Máy tiện ba trục	20
Máy tiện bốn trục	20
Máy tiện sáu trục	21
Tính năng và đặc tính kỹ thuật	21
Đặc tính kỹ thuật máy tiện CNC	21
Các tính năng điều khiển	22

Chương 4. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

Khái quát	23
Tính năng hệ thống	25
Các xác lập tham số	26
Các mặc định hệ thống	27
Dung lượng nhớ	28
Dừng chương trình bằng tay	28
Thao tác single block	29
Feedhold	29
Emergency Stop	29
Nhập dữ liệu bằng tay - MDI	29
Vượt qua dữ liệu chương trình	29
Rapid Motion Override	30
Spindle Speed Override	30
Feedrate Override	31
Sự vận hành Dry Run	31
Z Axis Neglect	32
Manual Absolute Setting	32
Sequence Return	32

Khóa các hàm phụ	32
Machine Lock	32
Ứng dụng thực tế	33
Các tùy chọn hệ thống	33
Hiện thị đồ họa	33
Đo trong khi gia công	34
Giới hạn hành trình được lưu giữ	34
Nhập kích thước vẽ	34
Chu kỳ gia công	34
Tạo hoạt hình dụng cụ cắt	34
Nối kết với thiết bị bên ngoài	35

Chương 5. QUY HOẠCH CHƯƠNG TRÌNH

Các bước quy hoạch chương trình	36
Lập trình bằng tay	36
CAD/CAM và CNC	36
Sự tích hợp	37
Các bước lập trình điển hình	37
Bản vẽ chi tiết	38
Bảng công nghệ	39
Đặc tính kỹ thuật của vật liệu	39
Định mức tính gia công	39
Chuỗi thứ tự gia công	40
Lựa chọn dụng cụ cắt	40
Gá lắp chi tiết	41
Quyết định công nghệ	41
Quỹ đạo dao cắt	41
Định mức công suất máy	42
Chất làm nguội và bôi trơn	42
Phác thảo chi tiết và tính toán	42

Chương 6. CẤU TRÚC CHƯƠNG TRÌNH GIA CÔNG

Các thuật ngữ lập trình cơ bản	44
Định dạng chương trình	45
Word Address Format	45
Giải thích định dạng	46
Dạng rút gọn	46
Định dạng hệ thống phay	46
Định dạng hệ thống tiện	47
Địa chỉ nhiều từ ngữ	48
Ký hiệu trong lập trình	48
Dấu cộng và dấu trừ	48
Tiêu đề chương trình	48
Cấu trúc chương trình	49

Chương 7. CÁC LỆNH CHUẨN BỊ

Ý nghĩa và công dụng	50
Ứng dụng trên hệ thống phay	50
Ứng dụng trên hệ thống tiện	51
Mã G trong block chương trình	52
Tính chế độ của các lệnh G	52
Va chạm các lệnh trong block	53
Thứ tự từ ngữ trong block	53

Chia nhóm các lệnh	54	Dừng trục chính	83
Các kiểu mã G	55	Sự định hướng trục chính	83
Mã G và dấu thập phân	55	Tốc độ trục chính - r/min	84
Chương 8. CÁC HÀM CHUNG		Tốc độ trục chính - bề mặt	84
Giải thích và công dụng	56	Tốc độ bề mặt không đổi	85
Các hàm liên quan với máy	56	Xác lập tốc độ trục chính cực đại	87
Các hàm liên quan với chương trình	56	Tính toán đường kính chi tiết trong chế độ	
Các ứng dụng phổ biến	57	CSS.	88
Các hàm MDI đặc biệt	57	Chương 12. ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ CẮT	
Các nhóm ứng dụng	57	Điều khiển tốc độ cắt	89
Hàm M trong block	58	Hàm tốc độ cắt	89
Khởi động các hàm M	58	Lựa chọn lượng ăn dao	90
Thời hạn của hàm M	59	Tăng tốc và giảm tốc	90
Các hàm chương trình	59	Lệnh dừng chính xác	91
Dừng chương trình	59	Lệnh chế độ dừng chính xác	91
Dừng chương trình tùy chọn	60	Sự vượt qua góc một cách tự động	91
Kết thúc chương trình	60	Chế độ tarô ren	91
Kết thúc chương trình con	61	Chế độ cắt	92
Các hàm máy	61	Sự ăn dao không đổi	92
Các hàm điều khiển chất làm nguội	61	Tốc độ cắt theo chế độ tròn	92
Các hàm trục chính	62	Tốc độ ăn dao cực đại	93
Phụ tùng máy	63	Các yếu tố tác động đến tốc độ cực đại	93
Chương 9. BLOCK CHUỖI THỨ TỰ		FEEDHOLD và OVERRIDE	93
Cấu trúc block	64	Công tắc Feedhold	93
Nhận biết chương trình	65	Công tắc Feedrate Override	93
Số chuỗi thứ tự	66	Các tính năng vượt qua tốc độ cắt	94
Lệnh số chuỗi thứ tự	66	Địa chỉ E trong tiện ren	94
Định dạng block thứ tự	66	Chương 13. HÀM DỤNG CỤ CẮT	
Đánh số theo số gia	67	Hàm T trên trung tâm gia công	96
Chương trình dài và số block	67	Hộp giữ dao cắt	96
Ký tự kết thúc block	67	Sự chọn dao cố định	96
STARTUP block hoặc SAFE block	68	Lựa chọn dao cắt nhớ ngẫu nhiên	97
Sự va chạm từ ngữ trong block	69	Đăng ký chỉ số dao cắt	97
Các giá trị lập trình chế độ	70	Định dạng lập trình	97
Tính ưu tiên thực thi	71	Ổ dao rỗng	98
Chương 10. NHẬP KÍCH THUỐC		Hàm thay dao - M06	98
Đơn vị hệ anh và hệ mét	72	Bộ thay dao tự động - ATC	99
Các chế độ tuyệt đối và số gia	73	Hệ thống ATC thông dụng	99
Các lệnh chuẩn bị G90 và G91	74	Chu kỳ ATC	100
Nhập dữ liệu tuyệt đối G90	75	Sự vận hành MDI	101
Nhập dữ liệu số gia G91	75	Lập trình ATC	101
Phối hợp trong block	75	Lập trình một dao cắt	101
Lập trình đường kính	76	Lập trình nhiều dao cắt	101
Số gia chuyển động tối thiểu	76	Dao bất kỳ trong trục chính -	
Định dạng nhập kích thước	76	không phải dao thứ nhất	102
Nhập kiểu CALCULATOR	79	Dao thứ nhất trong trục chính	103
Chương 11. ĐIỀU KHIỂN TRỤC CHÍNH		Không có dao trong trục chính	103
Hàm trục chính	80	Dao thứ nhất trong trục chính	
Chiều quay trục chính	80	với sự thay dao bằng tay	104
Chiều phay	80	Không có dao trong trục chính với	
Chiều tiện	81	sự thay dao bằng tay	105
Các đặc tính chiều quay	81	Dao thứ nhất trong trục chính và	
Khởi động trục chính	82	dao quá khổ	105
		Không có dao trong trục chính và	
		dao quá khổ	105

Hàm T đối với máy tiện	106
Đăng ký bù dao cắt	107
Geometry Offset	107
Wear Offset	108
Điều chỉnh wear offset	108
Các xác lập R và T	109

Chương 14. CÁC ĐIỂM QUY CHIẾU

Các nhóm điểm quy chiếu	110
Điểm quy chiếu máy	111
Điểm quy chiếu chi tiết	112
Điểm quy chiếu dụng cụ cắt	115

Chương 15. CÁC LỆNH ĐĂNG KÝ

Lệnh POSITION REGISTER	116
Định nghĩa đăng ký vị trí	116
Định dạng lập trình	116
Xác lập vị trí dao cắt	116
Ứng dụng các trung tâm gia công	117
Xác lập dao ở zero máy	117
Xác lập dao cách xa zero máy	117
Đăng ký vị trí theo trục Z	118
Ví dụ lập trình	118
Ứng dụng trên máy tiện	118
Gá lắp dao	119
Các nhóm xác lập ba dao cắt	119
Xác lập dao cắt đường tâm	119
Xác lập dao tiện ngoài	119
Xác lập dao tiện trong	120
Chi tiết đỉnh góc	120
Ví dụ lập trình	120

Chương 16. BÙ VỊ TRÍ

Mô Tả	122
-----------------	-----

Chương 17. BÙ CHI TIẾT

Vùng làm việc khả dụng	125
Khởi đầu và mặc định bù chi tiết	126
Thay đổi giá trị bù chi tiết	127
Ứng dụng trục Z	128
Áp dụng trên máy ngang	129
Bù chi tiết ngoài	129
Các ứng dụng tiện	130
Các kiểu bù	130
Bù hình học	130
Bù mòn dao	130
Chỉ số bù và dao	130
Gá lắp dao	131
Dao cắt gọt theo đường tâm	131
Dao tiện	131
Dao doa	132
Điểm lệnh và bù dụng cụ cắt	132

Chương 18. BÙ CHIỀU DÀI DAO

Nguyên lý chung	133
Lệnh bù chiều dài dao	134
Khoảng cách dịch chuyển theo trục Z	134

Xác lập chiều dài dao	135
Các quan hệ trên trục Z	136
Xác lập trước chiều dài dao	136
Sử dụng chiều dài dao chính	137
Sự khác biệt giữa G43 và G44	138

Định dạng lập trình	139
Chưa có bù chiều dài dao	139
Bù chiều dài dao và G92	140
Bù chiều dài dao và G54 - G59	140
Bù chiều dài dao và nhiều dao	141
Thay đổi bù chiều dài dao	141
Áp dụng trên trung tâm gia công ngang	142
Xóa bù chiều dài dao	143

Chương 19. ĐỊNH VỊ NHANH

Chuyển động chạy dao nhanh	144
Lệnh G00	144
Quỹ đạo dao chuyển động nhanh	145
Kiểu chuyển động và so sánh thời gian	147
Giảm tốc độ chạy dao nhanh	147
Công thức chuyển động nhanh	148
Tiến đến chi tiết	148

Chương 20. TRẢ VỀ ZERO MÁY

Vị trí quy chiếu máy	149
Trả về zero máy sơ cấp	151
Điểm trung gian	151
Chế độ tuyệt đối và chế độ số gia	152
Trở về vị trí chiều sâu Z	153
Trả về các trục cần thiết đối với ATC	154
Trở về zero đối với máy tiện CNC	155
Lệnh kiểm tra vị trí trả về	155
Trở về từ điểm zero máy	156
Trả về zero máy thứ cấp	157

Chương 21. NỘI SUY TUYẾN TÍNH

Lệnh tuyến tính	158
Định dạng lập trình	159
Tốc độ ăn dao tuyến tính	160
Ví dụ lập trình	161

Chương 22. HÀM BỎ QUA BLOCK

Các ứng dụng cơ bản	162
Ký hiệu bỏ qua block	162
Xác lập bộ điều khiển	162
Bỏ qua block và các lệnh chế độ	163
Ví dụ lập trình	164
Gia công cắt gọt thô	164
Thay đổi biên dạng gia công	165
Cắt gọt thử để đo	167
Kiểm chứng chương trình	168
Ứng dụng cấp phôi thanh	169
Bỏ qua block theo số	169

Chương 23. LỆNH DWELL

Ứng dụng lập trình	170
Lệnh dwell	170

Lựa chọn thời gian tạm dừng	171
Xác lập chế độ và dwell	172
Dwell tối thiểu	172
Số vòng quay	172
Thời gian dwell dài	173
Chu kỳ cố định và dwell	174

Chương 24. CHU KỲ CỐ ĐỊNH

Gia công điểm - điểm	176
Chuyển động dao và chu kỳ cố định	177
Lựa chọn chu kỳ cố định	177
Định dạng lập trình	178
Các nguyên tắc chung	178
Giá trị tuyệt đối và giá trị số gia	179
Chọn mức ban đầu	179
Chọn mức R	180
Tính toán chiều sâu Z	181
Các chu kỳ cố định	181
G81 - Chu kỳ khoan	182
G82 - Chu kỳ khoan điểm	182
G83 - Chu kỳ khoan lỗ sâu - Tiêu chuẩn	182
G73 - Chu kỳ khoan lỗ sâu - Tốc độ cao	183
G84 - Chu kỳ tarô ren - Tiêu chuẩn	184
G74 - Chu kỳ tarô ren - Ngược	184
G85 - Chu kỳ doa	185
G86 - Chu kỳ doa	185
G87 - Chu kỳ doa ngược	186
G88 - Chu kỳ doa	186
G89 - Chu kỳ doa	186
G76 - Chu kỳ doa chính xác	187
Xóa chu kỳ cố định	187
Lập lại chu kỳ cố định	187

Chương 25. GIA CÔNG CÁC LỖ

Đánh giá một lỗ	189
Các nguyên công khoan	192
Khoan nhiều đoạn trong một lỗ	196
Ứng dụng khoan nhiều đoạn	197
Tính toán số đoạn khoan	197
Chọn số đoạn	197
Điều khiển chiều sâu xuyên qua	198
Chuốt	198
Thiết kế dao chuốt	198
Tốc độ trục chính khi chuốt lỗ	199
Tốc độ cắt khi chuốt	199
Lượng dư gia công	199
Các vấn đề chuốt	199
Doa một điểm	199
Dao doa một điểm	200
Hướng trục chính	200
Dụng cụ khối	201
Doa với dịch chuyển dao	201
Chu kỳ doa chính xác G76	201
Chu kỳ doa ngược G87	201
Ví dụ lập trình	202

Các chú ý trong lập trình và gá lắp	202
Mở rộng các lỗ	202
Khoan nhiều mức	202
Khoan qua nhiều bậc	204
Tarô ren	205
Gia công lỗ trên máy tiện	206
Chuyển động tiếp cận của dụng cụ cắt	209
Chuyển động dao trở về	210
Khoan và chuốt trên máy tiện	210
Chu kỳ khoan gián đoạn - G74	211
Tarô ren trên máy tiện	211
Các nguyên công khác	212

Chương 26. SƠ ĐỒ LỖ

Các kiểu sơ đồ lỗ	214
Sơ đồ lỗ ngẫu nhiên	214
Sơ đồ lỗ hàng ngang	215
Sơ đồ lỗ hàng chéo	215
Sơ đồ góc	217
Sơ đồ lưới	217
Sơ đồ lỗ hình cung tròn	218
Sơ đồ lỗ theo đường tròn	219
Hệ tọa độ cực	221

Chương 27. PHAY BỀ MẶT

Lựa chọn dao cắt	223
Các yếu tố cắt gọt	224
Các kỹ thuật lập trình	226
Phay bề mặt với một đường cắt	226
Phay nhiều đường cắt	227
Sử dụng bù vị trí	229

Chương 28. NỘI SUY ĐƯỜNG TRÒN

Định dạng lập trình	231
Lập trình bán kính	234
Bán kính hòa hợp	234
Bán kính riêng	234
Lập trình đường tròn	234
Lập trình cắt gọt cung tròn	238
Tốc độ cắt đối với chuyển động tròn	239

Chương 29. BÙ BÁN KÍNH DAO CẮT

Các tính toán bằng tay	241
Quỹ đạo các tâm điểm dụng cụ cắt	242
Bán kính dao cắt	243
Tính toán các điểm tâm	243
Bù quỹ đạo dao	244
Kỹ thuật lập trình	244
Chiều chuyển động cắt	244
Trái hoặc phải - không phải CW hoặc CCW	245
Các lệnh bù	246
Bán kính dao	246
Lịch sử các kiểu bù	246
Định dạng lập trình	247
Địa chỉ H hoặc D	247
Bù hình học và bù mòn dao	247

Áp dụng bù bán kính dao	248
Phương pháp khởi động	248
Xóa lệnh bù	249
Thay đổi chiều dao cắt	250
Cơ chế hoạt động của bù bán kính	250
Kiểu bù dự đoán trước	251
Nguyên tắc đối với bù bán kính kiểu dự đoán trước	251
Bán kính dao cắt	252
Sự cản trở bù bán kính	253
Khởi động đơn trục và đa trục	254
Tóm tắt các nguyên tắc chung	255
Ví dụ thực tiễn - phay	256
Bù bán kính mũi dao	260
Đỉnh mũi dao	260
Lệnh bù bán kính	260
Định hướng đỉnh dao	260
Tác dụng của bù bán kính mũi dao	261
Chương trình mẫu	261
Khoảng hở cần thiết tối thiểu	262
Thay đổi chiều chuyển động	262
Chương 30. LỰA CHỌN MẶT PHẪNG	
Gia công trong các mặt phẳng	263
Lệnh lập trình xác định mặt phẳng	264
Trạng thái điều khiển mặc định	264
Chuyển động thẳng trong mặt phẳng	264
Nội suy tròn trong mặt phẳng	265
G17-G18-G19 các lệnh chế độ	266
Không có dữ liệu trục trong block	266
Bù bán kính dao trong mặt phẳng	267
Ví dụ thực tiễn	267
Chu kỳ cố định trong mặt phẳng	268
Chương 31. PHAY CHU VI	
Dao phay mặt đầu	269
Tốc độ trục chính và tốc độ cắt	270
Cắt gọt phôi	271
Ăn dao thẳng xuống	271
Ăn dao nghiêng vào và ra	272
Chiều cắt gọt	272
Chiều rộng và chiều sâu cắt	272
Chương 32. GIA CÔNG RÃNH VÀ HỐC	
Biên hồ và kín	273
Lập trình các rãnh	273
Phay hốc	276
Hốc chữ nhật	277
Lượng dư gia công	277
Chiều rộng cắt	278
Chiều dài cắt	278
Chuyển động bán tinh	278
Quỹ đạo dao gia công tinh	279
Chương trình phay hốc chữ nhật	279
Hốc tròn	280
Đường kính dao tối thiểu	280
Phương pháp ăn vào	281

Tiếp cận tuyến tính	281
Tiếp cận tuyến tính - tròn	281
Gia công thô hốc tròn	282
Chu kỳ gia công hốc tròn	283

Chương 33. TIỆN VÀ DOA

Hàm dụng cụ cắt - dao tiện	284
Địa chỉ T284	
Các chế độ bù trên máy tiện	285
Lập trình nhiều giá trị bù	286
Phương pháp chung	287
Dung sai đường kính	287
Dung sai trên bậc trụ	287
Dung sai đường kính và bậc trụ	288
Xác lập bù	289
Các hàm khoảng tốc độ	289
Vật góc tự động	289
Điều kiện lập trình	292
Ví dụ lập trình	292
Gia công thô và tinh	292
Lập trình mặt lồi	294
Tốc độ trục chính trong chế độ CSS	295
Định dạng lập trình tiện	296
Định dạng chương trình - Mẫu chuẩn	296
Định dạng chương trình chung	296
Tiếp cận chi tiết gia công	296

Chương 34. CHU KỲ TIỆN

Sự cắt gọt trên máy tiện	298
Nguyên lý của các chu kỳ tiện	298
G90 - Chu kỳ cắt gọt thẳng	298
G94 - Chu kỳ gia công mặt đầu	302
Chu kỳ lặp nhiều lần	303
Khái quát	303
Các kiểu định dạng chu kỳ	303
Các chu kỳ cắt gọt và biên dạng chi tiết	303
Các chu kỳ bề gãy phôi	304
Các chu kỳ cắt gọt biên dạng	304
Định nghĩa đường bao	304
Điểm khởi đầu và các điểm P và Q	304
Chu kỳ kiểu I và kiểu II	305
Lập trình các chu kỳ Kiểu I và Kiểu II	305
Định dạng chu kỳ	305
G71 - Chu kỳ tiện	306
Định dạng chu kỳ G71 - 10T/11T/15T	306
Định dạng chu kỳ G71 - 0T/16T/18T/20T/21T	306
G71 tiện thô mặt ngoài	306
G71 tiện thô mặt trong	307
Chiều cắt trong G71	307
G72 - Gia công mặt đầu	307
Định dạng chu kỳ G72 - 10T/11T/15T	307
Định dạng chu kỳ G72 - 0T/16T/18T/20T/21T	308
G73 - Chu kỳ lặp gia công theo mẫu chuẩn	308

Định dạng chu kỳ G73 - 10T/11T/15T	308
Định dạng chu kỳ G73 - OT/16T/18T/20T/21T	309
G70 - Chu kỳ gia công tinh biên dạng	310
Định dạng chu kỳ G70 - tất cả các bộ điều khiển	310
Nguyên tắc cơ bản của các chu kỳ G70-G73	311
G74 - Chu kỳ khoan gián đoạn	311
Định dạng chu kỳ G74 - 10T/11T/15T	311
Định dạng chu kỳ G74 - OT/16T/20T/21T	311
Chu kỳ cắt rãnh - G75	312
Định dạng chu kỳ G75 - 10T/11T/15T	312
Định dạng chu kỳ G75 - OT/16T/18T/20T/21T	312
Các nguyên tắc cơ bản của G74 và G75	312

Chương 35. CẮT RÃNH TRÊN MÁY TIỆN

Các nguyên công cắt rãnh	313
Hình dạng rãnh	313
Vị trí rãnh	314
Kích thước rãnh	314
Lập trình rãnh đơn giản	315
Kỹ thuật gia công rãnh chính xác	316
Nhiều rãnh	320
Rãnh ở mặt đầu	320
Rãnh góc/rãnh bậc	321
Chu kỳ gia công rãnh	322
Ứng dụng chu kỳ G75	322
Cắt rãnh đơn với G75	322
Gia công nhiều rãnh với G75	323
Các rãnh đặc biệt	323
Rãnh và chương trình con	323

Chương 36. CẮT ĐỨT

Quy trình cắt đứt	325
Dao cắt đứt	325
Lượng dư gia công	326
Chuyển động trả dao	327
Cắt đứt có vạt góc	327
Tránh hư hại chi tiết	328

Chương 37. GIA CÔNG REN MỘT LƯỠI CẮT

Gia công ren trên máy tiện CNC	329
Thuật ngữ về ren	330
Quy trình gia công ren	330
Tốc độ cắt ren và tốc độ trục chính	334
Điểm quy chiếu dao	337
Lập trình tiện ren theo block	337
Chu kỳ tiện ren cơ bản - G92	338
Chu kỳ lặp nhiều lần - G76	339
Định dạng chu kỳ G72 - 10T/11T/15T	340
Định dạng chu kỳ G76 - OT/16T/18T	340
Ví dụ lập trình	341
Tính toán ren thứ nhất	341
Phương pháp ăn dao	342

Ăn dao hướng tâm	342
Ăn dao kết hợp	343
Góc dao cắt ren - Tham số A	343
Kiểu cắt gọt ren - Tham số P	343
Các tính toán trong phương pháp một block	344
Các xem xét ban đầu	344
Tính toán vị trí khởi đầu trục Z	345
Chuyển động lùi dao	346
Các hàm lùi dao tiện ren	346
Chiều ren	347
Tiện ren gần vai trục	347
Các dạng ren khác	349
Ren côn	350
Chiều sâu và các khoảng hở	350
Tính toán độ côn	350
Ren côn lập trình theo block	351
Ren côn sử dụng chu kỳ đơn giản	352
Ren côn và chu kỳ lặp	352
Ren nhiều đầu mối	353
Cắt lại ren	355

Chương 38. CHƯƠNG TRÌNH CON

Chương trình chính và các chương trình con	356
Công dụng của chương trình con	356
Nhận biết chương trình con	357
Các hàm chương trình con	357
Hàm gọi chương trình con	357
Hàm kết thúc chương trình con	357
Số block trở về	358
Số lần lặp lại chương trình con	358
LO/KO trong lệnh gọi chương trình con	359
Đánh số chương trình con	360
Phát triển chương trình con	363
Sắp xếp chương trình con đa mức	365
Gia công biên dạng với chương trình con	367
Chương trình con thay dao	368
Lưới 100 000 000 lỗ	368

Chương 39. DỊCH CHUYỂN MỐC CHUẨN

Dịch chuyển mốc chuẩn với G92 hoặc G50	370
Hệ tọa độ cục bộ	372
Lệnh G52	372
Hệ tọa độ máy	373
Xác lập dữ liệu	374
Bù chi tiết	375
Bù chiều dài dao	376
Bù bán kính dao	376
Bù khi tiện	377
Xác lập dữ liệu MDI	377
Nhập tham số lập trình	377

Chương 40. HÌNH ẢNH GƯƠNG

Nguyên tắc cơ bản của hình ảnh gương	381
Chiều gương bằng xác lập	383
Hình ảnh gương lập trình	384
Hình ảnh gương trên máy tiện CNC	386

Chương 41. QUAY TỌA ĐỘ	
Các lệnh quay	387
Ứng dụng thực tiễn	390
Chương 42. HÀM LẬP TỶ LỆ	
Mô tả	393
Định dạng lập trình	393
Ví dụ lập trình	395
Chương 43. PHỤ TÙNG MÁY TIỆN CNC	
Điều khiển mâm cặp	397
Ụ động và chuỗi ụ động	398
Phân độ ổ dao hai chiều	399
Đồ gá cấp phôi thanh	401
Các tùy chọn bổ sung	402
Ví dụ lập trình	403
Chương 44. PHAY XOẮN	
Nguyên công phay xoắn	405
Phay ren	406
Đường xoắn	407
Ví dụ phay ren	408
Ren thẳng	408
Phay ren	412
Các chuyển động lùi ra	412
Chương trình hoàn chỉnh	412
Phay ren ngoài	413
Phay ren côn	413
Các khảo sát cơ bản	413
Phương pháp mô phỏng phay ren	413
Khoét xoắn	414
Chương 45. GIA CÔNG CẮT GỌT NGANG	
Các trục quay và phân độ	416
Bàn phân độ (trục B)	416
Trục B và chế độ bù	418
Bù chi tiết và trục B	418
Bù chiều dài và trục B	419
Trở về zero máy	421
Phân độ và chương trình con	421
Chương trình ví dụ hoàn chỉnh	422
Bộ thay pallet tự động - APC	424
Phay doa ngang 425	
Chương 46. VIẾT CHƯƠNG TRÌNH CNC	
Viết chương trình	427
Các dạng lập trình	427
Các ký tự dễ bị nhầm lẫn	427
Định dạng xuất chương trình	428
Chương trình dài	429
Rút gọn chương trình	430
Chế độ nhớ và chế độ băng	431
Chương 47. GIAO DIỆN VÀ CÁC THIẾT BỊ	
Giao diện RS-232C	432
Băng đục lỗ	433

Bộ đọc và bộ đục lỗ băng	433
Đầu và cuối băng	435
Nhận biết băng	435
Các ký tự không in	435
Bảo quản và vận chuyển	435
Điều khiển số phân phối	435
Thuật ngữ truyền thông	436
Tốc độ baud	436
Tính chẵn lẻ	436
Các bit dữ liệu	436
Bit khởi đầu và bit dừng	436
Xác lập dữ liệu	436
Cáp nối	436
Null Modem	437
Nối cáp giữa Fanuc và máy tính cá nhân	437
Chương 48. CNC và CAD/CAM	
Lập trình bằng tay?	438
Phần mềm CAM	438
Lập trình trên máy tính để bàn	438
Phát triển hình học quỹ đạo dao	439
Tạo quỹ đạo dao	439
Môi trường hoàn chỉnh	439
Hỗ trợ nhiều máy	440
Các nguyên công liên quan	440
Gá lắp	440
Danh sách dao và các chú thích gia công	440
Nối kết giữa các máy tính	440
Bộ biên tập văn bản chương trình	440
Khả năng in ấn	441
Máy vẽ đồ họa	441
Truy cập phần mềm CAD	441
Hỗ trợ hình khối	441
Đặc tính kỹ thuật phần mềm	442
Đặc tính kỹ thuật phần cứng	442
Yêu cầu phần cứng	442
Các trình tiện ích và tính năng đặc biệt	443
Xử lý hậu kỳ	443
Chuyên biệt hóa xử lý hậu kỳ	443
Các tính năng quan trọng	443
Nhập từ người dùng	443
Các chu kỳ gia công	443
Giao diện người dùng	443
Giao diện CAD	444
Kết luận	444
CÁC BẢNG THAM CHIẾU	
Đương lượng thập phân	445
Ren hệ Anh - UNC/UNF	448
Ta-rô ren ống thẳng NPS	448
Ta-rô ren ống côn NPT	449
Ren thô hệ mét	449
Ren mịn hệ mét	449