



Содержание

Глава 1

ОСНОВЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ	10
1.1. Автоматическое управление	10
1.2. Особенности устройства и конструкции фрезерного станка с ЧПУ	12
1.3. Функциональные составляющие (подсистемы) ЧПУ	14
1.3.1. Подсистема управления	14
1.3.2. Подсистема приводов	16
Высокоточные ходовые винты	16
Двигатели	16
1.3.3. Подсистема обратной связи	18
Датчики, используемые для определения положения	18
Датчики состояния исполнительных органов	20
1.3.4. Функционирование системы ЧПУ	21
1.4. Языки для программирования обработки	23
Краткое изложение главы	24
Вопросы	24

Глава 2

ОСНОВЫ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ	25
2.1. Процесс фрезерования	25
2.2. Режущий инструмент	27
2.3. Вспомогательный инструмент	33
2.4. Основные определения и формулы	34
2.5. Рекомендации по фрезерованию	35
Краткое изложение главы	38
Вопросы	38

Глава 3

ВВЕДЕНИЕ В ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ	39
3.1. Прямоугольная система координат	39
3.2. Написание простой управляющей программы	40
3.3. Создание УП на персональном компьютере	43
3.4. Передача управляющей программы на станок	47

3.5. Проверка управляющей программы на станке.....	49
Общие сведения	49
Тестовые режимы станка с ЧПУ	50
Последовательность полной проверки УП.....	51
3.6. Советы по технике безопасности при эксплуатации станков с ЧПУ....	52
Краткое изложение главы	54
Вопросы	54

Глава 4

СТАНОЧНАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ	55
4.1. Нулевая точка станка и направления перемещений.....	55
4.2. Нулевая точка программы и рабочая система координат	59
4.3. Компенсация длины инструмента.....	62
4.4. Абсолютные и относительные координаты	64
4.5. Комментарии в УП и карта наладки	65
Краткое изложение главы	68
Вопросы	68

Глава 5

СТРУКТУРА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ	69
5.1. G- и M-коды	69
5.2. Структура программы	70
5.3. Слово данных, адрес и число.....	73
5.4. Модальные и немодальные коды.....	74
5.5. Формат программы.....	75
5.6. Строка безопасности	78
5.7. Важность форматирования УП	79
Краткое изложение главы	80
Вопросы	81

Глава 6

БАЗОВЫЕ G-КОДЫ	82
Введение.....	82
6.1. Ускоренное перемещение – G00	83
6.2. Линейная интерполяция – G01	85
6.3. Круговая интерполяция – G02 и G03.....	86
Дуга с I, J, K	87
Дуга с R.....	88
Использование G02 и G03.....	89
Краткое изложение главы	91
Вопросы	91

Глава 7

БАЗОВЫЕ М-КОДЫ	92
Введение	92
7.1. Останов выполнения управляющей программы – M00 и M01	93
7.2. Управление вращением шпинделя – M03, M04, M05	94
7.3. Управление подачей СОЖ – M07, M08, M09	96
7.4. Автоматическая смена инструмента – M06.....	97
7.5. Завершение программы – M30 и M02	100
Краткое изложение главы	100
Вопросы	101

Глава 8

ПОСТОЯННЫЕ ЦИКЛЫ СТАНКА С ЧПУ	102
Введение	102
8.1. Стандартный цикл сверления и цикл сверления с выдержкой.....	105
8.2. Относительные координаты в постоянном цикле.....	107
8.3. Циклы прерывистого сверления.....	108
8.4. Циклы нарезания резьбы	110
8.5. Циклы растачивания.....	111
8.6. Примеры программ на сверление отверстий при помощи постоянных циклов	112
Пример № 1	112
Пример № 2.....	113
Краткое изложение главы	115
Вопросы	116

Глава 9

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ РАДИУСА ИНСТРУМЕНТА	117
9.1. Основные принципы.....	117
9.2. Использование автоматической коррекции на радиус инструмента	122
9.3. Активация, подвод и отвод	123
Краткое изложение главы	125
Вопросы	125

Глава 10

ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ	127
10.1. Подпрограмма	127
10.2. Работа с осью вращения (4-ой координатой)	131
10.3. Параметрическое программирование.....	134

Краткое изложение главы	145
Вопросы	146

Глава 11

ПРИМЕРЫ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

11.1. Программирование в ISO	147
Пример № 1. Контурная обработка	147
Пример № 2. Контурная обработка с коррекцией на радиус инструмента	148
Пример № 3. Контурная обработка	150
Пример № 4. Контурная обработка с коррекцией на радиус инструмента	151
Пример № 5. Фрезерование прямоугольного кармана	152
Пример № 6. Фрезерование круглого кармана	154
11.2. Программирование для Heidenhain	155
Пример № 1. Контурная обработка	156
Пример № 2. Контурная обработка с коррекцией на радиус инструмента	157
Пример № 3. Сверление 7 отверстий диаметром 3 мм и глубиной 6,5 мм с помощью постоянного цикла Heidenhain	158

Глава 12

CAD/CAM

12.1. Методы программирования	159
12.2. Что такое CAD и CAM?	160
12.3. Общая схема работы с CAD/CAM-системой	160
12.4. Виды моделирования	162
12.5. Уровни CAM-системы	165
12.6. Геометрия и траектория	166
12.7. Алгоритм работы в CAM-системе	167
12.7.1. Выбор геометрии	167
12.7.2. Выбор стратегии и инструмента, назначение параметров обработки	169
Плоская обработка	170
Объемная обработка	171
12.7.3. Бэкплот и верификация	175
12.7.4. Постпроцессирование	177
12.7.5. Передача УП на станок с ЧПУ	180
12.8. Ассоциативность	181
12.9. Пятикоординатное фрезерование и 3D-коррекция	181

12.10. Высокоскоростная обработка (BCO).....	183
12.11. Требования к современной САМ-системе	185

Глава 13

СИСТЕМА ТРЕХМЕРНОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПАС-3D

.....	188
Классические твердотельные операции	188
13.1. Твердотельное моделирование	190
13.2. Поверхностное моделирование.....	200
13.3. Моделирование деталей из листового материала	207
13.4. Экспорт геометрии.....	212

Глава 14

ОСНОВЫ РАБОТЫ В САМ-СИСТЕМЕ ESPRIT

.....	214
14.1. Общие сведения	214
14.2. Системные требования	215
14.3. Активация лицензии и запуск программы	215
14.4. Интерфейс программы.....	216
14.5. Порядок работы в программе.....	218
14.6. Создание операций фрезерной обработки.....	218

Глава 15

УПРАВЛЕНИЕ СТАНКОМ С ЧПУ

.....	232
15.1. Органы управления	232
15.2. Основные режимы работы.....	234
15.3. Индикация системы координат.....	235
15.4. Установление рабочей системы координат	235
15.4.1. Алгоритм нахождения нулевой точки детали по оси Z.....	236
15.4.2. Алгоритм нахождения нулевой точки детали по осям X и Y ..	237
15.4.3. Алгоритм нахождения нулевой точки в центре отверстия	238
15.5. Измерение инструмента и детали	239

Глава 16

СПРАВОЧНИК КОДОВ И СПЕЦИАЛЬНЫХ СИМВОЛОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

.....	242
16.1. G-коды	242
16.2. Адреса/слова данных	259
16.3. M-коды.....	262
16.4. Специальные символы в УП.....	263

Глава 17

ПОЛЕЗНЫЕ ПРОГРАММЫ	265
17.1. Мониторинг ЧПУ	265
Возможности	266
Контроль в режиме реального времени	266
Формирование отчетов и графиков.....	268
Ускорение работы цеховых служб	269
Внедрение на предприятии.....	270
17.2. Редактор УП Cimco Edit 7	270
17.3. Техтран®	273
Фрезерная обработка	273
Токарная обработка	274
Токарно-фрезерная обработка	275
Многошпиндельное сверление	275
Раскрой листового материала.....	276
Листовая штамповка	277
Электроэрозионная обработка	277
Контроль управляющих программ	278



Авторы благодарят за помощь в издании книги:
Технический Центр ВариУс и лично Валерия Жовтобрюх,
компанию НИП-Информатика и лично Александра Лиферова,
компанию АСКОН и лично Дмитрия Оснача,
компанию АТМ Групп и лично Вадима Ефимцева.

Глава 1

ОСНОВЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

1.1. Автоматическое управление

На сегодняшний день практически каждое предприятие, занимающееся механической обработкой, имеет в своем распоряжении станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Станки с ЧПУ выполняют все те же функции, что и обычные станки с ручным управлением, однако перемещения исполнительных органов этих станков управляются электроникой. В чем же основное преимущество станков с ЧПУ и почему все большее число заводов предпочитает вкладывать деньги именно в современное оборудование с автоматическим управлением, а не покупать относительно дешевые универсальные станки?



Рис. 1.1. Универсальный сверлильно-фрезерный станок

Первым, очевидным плюсом от использования станков с ЧПУ является более **высокий уровень автоматизации производства**. Случаи вмешательства оператора станка в процесс изготовления детали сведены к минимуму. Станки с ЧПУ могут работать практически автономно, день за днем, неделю за неделей, выпуская продукцию с неизменно высоким качеством. При этом главной заботой станочника-оператора являются в основном подготовительно-заключительные операции: установка и снятие детали, наладка инструмента и т. д. В результате один работник может обслуживать одновременно несколько станков.

Вторым преимуществом является производственная **гибкость**. Это значит, что для обработки разных деталей нужно всего лишь заменить программу. А уже проверенная и отработанная программа может быть использована в любой момент и любое число раз.

Третьим плюсом являются **высокая точность и повторяемость обработки**. По одной и той же программе вы сможете изготовить с требуемым



Рис. 1.2. Фрезерный станок с ЧПУ фирмы HYUNDAI WIA

качеством тысячи практически идентичных деталей. Ну и, наконец, числовое программное управление **позволяет обрабатывать такие детали, которые невозможно изготовить на обычном оборудовании**. Это детали со сложной пространственной формой, например штампы и пресс-формы.

Стоит отметить, что сама методика работы по программе позволяет более точно **предсказывать время обработки** некоторой партии деталей и соответственно более полно **загружать** оборудование.

Станки с ЧПУ стоят достаточно дорого и требуют больших затрат на установку и обслуживание, чем обычные станки. Тем не менее их высокая производительность легко может перекрыть все затраты при грамотном использовании и соответствующих объемах производства.

Давайте разберемся, что же такое ЧПУ. **Числовое программное управление – это автоматическое управление станком при помощи компьютера (который находится внутри станка) и программы обработки (управляющей программы)**. До изобретения ЧПУ управление станком осуществлялось вручную или механически.

Осевыми перемещениями станка с ЧПУ руководит компьютер, который читает управляющую программу (УП) и выдает команды соответствующим двигателям. Двигатели заставляют перемещаться исполнительные органы станка – рабочий стол или колонну со шпинделем. В результате производится механическая обработка детали. Датчики, установленные на направляющих, посылают информацию о фактической позиции исполнительного органа обратно в компьютер. Это называется обратной связью. Как только компьютер узнает о том, что исполнительный орган станка находится в требуемой позиции, он выполняет следующее перемещение. Такой процесс продолжается, пока чтение управляющей программы не подойдет к концу.

По своей конструкции и внешнему виду станки с ЧПУ похожи на обычные универсальные станки. Единственное внешнее отличие этих двух типов станков заключается в наличии у станка с ЧПУ устройства числового программного управления (УЧПУ), которое часто называют **стойкой ЧПУ**.



Рис. 1.3. Стойка ЧПУ Heidenhain TNC

1.2. Особенности устройства и конструкции фрезерного станка с ЧПУ

Фрезерные станки с ЧПУ можно классифицировать по различным признакам: по положению шпинделя (вертикальные или горизонтальные), по количеству управляемых осей или степеней свободы (2, 3, 4 или 5 осей), по точности позиционирования и повторяемости обработки, по количеству используемого инструмента (одно- или многоинструментальные) и т. д.

Рассмотрим конструкцию вертикально-фрезерного станка с ЧПУ (рис. 1.4, 1.5). *Станина* (1) предназначена для крепления всех узлов и механизмов станка. *Рабочий стол* (2) может перемещаться в продольном (влево/вправо) и поперечном (вперед/назад) направлениях по *направляющим* (3). *Пульт управления, или стой-*

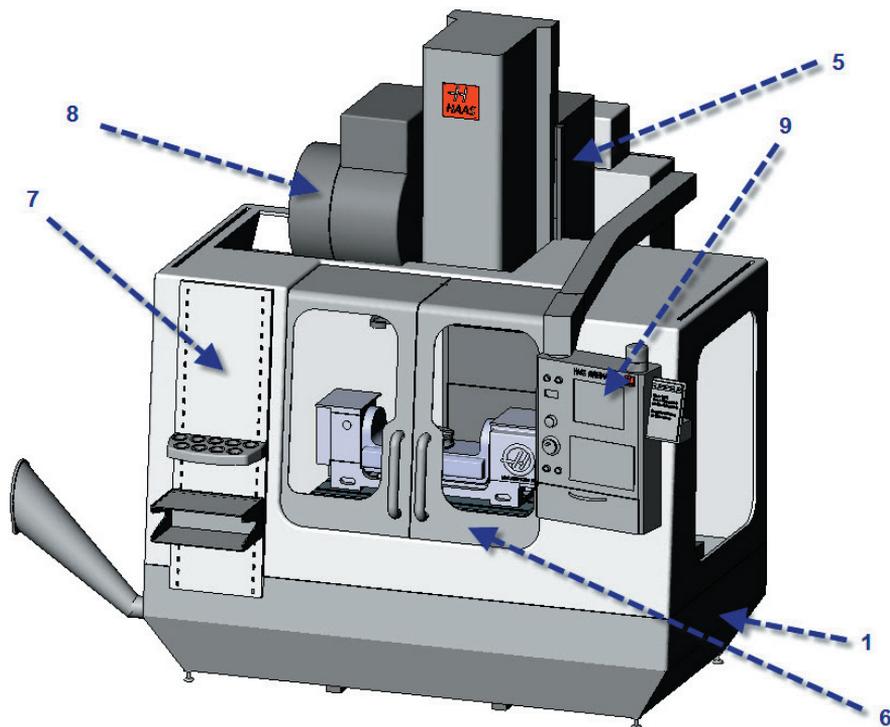


Рис. 1.4. Корпус вертикально-фрезерного станка с ЧПУ

ка ЧПУ (9), закреплен на кронштейне и может быть перемещен в удобное для оператора положение.

На рабочем столе закрепляют заготовки и различные технологические приспособления. Для этого на столе имеются специальные Т-образные пазы. Шпиндель (4) предназначен для зажима режущего инструмента и придания ему вращения. Шпиндель закреплен на колонне (5), которая может перемещаться в вертикальном направлении (вверх/вниз). От точности вращения шпинделя, его жесткости и виброустойчивости в значительной мере зависят точность и качество обработки. Таким образом, рассматриваемый станок является трехосевым.

Защитные кожухи (7) необходимы для обеспечения безопасности. Они защищают оператора станка от летящей стружки и смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ), которая подается в зону обработки под давлением. Дверца (6) обеспечивает доступ в рабочую зону станка. В магазине инструментов (8) барабанного типа находится набор режущих инструментов. При этом взятие необходимого инструмента и фиксация его в шпинделе обеспечиваются устройством автоматической смены инструмента и производятся по определенной команде управляющей программы.