

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

А.Н. ЖИДЯЕВ, С.Р. АБУЛЬХАНОВ

НАЛАДКА И ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ С ЧПУ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве учебного пособия для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

САМАРА
Издательство Самарского университета
2020

УДК 621.9.06-529(075)
ББК 34.7я7
Ж699

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. кафедры обработки металлов давлением Самарского университета В. А. М и х е е в,
главный технолог АО «Металлист-Самара» В. В. П а р я е в

Жидяев, Алексей Николаевич
Ж699 **Наладка и обработка на станках с ЧПУ: учебное пособие /**
А.Н. Жидяев, С.Р. Абульханов. – Самара: Издательство Самарского университета, 2020. – 64 с.: ил.

ISBN 978-5-7883-1575-1

В данном пособии приведены основные сведения по классификации, формообразующим движениям, основным узлам, устройствам ЧПУ металлорежущих станков. Рассмотрены вопросы наладки станка с ЧПУ на выполнение технологической операции. Описаны коррекции при обработке на станках и их влияние на выдерживаемые технологические размеры.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов.

Подготовлено на кафедре технологий производства двигателей Самарского университета.

УДК 621.9.06-529(075)
ББК 34.7я7

ISBN 978-5-7883-1575-1

© Самарский университет, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| 1 Общие сведения о технологической системе | 5 |
| 1.1 Упругая технологическая система | 5 |
| 1.2 Виды движений на станке, формообразующие движения | 7 |
| 1.3 Основные части станков | 10 |
| 2 Станки с числовым программным управлением | 11 |
| 2.1 Устройства числового программного управления станками .. | 11 |
| 2.2 Обозначение осей координат станков и направлений движения | 13 |
| 2.3 Устройства ЧПУ, устанавливаемые на станках..... | 16 |
| 3 Многоосевые станки и многокоординатная обработка..... | 19 |
| 4 Классификация станков | 21 |
| 5 Группы металлорежущих станков | 23 |
| 5.1 Станки токарной группы | 23 |
| 5.2 Сверлильные станки..... | 25 |
| 5.3 Расточные станки | 26 |
| 5.4 Фрезерные станки..... | 26 |
| 5.5 Шлифовальные станки..... | 28 |
| 5.6 Многоцелевые станки | 30 |
| 5.7 Зубообрабатывающие станки..... | 31 |
| 5.8 Протяжные станки..... | 33 |
| 5.9 Долбежные и строгальные станки | 33 |
| 6 Наладка станков с ЧПУ | 34 |
| 6.1 Наладка станка на выполнение операции | 34 |
| 6.2 Нулевые точки станков | 35 |
| 6.3 Нулевые точки токарного станка..... | 37 |
| 6.4 Нулевые точки фрезерного станка..... | 43 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6.5 | Настройка нулевой точки заготовки на фрезерном станке | 45 |
| 6.6 | Настройка нулевой точки инструмента на/вне станка..... | 47 |
| 6.7 | Настройка нулевой точки инструмента на токарном станке... | 49 |
| 6.8 | Настройка нулевой точки инструмента на фрезерном станке | 50 |
| 7 | Обработка на станках с ЧПУ | 51 |
| 7.1 | Необходимость введения коррекции..... | 51 |
| 7.2 | Коррекция на токарный инструмент для наружной обработки и её влияние на размеры..... | 52 |
| 7.3 | Коррекция на токарный инструмент для растачивания и её влияние на размеры | 54 |
| 7.4 | Коррекция на токарный инструмент при обработке торцов и её влияние на размеры..... | 55 |
| 7.5 | Коррекция на фрезерный инструмент и её влияние на высотные размеры | 56 |
| 7.6 | Коррекция на радиус фрезы и её влияние на размеры..... | 57 |
| 7.7 | Коррекция при правке шлифовального круга в процессе обработки | 58 |
| 7.8 | Коррекции скорости главного движения, скорости подачи.... | 58 |
| 8 | Узлы и системы станка..... | 59 |
| | БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 63 |

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

1.1 Упругая технологическая система

Технологическая система – совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций. Рассмотренные в данном разделе термины и определения соответствуют Единой системе технологической документации (ЕСТД) и в частности ГОСТ 3.1109-82.

Средства технологического оснащения – совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса. К технологическому оснащению относят технологическое оборудование и технологическую оснастку (приспособления и инструмент).

Технологическое оборудование – средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка. Примерами технологического оборудования являются литейные машины, прессы, станки, печи, гальванические ванны, испытательные стенды и т.д.

Технологическая оснастка – средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса. Примерами технологической оснастки являются режущий инструмент, штампы, приспособления, калибры, пресс-формы, модели, литейные формы, стержневые ящики и т.д.

Приспособление – технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции.

Инструмент – технологическая оснастка, предназначенная для воздействия на предмет труда с целью изменения его состояния. Состояние предмета труда определяется при помощи меры и (или) измерительного прибора.

К предметам труда относятся заготовки, изделия, а также сырье, материалы. Заготовка – предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь. Исходная заготовка – заготовка перед первой технологической операцией.

В некоторых случаях, говорят об обработке детали на станке, однако более правильным термином является именно «заготовка», т.к. заготовка становится деталью только после завершения всех технологических операций по изменению размеров, формы и свойств поверхности. Поэтому во время обработки на станке воздействие ведется именно на заготовку.

К упругой ТС обычно относят станок, приспособление, заготовку, инструмент. Характеристика «упругая» означает, что в процессе обработки под действием силовых и тепловых факторов происходят упругие деформации, которые оказывают значительное влияние на точность обработки. Жесткость всей ТС и станков в частности является одним из ключевых показателей, который необходимо учитывать при проектировании технологических операций.

В последующих разделах будут в основном рассматриваться вопросы, относящиеся к металлорежущим станкам, как части ТС.

Металлорежущий станок – оборудование для обработки заготовок резанием, т.е. отделением слоев материала с образованием стружки для получения новых поверхностей (обрабатываемых поверхностей). В основном на станках ведется обработка различных сплавов на металлической основе, хотя возможно и обработка дру-

гих материалов, например, керамических, пластиковых и т.д. Также в пособии затронут вопрос о станках, формообразование на которых ведется без резания.

1.2 Виды движений на станке, формообразующие движения

Главное движение резания D_r на станке обеспечивает скорость резания, с которой производится удаление слоя материала с обрабатываемой поверхности. У токарных станков главное движение задает вращение заготовки, у фрезерных, сверлильных, расточных, шлифовальных станков главное движение задает вращение режущего инструмента. Прямолинейное поступательное главное движение встречается у долбежных, зубодолбежных, протяжных станков.

Движение подачи D_s предназначено для перемещения инструмента относительно заготовки с целью удаления припуска со всей обрабатываемой поверхности.

Под обрабатываемой поверхностью понимают поверхность заготовки, которая формируется в результате выполнения операции.

Скорость движения подачи v_s – скорость рассматриваемой точки режущей кромки в движении подачи. Она измеряется в мм/мин.

Подача S – отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в движении подачи, к соответствующему числу циклов или определенных долей цикла другого движения во время резания или к числу определенных долей цикла этого другого движения.

К циклу движения относят полный оборот, ход или двойной ход режущего инструмента или заготовки. Долей цикла является часть оборота, соответствующая угловому шагу зубьев режущего инструмента.

Подача на оборот S_o – подача, соответствующая одному обороту инструмента или заготовки. Данный вид подачи измеряется в мм/об и задаётся при точении, сверлении, растачивании, круглом шлифовании и т.д.

Подача на зуб S_z – подача, соответствующая повороту инструмента или заготовки на один угловой шаг зубьев режущего инструмента. Данный вид подачи измеряется в мм/зуб и задается при фрезеровании.

Подача на ход, двойной ход S_x, S_{2x} – подача, соответствующая одному ходу (одному двойному ходу) заготовки или инструмента. Подача на двойной ход задаётся при плоском шлифовании, долблении, зубодолблении.

Главное движение и движение подачи можно назвать формообразующими движениями, т.е. благодаря им происходит изменение размеров и формы при обработке на станках.

Остальные движения (деления, обката, установочные) режущего инструмента, заготовки по своей сути можно отнести к вспомогательным. Они необходимы для перемещения в точку, из которой начинается процесс резания, отвод на безопасное расстояние, отвод в точку смены, измерения, правки инструмента и т.д. Эти движения, как и движения подачи, осуществляются также за счет приводов подачи на станке.

Существуют другие движения на станке, например, закрепления, раскрепления заготовки, автоматической смены заготовки, инструмента, которые выполняются различными устройствами автоматизации.

Для обработки поверхности задается режим резания, который включает скорость резания, подачу или скорость подачи, глубину резания. Скорость главного движения резания (скорость резания) v обычно назначается технологом. Скорость резания всех процессов задаётся в м/мин, за исключением шлифования, для которого скорость измеряется в м/с. На основании скорости резания, диаметра режущего инструмента или диаметра обрабатываемой

при точении заготовки D , можно вычислить частоту вращения шпинделя станка:

$$n = 1000v/\pi D, \text{ об/мин.}$$

Рассчитать скорость подачи можно по следующей формуле:

$$v_s = S_o n.$$

Рассчитать скорость подачи при известном числе зубьев фрезы z можно по следующей формуле:

$$v_s = S_z z n.$$

В таблице приведены обозначения частоты вращения шпинделя, подач, глубины резания, которые применяются в кодах управляющей программы (УП), в зарубежной литературе, а в некоторых случаях и в отечественной в сравнении с обозначениями по ГОСТ 25762-83.

Обозначение элементов режима резания

| Обозначение | В отечественной литературе, технологической документации | В зарубежной литературе, в УП |
|------------------|--|-------------------------------|
| Частота вращения | n | S |
| Подача | S_o, S_z, v_s | f_r, f_z, F |
| Глубина резания | t | a_p, a_e |

Скорость подачи рассчитывается для обработки поверхностей, а холостое перемещение инструмента при подводе к обрабатываемой поверхности осуществляется при более высокой подаче. Примерные диапазоны значений скорости подачи при фрезеровании даны на рисунке 1.1.



Рис. 1.1. Изменение скорости подачи при подходе к заготовке

1.3 Основные части станков

Станок с ЧПУ можно разделить на две укрупненные системы: механическая система и СЧПУ. В механическую систему станка включаются:

- несущая конструкция;
- механизмы приводов главного движения;
- механизмы приводов подачи.

Станина, корпусные детали и направляющие образуют несущую конструкцию станка, которая замыкает силы, действующие при обработке. К корпусным деталям причисляют стол, суппорт, колонну и т.п. Корпусные детали содержат направляющие, которые необходимы для точного взаимного перемещения рабочих органов относительно друг друга. На станках с ЧПУ в большинстве случаев применяют линейные направляющие качения каткового типа.

Механизмы привода главного движения и каждого привода подачи работают независимо друг от друга и приводятся в движение от собственных электродвигателей.

Электродвигатели приводов главного движения и подач, как и систему управления ими можно отнести к СЧПУ.

Также на станки устанавливаются различные вспомогательные системы: централизованной смазки, автоматизированной смены инструмента, подачи смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), уборки стружки, пневмосистема, гидросистема, системы настройки нулевой точки заготовки и инструмента, вытяжки масляного тумана.

2 СТАНКИ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

2.1 Устройства числового программного управления станками

Термины и определения в данном разделе соответствуют ГОСТ 20523-80 «Устройства числового программного управления станками. Термины и определения».

На станках с числовым программным управлением (ЧПУ) управление обработкой заготовки осуществляется по управляющей программе, в которой данные заданы в цифровой форме.

Система числового программного управления станком – совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих технических и программных средств, обеспечивающих числовое программное управление станком. Современные системы числового программного управления являются контурными, т.е. при управлении станком задаются траектории и скорости перемещения рабочих органов для получения необходимого контура обработки.

Устройство числового программного управления станком (УЧПУ) – устройство, выдающее управляющие воздействия на исполнительные органы станка в соответствии с управляющей программой и информацией о состоянии управляемого объекта.

Можно выделить три основных режима работы СЧПУ:

- автоматическая работа;
- ручной ввод данных;
- ручное управление.

Автоматическая работа (automatic mode) – функционирование СЧПУ, при котором отработка УП происходит с автоматической сменой кадров. Этот режим используется для обработки партии заготовок по УП. При обработке первой заготовки в партии

может применяться покадровая работа СЧПУ (single block mode), при которой отработка каждого кадра происходит только после воздействия оператора. При этом происходит отладка УП.

Работа СЧПУ с ручным вводом данных (manual data input, MDI) – функционирование СЧПУ, при котором набор данных, ограниченный форматом кадра, производится вручную оператором на пульте.

Режим работы СЧПУ с ручным управлением (manual mode) позволяет оператору управлять станком с пульта без использования числовых данных. Ручное управление и ручной ввод данных используются в основном при осуществлении наладки на операцию перед запуском обработки партии заготовок.

Управляющая программа – совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки. Подготовка и контроль УП в большинстве случаев автоматизированы, т.е. ведутся с применением ЭВМ. Передача УП на станок осуществляется либо с помощью запоминающего устройства, либо может быть организована по каналам сети Ethernet.

УП состоит из кадров, которые вводятся и отрабатываются как единое целое и содержат не менее одной команды. Кадры состоят из слов, содержащих данные о параметре процесса обработки заготовки и (или) другие данные по выполнению управления. Слово содержит адрес, определяющий назначение следующих за ним данных, содержащихся в этом слове.

Кадры обычно нумеруются для более удобного чтения УП и поиска необходимого кадра, например, для запуска работы УП с этого кадра. Кадр должен быть задан в определенном формате, т.е. с определенной структурой и последовательностью расположения.

В кадре *N20 G1 X31 Y19 F500 M3* слово *N20* означает номер кадра, слово *G1* – тип перемещения, слова *X31 Y19* – координаты точки, в которую осуществляется перемещение, слово *F500* задает

скорость подачи, слово $M3$ – включение вращения шпинделя по часовой стрелке. В данном кадре используются адреса N , G , X , Y , F , M .

В УП могут задаваться абсолютные размеры или размеры в приращении (рис. 2.1). Абсолютный размер – линейный или угловой размер, указывающий положение точки относительно принятого нуля отсчета. Размер в приращении – линейный или угловой размер, указывающий положение точки относительно положения предыдущей точки.

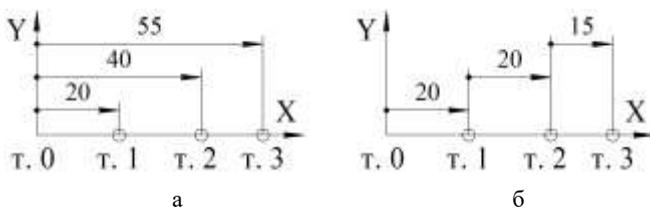


Рис. 2.1. Задание размеров для перемещения из точки 0 последовательно через точки 1, 2 и 3 вдоль оси X:
а – абсолютные размеры; б – размеры в приращениях

2.2 Обозначение осей координат станков и направлений движения

С одной стороны, под осью станка понимается ось системы координат, вдоль или вокруг которой происходит перемещение рабочего органа станка.

С другой стороны, осью станка называют совокупность устройства, способного перемещать рабочий орган станка в заданном направлении и самого рабочего органа. Рабочий орган станка – узел станка, необходимый для перемещения (позиционирования) режущего инструмента относительно заготовки или наоборот. Число рабочих органов соответствует числу осей станка. В этом смысле оси иногда называют координатами.

Ход оси – максимальное линейное или вращательное перемещение оси, которое ограничивается настройками системы ЧПУ.

Обозначение осей координат и направлений движения устанавливается по ГОСТ 23597-79. Стандарт полностью соответствует международному стандарту ИСО 841-74.

Главным правилом является то, что перемещение режущего инструмента происходит в системе координат (СК) неподвижной заготовки. Стандартная СК – это правая прямоугольная СК, связанная с заготовкой. Оси СК устанавливаются параллельными прямолинейным направляющим станка. Направляющие станка – это своего рода рельсы, позволяющие перемещать рабочий орган (РО) вдоль заданного направления.

Предпочтительным положительным направлением движения рабочего органа станка является направление, при котором режущий инструмент отводится от заготовки.

На схематических чертежах станков направления движения рабочих органов, несущих инструмент, обозначаются буквами без

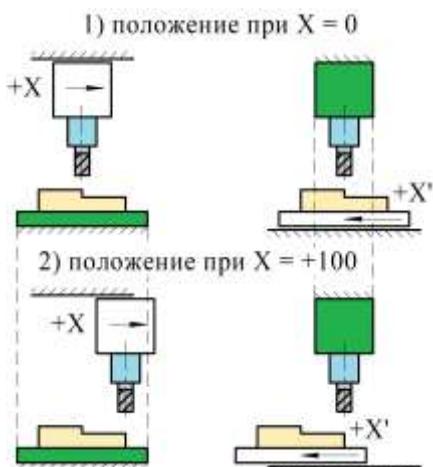


Рис. 2.2. Положение инструмента относительно заготовки, при перемещении РО с инструментом или РО с заготовкой

штриха, а несущих заготовку – буквами со штрихом. Положительное направление движения, обозначаемое буквой со штрихом, противоположно соответствующему движению, обозначаемому той же буквой без штриха. На рисунке 2.2 приведен пример перемещения рабочего органа из точки $X0$ в точку $X100$. Слева показан станок, у

которого вдоль оси X перемещается РО с инструментом, а справа станок, у которого перемещается РО с заготовкой. Из рисунка видно, что конечное положение инструмента относительно заготовки у двух станков будет одинаковым. В итоге программирование обработки не зависит от того, перемещается РО, несущий инструмент, или РО, несущий заготовку.

Ось Z располагается параллельно оси шпинделя главного движения, вращающего инструмент, у станков сверлильной, расточной, фрезерной, шлифовальной групп. У станков токарной группы ось Z совпадает с осью вращения шпинделя, несущего заготовку.

Если ось шпинделя может совершать наклон и становиться параллельной другим осям трёхкоординатной системы станка, то за ось Z принимают такую ось, которая является перпендикулярной к поверхности стола, на который устанавливается заготовка.

Предпочтительное направление оси X является горизонтальным и параллельным продольным направляющим станка и поверхности, на которую устанавливается заготовка на фрезерных, сверлильных, расточных станках. У токарных и круглошлифовальных станков ось X направляется по радиусу вращающейся заготовки и параллельно поперечным направляющим станка.

После определения положения осей Z и X однозначно устанавливается направление оси Y так, чтобы получилась правая прямоугольная система координат.

Для обозначения вращательных движений вокруг осей X , Y и Z используют буквы A , B и C соответственно. Положительное направление вращения определяется по правилу правой руки, когда большой палец указывает положительное направление линейной оси, а остальные пальцы – положительное направление вращения вокруг неё.

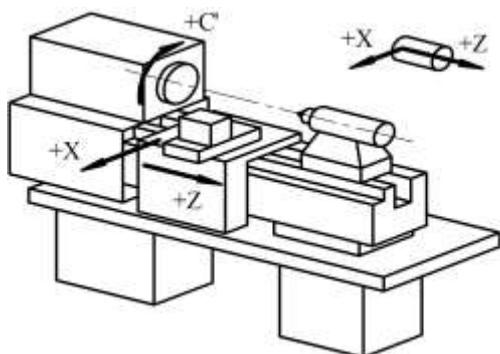


Рис. 2.3. Обозначение осей и положительные направления движения токарно-винторезного станка

Расположение начала системы координат станка ($X = 0$, $Y = 0$, $Z = 0$) и начало отсчета движений по осям А, В и С выбирается произвольно.

Если на станке существуют дополнительные оси, перемещающие РО параллельно основным осям, то для их обо-

значения используют буквы U, V и W, а для вращательных движений D и E.

У станков с несколькими функционально одинаковыми и независимыми РО (например, для токарного станка с двумя (верхним и нижним) суппортами) оси координат для одинаково работающих органов обозначают одинаково – буквами Z и X, как правило, добавляя индексы, т.е. Z_1 , X_1 и Z_2 , X_2 .

Ознакомиться с примерами обозначения осей координат для токарных, расточных, фрезерных, шлифовальных станков можно в приложении к ГОСТ 23597-79. На рисунке 2.3 показаны оси токарного станка.

2.3 Устройства ЧПУ, устанавливаемые на станках

Среди отечественных производителей УЧПУ можно отметить ООО «Балт-Систем», ООО «Ижпрэст», ООО «Модмаш-Софт».

Компания «Балт-Систем» выпускает различные УЧПУ, такие как NC-210, NC-310, новейшую NC-400 (рис. 2.4).

Компания также производит приводы движения подачи, осуществляет модернизацию станков.

Научно-производственное предприятие ООО «Ижпрэст» выпускает систему УЧПУ Маяк-622Е. Компания ООО «Модмаш-Софт» производит УЧПУ FMS-3300 Comfort.

Из зарубежных компаний, производящих УЧПУ, можно выделить Siemens AG, Dr. Johannes Heidenhain GmbH, FANUC, Fagor Automation.

Компания Siemens выпускает универсальные системы ЧПУ, с помощью которых можно управлять токарными, фрезерными, шлифовальными станками, а также устройствами автоматизации. К таким системам относится широко распространенная УЧПУ Sinumerik 840D sl (рис. 2.5, а), также появившаяся УЧПУ Sinumerik ONE.

Heidenhain выпускает специализированные УЧПУ для фрезерных или токарных станков. Широкое распространение получили фрезерные УЧПУ Heidenhain iTNC530, однако сейчас на фрезерные (а также расточные) станки устанавливаются более совершенные TNC 620 или TNC 640 (рис. 2.5, б). Для токарных станков разработано устройство CNC PILOT 640. Основным отличием УЧПУ Heidenhain



Рис. 2.4. Экран и пульт управления УЧПУ NC-400

можно назвать язык программирования, который отличается по синтаксису от языка G-кодов, используемого в других УЧПУ.



а



б

Рис. 2.5. Экран и пульт управления УЧПУ:
а – Sinumerik 840D sl; б – Heidenhain TNC640

Компания FANUC выпускает универсальные УЧПУ 30i-B, 31i-B, 32i-B, 35i-B, которые могут применяться на токарных, фрезерных, шлифовальных, лазерных, зубообрабатывающих станках.

3 МНОГООСЕВЫЕ СТАНКИ И МНОГОКООРДИНАТНАЯ ОБРАБОТКА

Четкого разделения между терминами «многоосевой» и «многокоординатный» нет. В данном пособии «многоосевой» будет относиться к числу осей станка, а «многокоординатный» к виду обработки, выполняемой на некоторых многоосевых станках.

Термин «многоосевой станок» применяется для определения количества управляемых осей станка (как правило, более трех), позволяющих:

- увеличивать производительность, расширять возможности станка без увеличения сложности формообразования (сложности обрабатываемых поверхностей);
- увеличивать сложность формообразования.

Термин «многокоординатная обработка» применяется для определения количества управляемых осей станка, позволяющих получать более сложное формообразование поверхностей (например, четырёхкоординатная или пятикоординатная обработка на фрезерных, шлифовальных станках).

Один из примеров многоосевого станка – токарный станок с двумя суппортами, несущими режущий инструмент. Каждый суппорт может перемещаться независимо вдоль осей Z и X. При одновременной обработке двумя инструментами, установленными на разных суппортах, происходит та же двухкоординатная обработка, как и на обычном токарном станке, но увеличивается производительность за счет обработки двумя инструментами. Другим примером является пятиосевой фрезерный станок. При одновременном движении всех пяти осей станка выполняется пятикоординатная обработка сложных поверхностей (перо лопатки, элементы проточной части двигателя, аэродинамические поверхности деталей планера самолёта, формообразующие части штампов, пресс-форм и другие).

Пятикоординатная обработка может быть позиционной или непрерывной. При позиционной пятикоординатной обработке (обработка «3+2») предварительно происходит позиционирование

рабочей плоскости с использованием поворотных осей станка (например, оси А и С наклонно-поворотного стола). Непосредственно во время резания в кадрах УП задано перемещение только вдоль осей X, Y, Z. По своей сути данная обработка является трёхосевой, т. к. оси А и С не задействованы во время резания. Такой вид обработки применяется в основном для простых поверхностей (плоских и цилиндрических) при изготовлении корпусных деталей, элементов оснастки и прочих. Упрощённо УП выглядит следующим образом:

G0 A... C... (G0 – перемещение на ускоренной подаче)

G1 X... Y... Z... (G1 – перемещение с заданной подачей)

G1 X... Y... Z... и т.д.

При непрерывной пятикоординатной обработке позиционирование осуществляется с использованием всех пяти осей станка. Ось инструмента при движении при этом отклоняется от начального положения на заданный угол относительно нормали к обрабатываемой поверхности (рис. 3.1). Упрощенный вид УП:

G1 X... Y... Z... A... C...

G1 X... Y... Z... A... C... и т.д.

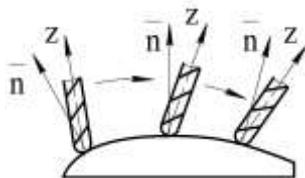


Рис. 3.1. Движение инструмента при непрерывной пятикоординатной обработке

При фрезеровании не требуется шестая управляемая ось для позиционирования, т. к. обработка ведётся осесимметричным инструментом.

4 КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНКОВ

Классификационная схема для станков была разработана экспериментальным научно-исследовательским институтом металлорежущих станков (ЭНИМС). Первая цифра означает группу станка: 1 – токарные; 2 – сверлильные и расточные; 3 – шлифовальные; 4 – электрофизические и электрохимические; 5 – зубо- и резьбообрабатывающие; 6 – фрезерные; 7 – строгальные, долбежные, протяжные; 8 – разрезные; 9 – разные. Вторая цифра указывает на тип станка в пределах каждой группы. Последующие цифры обозначают характерный размер станка. Также присутствуют буквы, указывающие на модернизацию станка или класс точности. Например, станок 1Е325П расшифровывается следующим образом: 1 – токарная группа, Е – модернизация станка, 3 – револьверный тип, 25 – наибольший диаметр обрабатываемого прутка в мм, П – повышенная точность. Данная схема позволяет также получить общее представление о гамме станков, применяемых в машиностроении.

На данный момент собственная система классификации существует у каждого отечественного и зарубежного производителя. Из общих черт систем можно отметить только характерный размерный показатель станка, например, у фрезерного станка GENOS M560-V-E производства OKUMA значение 560 соответствует ширине стола, равной 560 мм. В связи с этим нужно быть знакомым с модельным рядом производителя, чтобы определить по обозначению группу и тип станка.

Станки классифицируются по точности, которая оценивается по ряду точностных параметров. Станки относятся к группам Н, П, В, А или С, где Н – нормальная точность, П – повышенная, В – высокая, А – особовысокая, С – сверхвысокая. Станки групп В, А, С также называют прецизионными, а их точность обеспечивается не только на этапе изготовления, но и за счет поддержания посто-

янных условий окружающей среды при эксплуатации. Для этого на производстве создаются термоконстантные помещения.

Станки разделяют на универсальные, специализированные и специальные. Универсальные станки предназначены для обработки различных типов заготовок, размеры которых изменяются в широких пределах. Специализированные станки применяются для обработки заготовок определенного типа или определенного конструктивного элемента на заготовках, размеры которых изменяются в широких пределах. Специальные станки применяются для обработки заготовок определенного типа или определенного конструктивного элемента на заготовках, размеры которых изменяются в узких пределах.

Универсальные станки применяются в основном в единичном, серийном производстве, специализированные станки – в серийном, специальные станки – в массовом. К специализированным станкам можно отнести, например, зубодолбежные станки, на которых можно обрабатывать только зубчатый венец с диаметром, изменяющемся в относительно широком диапазоне. У специальных станков размеры рабочей области близки к габаритам заготовки, обеспечивая минимальное время на холостые перемещения. Для них характерны минимальные затраты времени на наладку на операцию (пример – станок для шлифования шеек коленчатых валов).

Станки можно разделить на станки с ручным управлением, полуавтоматы и автоматы. На автоматах рабочий производит наладку станка, а цикл обработки и цикл смены заготовки автоматизирован. На полуавтоматах рабочий производит наладку станка, а также смену обработанной заготовки на новую; автоматизирован только цикл обработки. На станках с ручным управлением рабочий выполняет наладку, смену заготовки, а также управление обработкой, например, смену инструмента, режима резания и другое. Станки с ЧПУ являются полуавтоматами или автоматами.

5 ГРУППЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

5.1 Станки токарной группы

Токарные станки могут быть одношпиндельными, двухшпиндельными и многошпиндельными. На двухшпиндельных в дополнение к главному шпинделю соосно устанавливается протившпиндель, который по программе может перехватывать заготовку из главного шпинделя. Многошпиндельные станки относятся к автоматам и могут иметь от четырёх до восьми шпинделей, оси которых параллельны. Рассмотрим одношпиндельный токарный станок с ЧПУ.

Формообразующие движения: вращение шпинделя, несущего заготовку, является главным; движения подачи – продольное и поперечное движение резца. На рисунке 5.1 и в следующих разделах показаны главное движение D_r и движения подачи D_s с указанием их положения (продольное, поперечное и др.) и оси станка с ЧПУ, по которой происходит перемещение.

Основные части станка: станина, передняя бабка, шпиндель (размещается в передней бабке), привод главного движения, механизмы продольной и поперечной подачи, суппорт, револьвер, задняя бабка (для установки заднего центра). Также может быть установлен подвижный или неподвижный люнет, который является дополнительной опорой при обработке длинных деталей.

Применяемые приспособления: патрон (например, самоцентрирующий трёхкулачковый патрон), оправка, планшайба, центр передний,

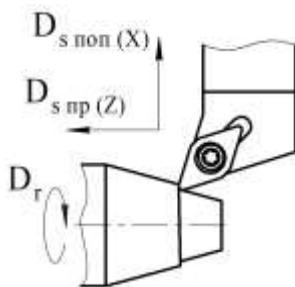


Рис. 5.1. Формообразующие движения токарного станка

плавающий центр, центр задний вращающийся. Патроны применяются для базирования и закрепления по наружным поверхностям заготовки, а оправки – по внутренним. Патроны и оправки могут быть кулачковыми, цанговыми, мембранными, гидропластовыми. Кулачковые патроны применяются для закрепления как по наружным, так и по внутренним поверхностям заготовки. Кулачки патрона могут быть закалёнными, форма которых не меняется, и «сырыми» (незакалёнными), которые растачиваются или обтачиваются на нужный установочный диаметр перед обработкой партии заготовок. Обычно закалённые кулачки применяют для черновой обработки, сырые – для чистовой, т. к. за счёт растачивания на станке перед обработкой партии они позволяют снизить биение установочных поверхностей для закрепления заготовки.

Для установки инструментальной оснастки – резцедержателя применяются система VDI, которая закрепляется в револьвере сухарем, и система ВМТ, которая закрепляется четырьмя болтами.

Режущий инструмент: резцы для наружной обработки, точные, канавочные резцы, сверла, развёртки, метчики.

На токарных станках обрабатываются заготовки валов, осей, дисков, колец, втулок, подшипников, а также поверхности вращения у несимметричных деталей, типа цапф, угольников.

Многошпиндельные токарные станки применяются в массовом производстве. Они бывают последовательного и параллельного действия. На станке последовательного действия в каждом шпинделе выполняется один или несколько переходов, которые различаются для каждого шпинделя. После завершения переходов в каждом шпинделе, осуществляется поворот всех шпинделей, таким образом, заготовка в каждом шпинделе пошагово проходит через все этапы обработки. На станке параллельного действия в каждом шпинделе станка происходит одновременная и одинаковая обработка заготовок.

К токарным станкам также относятся автоматы продольного точения. Их отличительной особенностью является то, что заго-

товка в виде прутка, установленная в цанговом патроне, выдвигается из патрона и таким образом обеспечивается продольное движение подачи.

5.2 Сверлильные станки

Сверлильные станки с ЧПУ применяются редко. Они предназначены для деталей с большим количеством отверстий одного или нескольких диаметров. В других случаях переходят на фрезерные станки, имеющие, как правило, более высокую точность, выполняющие другие виды обработки, кроме сверления и оснащенные системой автоматической смены инструмента.

Формообразующие движения: главное движение – вращение шпинделя, несущего инструмент; движение подачи – вертикальное движение инструмента (рис. 5.2).

Показанные штриховой линией на рисунке 5.2 поперечное и продольное движения не используются при обработке, а необходимы для подвода инструмента к точке начала сверления.

Основные части станка: станина, стол, колонна, шпиндель.

Приспособления: тиски, наклонно-поворотные тиски, призма, прижим, универсальное сборное приспособление (УСП), трёхкулачковый патрон, специальные патрон или оправка.

Инструментальная оснастка: патрон цанговый, трёхкулачковый сверлильный патрон для инструмента с цилиндрическим хвостовиком, патрон или переходник для инструмента с коническим хвостовиком, компенсационный патрон для метчиков.

Режущий инструмент: сверло, зенкер, развёртка, цековка, зенковка, метчик.

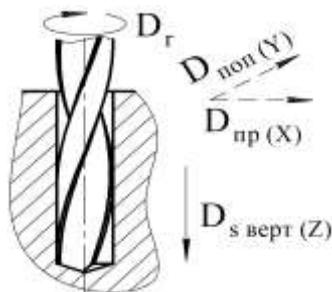


Рис. 5.2. Формообразующие движения вертикально-сверлильного станка

5.3 Расточные станки

Расточные станки применяются все реже, поскольку ту же обработку заготовки можно выполнять на фрезерных станках повышенной и высокой точности.

Формообразующие движения: главное движение – вращение инструмента, движение подачи – осевое перемещение инструмента. На рисунке 5.3 движение подачи – вертикальное движение резца на расточном станке с вертикальной осью шпинделя. Поперечное и продольное перемещения при растачивании используются для подвода инструмента к отверстию, а при других видах обработки (фрезеровании на расточном станке) могут использоваться для движения подачи.

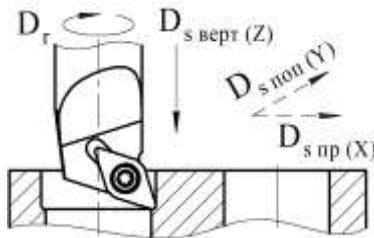


Рис. 5.3. Формообразующие движения расточного станка

Основные части, приспособления, инструментальная оснастка аналогичны применяемым на фрезерных станках.

Режущий инструмент: расточной резец, расточная головка.

5.4 Фрезерные станки

Фрезерные станки – это одна из наиболее распространённых групп оборудования. На фрезерных станках выполняются фрезерные, сверлильные, расточные, долбежные, резьбофрезерные, резь-

бонарезные переходы, а в некоторых случаях зубообрабатывающие переходы.

Формообразующие движения: главное движение – вращение инструмента, движение подачи – вертикальное, продольное и поперечное перемещение инструмента относительно заготовки. На рисунке 5.4 показано фрезерование концевой фрезой наклонной поверхности по «спиральной» траектории, когда задействованы все три движения подачи. У четырёхосевых и пятиосевых станков к трем линейным движениям подачи добавляется одно или два вращательных движения подачи соответственно.

Основные части: станина, стол, шпиндель, корпуса осей, накопитель (магазин) инструмента.

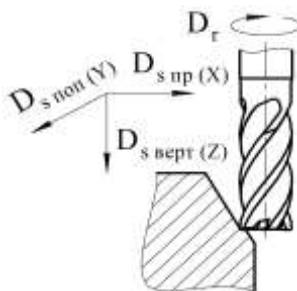


Рис. 5.4. Формообразующие движения вертикально-фрезерного станка

Приспособления: тиски, наклонно-поворотные тиски, делительное приспособление, прижим, универсальное сборное приспособление (УСП), трёхкулачковый патрон, специальные патрон или оправка. Для крепления приспособлений или заготовок в столе станка изготавливаются Т-образные пазы (рис. 5.5) с характерным размером Т для определенного диаметра винтов. Пазы в столах чаще бывают сквозными.

Для установки инструментальной оснастки (патронов и оправок) в шпиндель станка применяется система с конусом типа SK или типа HSK, которая имеет часть для установки инструмента. К такой оснастке относятся: цанговый патрон, гидравлический патрон, термоусадочный патрон, резьбовой патрон, оправка для насадных торцовых и концевых фрез, патрон для расточных систем, патрон для бокового крепления винтом, компенсационный патрон для метчиков и другие.

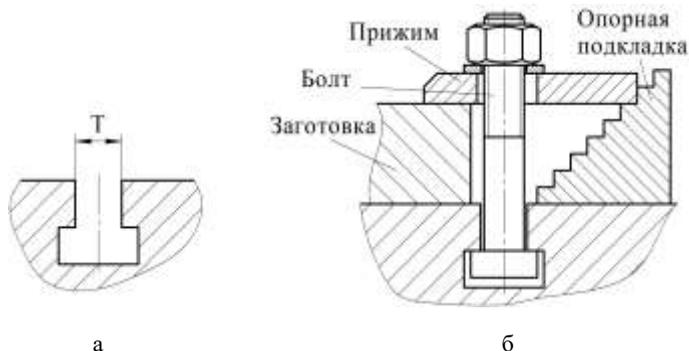


Рис. 5.5. Т-образный паз:
а – форма паза; б – закрепление заготовки

Режущий инструмент: фреза концевая (с плоским торцом, с плоским торцом и переходным радиусом, со сферическим торцом, с торцом для работы с высокой подачей), фреза торцовая, резьбофреза, расточная головка, а также инструмент, применяемый на сверлильных станках (сверло, зенкер, развёртка, цековка, зенковка, метчик).

5.5 Шлифовальные станки

Плоскошлифовальные станки традиционно применяются для обработки плоских поверхностей маятниковым шлифованием (быстрое продольное перемещение при небольшой глубине съёма материала за двойной ход инструмента). Передовые модели плоскошлифовальных станков могут выполнять как маятниковое плоское шлифование, так и профильное шлифование, в том числе глубинное шлифование.

Формообразующие движения: главное движение – вращение инструмента, движение подачи – продольное перемещение инструмента относительно заготовки (рис. 5.6, а). Вертикальное и

поперечные движения необходимы для холостого перемещения инструмента перед каждым новым продольным ходом или используются как движения подачи при профильном шлифовании.

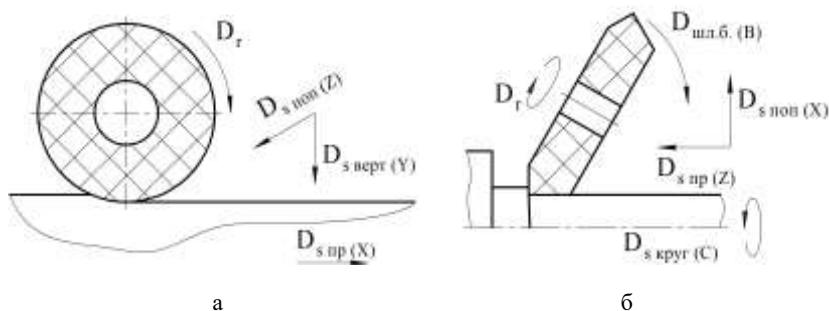


Рис. 5.6. Формообразующие движения:
а – при плоском шлифовании; б – круглом шлифовании

Основные части: станина, стол, шпиндель, приводы подачи.

Приспособления: магнитная плита, наклонный стол с магнитной плитой, тиски, специальные приспособления.

Для установки инструментальной оснастки – оправок применяется система с конусом типа HSK или с другим коническим хвостовиком.

Режущий инструмент: абразивные круги из электрокорунда, карбида кремния, синтетического нитрида бора или алмаза.

Обрабатываемые детали (геометрические элементы): плоские или профильные поверхности заготовок с точностью по 6...8 качеству.

Круглое шлифование выполняется на круглошлифовальных, внутришлифовальных и бесцентровошлифовальных станках.

Формообразующие движения: главное движение – вращение инструмента, движения подачи – вращение заготовки, продольное и поперечное перемещение инструмента. Движения для круглого наружного шлифования приведены на рисунке 5.6, б. Вертикаль-

ное и поперечное движения необходимы для холостого перемещения инструмента перед каждым новым продольным ходом или используются как движения подачи при профильном шлифовании.

Основные части: станина, передняя бабка, шлифовальная бабка, задняя бабка, шпиндель, приводы подачи, люнет.

Приспособления: патрон или оправка гидропластовая, патрон кулачковый, центра.

Инструментальная оснастка, режущий инструмент те же, что и у плоскошлифовальных станков.

Обрабатываемые детали: поверхности вращения заготовок с точностью по 6...8 качеству и прилегающие торцы.

5.6 Многоцелевые станки

К многоцелевым станкам можно отнести станки, на которых могут выполняться различные виды обработки. Например, встречаются круглошлифовальные станки с возможностью выполнения токарной обработки на них. Рассмотрим три наиболее распространённых варианта многоцелевых станков: токарные с фрезерной функцией, токарно-фрезерные, фрезерно-токарные.

Токарные с фрезерной функцией строятся на базе токарно-револьверных или токарно-карусельных станков. В револьвер токарного станка устанавливается дополнительный электродвигатель, необходимый для привода фрезерного, сверлильного инструмента. Сам же инструмент устанавливают в приводной держатель инструмента (осевой, радиальный или поворотный). Таким образом становится возможной фрезерная обработка при остановленном главном шпинделе станка. Такие станки применяют при небольшом объёме фрезерных, сверлильных переходов при обработке деталей вращения.

Токарно-фрезерные станки создают на основе токарно-револьверных станков с добавлением отдельного рабочего органа – фрезерной головы. Дополнительно на станке может быть установлен суппорт с револьвером. Во фрезерной голове устанавливается фрезерный, сверлильный инструмент, а также токарный. Этот вид станков применяется в основном для обработки деталей вращения с большим объёмом фрезерных переходов.

В основе фрезерно-токарного станка лежит пятиосевой фрезерный станок с наклонно-поворотным столом. В стол монтируется шпиндель, способный вращать заготовку вокруг оси Z для выполнения токарной обработки. В случае токарной обработки станок работает как токарно-карусельный. Фрезерно-токарные станки применяются для обработки деталей с большим объёмом фрезерных переходов и меньшим – токарных.

5.7 Зубообрабатывающие станки

Зубообрабатывающие станки в основном работают по методу обката, для чего необходимы червячные модульные фрезы, червячные шлифовальные круги, тарельчатые круги, долбяки и др. Получение эвольвентной поверхности возможно по методу копирования на универсальных фрезерных станках, а в некоторых случаях может производиться и на зубообрабатывающих станках.

Формообразующие движения: главное движение – вращение инструмента, движение подачи – радиальное перемещение заготовки, круговое движение (вращение заготовки), вертикальное перемещение модульной фрезы, продольное перемещение инструмента относительно заготовки. При врезании (рис. 5.7, а) работают радиальная и круговая подачи, а при обработке зубьев (рис. 5.7, б) радиальная выключается и включается вертикальная.

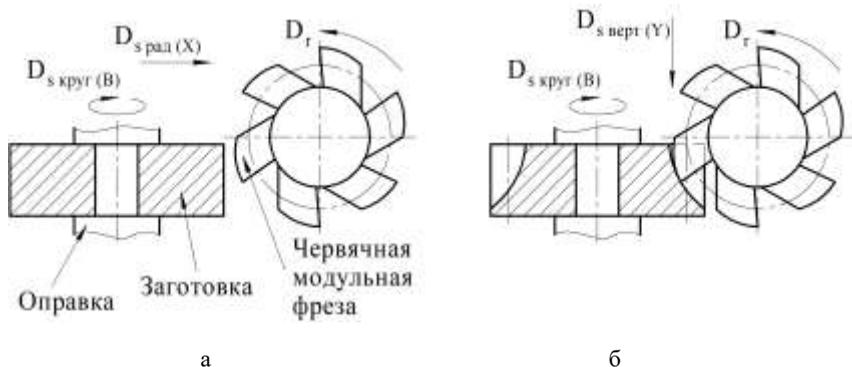


Рис. 5.7. Формообразующие движения зубофрезерного станка:
а – при врезании; б – при нарезании зубьев

При выходе из контакта с заготовкой (рис. 5.8) в радиальном направлении отходит заготовка.

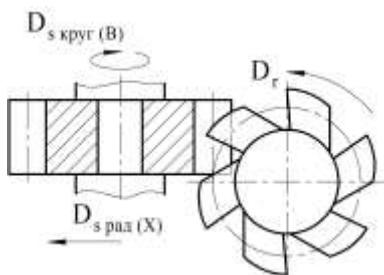


Рис. 5.8. Формообразующие движения зубофрезерного станка при выходе из контакта

Зубофрезерование позволяет получать прямозубые и косозубые цилиндрические колёса. Для получения более точных колёс, прошедших химико-термическую обработку применяется зубошлифование. Одна из схем зубошлифования – это шлифование червячным модульным кругом. Схема работы аналогична процессу зубофрезерования, но при настройке заготовки нужно определить положение впадины зуба, полученной при черновой обработке.

Основные части такие же, как и у фрезерных станков. Для установки заготовок и инструмента в основном применяются оправки.

Основные части такие же, как и у фрезерных станков. Для установки заготовок и инструмента в основном применяются оправки.

5.8 Протяжные станки

Протяжные станки позволяют получить высокую производительность обработки и используются в массовом производстве.

Главное движение – прямолинейное движение инструмента в осевом направлении. Режущий инструмент – протяжка.

Применяются для получения отверстий со сложным профилем (эвольвентным профилем), зубьев реек, пазов в дисках.

5.9 Долбежные и строгальные станки

Долбежные и строгальные станки практически не используются на производстве, поскольку обработка тех же геометрических элементов с заданной точностью переносится на другие группы станков. Главное движение при долблении и строгании – прямолинейное перемещение режущего инструмента.

Строгание или долбление возможно, например, на фрезерном или токарном станке при заторможенном шпинделе без специальной оснастки с главным движением, получаем за счёт привода подачи. При долблении на токарном станке с фрезерной функцией может использоваться специальная оснастка, которая позволяет перемещать инструмент без задействования привода подачи. Строгание может применяться при обработке некоторых поверхностей деталей оптических, биомедицинских и автоматических систем резцами с режущей частью из синтетического алмаза.

Режущий инструмент: долбяк, строгальный резец.

6 НАЛАДКА СТАНКОВ С ЧПУ

6.1 Наладка станка на выполнение операции

В соответствии с ГОСТ 3.1109-82 наладка – подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции.

В процессе наладки станка с ЧПУ необходимо выполнить три основных шага (как правило, в любой последовательности):

- установить, закрепить и настроить положение приспособления и заготовки на станке;
- собрать, настроить и установить в станок режущий инструмент с инструментальной оснасткой;
- записать УП в память СЧПУ и выбрать эту УП для работы в автоматическом режиме.

При серийном и массовом изготовлении деталей применяются специальные приспособления. На первом шаге при использовании специального приспособления, как правило, на станок устанавливается, а затем закрепляется приспособление. Далее происходит настройка приспособления, т.е. в системе ЧПУ задаются координаты положения приспособления относительно системы координат станка. После этого в приспособление устанавливают заготовку, считая, что ее положение настроено за счет контакта с базирующими поверхностями приспособления. Для окончательных операций обработки осеблочных деталей настройка может происходить по установленной и закреплённой заготовке.

В единичном производстве применяют универсальные приспособления или универсально-сборочные приспособления (УСП). В этом случае настройка происходит по установленной и закреплённой на станке заготовке. Координаты, полученные в результате настройки, вносятся с таблицу нулевых точек станка.

На втором шаге собирается инструментальная сборка, состоящая из патрона, оправки, резцедержателя и другого типа оснастки, в которую устанавливается режущий инструмент. При этом необходимо обеспечить безопасный вылет режущего инструмента от торца оснастки. Далее происходит настройка инструмента, т.е. определяются координаты положения режущей кромки инструмента относительно посадочных поверхностей станка. После этого настроенный инструмент устанавливается в станок, а настроечные данные вносятся с таблицу инструмента в СЧПУ. В некоторых случаях настройка инструмента происходит после его установки в станок.

Третий шаг подразумевает запись УП в СЧПУ станка. После этого УП может быть проверена средствами СЧПУ на наличие ошибок. УП для обработки должна быть выбрана в режиме автоматической работы станка.

На процесс наладки в норму времени выделяется большая часть подготовительно-заключительного времени (setup time). Подготовительно-заключительное время – интервал времени, затрачиваемый на подготовку исполнителя и средств технологического оснащения к выполнению технологической операции и приведению последних в порядок после окончания смены и (или) выполнения этой операции для партии заготовок.

В процессе обработки неоднократно может выполняться подналадка. Подналадка – дополнительная регулировка технологического оборудования и (или) технологической оснастки при выполнении технологической операции для восстановления достигнутых при наладке значений параметров.

6.2 Нулевые точки станков

ГОСТ 20523-80 определяет нулевую точку станка, фиксированную точку станка, нулевую точку детали, плавающий нуль. Нулевые точки связаны с посадочными (контактными) поверхно-

стями станков. Это поверхности, служащие для установки приспособлений, инструментальной оснастки, являются базовыми поверхностями станка.

Нулевая точка станка, нуль станка (НС) – точка, принятая за начало системы координат станка. Её положение задается производителем станка.

Фиксированная точка станка – точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для определения положения рабочего органа станка. Эту точку также называют референтной точкой или меткой, число этих точек соответствует количеству координатных осей станка. Она нужна для определения положения каждого РО после включения станка.

Нулевая точка детали, нуль детали – точка на детали, относительно которой заданы её размеры. Это определение больше относится к модели детали, загруженной в технологическую САПР, чем к заготовке, установленной на станке.

Плавающий нуль – свойство системы ЧПУ помещать начало отсчёта перемещения рабочего органа в любое положение относительно нулевой точки станка. Это свойство позволяет разрабатывать УП вне зависимости от того, где на станке будет размещена заготовка.

Дополнительно нужно ввести следующие термины и определения: нулевая точка заготовки, нулевая точка инструмента.

Нулевая точка заготовки, нуль заготовки (НЗ) – точка, определенная относительно нулевой точки станка, привязанная к заготовке на станке и используемая для отсчета перемещений инструмента при работе в автоматическом режиме. В некоторых СЧПУ перемещение инструмента относительно НЗ отсчитывается также и в ручном режиме. В некоторых источниках вместо НЗ употребляют термин нулевая точка программы.

Нулевая точка станка является началом системы координат станка, а НЗ – системы координат, привязанной к заготовке.

Нулевая точка детали, нулевые точки станка и заготовки и их связь показаны на рисунке 6.1. На рисунке 6.1, а показано положение НЗ относительно НС. Для задания НЗ необходимо в таблице нулевых точек УЧПУ указать значения смещений $X_{ЗАГ}$, $Y_{ЗАГ}$, $Z_{ЗАГ}$ (в некоторых случаях смещения по поворотным осям, например, $C_{ЗАГ}$) относительно НС. При этом для разработки УП эти смещения не требуются (рисунок 6.1, б). НЗ должна быть привязана к тем поверхностям заготовки, на которых находится нулевая точка детали при разработке УП.

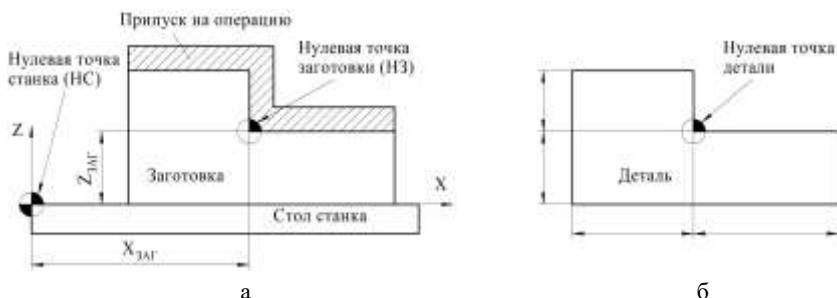


Рис. 6.1. Нулевые точки: а – заготовки на станке; б – детали с САПР

Нулевая точка инструмента, нуль инструмента (НИ) – точка, определенная относительно посадочных поверхностей станка и привязанная к режущим кромкам инструмента, которая перемещается относительно НЗ при работе в автоматическом режиме. НИ на токарных станках задается относительно нулевой точки револьвера, на фрезерных, шлифовальных – относительно нулевой точки шпинделя.

6.3 Нулевые точки токарного станка

Общий вид рабочего пространства токарного станка, нулевая точка и оси станка приведены на рисунке 6.2.

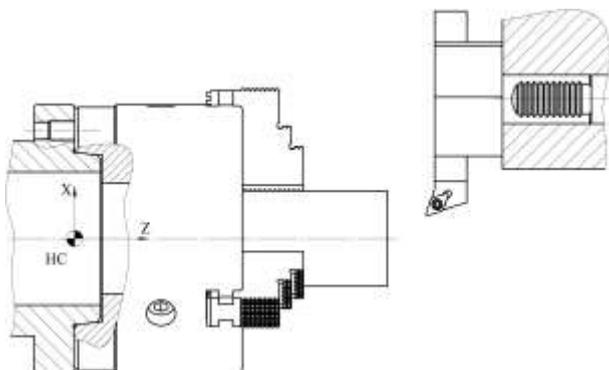


Рис. 6.2. Общий вид рабочего пространства токарного станка с ЧПУ

На рисунке 6.3 показан трёхкулачковый патрон, установленный на шпинделе с концом типа А6 по ГОСТ 12595-2003. В данном случае центрирование осуществляется по конусу с упором патрона в торец шпинделя. Такой способ установки патрона является наиболее точным и жёстким. Нулевая точка станка находится на пересечении плоскости контактного торца шпинделя с его осью вращения. Нулевая точка заготовки находится на левом торце заготовки, который при установке упирается в правый торец патрона. Для определения положения НЗ достаточно указать смещение только в направлении оси Z станка. В таблицу нулевых точек вносится значение $Z_{\text{заг}}$.

Нулевая точка заготовки может находится на торцах, которые контактируют с поверхностями приспособления (рис. 6.3, 6.4, а). Такое положение НЗ является более удобным при серийном и массовом производстве. В случае единичного производства НЗ может находится на чистовом торце, т.е. на торце, который будет сформирован в результате выполнения обработки в операции (рис. 6.4, б). При этом исходят из того, что заранее известна величина припуска для этого торца. Такой способ также может применяться при изготовлении деталей из прутка за один установ, когда после

обработки происходит отрезка детали от прутка. Выдвижение прутка для обработки следующей детали происходит за счёт устройства подачи прутка или за счёт специальной оснастки, захватывающей пруток, которая устанавливается в револьвер.

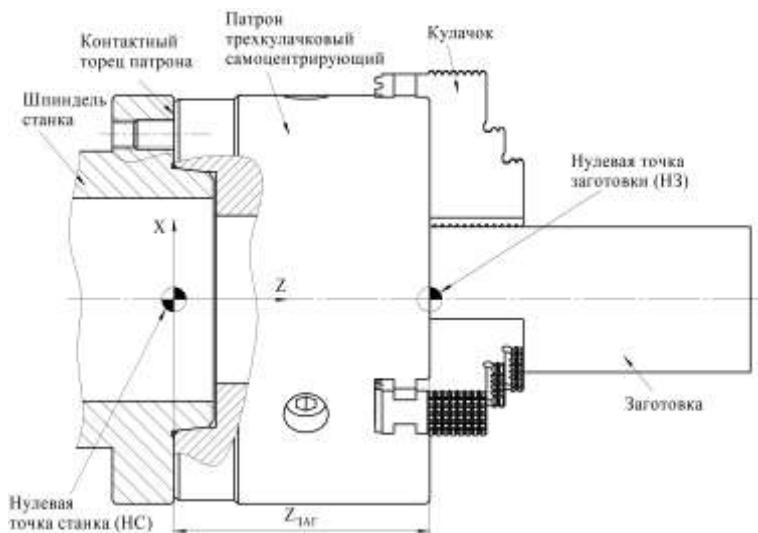


Рис. 6.3. Нулевые точки станка и заготовки

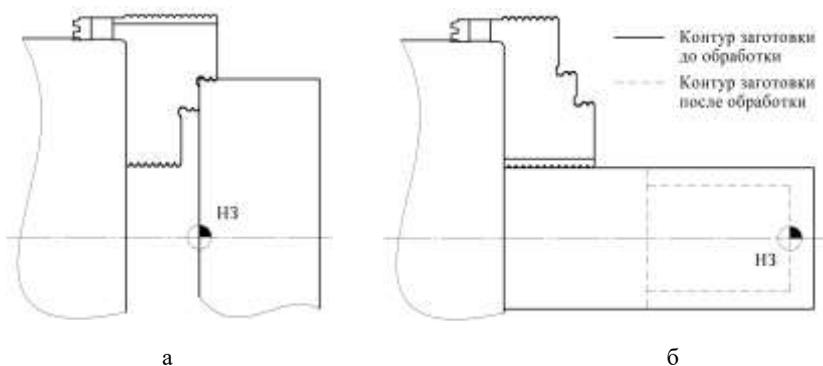


Рис. 6.4. Нулевая точка заготовки:

а – на контактном торце кулачка; б – на чистовом торце заготовки

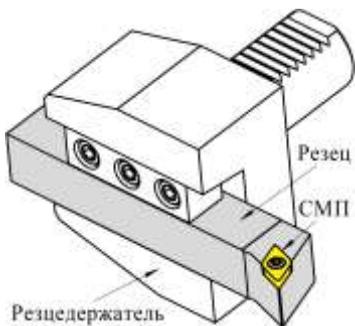


Рис. 6.5. Инструментальная сборка: токарный резец в резцедержателе

Токарный резец для наружной обработки, оснащённый сменной многогранной пластиной (СМП), установлен в резцедержатель (рис. 6.5). СМП изготавливаются из твёрдых сплавов с износостойким покрытием, из режущей керамики или со вставками из сверхтвёрдых материалов. Существуют разные виды крепления пластин к резцу; на рисунке показано крепление с помощью винта со звёздообразным углублением под ключ (штильс типа Torgx). Данный резцедержатель имеет вид крепления VDI, в котором базирование осуществляется по цилиндрическому хвостовику с упором в торец (рис. 6.2), а крепление и угловое базирование – с помощью рейки в револьвере, контактирующей с зубцами на хвостовике. Выделяют типоразмеры 16, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80; число означает диаметр посадочного отверстия револьвера в миллиметрах. Распространённым видом крепления резцедержателей является также тип ВМТ, в котором

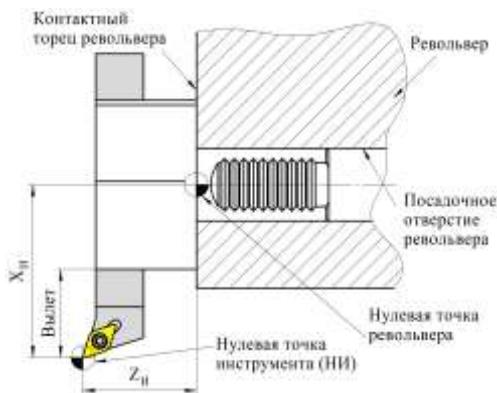


Рис. 6.6. Нулевые точки револьвера и инструмента

базирование осуществляется по двум сухарям, а крепление к револьверу – с помощью четырёх болтов.

После установки и закрепления инструментальной оснастки в револьвере можно определить нулевую точку инструмента (рис. 6.6). Резец в резцедержатель

устанавливается с вылетом, обеспечивающим безопасную обработку заготовки. Нулевая точка револьвера находится на пересечении контактного торца револьвера с осью



Рис. 6.7. Связь НИ и режущей кромки СМП

посадочного отверстия. Положение этой точки настраивается и вносится в машинные данные УЧПУ на заводе-изготовителе. Для определения положения НИ необходимо определить и внести значения $Z_{И}$ и $X_{И}$ в таблицу инструмента УЧПУ.

У существующих СМП всегда есть переходный радиус между основной и вспомогательной режущей кромкой (0,2; 0,4; 0,8; 1,2 мм и т.д.). Поэтому для определения НИ необходимо провести две касательные к режущей кромке пластины: одна из них параллельна оси X станка, а другая – оси Z станка (рис 6.7). НИ находится в точке пересечения двух касательных.

Расточной резец устанавливается по цилиндрическому хвостовику с лысками в осевой резцедержатель. Угловое выравнивание резца происходит при его закреплении тремя винтами с внутренним шестигранником. Вылет резца считают в диаметрах хвостовика: $3xD$, $5xD$ и т.д. Так, например, при диаметре хвостовика 20 мм вылет $3xD$ означает, что величина вылета составит 60 мм. В документации указывается вылет в миллиметрах. Вылет должен быть минимально возможным, для обеспечения наибольшей жёсткости. Подача смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) идёт через отверстие в резце или через форсунки в резцедержателе (рис. 6.8).

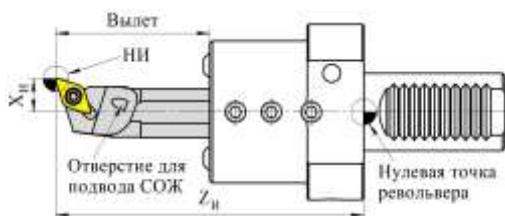


Рис. 6.8. Расточной резец в резцедержателе

На рисунке 6.9, а изображен вид спереди инструментальной оснастки для наружной обработки. Размеры поперечного сечения хвостовика резца должны быть выбраны в соответствии с параметрами резцедержателя. Тогда резцедержатель обеспечивает попадание режущей кромки СМП в плоскость ZX станка. В том числе по этой причине СМП не перетачиваются.

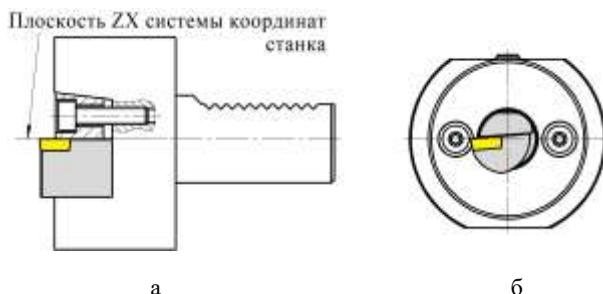


Рис. 6.9. Режущая кромка пластины в плоскости ZX:
 а – на виде спереди резца для наружной обработки;
 б – на виде слева резца для растачивания

На виде слева расточного резца (рис. 6.9, б) видно, что нижняя установочная плоскость режущей пластины находится под углом к плоскости ZX станка. При этом режущая кромка находится в этой плоскости, а положительный передний угол при обработке получается за счет имеющейся геометрии стружколома СМП. Такое положение пластины является довольно распространенным у резцов для наружного точения и растачивания.

При верхнем расположении револьвера (рис. 6.2) для растачивания должен применяться левый резец, т.к. перемещение нулевой точки револьвера в отрицательном направлении оси X на токарных станках ограничивается несколькими миллиметрами. При использовании правого резца растачивание будет возможным только для относительно небольших диаметров отверстий из-за ограниченного хода револьвера.

6.4 Нулевые точки фрезерного станка

Нулевые точки станка и заготовки, установленной на столе трёхосевого фрезерного станка, показаны на рисунке 6.10, а. НС, как правило, располагается на поверхности стола в ближнем левом углу. Таким образом, все перемещения будут осуществляться в положительных частях осей.

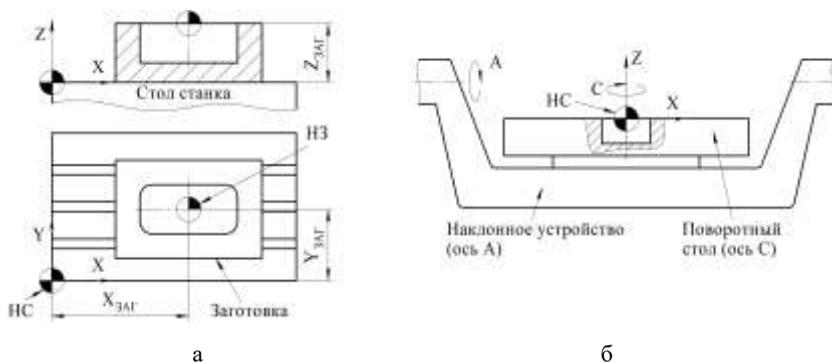


Рис. 6.10. Нулевая точка фрезерного станка:

а – трёхосевого станка с установленной заготовкой; б – пятиосевого станка

Значения $X_{ЗАГ}$, $Y_{ЗАГ}$, $Z_{ЗАГ}$ заносятся в таблицу нулевых точек УЧПУ, после этого НЗ считается настроенным. Для пятиосевого станка с наклонно-поворотным столом (рис. 6.10, б) НС находится на пересечении установочной поверхности стола с осью посадочного отверстия, которая совпадает с осью вращения С.

Нулевая точка шпинделя находится на пересечении оси вращения с торцом шпинделя. Установка инструментальной оснастки с коническим хвостовиком типа SK происходит по конической поверхности (рис. 6.11, а). При этом между торцом шпинделя и торцом оснастки всегда будет зазор. У оснастки с коническим хвостовиком типа HSK (рис. 6.11, б) при установке в шпиндель контакт происходит по конической поверхности с упором в торец. Система с хвостовиком HSK получается более лёгкой и жёсткой по сравнению с SK, что позволяет производить работу при больших частотах вращения шпинделя.

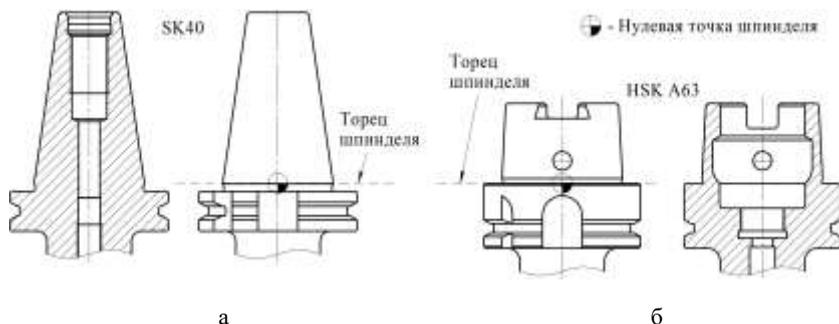


Рис. 6.11. Нулевая точка шпинделя фрезерного станка на оснастке:
а – с посадочным конусом типа SK; б – с посадочным конусом типа HSK А

Выделяют следующие типоразмеры хвостовиков: SK30, SK40, SK50; HSK A50, A63, A80, A100, E32, E40, E50, E63 и др.

Нулевая точка инструмента определяется по пересечению торца фрезы осью вращения шпинделя. Она является наиболее удалённой от торца шпинделя станка в направлении оси вращения (рис. 6.12). Значение длины инструмента $L_{и}$ вносят в таблицу инструмента в УЧПУ, после чего инструмент считается настроенным. Дополнительно в таблицу инструмента заносятся значение радиуса инструмента $R_{и}$ (чаще номинальное, а не измеренное значение) и значение переходного радиуса $r_{пер}$ (номинальное значе-

ние). Вылет фрезы настраивается при установке в патрон из условия наименьшего, но безопасного значения.



Рис. 6.12. НИ при установке в термоусадочный патрон

6.5 Настройка нулевой точки заготовки на фрезерном станке

Для настройки нулевой точки заготовки широкое применение нашли контактные измерительные датчики (рис. 6.13).

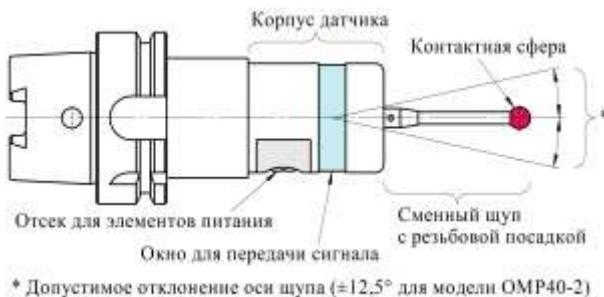


Рис. 6.13. Измерительное устройство станка

На фрезерных станках датчик с хвостовиком по типу крепления в шпинделе устанавливается в шпиндель. Информация о контакте передаётся с помощью радиосигнала. Для токарных, шлифовальных станков датчик может быть постоянно закреплён

на рабочем органе станка и информация в таком случае чаще передаётся по проводной связи. Для исключения жёсткого контакта с заготовкой у щупа есть возможность отклоняться от исходного положения.

Рассмотрим последовательность настройки заготовки на фрезерном станке с применением контактного датчика. Заготовка установлена на столе станка с поворотом базовой плоскости относительно оси X (рис. 6.14). Этот поворот на практике составляет один, два градуса. Перед началом настройки нулевой точки необходимо определить угол поворота. С применением специального цикла в УЧПУ происходит контакт в первой точке (шаг 1.1), далее во второй точке (шаг 1.2). После этого УЧПУ рассчитывает угол поворота (шаг 1.3) и поворачивает стол на данный угол (шаг 1.5). Угол поворота C_{H3} также относится к нулевым точкам заготовки и заносится в таблицу нулевых точек. Обработка заготовки далее будет происходить при поворнутом столе.

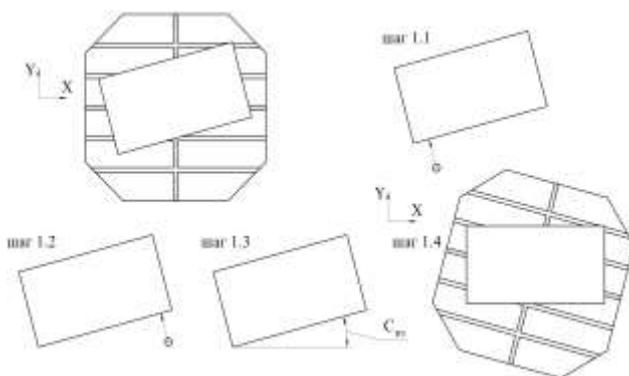


Рис. 6.14. Настройка угла поворота на фрезерном станке

На следующем этапе необходимо произвести настройку НЗ в направлении осей X , Y , Z в любой последовательности. На рисунке 6.15 показано касание поверхности щупом. Для определения

положения нулевой точки есть два варианта: 1-й вариант – нулевая точка находится на поверхности касания; 2-й вариант – нулевая точка устанавливается с заданным смещением от поверхности контакта. Это смещение, как правило, соответствует припуску на операцию. При контакте с двух противоположных сторон при настройке по оси X или Y нулевая точка устанавливается на равном удалении вдоль выбранной оси.

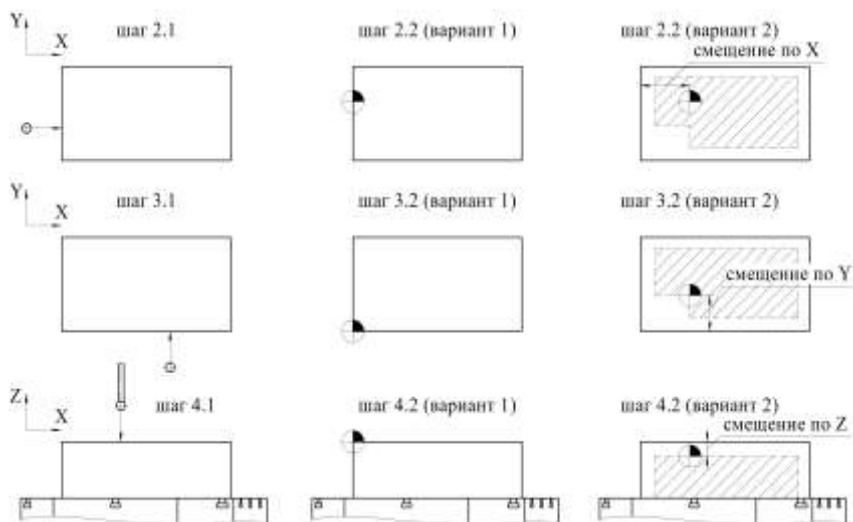


Рис. 6.15. Настройка НЗ на фрезерном станке

6.6 Настройка нулевой точки инструмента на/вне станка

Настройку нулевой точки инструмента можно произвести на станке или вне станка. При настройке вне станка необходимо иметь прибор для настройки инструмента вне станка. Такие приборы являются бесконтактными и работают по принципу проходящего света. При оснащении различными типами переходников он может применяться для настройки как токарного, так и фрезер-

ного инструмента с разными типами конусов, т.е. обслуживать большое количество станков в цехе или на участке.

При настройке вне станка не затрачивается машинное время станка, при этом станок может осуществлять обработку заготовок при правильной организации производства. В таком случае настройка происходит заранее для замены изнашивающегося инструмента или для обработки следующей партии заготовок. Следует учитывать, что это возможно, если иметь в инструментальной кладовой достаточное количество запасного инструмента и оснастки.

При отсутствии прибора для настройки вне станка, на каждом станке должен быть установлен отдельный прибор для настройки на станке, подключенный к системе ЧПУ станка. Существуют контактные и бесконтактные версии таких приборов. Принцип действия контактных аналогичен действию щупов при настройке заготовки. Бесконтактные приборы работают по принципу перекрытия лазерного луча или используются оптические устройства. При этом во время настройки инструмента обработка заготовок на станке производится не может, но машинное время затрачивается.

Стоимость прибора для настройки вне станка примерно на порядок выше стоимости прибора для настройки на станке. Однако стоимость настройки на станке будет выше, т.к. задействован не только прибор настройки на станке, но и сам станок. При расчёте затрат на настройку безусловно нужно принимать во внимание планируемую загрузку прибора для настройки вне станка.

Окончательный выбор варианта настройки инструмента должен производиться на основании определения наиболее выгодного по производительности и затратам на настройку, учитывающим оборудование, на котором производится настройка.

Существуют и другие способы настройки, не требующие специальных приборов, но менее точные и производительные, например, настройка касанием инструментом установленной заго-

товки. Такие методы настройки инструмента следует применять только в исключительных случаях.

6.7 Настройка нулевой точки инструмента на токарном станке

При использовании контактного устройства для настройки на токарном станке откидная рука с щупом поворачивается так, чтобы щуп оказался в плоскости ZX станка (рис. 6.16).

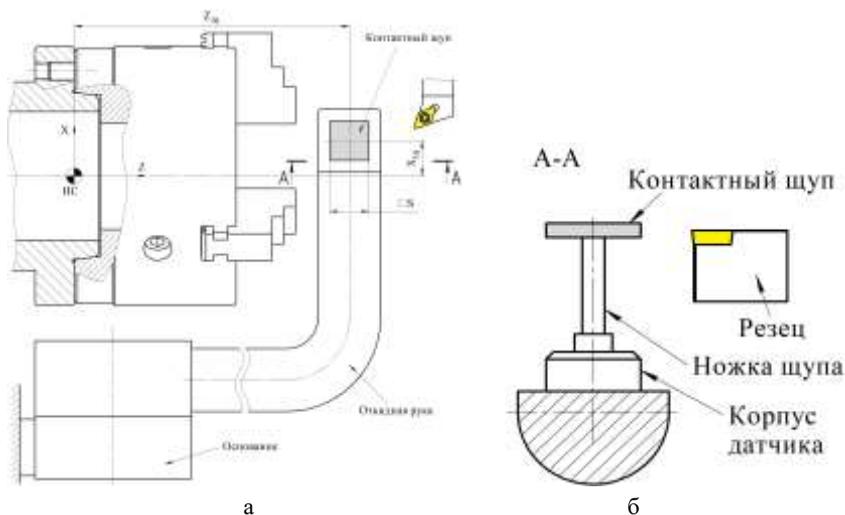


Рис. 6.16. Устройство для настройки:
а – схема расположения в рабочей области станка; б – вид в сечении А-А

Настройка осуществляется в следующей последовательности (рис. 6.17 на примере настройки Z_0): шаг 1 – подвод инструмента на безопасное расстояние; шаг 2 – запуск цикла настройки, касание инструмента, сигнал УЧПУ о координате, в которой произошло касание; шаг 3 – остановка инструмента и смещение упругой части щупа после касания.

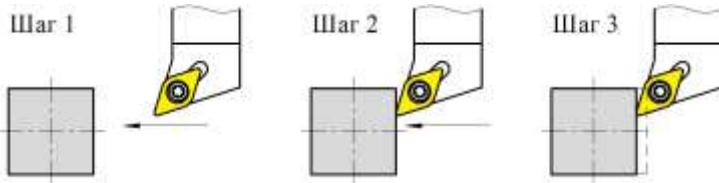


Рис. 6.17. Последовательность при настройке

Расчёт смещений нулевой точки $Z_{и}$ и $X_{и}$ и их запись в таблицу инструмента при использовании цикла происходит автоматически.

6.8 Настройка нулевой точки инструмента на фрезерном станке

Устройство для настройки инструмента на фрезерном станке (рис. 6.18) обычно устанавливается на столе станка или крепится к станине. Оно позволяет измерять длину и радиус инструмента. Также оно может применяться для контроля износа и поломки инструмента.

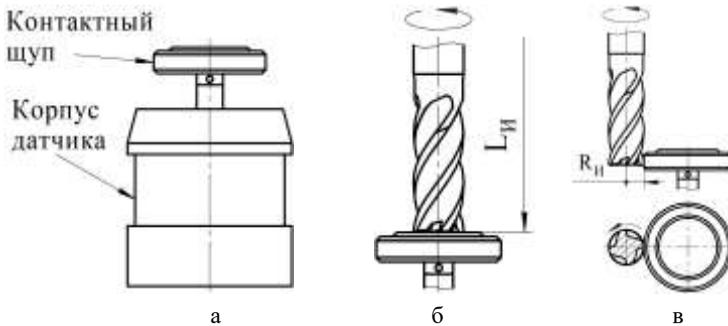


Рис. 6.18. Настройка НИ на фрезерном станке: а – датчик для настройки; б – настройка длины; в – настройка радиуса режущей части

Особенность настройки фрезерного инструмента заключается в измерении с включенным вращением шпинделя в направлении, противоположном направлению при фрезеровании.

7 ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ С ЧПУ

После проведения наладки станка производится обработка партии заготовок. При этом одним из важных вопросов является получение действительных размеров в пределах поля допуска. Для этих целей в УЧПУ предусмотрена возможность введения коррекции на режущий инструмент.

7.1 Необходимость введения коррекции

При обработке партии заготовок на рабочем месте происходит контроль размеров поверхностей, обработанных в данной операции. Наиболее точные размеры контролируются у каждой заготовки. Если при этом значение действительного размера поверхности от заготовки к заготовке приближается к границе поля допуска, вводится коррекция на инструмент. Значение коррекции обычно подбирают таким образом, чтобы размер после обработки получился по середине поля допуска.

В случае, когда произведена обработка заготовки, а один или несколько размеров вышли за пределы поля допуска и при этом брак является исправимым, также можно ввести коррекцию на инструмент и доработать заготовку, запустив заново обработку по УП. Доработка в большинстве случаев возможна, если деталь не была снята со станка, т. е. осталась в закреплённом виде в приспособлении.

Введение коррекции после обработки первой заготовки в партии обусловлено:

- погрешностью настройки режущего инструмента;
- погрешностью обработки, связанной с действием силы резания и различными деформациями в упругой технологической системе;

- погрешностью выхода рабочего органа станка в заданное положение (погрешностью позиционирования).

Введение коррекции при обработке последующих заготовок в партии вызвано:

- погрешностью, связанной с тепловыми деформациями;
- погрешностью, связанной с износом режущего инструмента.

Износ режущего инструмента можно рассматривать как размерный износ (отклонение действительной режущей части от НИ), приводящий к изменению размеров определённой обработанной поверхности у партии заготовок, и как притупление режущей части, приводящее к увеличению силы резания и большим деформациям в технологической системе.

7.2 Коррекция на токарный инструмент для наружной обработки и её влияние на размеры

После настройки токарного резца для наружной обработки в таблицу инструмента УЧПУ заносятся значения $Z_{И}$ и $X_{И}$. После этого в таблицу инструмента дополнительно можно вносить значения коррекций отдельно

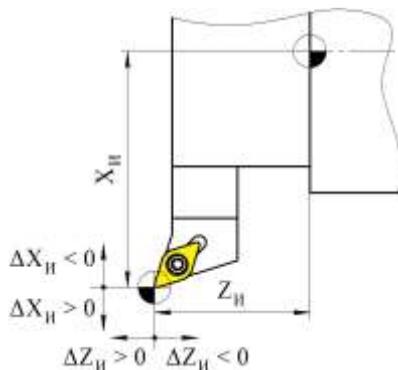


Рис. 7.1. Коррекция на токарный резец для наружной обработки

для каждого из настроенных размеров. Для измерения линейных размеров задаётся коррекция $\Delta Z_{И}$, а для изменения диаметральных поверхностей $\Delta X_{И}$.

На рисунке 7.1 показаны коррекции, положительное и отрицательное направления их задания. При положительной коррекции $\Delta X_{И}$ УЧПУ считает, что резец удлинился, при отрицательной $\Delta X_{И}$ –

стал короче. При этом физически резец не изменился, а произошло смещение нулевой точки инструмента.

На рисунке 7.2 рассмотрена схема влияния коррекции $\Delta X_{И}$ на диаметральные размеры, получаемые после обработки. В верхней части рисунка положение режущей кромки резца не меняется при введении коррекции в направлении оси X, происходит лишь смещение нулевой точки резца. В нижней части рисунка показано, что при обработке по УП на диаметральный размер, заданный координатами в УП, выходит нулевая точка инструмента. При нулевой коррекции на этот же размер выходит и режущая кромка, приводя к получению действительного размера. При положительной коррекции режущая кромка оказывается выше нулевой точки, поэтому действительный диаметральный размер при положительной коррекции оказывается больше размера при нулевой коррекции. При отрицательной коррекции размер оказывается меньше, чем размер при нулевой коррекции.

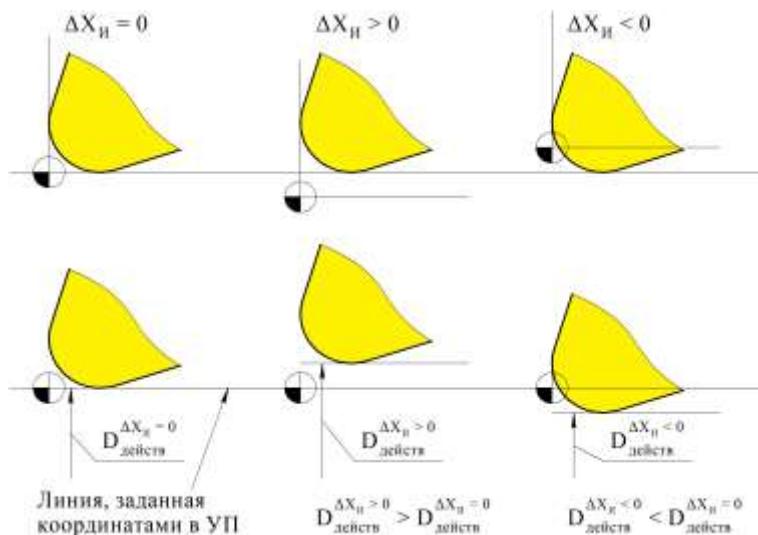


Рис. 7.2. Влияние коррекции $\Delta X_{И}$ на диаметральные размеры

При программировании диаметральных размеров в УП коррекция $\Delta X_{и}$ также задаётся на диаметр.

Следует также помнить, что при внесении даже одной из коррекций будет происходить изменение размеров сложных поверхностей, например, сферических, тороидальных и других. При этом расчёт того, как изменятся размеры сложной поверхности, может быть достаточно трудоёмким. Для обработки сложной поверхности, коррекцию для неё стараются определить при обработке простой поверхности, например, цилиндрической.

7.3 Коррекция на токарный инструмент для растачивания и её влияние на размеры

Коррекции на расточной инструмент (рис. 7.3) задаются в том же направлении, что и на инструмент для наружной обработки. Если составить схему для растачивания подобно рисунку 7.2, то можно определить, что при $\Delta X_{и} > 0$ диаметр отверстия увеличится по сравнению с диаметром при нулевой коррекции, а при $\Delta X_{и} < 0$ – диаметр уменьшится.

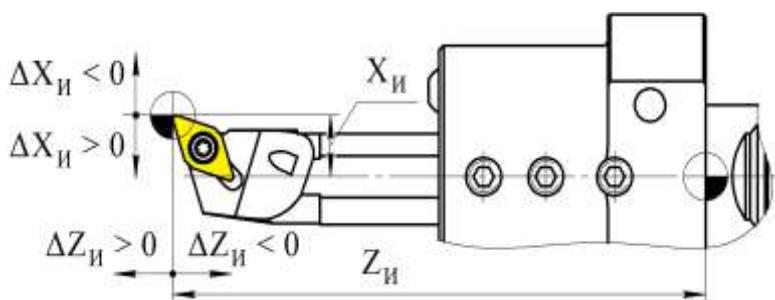


Рис. 7.3. Коррекции для расточного резца

7.4 Коррекция на токарный инструмент при обработке торцов и её влияние на размеры

В случае с линейными размерами влияние коррекции на изменение размера будет зависеть от схемы простановки размера и от схемы обработки. При обработке двух торцов выдерживаются размеры L_1 и L_2 (рис. 7.4).

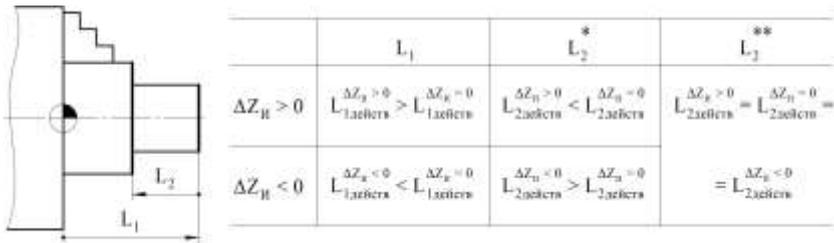


Рис. 7.4. Влияние коррекции $\Delta Z_{\text{н}}$ на линейные размеры

Положительная коррекция $\Delta Z_{\text{н}}$ приводит к увеличению размера L_1 , а отрицательная – к уменьшению. Размер L_2 может быть выдержан двумя способами. В первом способе (L_2^*) размер L_1 выдерживается первым инструментом без введения коррекции, а размер L_2 выдерживается вторым инструментом с введением коррекции на него. При положительной коррекции L_2 уменьшается, при отрицательной – увеличивается.

Во втором способе (L_2^{**}) размеры L_1 и L_2 выдерживаются одним и тем же инструментом при одинаковой коррекции. В этом случае коррекция не влияет на размер.

Если размеры L_1 и L_2 выдерживаются разным инструментом и на каждый вводится различная коррекция, то схема влияния на размер L_2 будет более сложной. Также схема усложняется, если размеры выдерживаются одним инструментом, но при различной коррекции для размера L_1 и размера L_2 .

7.5 Коррекция на фрезерный инструмент и её влияние на высотные размеры

Для настроенного фрезерного инструмента известны длина фрезы $L_{И}$ и радиус фрезы $R_{И}$. Положительная коррекция на длину $\Delta L_{И}$ (рис. 7.5) удлиняет инструмент, отрицательная – укорачивает. Изменения отражаются в изменении положения нулевой точки, а не в длине действительного инструмента.

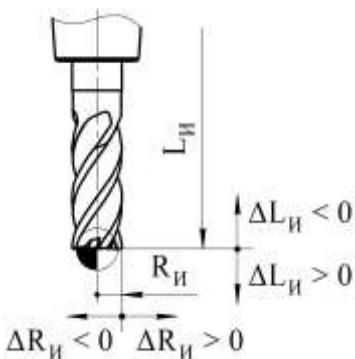


Рис. 7.5. Коррекции на фрезерный инструмент

Положительная коррекция на радиус фрезы $\Delta R_{И}$ увеличивает радиус фрезы и наоборот.

При необходимости изменить высотные размеры обрабатываемой заготовки вводится коррекция на длину $\Delta L_{И}$ (рис. 7.6).



| | H_1 | H_2^* | H_2^{**} |
|--------------------|---|---|---|
| $\Delta L_{И} > 0$ | $H_{\text{забейца}}^{\Delta L_{И} > 0} > H_{\text{забейца}}^{\Delta L_{И} = 0}$ | $H_{\text{забейца}}^{\Delta L_{И} > 0} < H_{\text{забейца}}^{\Delta L_{И} = 0}$ | $H_{\text{забейца}}^{\Delta L_{И} > 0} = H_{\text{забейца}}^{\Delta L_{И} = 0} =$ |
| $\Delta L_{И} < 0$ | $H_{\text{забейца}}^{\Delta L_{И} < 0} < H_{\text{забейца}}^{\Delta L_{И} = 0}$ | $H_{\text{забейца}}^{\Delta L_{И} < 0} > H_{\text{забейца}}^{\Delta L_{И} = 0}$ | $= H_{\text{забейца}}^{\Delta L_{И} < 0}$ |

Рис. 7.6. Влияние коррекции $\Delta L_{И}$ на высотные размеры

Положительная коррекция $\Delta L_{И}$ приводит к увеличению размера H_1 , а отрицательная – к его уменьшению. Размер H_2 может быть выдержан двумя способами. В первом способе (H_2^*) размер H_1 выдерживается первым инструментом без введения коррекции, а размер H_2 выдерживается вторым инструментом с введением

коррекции на него. При положительной коррекции H_2 уменьшается, при отрицательной – увеличивается.

Во втором способе (H_2^{**}) размеры H_1 и H_2 выдерживаются одним и тем же инструментом при одинаковой коррекции. В этом случае коррекция не влияет на размер.

7.6 Коррекция на радиус фрезы и её влияние на размеры

При необходимости обработать выступ (рис. 7.7, а), заданный точками 1, 2, 3, 4, их нельзя использовать как координаты траектории движения фрезы, т. к. программирование ведётся для центра фрезы. Можно рассчитать точки 5, 6, 7, 8, построив эквидистантный прямоугольник со смещением на радиус фрезы. Однако такой способ не является предпочтительным, потому что не позволяет применять коррекции и является трудоёмким при большом количестве точек.

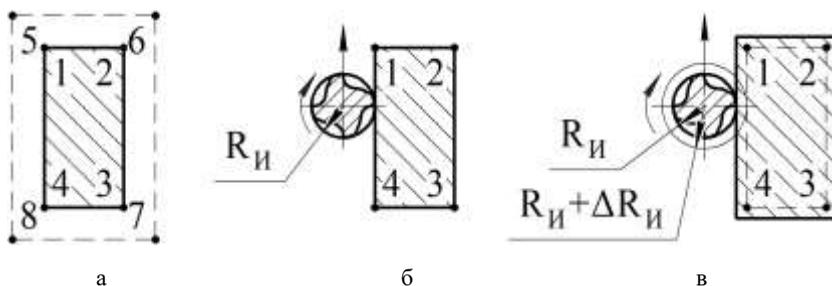


Рис. 7.7. Последовательность при настройке

Правильным вариантом является программирование движения по точкам 1...4 с включённой компенсацией (смещением) на радиус фрезы: G41, G42, G40 – коррекция слева, справа, отмена коррекции соответственно при программировании в G-кодах; RL, RR, R0– коррекция слева, справа, отмена коррекции соответственно при программировании для УЧПУ Heidenhain. На рисунке 7.7, б происходит движение от точки 4 к точке 1 с

включенной компенсацией слева G41 при $\Delta R_{и} = 0$. На рисунке 7.7, в дополнение к G41 задана коррекция $\Delta R_{и} > 0$, что приводит к смещению фрезы от запрограммированного контура на величину $\Delta R_{и}$ и выступ получается более широким после обработки. Для оценки влияния коррекции $\Delta R_{и}$ на размер, необходимо знать, как он задан на чертеже.

7.7 Коррекция при правке шлифовального круга в процессе обработки

Широкое применение на шлифовальных станках с ЧПУ находит правка шлифовального круга алмазным кругом. В отличие от правки алмазным карандашом правку алмазным кругом часто можно организовать непосредственно в процессе шлифования заготовки. При этом рабочий орган с алмазным кругом имеет свой привод подачи в направлении сближения осей кругов. Алмазный круг приближается к шлифовальному кругу и при этом УЧПУ рассчитывает насколько шлифовальный круг должен приблизиться к заготовке в результате изменения диаметра при правке. Правка может происходить ступенчато или непрерывно.

7.8 Коррекции скорости главного движения, скорости подачи

Во время обработки на станке может появиться необходимость понизить или увеличить запрограммированные значения частоты вращения шпинделя или скорости подачи. Для этого на панели управления УЧПУ имеются регуляторы. Изменение частоты вращения обычно может происходить в диапазоне 70...120% от запрограммированного значения, а скорости подачи – 0...150%. Изменение режима обработки используется при отработке УП или при необходимости плавно остановить обработку, например, для визуального контроля режущего инструмента.

8 УЗЛЫ И СИСТЕМЫ СТАНКА

К основным узлам станка относятся:

- электропривод главного движения и шпиндельный узел;
- электроприводы движения подачи;
- несущая система (корпусные детали и направляющие);
- система ЧПУ;
- вспомогательные системы.

Схематично привод главного движения станка может быть организован следующим образом [1, 2]:

- 1) электродвигатель (с постоянной частотой вращения) → коробка скоростей → шпиндель;
- 2) электродвигатель (с переменной частотой вращения) → редуктор (часто в виде ременной передачи) → шпиндель;
- 3) мотор-шпиндель (с переменной частотой вращения).

Схему 1 условно можно отнести к старой, схемы 2, 3 – к современным. На станках с ручным управлением и первых станках с ЧПУ применялись механизмы привода главного движения, когда электродвигатель имел постоянную частоту вращения, а далее за счёт коробки скоростей шпиндель получал набор частот вращения. Частота вращения при этом регулируется ступенчато, что является существенным недостатком. Схемы 2 и 3 позволяют получать бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя. Третья схема применяется на точных станках с более высокими значениями частот вращения и является более дорогостоящей.

Схематично привод движения подачи станка можно организовать следующим образом [1, 2]:

- 1) электродвигатель (с постоянной частотой вращения) → коробка подач → реечная передача, или передача винт-гайка скольжения, или шариковая винтовая передача → рабочий орган;

2) шаговый электродвигатель (с переменной частотой вращения) → усилитель крутящего момента → редуктор (в некоторых случаях) → шариковая винтовая передача (ШВП) → рабочий орган;

3) электродвигатель (с переменной частотой вращения) → редуктор (в некоторых случаях мультипликатор) или компенсирующая муфта → шариковая винтовая передача → рабочий орган;

4) линейный электродвигатель → рабочий орган.

Реечная передача, передача винт-гайка скольжения, шариковая винтовая передача (она же передача винт-гайка качения) используются для преобразования вращательного движения в прямолинейно-поступательное.

Схемы 1, 2 привода подачи условно относятся к старым, а схемы 3, 4 – к современным. На станках с ручным управлением и первых станках с ЧПУ применялись механизмы подачи, в которых электродвигатель с постоянной частотой вращения передавал вращение на РО через коробку подач. Это, как и с частотой вращения шпинделя, обеспечивало ступенчато изменяющуюся подачу РО. Позднее за счёт применения шаговых двигателей удалось перейти к бесступенчатому регулированию. Однако применение шагового двигателя ограничено его низким крутящим моментом.

На современных станках с ЧПУ электропривод движения подачи реализуют по схемам 3 и 4. В третьей схеме электродвигатель, имеющий переменную частоту вращения, через редуктор и ШВП соединяется с РО станка. В качестве редуктора часто применяется ременная передача. В четвёртой схеме используют линейный двигатель, ротор которого перемещается прямолинейно-поступательно, поэтому применение ШВП уже не требуется. Одно из преимуществ схем 3 и 4 – это бесступенчатое регулирование скорости подачи рабочего органа. Схема 4 является более точной, дорогостоящей, менее ремонтпригодной и встречается реже.

Важными характеристиками электродвигателя приводов главного движения и движения подачи являются крутящий момент и мощность, которые нелинейно зависят от частоты вращения.

Схема 3 с датчиком обратной связи (ДОС) по положению приведена на рисунке 8.1. Муфта, установленная между электродвигателем и винтом ШВП компенсирует несоосность, осевое расширение и обладает крутильной жесткостью.

Кроме электродвигателя и механической системы в электропривод входят система управления и силовой преобразователь.

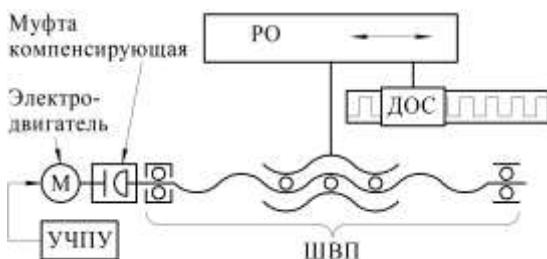


Рис. 8.1. Схема механизма привода подачи с ДОС

Система ЧПУ включает в себя УЧПУ, которое выдаёт управляющие воздействия на основании УП, а также технические средства, необходимые для этого воздействия.

К несущей системе относятся станина, корпусные детали, линейные направляющие. Корпусные детали, кроме чугунных и железобетонных, часто изготавливают из полимербетона [3] методом минерального литья. Корпусные детали осеботочных станков могут быть изготовлены из натурального гранита.

Линейная направляющая (ЛН) необходима для прямолинейно-поступательного перемещения рабочего органа станка. ЛН качения состоит из рельса, каретки и тел качения (шариков или роликов). Длина рельса зависит от необходимого хода оси станка и

может достигать 4 м. При необходимости увеличить длину направляющая будет состоять из нескольких рельсов, установленных встык. За счет выбора диаметра шариков (роликов) в ЛН может быть создан предварительный натяг (преднатяг), наличие которого повышает жёсткость системы, при этом увеличивается трение. Для повышения точности станков натяг увеличивают до определенного предела. ЛН представлена на рисунке 8.2.

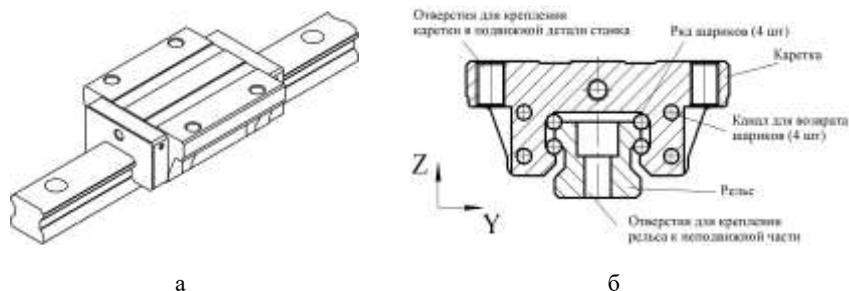


Рис. 8.2. Линейная направляющая: а – общий вид; б – поперечное сечение

ЛН обеспечивает высокую жесткость при действии сил F_Y , F_Z и моментов M_X , M_Y , M_Z . В современных станках с ЧПУ практически не применяют ЛН скольжения.

На станки устанавливаются следующие вспомогательные системы: система централизованной смазки (подшипников, ШВП, ЛН), система смены инструмента, система подачи смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), система уборки стружки, пневмосистема и другие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем [Текст]: справочник-учебник. В 3 т. Т. I. / под ред. А. С. Пронникова. Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана: Машиностроение, 1994. 444 с.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем [Текст]: справочник-учебник. В 3 т. Т. 2 ч. I. / под ред. А. С. Пронникова. Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана: Машиностроение, 1995. 371 с.
3. Конструкционные материалы [Текст]: справочник / под ред. Б. Н. Арзамасова. Москва: Машиностроение, 1990. 688 с.

Учебное издание

*Жидяев Алексей Николаевич,
Абульханов Станислав Рафаелевич*

НАЛАДКА И ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ С ЧПУ

Учебное пособие

Редактор И.П. Ведмидская
Компьютерная вёрстка И.П. Ведмидской

Подписано в печать 30.12.2020. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печ. л. 4,0.

Тираж 25 экз. Заказ . Арт. – 21(РЗУ)/2020.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, САМАРА, МОСКОВСКОЕ ШОССЕ, 34.

Издательство Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.