



*Юргинский технологический институт (филиал)  
Томского политехнического университета  
Кафедра «Технология машиностроения»*



# КОНСТРУКЦИЯ И КОМПОНОВКИ СТАНКОВ С ЧПУ

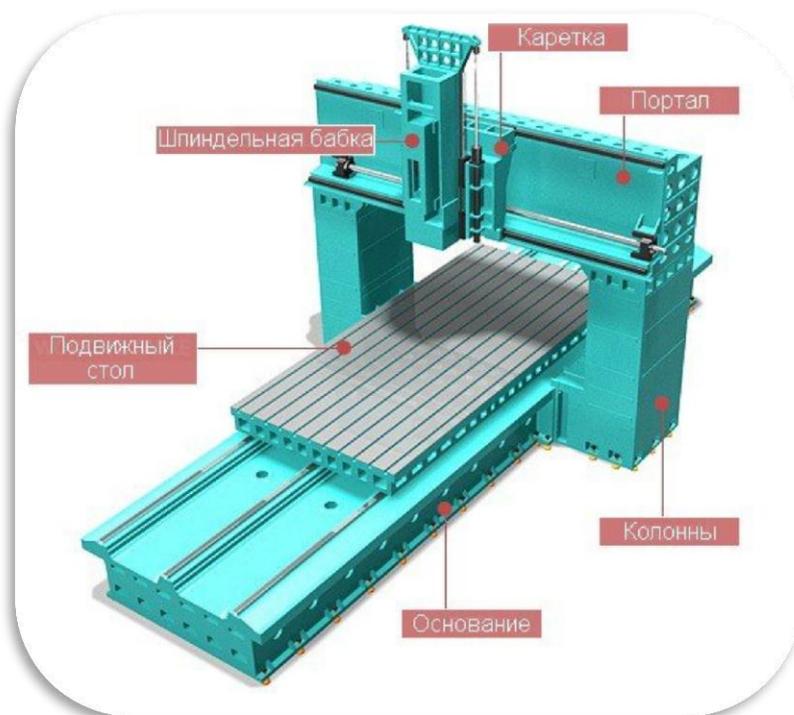
П.А. Чазов

# Конструктивные элементы станков с ЧПУ

➤ **Станины, колонны, основания** являются базовыми элементами. Их изготавливают с повышенной жесткостью и виброустойчивостью, за счет введения дополнительных ребер жесткости. Станины бывают: литые чугунные, сварные стальные, бетонные, гранитные и керамические.

**Станиной** называется базовая деталь станка, на которой установлены и закреплены все его детали и узлы и относительно которой ориентируются и перемещаются подвижные детали и механизмы.

Основным требованием, предъявляемым к станинам, является длительное обеспечение правильного взаимного положения узлов и частей, смонтированных на ней, при всех предусмотренных режимах работы станка в нормальных эксплуатационных условиях. Базирующими поверхностями станины являются ее направляющие, на которые устанавливаются детали и узлы станка. Эти детали и узлы могут перемещаться по направляющим станины, либо быть жестко с ней связаны.



При изготовлении направляющих станины предъявляются повышенные требования к точности. Это объясняется тем, что от точности изготовления направляющих зависит качество общей сборки и точность работы станка. Помимо этого, к станинам предъявляется и ряд других требований, касающихся прочности, малой «металлоемкости», низкой стоимости, неизменности относительных положений базирующих поверхностей во время работы станка.

Для обеспечения точности работы всех узлов станка необходимо сохранение неизменности формы станины, что возможно при выполнении следующих условий:

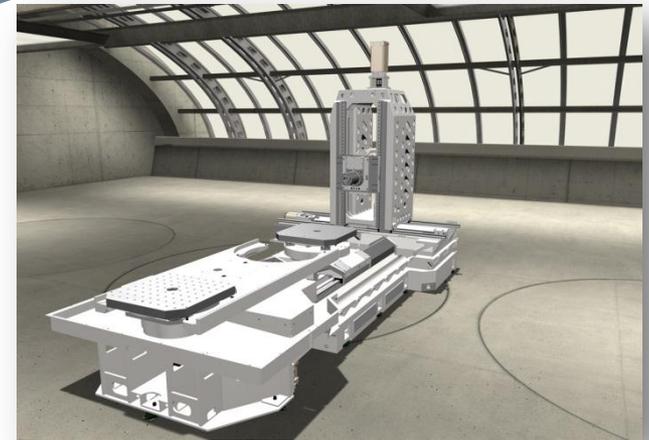
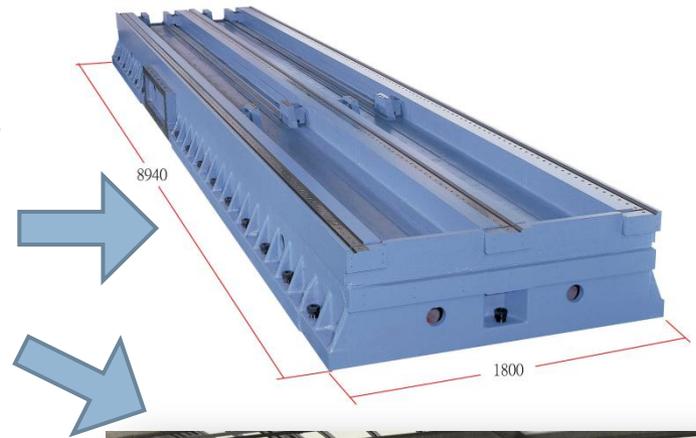


*Рисунок 2 Станина горизонтально-фрезерного обрабатывающего центра H50 на заводе-изготовителе TAJMAC-ZPS (Чехия)*

- Станина должна обладать жесткостью, при которой ее деформации под действием усилий в процессе работы станка не выходили бы за пределы, соответствующие допускам на неточность обрабатываемых на станке деталей.
- Материал станины должен быть термически обработан, и при этом исключаются внутренние напряжения, вызывающие изменение ее формы. После предварительной механической обработки станины подвергают старению, в процессе которого происходит снятие внутренних напряжений.
- Станина должна быть виброустойчива, так как в противном случае будут иметь место ухудшение класса чистоты обрабатываемой поверхности и снижение стойкости режущего инструмента.

Виды станин:

- **Литая станина.** Применяют широко серый чугун СЧ 15, СЧ 20, СЧ 30 (льётся при  $t_0 = 1500 - 2000$  °С). Состоит из чешуйчатого графита, которые гасят колебания. Целесообразна при больших объемах производства.
- **Сварные стальные станины.** Наиболее подходящий вариант для единичного производства.
- **Железобетонные станины** тяжелых уникальных станках.
- **Станина из Синтеграна** (синтетический гранит и полимербетон). Синтегран – это эпоксидная смола и крошка гранита перемешивается, заливается в формы и получается станина. Применяется также полиэфирная смола, акрелатная смола и др. Преимущества: меньший вес, деформирование(способность гасить колебания в пять раз выше, чем у чугуна) точность отливки (It8...It9).
- **Станины из природного или натурального гранита.** Деформирование большое, температурный баланс очень высокий. Применяют для прецизионных станков.



➤ **Направляющие** станков с ЧПУ имеют высокую износостойкость и обеспечивают малое трение, что позволяет снизить мощность следящего привода, увеличить точность перемещений. Основное их назначение - обеспечение линейного перемещения по осям станка (главное движение и движение подачи), крепиться к основанию-станине. В зависимости от траектории движения узлов подразделяются на: направляющие прямолинейного и кругового движения. По форме поперечного сечения : ласточкин хвост (трапецевидные), прямоугольные , круглые и др. Они бывают нескольких видов: качения, направляющие скольжения и комбинированные.

**Направляющие качения** представляют собой опорный элемент при поступательном движении узлов станка. Бывают следующих видов: рельс-каретка, линейный подшипник-вал или рельс-рельс с плоским сепаратором.

Рассмотрим подробнее комплект рельс-каретка, который чаще всего используются на станках.

**Рельс.** Все посадочные места рельсы шлифуются и проходят закалку, в том числе и дорожки качения, необходимые для перемещения тел качения. Каретка направляющей состоит из следующих частей:

- Корпус
- Тела качения
- Обойма, осуществляющая оптимальную рециркуляцию тел качения;
- Торцевые крышки

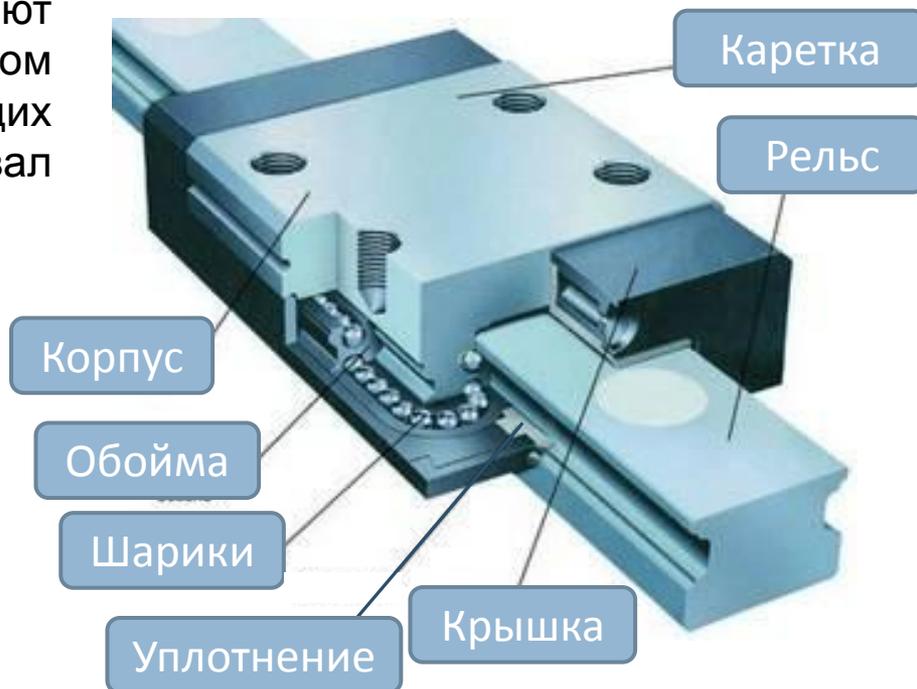
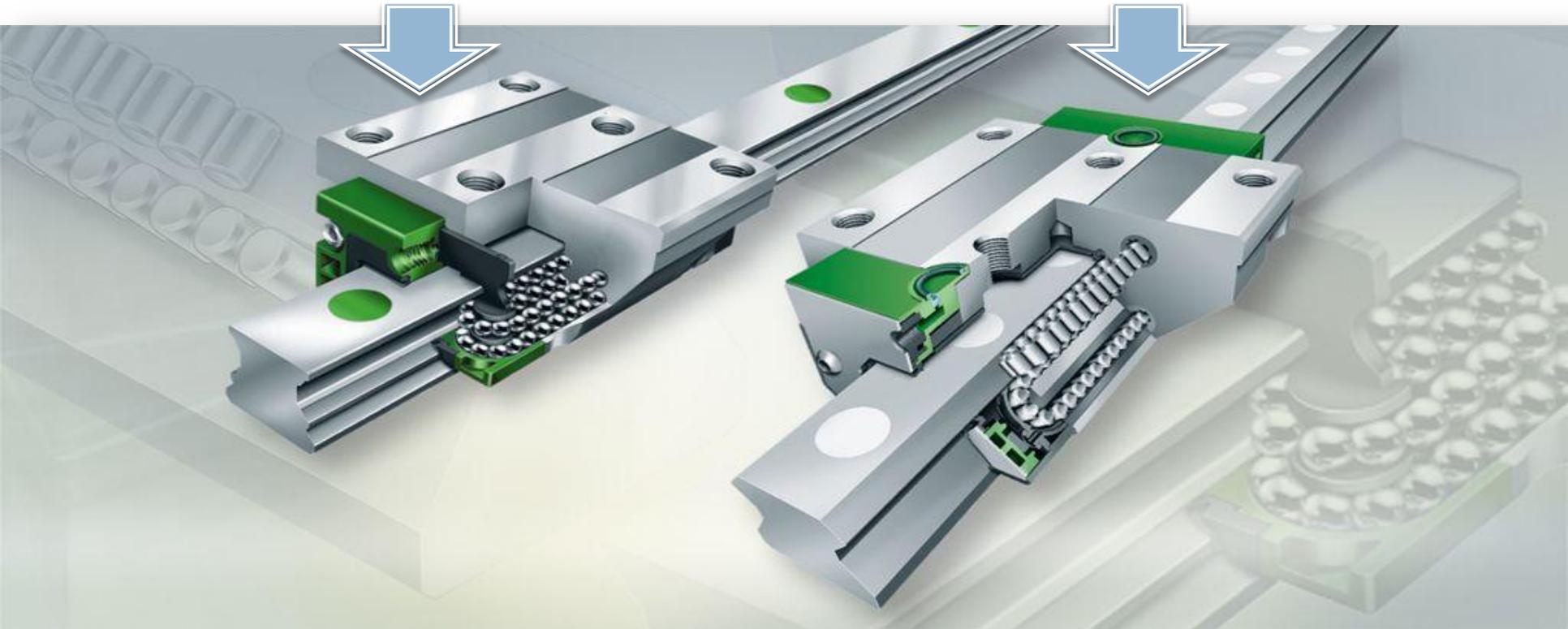


Рисунок 3-Каретка направляющей

В зависимости от тела качения:

1) Шариковые направляющие качения

2) Роликовые направляющие качения.



Ролики в отличие от шариков позволяют увеличивать жесткость направляющей, ее долговечность и грузоподъемность.

**Основные преимущества направляющих качения:**

- Очень низкий коэффициент трения.
- Плавное перемещение.
- Точность перемещения и позиционирования.
- Высокая скорость.

**Недостатки направляющих качения:**

- Подвержены влиянию загрязнений.
- Плохо противодействуют скачкам.
- Высокая цена.

**Направляющие скольжения** выполняют ту же функцию, что и направляющие качения. Однако, в данном случае отсутствуют тела качения, а перемещение происходит по трению скольжения. Направляющие данного типа могут изготавливаться, как одно целое со станиной из серого чугуна (закаленного до твердости 43...56 HRC) , также возможно крепление на винты к станине (накладные направляющие), изготавливаются из стали 40X (возможно также 15X, 20X) закаленной до твердости 57...63 HRC. Важно заметить, что направляющие скольжения из-за больших сил трения , менее точные и имеют менее плавный ход нежели направляющие качения, однако, они более просты и имеют меньшие габариты. На работоспособность очень сильно влияет температура.

Масла для направляющих всегда идут с различными присадками, улучшающими стойкость к окислению и антикоррозионные свойства, а также противозадирные и противоизносные присадки, антискачковые присадки.

По виду трения скольжения существуют следующие направляющие:

➤ **Гидростатические** - смазочный слой образуется подачей под высоким давлением масла в специальные карманы.

➤ **Гидродинамические** направляющие - хорошо работают только при высоких скоростях. В данной направляющей используется гидродинамический эффект - эффект всплывания подвижного узла. В конструкции присутствуют специальные клиновые скосы и при движении в эти сужающиеся зазоры затягивается смазка.

➤ **Аэростатические** направляющие - в данном случае вместо масла в карманы под давлением подается воздух. По конструкции похожи на гидростатические направляющие. Имеет недостаток- малая нагрузочная способность.



*Рисунок 4-Направляющие скольжения*



*Рисунок 5-Гидростатические направляющие скольжения*

## Шарико-винтовая передача (ШВП)

Основное назначение -это преобразования вращательного движения приводов станка в возвратно-поступательное движение исполнительных узлов с использованием механизма циркулирующего шарика между винтом и гайкой. Принцип действия ШВП следующий- в гайке сделаны специальные винтовые канавки, по ним перемещаются тела качения, т.е. между витками винта и гайки. Сами шарики (тела качения) движутся по замкнутой траектории при вращении винта и одновременно поступательно перемещают гайку. Число рабочих витков составляет от 1 до 6. Большее число витков используется при нагруженных передачах тяжелых станков. ШВП изготавливают из высоколегированной стали, подвергаются поверхностной закалке (закалка поверхности с помощью ТВЧ- тока высокой частоты) после шлифуются.

Основные достоинства шарико-винтовой передачи:

- Высокий КПД, может быть больше 80% (т.к. проскальзывание шариков в ШВП минимальное).
- Малые потери на трение.
- Высокая нагрузочная способность при небольших габаритах.
- Высокая точность при перемещении.
- Плавный ход.

Недостатки ШВП:

- Сложная в изготовлении конструкция.
- Высокая стоимость.
- Ограничение по длине (из-за накапливаемой погрешности).

Существуют две разновидности ШВП:

- Катанные ШВП, в данном случае резьбовой винт накатывается на специальном накатном оборудовании. Они проще в производстве, дешевле.
- Шлифованные ШВП. Сначала идет нарезка резьбы далее её шлифуют. Являются более точными, что, в свою очередь, влияет на точность станка.



*Рисунок 6 - Шарико-винтовая передача*

**Привод главного движения** должен иметь возможность бесступенчатого регулирования скорости, воспринимать большие перегрузки и работать в загрязненной среде. Обычно в качестве приводов служат асинхронные электродвигатели, реже - регулируемые электродвигатели постоянного тока и электродвигатели совместно с гидросилителями.

**Привод подач** является одним из важнейших элементов станка, определяющий суммарную погрешность обработки. Привод движения подач характеризуется минимально возможными зазорами, малым временем разгона и торможения, плавностью хода, небольшими силами трения, повышенной жесткостью кинематических цепей, расширенным диапазоном регулирования подач. В качестве привода используют синхронные (вентильные) двигатели на постоянных магнитах, их оснащают датчиками обратной связи и тормозами. Реже применяют асинхронные двигатели.

### **Привод подачи для станков с ЧПУ.**

В качестве привода используется синхронные или асинхронные электродвигатели, управляемые от цифровых преобразователей, передающие и принимающие сигналы от системы ЧПУ станка.

В качестве привода главного движения для станков с ЧПУ используются двигатели переменного тока – для больших мощностей и постоянного тока - для малых мощностей.



*Рисунок 7- Сервоприводы*

**Вспомогательные элементы** станков с ЧПУ включают в себя устройства смены инструмента (магазины, автооператоры, револьверные головки), систему смазывания, загрузочные устройства, зажимные приспособления, устройства для уборки стружки и т.д.

### **Автоматическое устройство смены инструмента (АУСИ,магазины,автооператоры,револьверные головки)**

АУСИ - необходимо для смены инструмента в процессе обработки заготовки.

Состоит из двух основных частей:

1) **Инструментальный магазин** для формирования запаса инструмента. Инструментальные магазины бывают следующих видов:

- **Дисковый** - накопление небольшого количества инструмента до 30 штук.
- **Цепного типа**. Служит для накопления большого количества инструмента. Конфигурация цепи может быть изменена, за счет это можно увеличить количества инструмента - не значительно увеличивая общий объем магазина. Его можно располагать горизонтально, вертикально, наклонно.

Анализ большого количества различных деталей средних размеров, показывает, что 18 % деталей требуют использования не более 10 инструментов, 50 % — до 20; 17 % - до 30, 10 % - 40 и 5 % - до 50 и более инструментов. В связи с этим в основном используют магазины с количеством инструмента равным 30 штук. Магазин может располагаться на шпиндельной бабке, на станине, колонне.



*Рисунок 8-Дисковый инструментальный магазин*

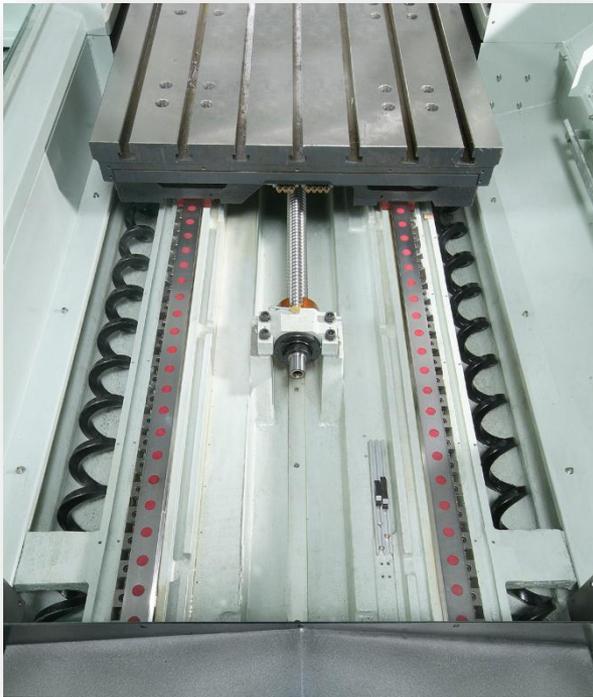


*Рисунок 9-Цепной инструментальный магазин*

# Стружкотранспортер

Два типа:

- Винтовой стружкотранспортер используется в основном для отвода мелкой, стружки надлома, скалывания (образует при обработке чугуна, твердых сталей).
- Ленточный стружкоуборончный транспортер, предназначен для отвода сливной стружки (образуется при обработки вязких и мягких материалов).



*Рисунок 10-Винтовой  
стружкотранспортер*



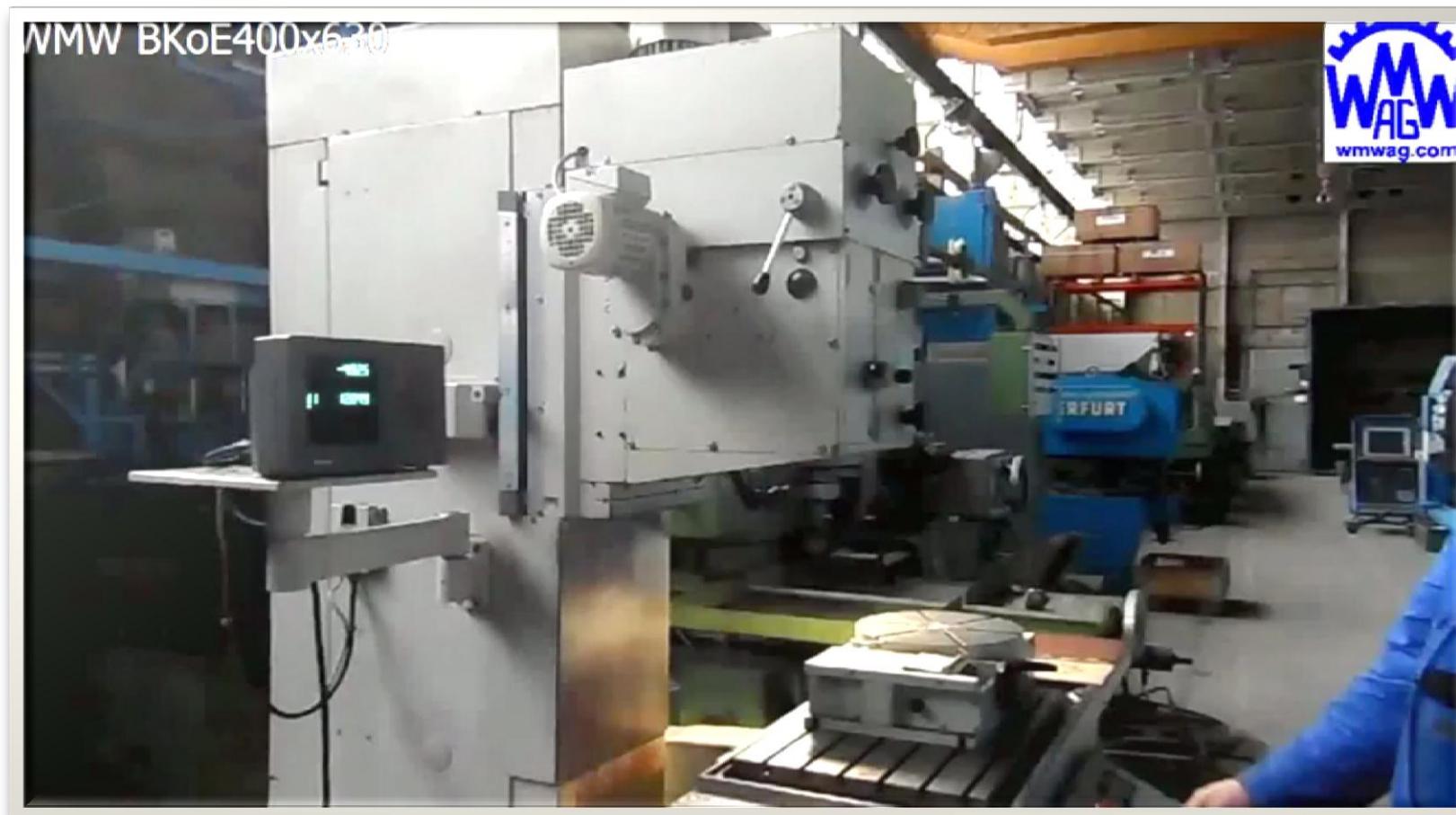
*Рисунок 11-Ленточный  
стружкотранспортер*

# Обозначения станков и систем ЧПУ.

Система ПУ	Условное обозначение	Примеры	
		Модель станка	Наименование
Цифровая индикация с предварительным набором координат	Ф1	6560Ф1	Фрезерный станок с устройством цифровой индикации
		3ЕЭ11ВФ1	Плоскошлифовальный станок высокой точности с цифровой индикацией и преднабором координат подач
Позиционная система ЧПУ	Ф2	2Н55Ф2	Радиально-сверлильный станок
		2А622Ф2	Горизонтально-расточной станок
Контурная система ЧПУ	Ф3	16К20Ф3	Токарный станок
		6Р11Ф3	Фрезерный станок
Комбинированная система ЧПУ	Ф4	53А20Ф4	Зубофрезерный полуавтомат
		243ВФ4	Сверлильно-фрезерно-расточной станок
Цикловая система управления	Ц	171Ц	Токарный многорезцово-копировальный полуавтомат
Оперативная система управления	Т	16К20Т1	Токарный станок

# Станки с цифровой индикацией с предварительным набором координат

Координатно сверлильный станок - двухстоечный WMW ВКоЕ400х630 mL.



## Позиционная система ЧПУ

Позиционные системы ЧПУ представляют собой наиболее простой вид управляющей системы. По каждой координатной оси программируется только величина перемещения исполнительного органа до заданной позиции, а траектория перемещения может быть произвольной. Перемещение из позиции в позицию совершается на максимальной скорости. Перемещение в процессе обработки после достижения заданной позиции допускается исключительно по прямой линии и с рабочей подачей. Позиционные системы ЧПУ используются, когда обработка происходит только в определенных позициях на плоскости, например, в сверлильных и координатно-расточных станках.

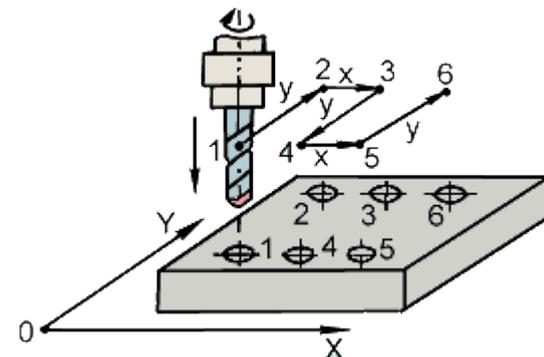


Рисунок 2.14 - Пример обработки при позиционной системе управления



Сверлильный станок с ЧПУ ProArc Drill+

В позиционных системах ЧПУ каждый кадр программы обычно соответствует обработке одного отверстия или одному проходу инструмента. Позиционные системы обеспечивают высокоточное перемещение ИО станка в заданную программой позицию за минимальное время. По каждой координатной оси программируется только величина перемещения, а траектория перемещения может быть произвольной.

## Прямоугольная система ЧПУ

Прямоугольные системы ЧПУ программируют перемещения исполнительных органов станка только поочередно вдоль одной из координатных осей. Скорость подачи при перемещении в заданную позицию и в процессе обработки задается управляющей программой. Прямоугольные системы ЧПУ используются в тех случаях, когда обрабатываемые контуры заготовки можно расположить параллельно осям координат, например при продольном точении или плоскопараллельной фрезеровке.

В этих системах, как и в позиционных, программируются конечные координаты перемещения. Однако, в программе задается скорость движения в соответствии с требуемым режимом резания, и перемещение выполняется поочередно по каждой из координатных осей.

В этих системах отставание или опережение (рассогласование) по скорости относительно запрограммированного значения непосредственно не вызывает погрешности обработки, так как инструмент продолжает движение по заданной траектории. Возникает лишь нарушение расчетного режима резания и связанное с этим изменение шероховатости обрабатываемой поверхности и упругих деформаций системы станок - деталь. Прямоугольные системы управления используют в станках фрезерной, токарной и шлифовальной групп.

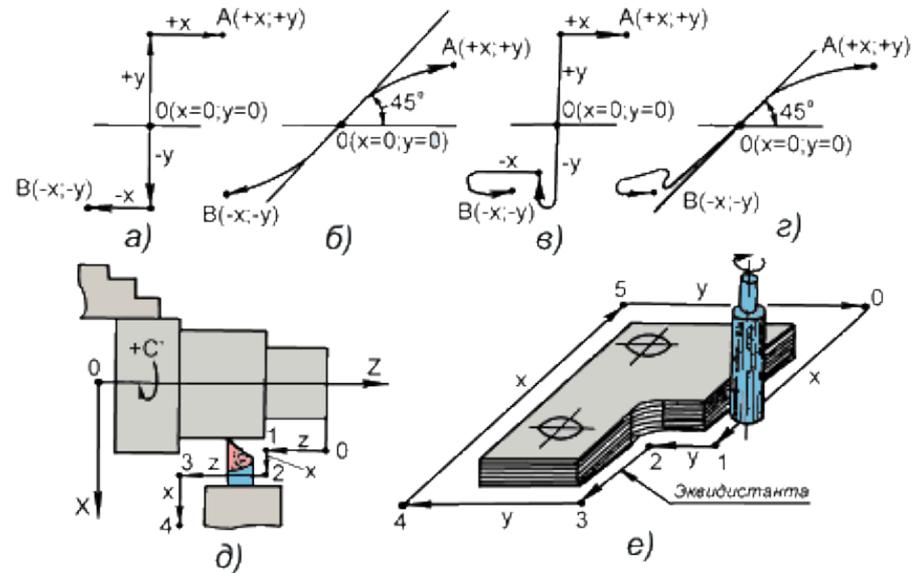


Рисунок 2.17 - Виды траекторий перемещения ИО станка с системой прямоугольного формообразования:

**а, б** - на токарном и фрезерном станках при отсутствии криволинейных участков; **в, г** - при наличии криволинейных участков; **д** - при грубом позиционировании; **е** - при точном позиционировании.

## **Формообразующая система ЧПУ**

Формообразующие системы ЧПУ реализуют движение исполнительного органа станка одновременно по двум и более осям координат, за счет чего появляется возможность производить обработку контуров и поверхностей сложной формы. В данных системах используют многокоординатный (как минимум двух координатный) интерполятор, выдающий управляющие сигналы сразу на соответствующее количество приводов подач.

Прямоугольные и формообразующие системы ЧПУ относятся к контурным (непрерывным) системам. Контурные системы ЧПУ обеспечивают автоматическое перемещение исполнительных органов станка по управляющей программе, которая задает траекторию перемещения и контурную скорость, с которой оно выполняется. Многоцелевые (сверлильно-фрезерно-расточные) станки с ЧПУ оснащаются, как правило, гибридными контурно-позиционными системами управления, позволяющие оптимизировать управление станка в зависимости от вида обработки.

Формообразующие системы ЧПУ в настоящее время являются наиболее распространенным видом ЧПУ. Они имеют несколько уровней сложности, в зависимости от количества одновременно управляемых осей координат:

- 2½D-формообразующие;
- 3D-формообразующие;
- 4D- формообразующие;
- 5D- формообразующие.

## Примеры отечественных УЧПУ для станков основных групп.

Станки	Устройства ЧПУ			
	3-го поколения	3-го поколения с расшир. функциями	4-го поколения (микропроцессорные)	5-го поколения (микропроцессорные многоцелевые)
Токарные	Н22	1Н22	1Р-22 НЦ-31 2Р-32	ИЦО-П ИЦО-ПБ НЦ-80-31 «Размер-5» 2С85-61 2У32-61
Фрезерные	Н33	1Н33-6	2У-32 2Р-32	
Сверлильно-расточные	2П32-8 3П32-3М	2П52 2П62-3Н «Размер 2М»		
Шлифовальные	ПШ-13			
Многоцелевые обрабатывающие центры		У85 «Размер-4»	2С42 2С85	

# Виды металлообрабатывающего оборудования с ЧПУ



# Токарные станки с ЧПУ

Токарные станки с ЧПУ используются для внутренней и наружной обработки сложных деталей и заготовок типа тел вращения.

На токарных станках выполняют традиционный комплекс технологических операций: обточку и расточку цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, нарезание резьбы, подрезку и обработку торцов, сверление, зенкерование и развертывание отверстий и т. д. Токарные станки с ЧПУ составляют самую значительную долю в парке станков с ЧПУ.

Токарное оборудование применяется при средне- и мелкосерийном производстве, где важна высокая точность.

Станки с ЧПУ могут быть оснащены револьверными головками, обеспечивающими автоматическую смену инструмента. Такое решение позволяет использовать токарное оборудование в качестве недорогих, многофункциональных систем, способных выполнять большую часть производственных задач в минимальные сроки при низкой себестоимости работ.



*Рис. 1 Типовые детали полученные токарной обработкой с ЧПУ: а – детали типа втулок; б – деталь Т-образной формы; в – детали типа дисков, фланцев; г – ступенчатый вал; д – крупногабаритная кольцевая деталь; е – тонкостенная оболочка*

Токарные станки с ЧПУ имеют две управляемые координаты: Z- перемещение каретки вдоль оси шпинделя; X- перемещение салазок перпендикулярно этой оси. На поперечных салазках установлен либо резцедержатель, либо револьверная поворотная инструментальная головка, ось вращения которой может располагаться параллельно оси шпинделя, перпендикулярно или наклонно. Револьверные головки бывают четырех-, шести- и двенадцатипозиционные, причем на каждой позиции можно устанавливать по два инструмента для наружной и внутренней обработки заготовки. Иногда станки оснащают двумя револьверными головками, в одной закрепляют инструменты для наружной обработки, в другой — для внутренней.

Токарные станки с ЧПУ оснащают магазином инструментов (емкостью до 20 инструментов), но их применяют редко, так как практически для токарной обработки заготовки требуется не более 10 инструментов. Использование большего числа инструментов целесообразно при обработке труднообрабатываемых материалов, когда инструменты имеют малый период стойкости и при обработке сложных деталей с большим количеством операций.



*4-позиционный  
резцедержатель  
(ручной)*



*Инструментальная  
головка на 8  
инструментов с  
внутренней подачей  
СОЖ.*



*Инструментальный магазин*

# Классификация токарных станков с ЧПУ.

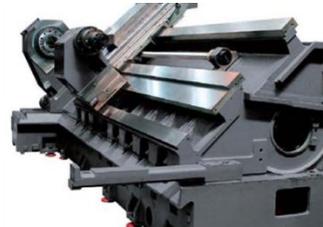
- По расположению оси шпинделя - горизонтальные и вертикальные;
- По расположению направляющих:



*горизонтальные*



*вертикальные*



*наклонные*



*Горизонтальный токарный станок с ЧПУ 2480 ENC*



*Вертикальный токарный станок с ЧПУ Victor Vturn-V560*



*All rights reserved by Supersonic*



*All rights reserved by Supersonic*

- По организации инструментальной системы - с одним или несколькими суппортами, с револьверной головкой, с суппортом и револьверной головкой, с суппортом и инструментальным магазином и др;
- По числу применяемых во время обработки инструментов (одно- и многоинструментальные станки);
- По виду выполняемых работ - центровые, патронные, патронно-центровые, карусельные.

**Центровые токарные** станки с ЧПУ используются для обработки деталей и заготовок типа валов с криволинейным и прямолинейным контурами. На таких станках можно выполнить резьбу резцом по программе.

**Патронные токарные** станки с ЧПУ применяются для нарезания резьбы метчиками, зенкерования, сверления, обточки, развертывания, цекования в осевых отверстиях деталей типа шкивов, фланцев, крышек, зубчатых колес и др. Также можно произвести нарезание резцом наружной и внутренней резьбы по программе.

**Патронно-центровые** токарные станки с ЧПУ предназначены для внутренней и наружной обработки различных не простых деталей и заготовок типа тел вращения и наделены технологическими признаками токарных патронных и центровых станков.

**Карусельные станки** (1512Ф3, 1А512МФ3, 1А516МФ3, 1А525МФ3, 1А521ЛМФ3, 1Л532Ф2) предназначены для обработки фланцев, дисков, втулок, корпусов сравнительно больших размеров.



*Токарный вращающийся центр*



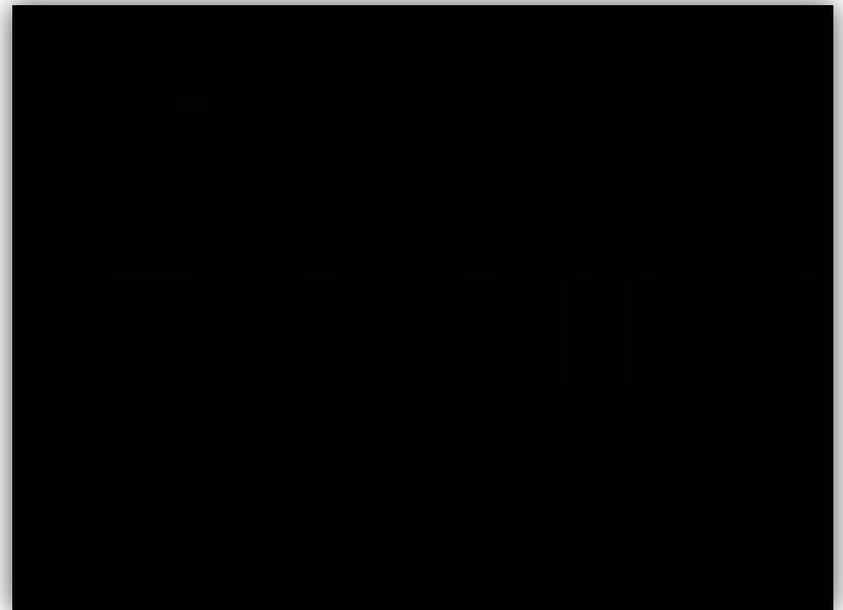
*Токарный 6-и кулачковый патрон*

# Обработка на токарных станках с ЧПУ

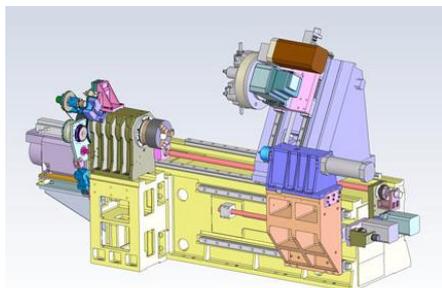
Настольный токарный станок с ЧПУ



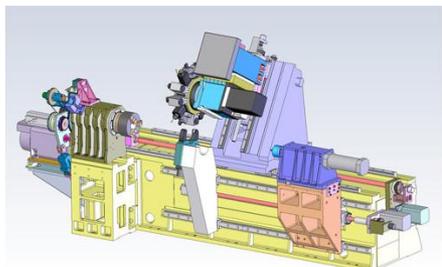
Тяжелые токарные станки с ЧПУ  
– серии GURUTZPE



# Токарные обрабатывающие центры с ЧПУ



Обрабатывающий центр с револьверной головкой и задней бабкой



ОЦ с силовой бабкой, револьверной головкой с осью «У», с контршпинделем и люнетом

Токарно-фрезерный обрабатывающий центр предназначен для комплексной обработки деталей типа тел вращения в патроне и центрах.

Точность обработки обеспечивается конструкцией станка (высокоточные подшипники, линейные направляющие, активные измерительные системы контроля инструмента, жесткость и виброустойчивость базовых корпусных деталей, термосимметричные конструкции, исключая влияние температурных деформаций и т.д.).

Полная обработка детали за один установ исключает погрешности базирования, имеющие место при традиционной технологии.

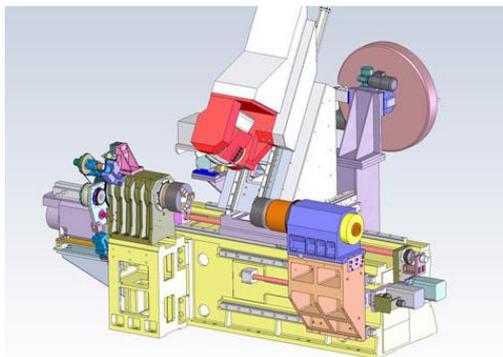
Концентрация операций на одном станке позволяет достичь ощутимой экономии за счет отказа от изготовления специальной оснастки для базирования заготовок на смежных операциях.

Примерный перечень типовых деталей, подлежащих обработке на токарно-фрезерном обрабатывающем центре:

1) Фланцы с отверстиями, лысками, пазами; 2) корпуса гаек ШВП, токарных патронов; 3) корпуса фасонных, торцовых фрез; 4) зубчатые колеса до нарезки зуба (мелкомодульные – с полным циклом операций до термообработки); 5) круглые и торцевые копиры и другие фасонные детали.

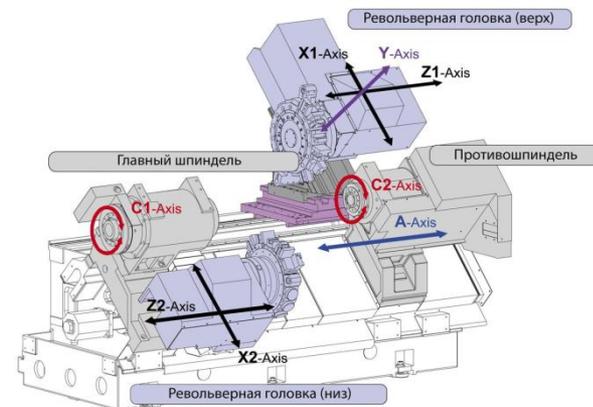
# Пример обработки на токарно-фрезерных обрабатывающих центрах

## Токарно-фрезерный станок DMG CTX gamma 2000 TC



*Обрабатывающий центр с поворотной головкой и контршпинделем*

## Многофункциональные обрабатывающие центры



INDEX