

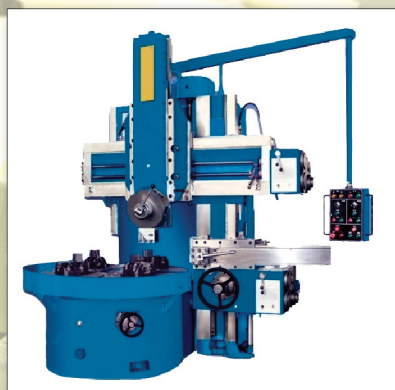
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения

А.А. Козлов, В.А. Гуляев

ОБОРУДОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ



Электронное
учебно-методическое
пособие



© ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», 2020

ISBN 978-5-8259-1487-9

УДК 621.9.06

ББК 34.63-5

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, начальник
конструкторско-технологического отдела ООО «Авис» *Д.Е. Салабаев*;
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры
«Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Тольяттинского государственного университета *Д.А. Расторгуев*.

Козлов, А.А. Оборудование машиностроительных производств : электрон. учеб.-метод. пособие / А.А. Козлов, В.А. Гуляев. — Тольятти : Изд-во ТГУ, 2020. — 1 оптический диск. — ISBN 978-5-8259-1487-9.

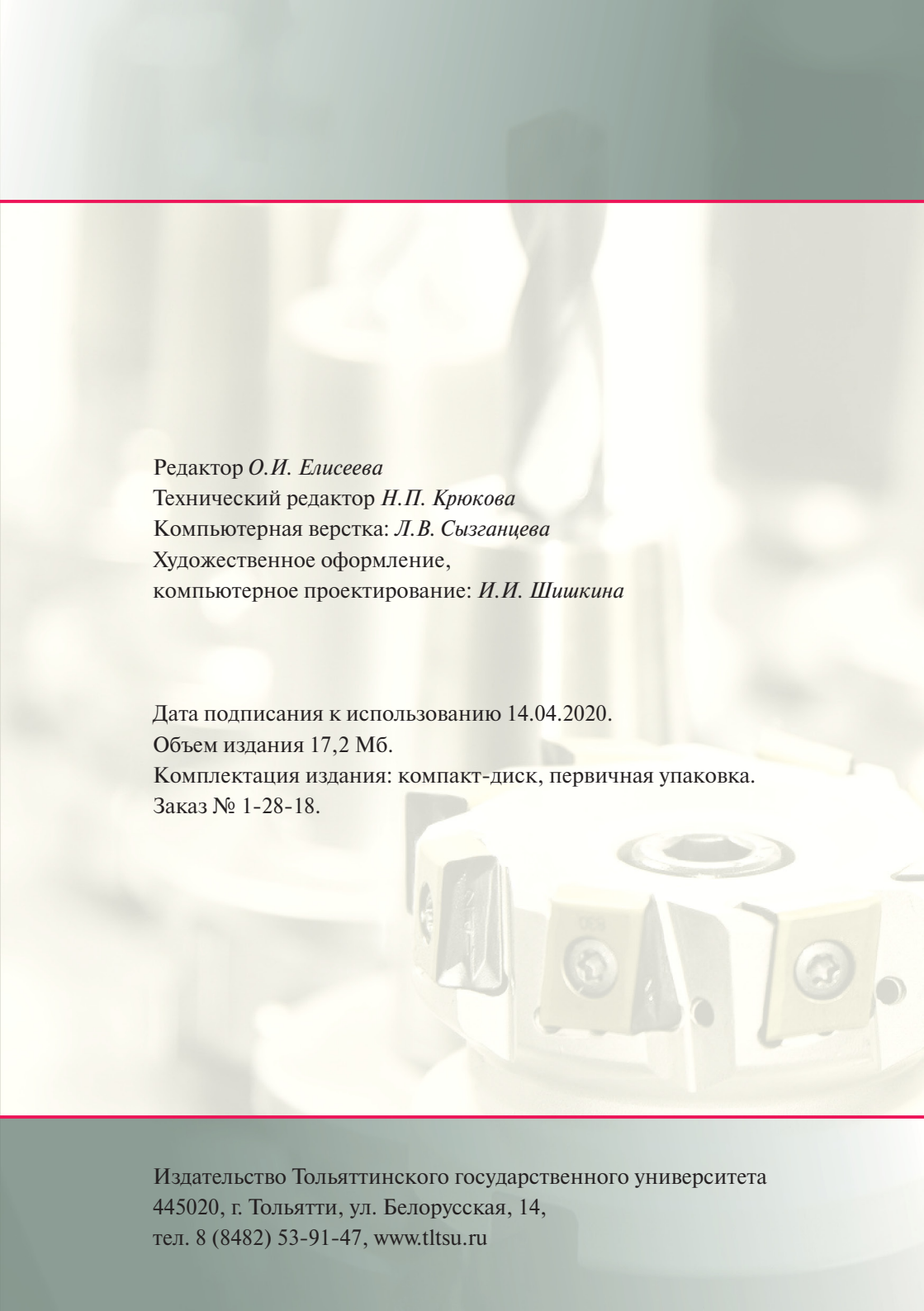
В пособии рассматриваются вопросы, связанные со структурой, количественным и качественным составом машиностроительного предприятия.

Предназначено для студентов направления подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профили «Проектирование технологических процессов», «Технология машиностроения»), очной и заочной форм обучения.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер; Windows XP/Vista/7/8; ПIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.



Редактор *О.И. Елисеева*
Технический редактор *Н.П. Крюкова*
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*
Художественное оформление,
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 14.04.2020.

Объем издания 17,2 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-28-18.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,
тел. 8 (8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1. МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ТОКАРНЫЕ СТАНКИ	6
2. СВЕРЛИЛЬНЫЕ И РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ	26
3. СТРОГАЛЬНЫЕ, ДОЛБЕЖНЫЕ И ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ И ДОВОДОЧНЫЕ СТАНКИ	45
4. РЕЗЬБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ. ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ	63
5. РАЗРЕЗНЫЕ СТАНКИ. РАЗНЫЕ СТАНКИ. АГРЕГАТНЫЕ СТАНКИ	81
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ	96
Практическое задание 1	96
Практическое задание 2	104
Практическое задание 3	113
Практическое задание 4	120
Библиографический список	132
Глоссарий	134

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного курса является поэтапное овладение профессиональными компетенциями и обеспечение требуемого уровня теоретических и практических знаний по дисциплине «Оборудование и технологическая оснастка машиностроительных производств».

Задачами курса являются изучение основ организации производственных процессов на предприятии, формирование умения обосновывать и производить техническое перевооружение и реконструкцию предприятия, осваивать производство новой продукции, а также освоение методов диагностики производственно-экономического потенциала предприятия.

Дисциплина «Оборудование и технологическая оснастка машиностроительных производств» рассматривает вопросы, связанные со структурой, количественным и качественным составом машиностроительного предприятия. При этом достигается формирование у обучающихся способности ориентироваться в перспективах развития техники и технологии, разрабатывать и использовать графическую документацию. Кроме того, изучение дисциплины развивает способность принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива и способность оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой техники.

1. МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ТОКАРНЫЕ СТАНКИ

Станки токарной группы предназначены для выполнения самых разнообразных операций обработки поверхностей вращения:

- обтачивания наружных и растачивания внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, подрезания торцов и уступов;
- прорезания круговых канавок;
- сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания отверстий;
- нарезания наружных и внутренних резьб.

Токарные станки по сравнению с другими группами металлорежущих станков наиболее распространены на машиностроительных заводах.

В состав станков токарной группы входят:

- универсальные токарные и токарно-винторезные станки;
- револьверные, лобовые, карусельные и затыло́вочные станки;
- одношпиндельные и многошпиндельные автоматы;
- многорезцовые, копировальные и многошпиндельные полуавтоматы;
- специализированные станки, применяемые для обработки деталей определенных типов.

Универсальные токарно-винторезные станки предназначены для обработки самых разнообразных деталей: валов, втулок, колец, дисков и т. д., а также поверхностей вращения у деталей некруглой формы.

На этих станках могут выполняться все указанные выше операции.

На универсальных токарных станках можно выполнять все виды работ, за исключением нарезания резьбы резцами.

Один из самых широко распространенных — токарно-винторезный станок модели 16К20, применяемый в единичном и мелкосерийном производствах (рис. 1.1).

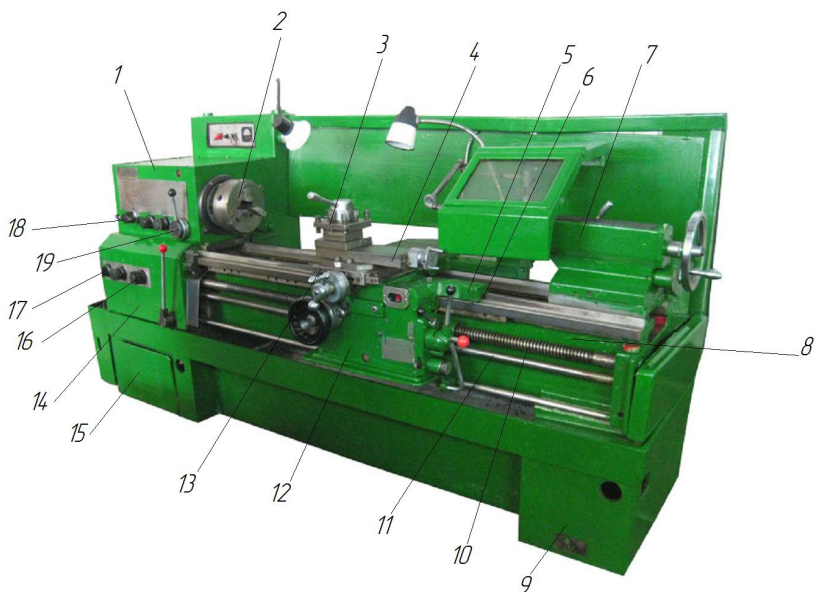


Рис. 1.1. Токарно-винторезный станок модели 16К20

Станина 8 с продольными направляющими опирается на переднюю 15 и заднюю 9 тумбы. Слева на станине смонтирована передняя шпиндельная бабка 1, несущая шпиндель 2, который осуществляет главное рабочее движение, передаваемое обрабатываемой заготовке кулачковым или поводковым патроном. В передней бабке располагаются валы коробки скоростей, переключение которых осуществляется рукоятками управления 18 и 19. С правой стороны расположена задняя бабка 7, на выдвижной пиноли которой устанавливается задний центр. Заднюю бабку можно перемещать вдоль направляющих станины и закреплять в зависимости от длины обрабатываемой заготовки на требуемом расстоянии от передней бабки. По направляющим 6 станины между обеими бабками перемещается суппорт, сообщающий закрепленным в 4-позиционном поворотном резцедержателе 3 резцам движение подачи. Суппорт имеет нижнюю каретку 5 с продольным движением подачи, средние поперечные салазки 13 с поперечным движением подачи и верхние резцовые поворотные салазки 4 с движением подачи в горизонталь-

ной плоскости под любым углом. Продольная и поперечная подачи каретки и поперечных салазок осуществляются от механизмов, расположенных в прикрепленном к каретке суппорта фартуке 12 и получающих движение от коробки подач 14 через ходовой вал 11 при точении. При нарезании резьбы используется ходовой винт 10. Коробка подач получает движение от шпинделя станка через гитару сменных колес. Управление коробкой подач осуществляется рукоятками 16 и 17, с помощью которых устанавливается подача или шаг резьбы. В передней тумбе 15 расположен главный электродвигатель станка. Для осуществления быстрого установочного перемещения суппорта станок имеет вспомогательный электродвигатель, сообщающий быстрое вращение ходовому валу 11. В нижней части станина станка снабжена корытом для сбора стружки и смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

Для закрепления на токарном станке обрабатываемой заготовки применяют универсальные и специальные приспособления. К наиболее распространенным приспособлениям относятся патроны, центры, оправки. При обработке длинных нежестких валов для создания дополнительной опоры с целью предотвращения прогиба вала под действием сил резания применяют люнеты.

Обработку конических поверхностей на токарном станке производят тремя способами. *Первый* способ заключается в том, что резцовые салазки суппорта поворачивают на угол α , равный половине угла при вершине обрабатываемого конуса. Этот способ используют при обработке конусов небольшой длины. При *втором* способе корпус задней бабки смещают в поперечном направлении относительно ее основания. При этом ось заготовки образует с линией центров угол α , и резец при движении в направлении продольной подачи обтачивает коническую поверхность. Смещение задней бабки не превышает от 8 до 10 мм, поэтому этим способом обрабатываются конусы с малым углом при вершине. *Третий* способ основан на применении копирно-конусной линейки. Линейку устанавливают на кронштейне с задней стороны станины станка под углом α к оси заготовки. Поперечные салазки суппорта соединяют с ползунком линейки тягой. При продольном перемещении суппорта с резцом ползун будет двигаться по линейке, одновременно перемещая

салазки в поперечном направлении. Этот способ обеспечивает изготовление точных конусов любой длины.

Обработку фасонных поверхностей на токарных станках производят фасонными резцами или применяют различные копировальные устройства.

Токарно-револьверные станки применяют в мелко- и среднесерийном производстве для изготовления деталей сложной конфигурации, требующих при обработке последовательного применения разнообразного режущего инструмента.

На этих станках можно выполнять все основные токарные работы.

Конструктивно револьверные станки отличаются от универсальных токарных станков отсутствием задней бабки, гитары сменных шестерен и ходового винта. В отличие от суппорта универсального токарного станка с тремя салазками и резцедержателем револьверный суппорт имеет одну продольную подачу по направляющим станины. Суппорт несет на себе револьверную головку с отверстиями-гнездами, в которых с помощью вспомогательного инструмента (державки, переходные втулки, сверлильные патроны) устанавливают различный режущий инструмент.

В качестве режущего инструмента могут быть использованы резцы, свёрла, зенкеры, развертки, метчики, плашки. При наличии специальных комбинированных державок в одном гнезде головки можно закрепить несколько инструментов.

Принципиальным отличием револьверных станков от универсальных токарных является наличие системы упоров, автоматически выключающих в требуемый момент движение подачи.

Наладка токарно-револьверного станка является довольно сложной и трудоемкой. Она заключается в установке в определенном порядке в револьверной головке и поперечном суппорте вспомогательного и режущего инструмента, в настройке упоров хода суппорта.

В зависимости от вида заготовок различают прутковые и патронные револьверные станки.

Обычно станки малого размера прутковые, среднего — прутковые и патронные, крупные — обычно патронные.

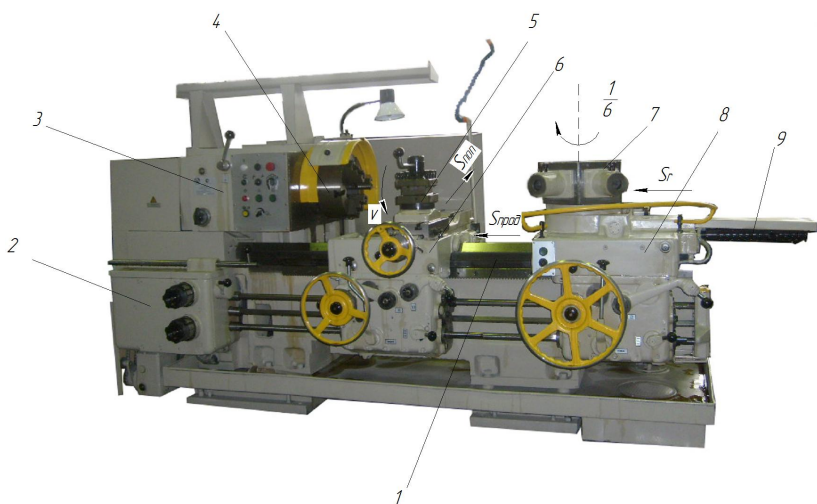


Рис. 1.2. Револьверный станок модели 1П371

Рассмотрим револьверный станок модели 1П371 (рис. 1.2) с вертикальной осью вращения револьверной головки в патронном исполнении.

На станине 1 смонтированы шпиндельная бабка 3 с коробкой скоростей и шпинделем и коробка подач 2.

От электродвигателя через ременную передачу и коробку скоростей главное вращательное движение сообщается шпинделю и заготовке, закрепленной в трехкулачковом самоцентрирующем патроне 4.

Движение подачи сообщается инструментам, закрепленным в шести гнездах револьверной головки 7 и резцедержателе 5 поперечного суппорта с фартуком 6.

Револьверная головка вместе с продольным револьверным суппортом 8 совершает движение продольной подачи, а салазки поперечного суппорта — движение поперечной и продольной подачи.

После выполнения перехода револьверный суппорт отводится в крайнее правое положение и головка поворачивается на $1/6$ оборота, вводя в рабочую позицию новый инструмент или комплект инструментов.

Упоры, выключающие движение продольной подачи револьверного суппорта, установлены на барабане 9.

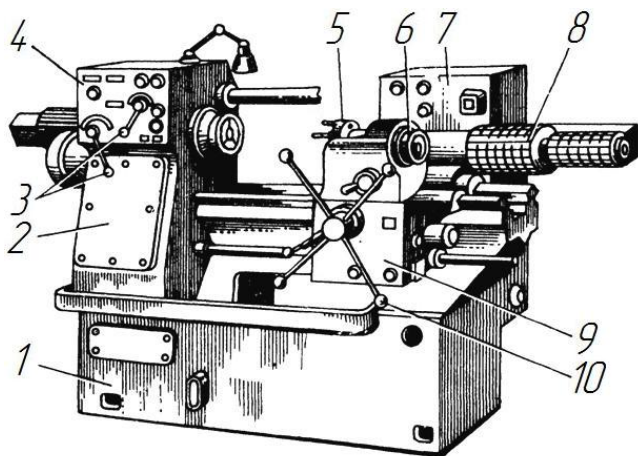


Рис. 1.3. Револьверный станок модели 1Г340

Рассмотрим револьверный станок модели 1Г340 с горизонтальной осью вращения револьверной головки (рис. 1.3).

На станине 1 закреплены шпиндельная бабка 4 с коробкой скоростей и коробка подач 2 с рукоятками 3 переключения подвижных блоков.

По продольным направляющим станины может перемещаться продольный суппорт 9 с револьверной головкой 5, имеющей 16 гнезд для установки инструмента.

Ручное перемещение суппорта осуществляется штурвалом 10, механическое перемещение — от коробки подач.

Поперечная круговая подача на станках с горизонтальной осью вращения револьверной головки, параллельной оси шпинделя, осуществляется медленным вращением головки с помощью маховичка 6, поэтому поперечного суппорта на таких станках нет.

Смену инструмента производят быстрым поворотом головки.

В электрошкафу 7 размещено электрооборудование станка.

Особенностью станка является наличие командоаппарата, который вместе с барабаном упоров 8 сидит на одной оси с револьверной головкой и поворачивается вместе с ней.

Шесть кулачков командоаппарата при движении или повороте револьверной головки действуют на конечные выключатели,

управляющие электромагнитными муфтами коробок скоростей и подач станка.

Командоаппарат служит для предварительного набора и автоматического управления частотами вращения шпинделя, подачами револьверной головки и периодическим поворотом ее в нужную позицию по заданной программе.

Станок оснащен гидравлическим механизмом подачи и зажима прутка, копировальной линейкой для обтачивания конических поверхностей и устройством для нарезания резьбы резцом или гребенкой.

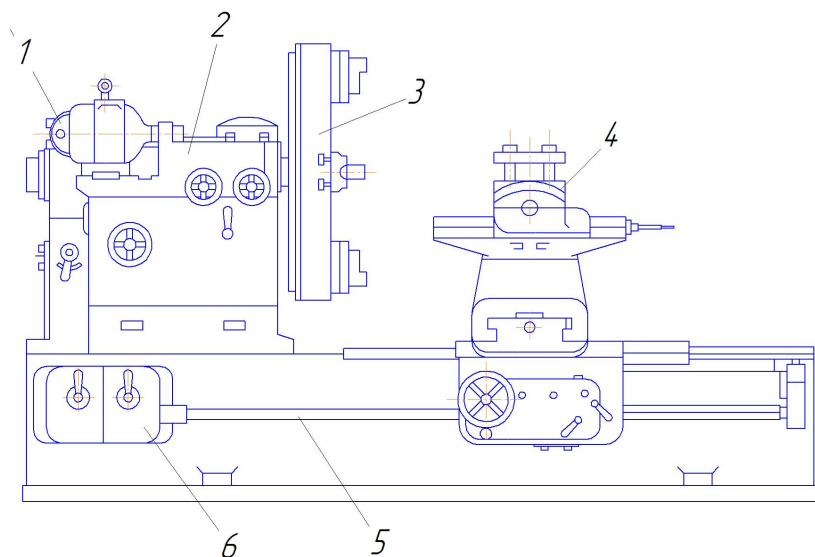


Рис. 1.4. Лобовые токарные станки

Токарно-лобовые и токарно-карусельные станки применяют для обработки заготовок большого диаметра и сравнительной малой длины (шкивы, маховики, кольца, крупные зубчатые колеса и т. п.).

На лобовых станках (рис. 1.4) обрабатывают заготовки массой до 5 тонн, а на карусельных — без ограничения массы и диаметром до 10 метров.

Лобовые токарные станки применяют в единичном и мелкосерийном производствах.

От универсальных токарных станков лобовые станки отличаются более низкой и короткой станиной, наличием планшайбы большого диаметра (до 4 м) и отсутствием задней бабки.

При обработке на лобовом станке обрабатываемую заготовку устанавливают на планшайбе 3, закрепленной на шпинделе. Главное вращательное движение от электродвигателя 1 сообщается шпинделю через коробку скоростей, расположенную внутри шпиндельной бабки 2.

Резец, закрепленный в резцедержателе 4 суппорта, получает движение продольной или поперечной подачи от шпинделя через коробку подач 6 и ходовой вал 5.

Лобовые станки имеют ряд существенных недостатков:

- 1) установка, выверка и закрепление тяжелой заготовки на вертикальной лобовой плоскости планшайбы представляет значительные трудности;
- 2) консольное закрепление заготовки вызывает изгиб шпинделя, следствием чего является возникновение вибраций.

Поэтому обработка производится на малых частотах вращения шпинделя при низкой производительности и невысокой точности.

По этим причинам лобовые станки в значительной степени вытеснены более совершенными карусельными станками, свободными от указанных недостатков.

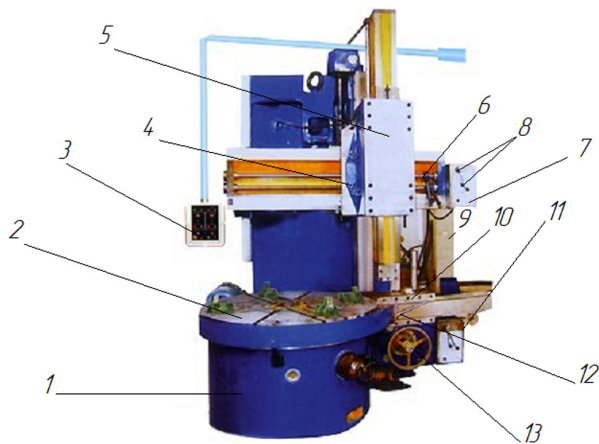


Рис. 1.5. Одностоечный токарно-карусельный станок 1512

В карусельных станках ось шпинделя расположена вертикально, а лобовая плоскость планшайбы – горизонтально, вследствие чего существенно облегчается установка, выверка и закрепление заготовок.

Вес заготовки и силы резания воспринимаются круговыми направляющими планшайбы, а крутящий момент сообщается от коробки скоростей станка не шпинделю, а непосредственно планшайбе, имеющей для этого зубчатый венец.

Поэтому шпиндель разгружен от напряжений изгиба и кручения, благодаря чему значительно повышаются точность и производительность обработки.

Токарно-карусельные станки изготовляют двух типов: одностоечные и двухстоечные порталные.

Одностоечные станки имеют планшайбу диаметром до 1600 мм, двухстоечные – до 25000 мм.

Карусельные станки могут оснащаться приспособлениями для шлифования и фрезерования, и тогда кроме токарной обработки можно выполнять и эти операции.

Рассмотрим одностоечный токарно-карусельный станок модели 1512 (рис. 1.5).

Станина *1* жестко скреплена со стойкой *9*, по вертикальным направляющим которой может перемещаться траверса *б* и боковой суппорт *10* с четырехпозиционным резцедержателем *12*.

На круговых направляющих станины смонтирована планшайба *2*, на которой устанавливается обрабатываемая заготовка.

Коробка скоростей размещена внутри станины.

По горизонтальным направляющим траверсы может перемещаться вертикальный револьверный суппорт *5* с пятипозиционной револьверной головкой *4*.

Оба суппорта, вертикальный и боковой, могут совершать движение вертикальной и горизонтальной подачи.

Револьверная головка вертикального суппорта несет инструменты для обработки верхней поверхности и отверстия заготовки, а боковой суппорт – резцы для обработки боковой поверхности.

Для обработки конусов верхний суппорт можно поворачивать относительно горизонтальной оси.

Вертикальное перемещение траверсы является наладочным.

При выполнении операции траверса неподвижно закрепляется на стойке.

Привод подач револьверного и бокового суппортов осуществляется от коробок подач 7 и 11, а вручную суппорты перемещаются маховиками 8 и 13.

Управление станком осуществляется от пульта 3.

Автоматом называется станок, в котором все рабочие и вспомогательные движения, необходимые для обработки заготовки, включая ее установку и снятие обработанной детали, осуществляются автоматически.

Полуавтоматом называется автоматический станок, в котором часть вспомогательных движений, обычно связанных с установкой заготовок и снятием обработанных деталей, выполняется вручную.

По виду заготовки автоматы и полуавтоматы делят на прутковые и патронные. *Прутковые* станки служат для обработки деталей из прутков и труб, закрепляемых в цанговом патроне, а *патронные* — для обработки штучных заготовок, устанавливаемых в кулачковом патроне или на центрах.

По степени универсальности токарные автоматы и полуавтоматы делят на *универсальные*, предназначенные для обработки разных деталей, и *специализированные*, имеющие более узкое назначение.

По числу шпинделей токарные автоматы и полуавтоматы делят на одношпиндельные и многошпиндельные, по расположению шпинделей — на горизонтальные и вертикальные.

По способу управления рабочим циклом автоматы и полуавтоматы с механическим управлением делят на три группы. К *первой группе* относят станки, имеющие один равномерно вращающийся распределительный вал, управляющий как рабочими, так и вспомогательными движениями. Ко *второй группе* относят автоматы с одним распределительным валом, вращающимся в течение цикла с двумя скоростями: малой на рабочих и ускоренной на холостых ходах. К *третьей группе* относят автоматы, имеющие кроме распределительного еще и быстроходный вспомогательный вал.

Одношпиндельные токарные автоматы применяют в крупносерийном и массовом производствах для изготовления мелких деталей

из прутков и труб. По технологическому назначению они делятся на фасонно-отрезные, продольного точения и револьверные.

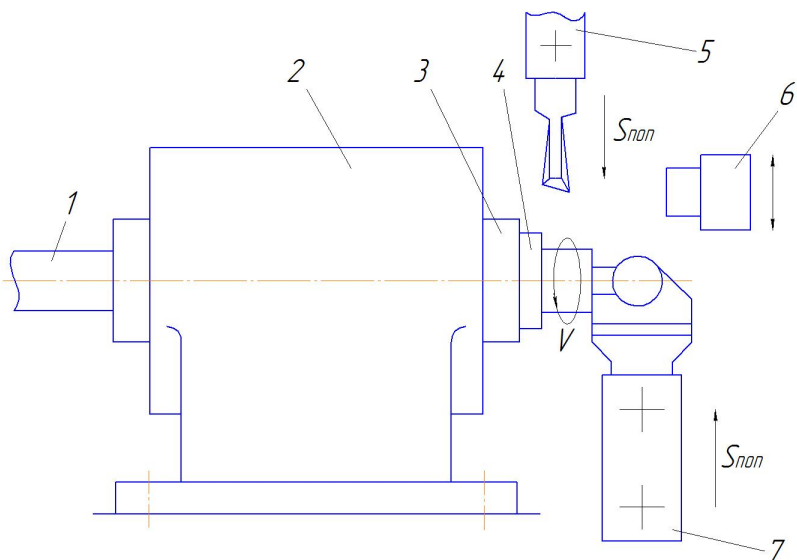


Рис. 1.6. Фасонно-отрезной автомат

Фасонно-отрезные автоматы (рис. 1.6) предназначены для изготовления коротких деталей сравнительно простой формы из прутка диаметром до 40 мм.

Пруток 1, закрепленный в цанговом патроне 4 шпинделя 3, вращающегося в подшипниках шпиндельной бабки 2, обрабатывается фасонными и отрезным резцами, установленными в двух-четырёх суппортах 5 и 7. Суппорты сообщают резцам поперечную радиальную или тангенциальную подачу. Продольной подачи эти автоматы не имеют. Перед закреплением в патроне пруток с помощью специального устройства подается до отводимого упора 6.

На автоматах *продольного точения* изготавливают сравнительно длинные детали диаметром до 32 мм. Особенностью этих автоматов является то, что движение продольной подачи осуществляется в них не резцами, как обычно в станках токарной группы, а обрабатываемым прутком. Это движение сообщается ему подвижной шпиндельной бабкой, перемещающейся по направляющим стани-

ны. Такая конструкция станка позволяет применить неподвижный люнет, который, предупреждая деформации прутка под действием сил резания, существенно повышает точность обработки.

Револьверные автоматы представляют собой полностью автоматизированные револьверные станки. Они предназначены для изготовления деталей сложной формы, требующих выполнения значительного количества разнообразных переходов. Инструменты, работающие с продольной подачей, закрепляются в револьверной головке, смонтированной на продольном суппорте, а резцы, работающие с поперечной подачей, закреплены в поперечных суппортах.

Одношпиндельные токарные полуавтоматы выпускаются с горизонтальным (реже – вертикальным) расположением оси шпинделя. Все они являются многорезцовыми станками.

Все полуавтоматы этого типа делят на три вида: многорезцовые, копировальные и многорезцово-копировальные.

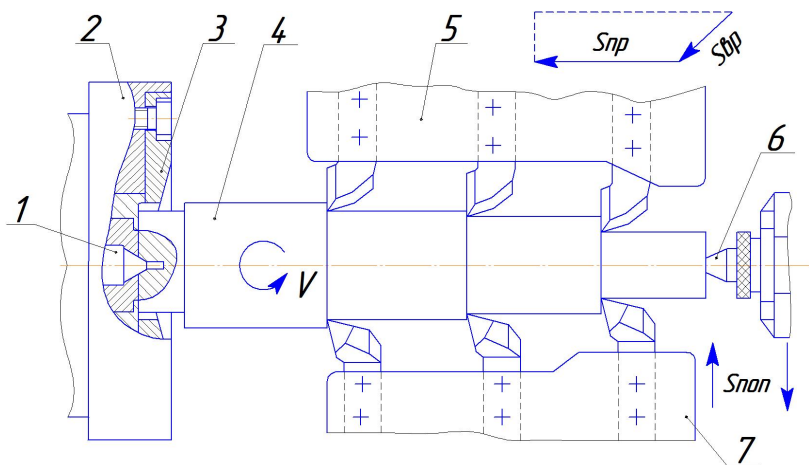


Рис. 1.7. Многорезцовый полуавтомат 1Н713

Многорезцовые токарные полуавтоматы применяют в крупносерийном и массовом производствах для обработки ступенчатых валов, втулок, поршней, шкивов, шестерен, блоков зубчатых колес и тому подобных деталей. При обработке детали устанавливаются в центрах, в патроне или на оправке. Идея многорезцовой обработки заключается в том, что обрабатываемая поверхность заго-

товки разбивается по длине на ряд участков, каждый из которых обрабатывается своим резцом. Это позволяет существенно сократить машинное время.

По компоновке многорезцовые полуавтоматы аналогичны универсальным токарным станкам, но отличаются наличием двух суппортов: продольного и поперечного. На продольном суппорте устанавливаются проходные резцы, которые, врезаясь на определенную глубину резания, производят затем совместное обтачивание различных поверхностей заготовки. На поперечном суппорте, совершающем движение поперечной подачи, устанавливают подрезные, фасонные и канавочные резцы.

Рассмотрим схему работы многорезцового полуавтомата модели 1Н713 (рис. 1.7). Заготовка вала 4 установлена на центрах. Крутящий момент передается заготовке от шпинделя самозахватывающим поводковым патроном 2, имеющим эксцентриковые кулачки 3, высечку и утопающий центр 1, обеспечивающим базирование заготовки по центральному отверстию и торцу. Для центрирования по правому центральному отверстию используется вращающийся центр 6, находящийся в пиноли задней бабки станка. При выполнении операции продольный верхний суппорт 5 совершает движения врезания, рабочей подачи и отвода в исходное положение, а поперечный нижний суппорт 7 совершает рабочий ход на заготовку и холостой ход в исходное положение.

Копировальные полуавтоматы (рис. 1.8) позволяют вести обработку при меньших мощностях привода, поскольку основной профиль заготовки обрабатывается всего одним резцом. Полуавтомат имеет гидравлический привод для перемещения суппортов и зажима заготовки, а также гидрокopировальное устройство для воспроизведения профиля детали по копиру.

Верхний копировальный суппорт 1 с установленным на нём проходным резцом, совершающий движение продольной подачи, имеет также поперечное перемещение. С помощью следящей гидросистемы копировальный суппорт точно повторяет движения щупа 2, находящегося в постоянном контакте с неподвижным копиром 3 или эталонной деталью. Кроме копировального суппорта имеются 1–2 нижних поперечных суппорта 4 для подрезки уступов,

прорезания канавок, снятия фасок. Суппорты расположены почти вертикально под углом 75° к горизонтальной плоскости, что облегчает обзор зоны обработки.

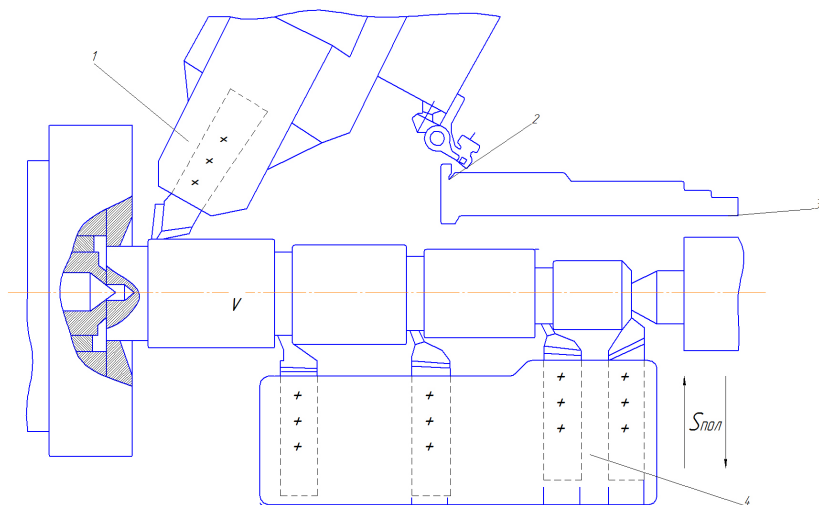


Рис. 1.8. Копировальный полуавтомат

Полуавтоматы имеют значительные преимущества перед многолезцовыми полуавтоматами, снабженными кулачковыми распределительными валами.

Третья разновидность одношпиндельных токарных полуавтоматов – *многолезцово-копировальные* – сочетает в себе лучшие качества двух предыдущих видов полуавтоматов. Это гидрофицированные станки, на которых копирование может вестись с одного-двух верхних копировальных суппортов, независимо каждым от своего копира. При этом один-два нижних поперечных суппорта также могут производить обработку независимо многими резцами.

У многошпиндельных автоматов шпиндели расположены горизонтально, у многошпиндельных полуавтоматов – горизонтально или вертикально.

Рассмотрим схему работы четырехшпиндельного токарного автомата.

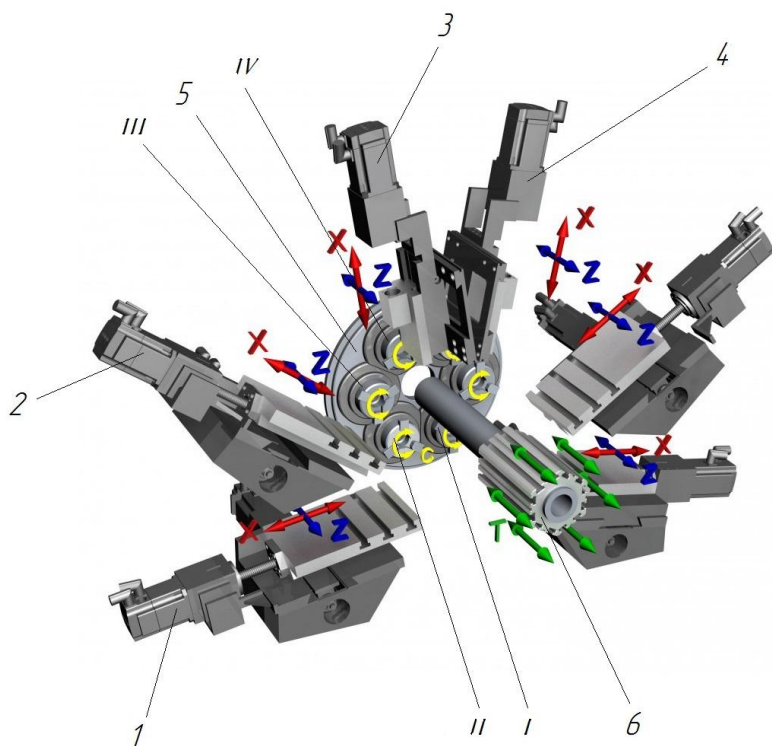


Рис. 1.9. Четырехшпиндельный токарный полуавтомат

В основном узле автомата – шпиндельном блоке 5 – расположены четыре шпинделя, в каждом из которых с помощью цангового патрона закреплен пруток. Каждый шпиндель занимает определенное положение, которое называется позицией. В процессе выполнения операции шпиндельный блок периодически поворачивается и шпиндели переходят в новые позиции. Каждый пруток последовательно обрабатывается в четырех позициях инструментами, установленными на четырех поперечных суппортах 1–4 и на одном продольном суппорте 6, обслуживающем все четыре позиции. В каждой позиции выполняется определенный технологический переход или совокупность переходов, после чего суппорты быстро отводятся назад, а шпиндельный блок поворачивается на 90° .

На многошпиндельных токарных автоматах производят:

- центрование;
- черновое, чистовое и фасонное обтачивание;
- подрезку торцов и уступов;
- снятие фасок;
- проточку канавок;
- сверление, зенкерование и развертывание отверстий;
- нарезание внутренних и наружных резьб;
- фрезерование шлицев;
- отрезку.

На этих полуавтоматах обрабатывают заготовки диаметром от 100 до 250 мм.

Токарную обработку средних и крупных штучных заготовок удобно производить на вертикальных многошпиндельных полуавтоматах. Их вертикальная компоновка облегчает загрузку тяжелых заготовок и снятие обработанных деталей. Шпиндели станка разгружены от изгибающей нагрузки, создаваемой весом заготовки, станок занимает мало места.

Различают вертикальные многошпиндельные полуавтоматы параллельного и последовательного действия. Станки параллельного действия представляют собой как бы несколько одношпиндельных станков, соединенных в единый агрегат.

Рассмотрим схему работы такого полуавтомата (рис. 1.10). Относительно неподвижной колонны 1, закрепленной на основании, непрерывно, медленно вращается шпиндельный блок 3 со шпинделями и патронами с установленными в них заготовками. По вертикальным направляющим шпиндельного блока перемещаются суппорты 2, получающие движение от неподвижного барабанного кулачка 4, закрепленного на колонне 1. Суппорты, вступающие в работу один за другим по мере вращения шпиндельного блока, оснащены одинаковыми комплектами режущего инструмента и обрабатывают одинаковые детали. Снятие обработанной детали и установка новой заготовки производятся в загрузочной позиции, соответствующей предельному верхнему положению суппорта, где шпиндель не вращается.

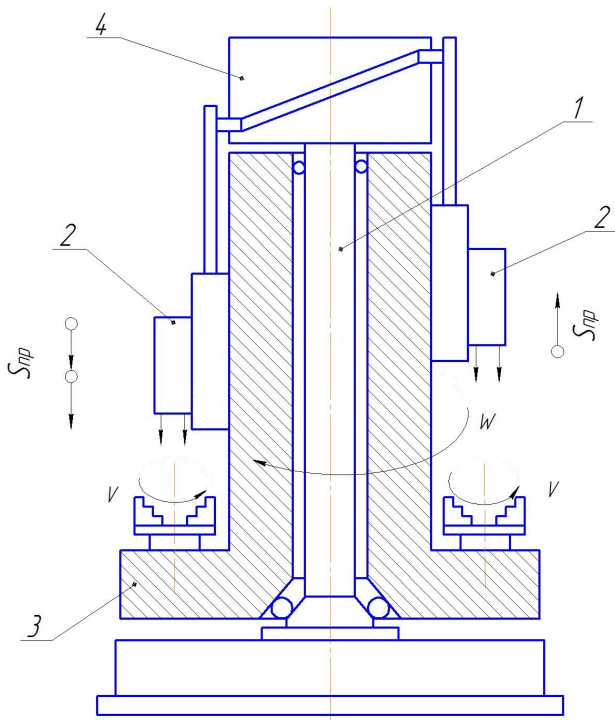


Рис. 1.10. Вертикальный многшпindelный полуавтомат параллельного действия

Существуют также станки параллельного действия, у которых шпиндельный блок периодически поворачивается на угол, зависящий от числа шпинделей станка. В этих полуавтоматах все суппорты вступают в работу одновременно.

В вертикальных многшпindelных полуавтоматах последовательного действия каждый шпиндель последовательно занимает ряд позиций, в которых производятся различные переводы в соответствии с принятым технологическим процессом.

Рассмотрим схему работы шестишпindelного полуавтомата (рис. 1.11).

На основании 5 установлена неподвижная шестигранная колонна 2, вокруг которой периодически поворачивается круглый стол 4 с шестью шпинделями 3. Пять суппортов 1 одновременно обслуживают пять шпинделей. Заготовка устанавливается в неподвижный

патрон в загрузочной позиции, не имеющей суппорта. После поворота стола на 60° шпиндель начинает вращаться, и деталь обрабатывается в позиции *I*. Затем стол снова поворачивается, перемещая заготовку в позицию *II*, и так далее. Таким образом, в каждой позиции осуществляется определенный технологический переход или совокупность переходов, и по окончании операции в загрузочную позицию приходит обработанная деталь. Станок приводится в действие от электродвигателя *б* через редуктор *7*.

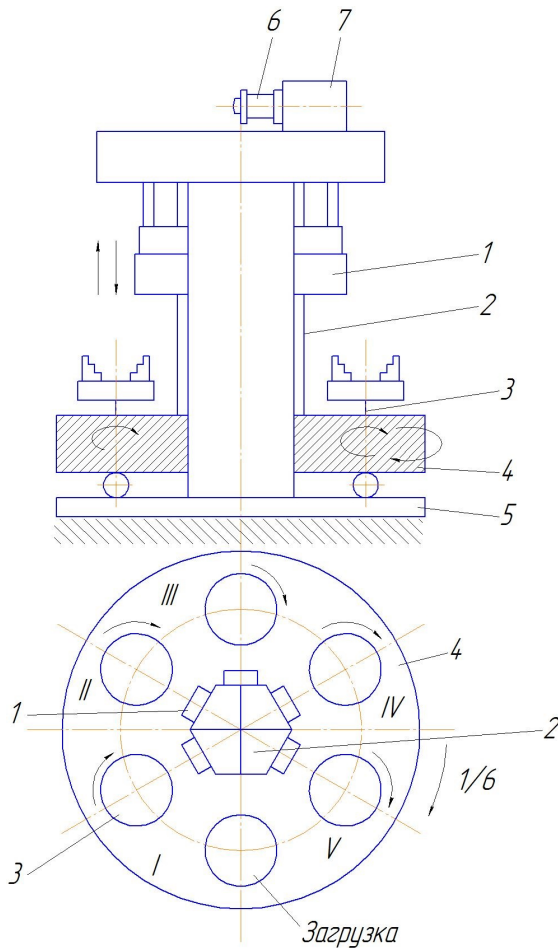


Рис. 1.11. Шестишпиндельный полуавтомат

От рассмотренных выше горизонтальных многошпиндельных полуавтоматов вертикальные полуавтоматы отличаются тем, что работа шпинделей и суппортов в отдельных позициях независима в своей кинематической настройке. На вертикальных многошпиндельных полуавтоматах применяются суппорты различной конструкции. Вертикальный суппорт, работающий лишь с вертикальной подачей, используется для продольного точения, растачивания, сверления.

Универсальный суппорт позволяет вести обработку последовательно с вертикальной и поперечной (или наклонной) подачей.

Суппорт параллельного действия служит для одновременной обработки двумя группами инструментов: одной – с вертикальной, другой – с поперечной подачей.

Для обработки нецентральных отверстий применяется суппорт с приводом сверлильной головки, а для обработки центральных отверстий – суппорт с расточной головкой.

Контрольные вопросы

1. Какие операции можно проводить на станках токарной группы?
2. Какими способами проводят обработку фасонных поверхностей на токарном станке?
3. Как осуществляется продольная подача на револьверном станке модели 1Г340 с горизонтальной осью вращения револьверной головки?
4. Где расположена коробка скоростей у одностоечного токарно-карусельного станка модели 1512?
5. Назовите области применения многолезцовых токарных полуавтоматов.
6. Сколько суппортов у шестишпиндельного полуавтомата?
7. В состав какой группы входят револьверные, лобовые, карусельные и затыловочные станки?
8. Как работают суппорты на вертикальных многошпиндельных полуавтоматах параллельного действия?
9. Какие приспособления применяются на станке 16К20?
10. Какими способами проводят обработку конических поверхностей на токарном станке?

11. Назовите области применения лобовых токарных станков.
12. Каков максимальный диаметр планшайбы у лобовых станков?
13. Какие движения на копировальных полуавтоматах осуществляются от гидропривода?
14. Какие технологические переходы производят на многошпиндельных токарных автоматах?
15. Как осуществляется движение продольной подачи на фасонно-отрезных автоматах?

2. СВЕРЛИЛЬНЫЕ И РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Станки сверлильно-расточной группы предназначены для обработки отверстий.

По характеру обработки и виду применяемого режущего инструмента они делятся на две подгруппы: сверлильные и расточные станки. *Сверлильные* станки применяют для обработки сквозных и глухих отверстий как в сплошном материале, так и уже имеющих в заготовке. Обработка производится мерными осевыми инструментами: сверлами, зенкерами, зенковками, цековками, развертками, метчиками. Расточные станки предназначены в основном для обработки отверстий расточными резцами, головками и блоками.

Рабочими формообразующими движениями при обработке на сверлильных станках являются главное вращательное движение и поступательное движение подачи шпинделя вдоль его оси. Эти движения сообщаются шпинделем режущему инструменту. Обрабатываемая заготовка при обработке неподвижна.

По технологическому назначению сверлильные станки делят на универсальные и специализированные.

К универсальным относятся:

- вертикально-сверлильные;
- радиально-сверлильные;
- многошпиндельные.

К специализированным относятся:

- горизонтально-сверлильные для глубокого сверления;
- центральные для получения центральных отверстий в торцах заготовок валов;
- станки для обработки отверстий в коленчатых и кулачковых валах, шатунах, фильерах.

Специализированные станки применяют в условиях серийного и массового производств.

Рассмотрим вертикально-сверлильный станок модели 2Н135 (рис. 2.1). На фундаментной плите 4 смонтирована колонна 3 коробчатой формы, на передней стороне которой имеются вертикаль-

ные направляющие для наладочного перемещения шпиндельной бабки 1 и стола 6 с Т-образными пазами. Внутри колонны размещен противовес для уравнивания шпиндельной бабки. Внутри бабки находятся коробка скоростей и коробка подачи станка. Шпиндель 7 с режущим инструментом вращается в подшипниках гильзы 8 с зубчатой рейкой. В процессе обработки с помощью реечной передачи гильзе вместе со шпинделем механически или вручную штурвалом 9 сообщается движение осевой подачи. Стол 6, на котором

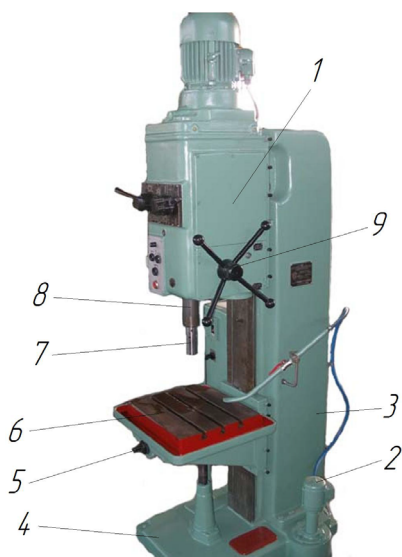


Рис. 2.1. Вертикально-сверлильный станок модели 2Н135

устанавливают приспособления и заготовку, при наладке перемещают по направляющим колонны вручную с помощью винтового механизма вращением рукоятки 5. В плите расположен бак для СОЖ, которая подается в зону обработки помпой 2. Инструменты с коническим хвостовиком устанавливаются непосредственно в конические отверстия шпинделя станка и удерживаются в нем силой трения. Когда номера конусов Морзе у инструмента и у шпинделя не совпадают, применяют переходные конусные втулки, надеваемые на хвостовики. Инструменты малого диаметра с цилиндрическим хвостовиком крепятся в сверлильных патронах, вставляемых в шпиндель.

Заготовки сравнительно больших размеров в единичном производстве крепятся непосредственно к столу станка при помощи болтов и прихватов. Мелкие заготовки закрепляются в машинных тисках. В серийном и массовом производствах для установки и закрепления обрабатываемых заготовок применяют сверлильные приспособления – кондукторы, снабженные закаленными кондукторными втулками, дающими направление инструменту.

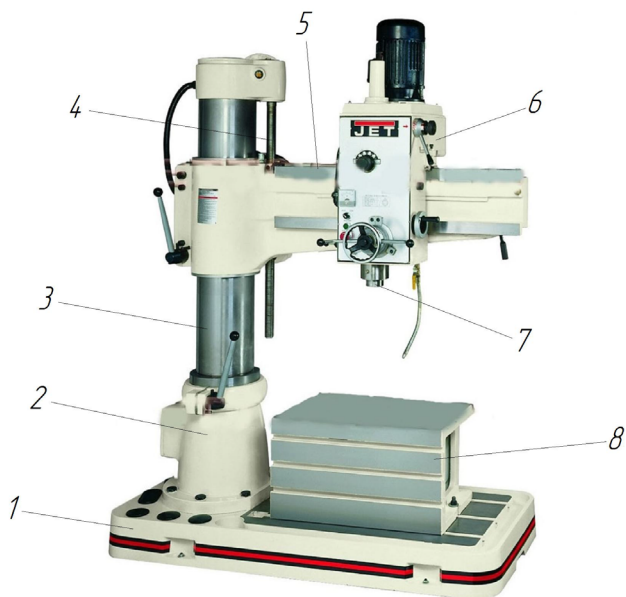


Рис. 2.2. Радиально-сверлильный станок

На вертикально-сверлильных станках для совмещения осей обрабатываемого отверстия и режущего инструмента заготовку вместе с приспособлением приходится перемещать по столу станка вручную. Это затрудняет обработку крупных, тяжелых заготовок.

Рассмотрим радиально-сверлильный станок общего назначения (рис. 2.2). На плите 1 закреплена тумба 2 с неподвижной колонной 3, на которой смонтирована поворотная траверса 5. По направляющим траверсы перемещается бабка 6 со шпинделем 7. В шпиндельной бабке размещены коробка скоростей, коробка подач и органы управления. Установку шпинделя в горизонтальной плоскости осуществляют в полярных координатах радиальным перемещением бабки и поворотом траверсы. Винтом 4 траверса перемещается вдоль колонны и может быть закреплена на любой высоте в зависимости от высоты заготовки. Заготовка устанавливается либо на съемном столе 8, либо непосредственно на плите. В некоторых моделях радиально-сверлильных станков шпиндельную бабку выполняют поворотной в вертикальной плоскости, что позволяет обрабатывать отверстия с осями, расположенными под углом.

Для тяжелого машиностроения выпускаются переносные радиально-сверлильные станки, устанавливаемые непосредственно на громоздких заготовках, а также станки, перемещаемые относительно заготовки по рельсам.

С целью сокращения машинного времени в условиях серийного производства одношпиндельные вертикально- и радиально-сверлильные станки оснащаются многошпиндельными сверлильными головками, позволяющими сверлить одновременно несколько отверстий.

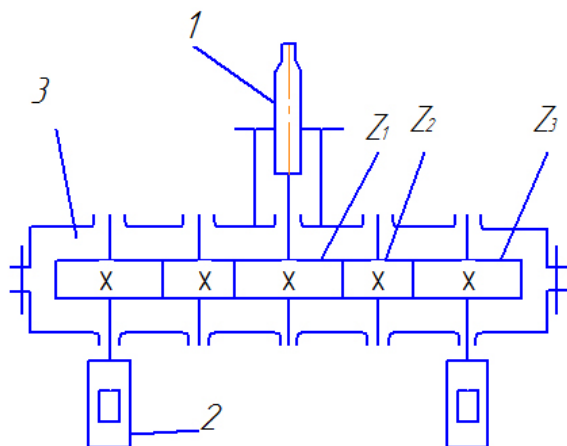


Рис. 2.3. Сверлильная головка с постоянным расположением шпинделя

Рассмотрим схему сверлильной головки с постоянным расположением шпинделей (рис. 2.3). Корпус 3 головки крепится к шпиндельной гильзе станка. Вращение от шпинделя станка через конус 1 и центральное зубчатое колесо, через промежуточные зубчатые колёса передается на колёса, жестко закрепленные на шпинделях 2 головки. Промежуточные колёса обеспечивают однонаправленное вращение шпинделя станка и шпинделей головки.

При необходимости одновременного сверления большого числа, до 200 и более, отверстий в условиях крупносерийного и массового производств применяют многошпиндельные сверлильные станки. Такой станок отличается от одношпиндельного, главным образом, наличием сверлильной головки колокольного типа с пере-

ставными шпинделями, допускающей переналадку при смене обрабатываемой заготовки. Рабочие шпиндели размещены в ползунах, которые можно перемещать в радиальном направлении и по окружности относительно опорной плоскости корпуса головки. Передача вращения на переставные шпиндели обеспечивается телескопическими валиками с универсальными шарнирами.

Существуют также многошпиндельные сверлильные станки, представляющие собой как бы совокупность нескольких одношпиндельных станков с общей станиной и столом. Такие станки предназначены для последовательной обработки отверстий постоянно установленными инструментами в заготовке, передвигаемой по плоскости стола от одного шпинделя к другому.

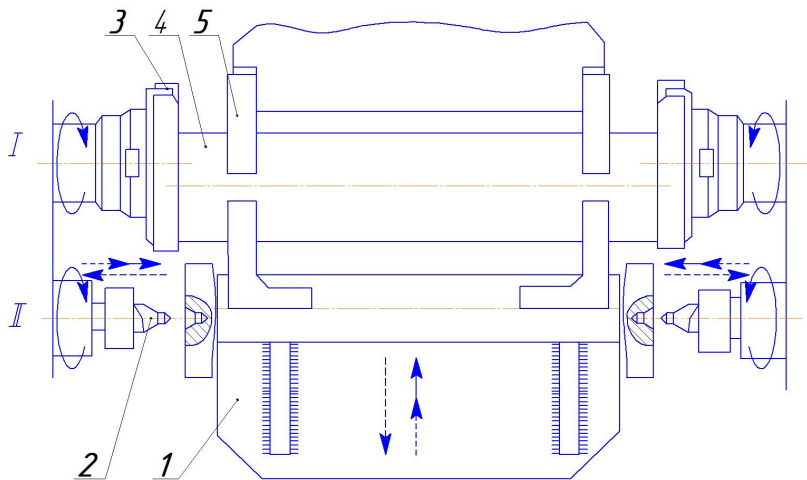


Рис. 2.4. Двухпозиционный фрезерно-центровочный полуавтомат

Обработку деталей класса валов на токарных и круглошлифовальных станках производят с установкой их на центры станка центровыми отверстиями. Операцию обработки центровых отверстий в условиях серийного и массового производства выполняют на центровальных и фрезерно-центровальных станках. В первом случае производится только центровка заготовок, а во втором перед центровкой фрезеруются торцы заготовки.

Обработка на фрезерно-центровальных станках предпочтительнее, поскольку предварительное фрезерование торцов облегчает работу центровочных сверл.

Кроме того, благодаря тому что фрезерование торцов и сверление центровочных отверстий производится с одной установки, обеспечивается строгая перпендикулярность осей отверстий торцам.

Рассмотрим схему работы двухпозиционного фрезерно-центровочного полуавтомата (рис. 2.4).

Заготовка 4, закрепленная в призмах 5 на столе 1 станка, поступает сначала на позицию I, где ее торцы с подачей стола фрезеруются двумя фрезерными головками 3. После этого стол переносит заготовку в позицию II, где двумя центровыми сверлами 2 производится зацентровка обоих ее торцов.

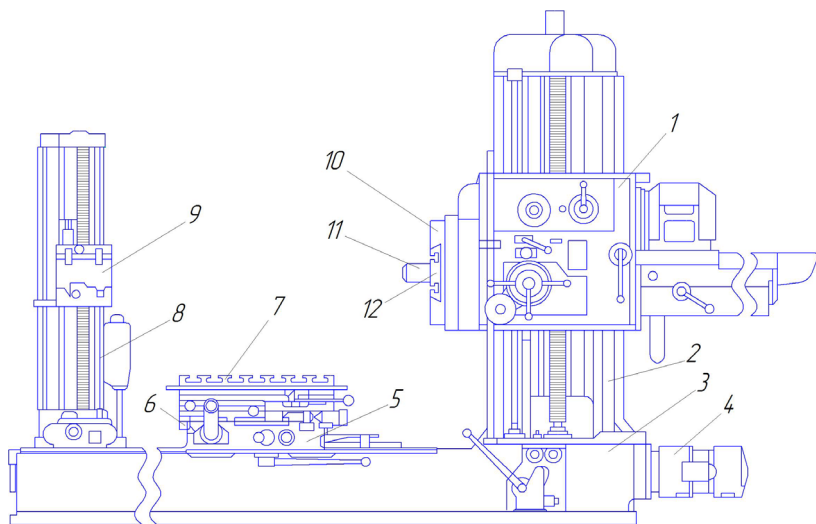


Рис. 2.5. Горизонтально-расточный станок 2620В

Формообразующими движениями в *расточных* станках являются вращение шпинделя и движение подачи. В зависимости от условий обработки подача сообщается либо инструменту, либо заготовке.

В зависимости от назначения, характера операций и конструктивных особенностей *расточные* станки делят на универсальные и специализированные.

К универсальным относят горизонтально-расточные, координатно-расточные, алмазно-расточные.

Рассмотрим *горизонтально-расточный* станок модели 2620В (рис. 2.5). На станине 3 коробчатой формы справа жестко закреплена передняя правая стойка 2. По вертикальным направляющим стойки перемещается шпиндельная бабка 1, в которой размещены механизмы главного движения, перемещения выдвигного шпинделя 11, вращения планшайбы 10, радиального перемещения суппорта 12 по пазу планшайбы. На горизонтальных направляющих станины смонтированы продольные салазки 5 с зажимным устройством для фиксации их положения в продольном направлении. На поперечных направляющих продольных салазок установлены поперечные салазки 6 с поворотным столом 7 и их зажимные устройства. С левой стороны станины установлена задняя левая стойка 8 с люнетом 9, служащим для поддержания борштанги. Люнет перемещается по вертикальным направляющим задней стойки синхронно со шпиндельной бабкой. В правой нижней части станины установлен привод подачи 4 станка.

Тяжелые горизонтально-расточные станки для обработки особо крупных заготовок не имеют задней стойки и стола, поэтому заготовку устанавливают непосредственно на станину. В таких станках все необходимые движения совершаются шпиндельной бабкой и шпинделем.

Основным размером горизонтально-расточного станка является диаметр выдвигного шпинделя, который может составлять от 60 до 320 мм.

Координатно-расточные станки предназначены для обработки точных отверстий, расположенных на весьма точных расстояниях от базовых поверхностей изделия и друг от друга, без применения разметки и кондукторов. Их применяют в единичном и мелкосерийном производствах, в основном в инструментальных цехах.

По компоновке координатно-расточные станки выполняют одностоечными и двухстоечными для крупных заготовок.

Главным движением является вращение шпинделя, а движение подачи осуществляется осевым движением шпинделя, всегда расположенного вертикально. Установочные движения в одностоечных

станках — это продольное и поперечное перемещение стола на заданные координаты.

Точность линейных перемещений достигает от 2 до 8 микрометров, а угловых — 5 минут.

Станки имеют жесткую конструкцию.

Для обеспечения высокой точности обработки их необходимо устанавливать на специальных виброизолирующих фундаментах в термоконстантных помещениях с температурой воздуха $20 \pm 0,2^\circ\text{C}$.

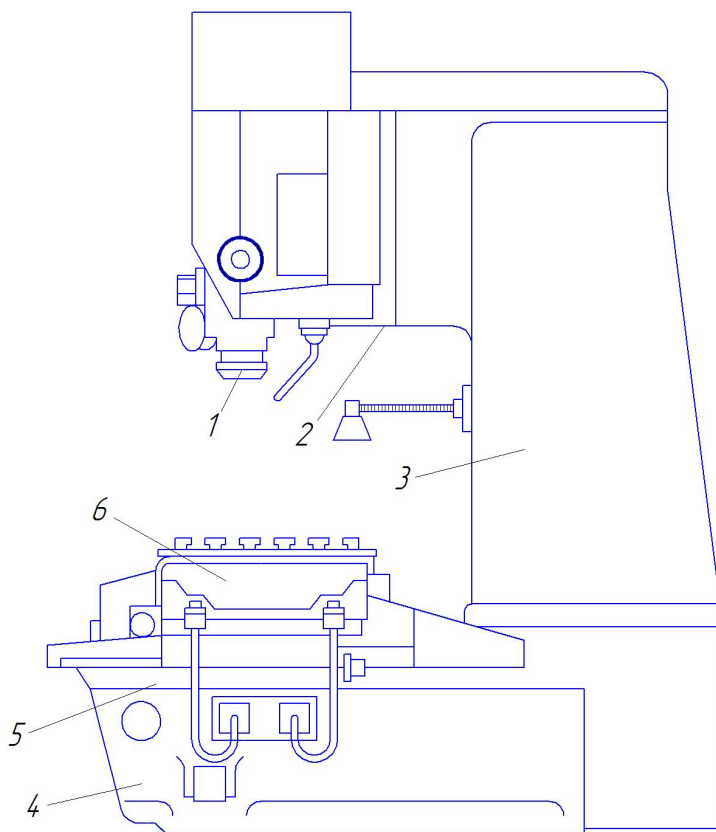


Рис. 2.6. Координатно-расточный станок

Рассмотрим координатно-расточный станок (рис. 2.6). На станине 4 жестко закреплена стойка 3 коробчатого сечения с верти-

кальными направляющими. На направляющих стойки установлена шпиндельная бабка 2, в которой размещены коробки скоростей и подач, шпиндель 1 и механизмы управления. При наладке бабку можно перемещать по вертикали в зависимости от высоты обрабатываемой заготовки и закреплять в требуемом положении. На горизонтальных направляющих станины смонтированы поперечные салазки 5, по которым в продольном направлении перемещается стол 6. На станине установлены приводы продольного и поперечного перемещения стола и салазок.

Координатно-расточные станки характеризуются размерами стола, которые могут составлять от 160 на 280 мм до 1400 на 2200 мм.

Алмазно-расточные станки применяют для чистовой обработки отверстий в точных корпусных деталях, цилиндрах авиационных и автомобильных двигателей, а также других деталях главным образом из цветных сплавов и чугуна.

Алмазно-расточные станки отличаются высокой частотой вращения шпинделя (до 5000 оборотов в минуту) и большой жесткостью, позволяющей уменьшить вибрации технологической системы «станок – оснастка – заготовка», или сокращенно СОЗ.

По расположению шпинделя станки делятся на вертикальные и горизонтальные, по числу шпинделей – на одношпиндельные и многшпиндельные, причем расположение шпинделей относительно обрабатываемой заготовки может быть односторонним или двусторонним.

Наряду с универсальными алмазно-расточными станками выпускают специальные станки для обработки конкретной детали, например поршня, шатуна, вкладыша.

Главным движением в алмазно-расточных станках является вращение расточного шпинделя, несущего инструмент. Движение подачи в горизонтальных станках сообщается столу с закрепленной на нем заготовкой, а в вертикальных станках – шпинделю. Шпиндели алмазно-расточных станков монтируют в прецизионных подшипниках. Чтобы исключить вибрации, вращение сообщается шпинделю с помощью ременной передачи и регулируется ступенчатыми или сменными шкивами. Для осуществления движения подачи обычно применяется гидравлический привод, обеспечивающий плавную работу и бесступенчатое регулирование подачи.

Фрезерные станки предназначены для выполнения широкого круга работ. На них обрабатывают наружные и внутренние плоские и фасонные поверхности, уступы, пазы, прямые и винтовые канавки, резьбы, зубья колес, шлицы валов.

Главными формообразующими движениями во фрезерных станках являются вращение шпинделя с фрезой и движение подачи, сообщаемое, как правило, столу станка с закрепленной на нём заготовкой. Приводы главного движения и подач на фрезерных станках выполняют раздельно.

В зависимости от назначения и конструктивных особенностей фрезерные станки делятся на станки общего назначения и специализированные.

К станкам общего назначения относят:

- консольные простые и универсальные горизонтально-фрезерные станки;
- консольные и бесконсольные вертикально-фрезерные станки;
- продольно-фрезерные станки.

К специализированным станкам относят:

- станки непрерывного действия;
- шпоночно-фрезерные;
- копировально-фрезерные и ряд других.

Рассмотрим консольный горизонтально-фрезерный станок модели 6P82Г (рис. 2.7). Станок имеет горизонтально расположенный шпиндель *б*, к которому крепится оправка с фрезой или набором фрез. На фундаментной плите *1* жестко закреплена станина *4* с вертикальными направляющими, по которым перемещается консоль *10* с коробкой подач *3* и механизмом ее переключения *2*. На поперечных направляющих консоли смонтированы салазки *9*, по продольным направляющим которых перемещается прямоугольный стол *8* с Т-образными пазами. Таким образом, стол консольного станка может перемещаться в трех взаимно перпендикулярных направлениях. На горизонтальных направляющих верхней части станины установлен хобот *5*, на котором размещены подвески *7* дополнительной опоры шпиндельной оправки. Коробка скоростей располагается в станине станка.

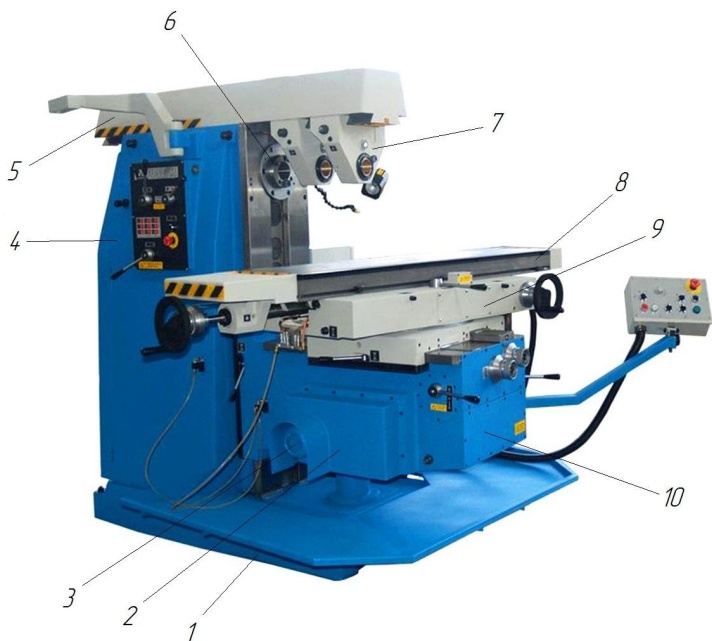


Рис. 2.7. Консольный горизонтально-фрезерный станок 6Р82Г

Универсальный горизонтальный фрезерный станок отличается от рассмотренного наличием поворотной плиты между поперечными салазками и столом.

Важной принадлежностью фрезерных станков является делительная головка. Она применяется для периодического поворота заготовки на равные или (реже) неравные углы при фрезеровании многогранников, впадин между зубьями колес, канавок режущих инструментов.

Делительную головку (рис. 2.8) устанавливают на правой стороне стола фрезерного станка. Она состоит из основания 6, стяжных дуг 1 и корпуса 13. Основание неподвижно крепится на столе болтами, входящими своими головками в Т-образный паз стола. Корпус вместе со шпинделем 12 лежит в основании на шейках и может поворачиваться в вертикальной плоскости на угол от -10° до $+90^\circ$. Поворот корпуса применяют для установки заготовки, например конического зубчатого колеса, закрепляемой в патроне под углом.

Центр задней бабки 5 можно перемещать в горизонтальном и вертикальном направлениях. При обработке нежестких заготовок используется люнет 4, который служит дополнительной опорой. В требуемом положении корпус закрепляют гайками 14. Для подсчета требуемого угла поворота шпинделя, а следовательно, и обрабатываемой заготовки служит делительный диск 8, на котором с обеих сторон выполнены несколько рядов глухих отверстий, расположенных с равными шагами по концентрическим окружностям. Число отверстий на различных окружностях диска — от 23 до 66. Эти отверстия служат для фиксации рукоятки 9 в определенных положениях. Для установки фиксатора рукоятки на любой ряд отверстий рукоятку вместе с планкой 10 перемещают по пазу и закрепляют гайкой 11. Для быстрого и безошибочного подсчета требуемого числа отверстий на диске имеется раздвижной сектор 7. Периодический поворот заготовки на определенный угол осуществляется способами непосредственного, простого или дифференциального деления. Непосредственное деление производят по диску 2, установленному на шпинделе головки. Для этого однозаходный червяк, находящийся внутри головки, выводят из зацепления с червячным колесом и рукояткой 3 выводят фиксатор из диска непосредственного деления. Далее диск поворачивают вручную на требуемый угол по имеющейся на нём градусной шкале или отверстиям, просверленным на его тыльной стороне. После поворота диск закрепляется фиксатором, входящим в отверстие диска.

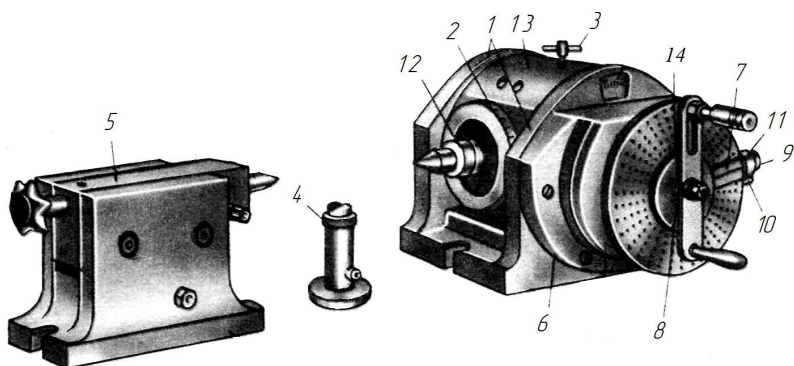


Рис. 2.8. Делительная головка

Продольно-фрезерные станки предназначены для обработки:

- горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей;
- пазов;
- других поверхностей на крупногабаритных заготовках или одновременно на группе заготовок средних размеров.

Обработка производится торцовыми, цилиндрическими, концевыми, дисковыми, угловыми и фасонными фрезами.

Эти станки могут быть одностоечными и двухстоечными и имеют от одного до четырех шпинделей.

Применяют продольно-фрезерные станки в условиях серийного производства.

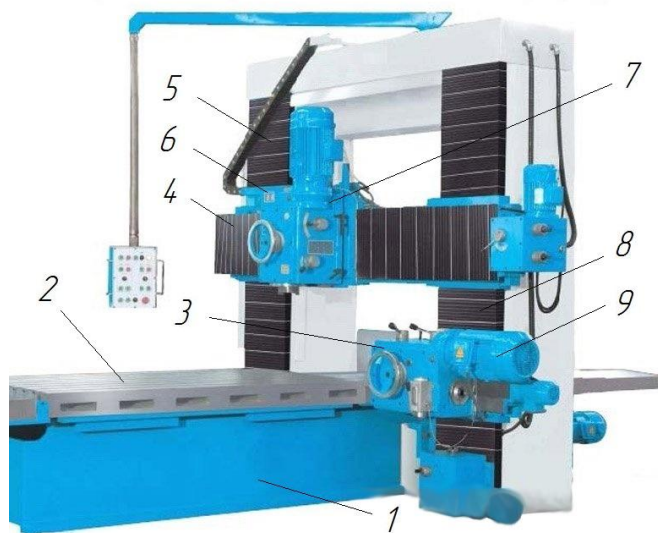


Рис. 2.9. Двухстоечный продольно-фрезерный станок

Рассмотрим двухстоечный продольно-фрезерный станок с четырьмя шпинделями (рис. 2.9). На станине 1 жестко закреплены две вертикальные стойки 5 и 8. На вертикальных направляющих стоек расположены фрезерные головки 3 и 9 с горизонтальной осью шпинделя, там же помещается траверса 4. На горизонтальных направляющих траверсы смонтированы две фрезерные головки 6 и 7 с вертикальной осью шпинделя. Заготовку закрепляют на столе 2,

установленном на продольных направляющих станины. Главным движением в станке является вращение шпинделей. Каждая фрезерная головка имеет самостоятельный привод и может быть установлена под углом для фрезерования наклонной поверхности. При наладке головки могут перемещаться вдоль оси. Продольная подача стола осуществляется от двух реверсивных электродвигателей через червячно-реечную передачу. Головки 6 и 7 имеют поперечную подачу, а головки 3 и 9 – вертикальную. Привод подачи общий для всех головок. Установленная на требуемой высоте траверса во время работы зажата неподвижно.

Серийно выпускаемые продольно-фрезерные станки имеют столы размером от 400 на 1250 мм до 2600 на 8000 мм.

Недостатком фрезерных станков общего назначения является необходимость их периодической остановки для снятия обработанной детали и установки новой заготовки. Для исключения простоя станка в крупносерийном и массовом производстве применяются фрезерные станки непрерывного действия – карусельные и барабанные.

Карусельно-фрезерные станки могут быть одно- или двухстоечными. Рассмотрим схему общего вида двухстоечного карусельно-фрезерного станка (рис. 2.10). На станине 1 закреплены две стойки 2, жестко соединенные переключиной 3. На стойках смонтирована траверса 5, на горизонтальных направляющих которой установлены две шпиндельные головки 4 с самостоятельным приводом каждая, совершающие горизонтальные движения подачи. Шпиндели головок несут две торцовые фрезы, одна из которых выполняет черновое, а другая – чистовое фрезерование. Обрабатываемые заготовки устанавливаются и закрепляются на столе 6, на поверхности которого имеются радиальные Т-образные пазы для установки приспособлений. Диаметр стола может достигать пяти метров. Стол медленно вращается на круговых направляющих, осуществляя круговую подачу. Снятие и установка заготовки 8 производятся без остановки стола, в пределах заштрихованного сектора, с рабочего места 7. При этом вспомогательное время перекрывается машинным и поэтому в оперативном времени не учитывается.

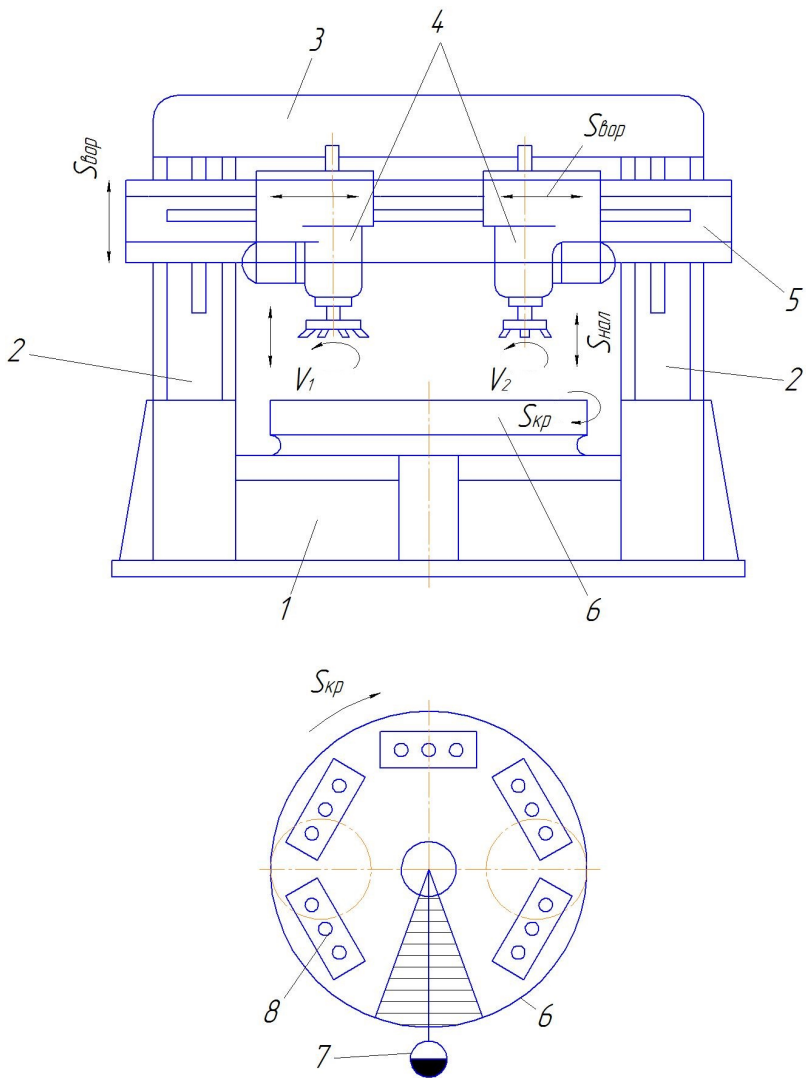


Рис. 2.10. Двухстоечный карусельно-фрезерный станок

Барабанно-фрезерные станки, предназначенные для одновременного фрезерования двух параллельных плоскостей, нашли широкое применение в автотракторной промышленности. Заготовки устанавливаются на гранях барабана, имеющего форму четырех-, пяти- или шестигранника. Барабан укреплен на валу, проходящем

через станину, которая имеет жесткую рамную конструкцию. Обработка ведется торцовыми фрезами, установленными в четырех боковых шпиндельных головках с индивидуальным приводом.

Копировально-фрезерные станки предназначены для обработки поверхностей сложной формы в мелкосерийном и серийном производствах. На них выполняется обработка по контуру плоских деталей: кулачков, шаблонов, копиров, вырубных штампов. Также выполняется обработка пространственно сложных поверхностей: моделей отливок, кокилей, штампов, пресс-форм, лопастей гребных винтов, турбинных лопаток.

Обработка ведется по копиру, который представляет собой точную копию обрабатываемой поверхности, по которому перемещается следящий элемент в виде щупа, пальца или ролика. При этом его движения точно повторяет фреза, воспроизводя поверхность копира на заготовке.

По принципу действия копировально-фрезерные станки делят на станки прямого и следящего действия. В станках прямого действия фреза жестко связана со следящим элементом и таким образом перемещается непосредственно от копира.

Рассмотрим схему фрезерования по круговому копиру замкнутого контура методом круговой подачи, которую можно осуществить на вертикально-фрезерном станке с поворотным столом (рис. 2.11). Заготовка 1 и копир 2 устанавливаются и закрепляются на общей оправке, медленно вращающейся вместе с поворотным столом 5. На хвостовике концевой фрезы 4 установлен стальной закаленный следящий ролик 3, находящийся в постоянном контакте с копиром. Расстояние между заготовкой и осью фрезы изменяется в соответствии с профилем копира, в результате чего деталь получает профиль копира.

Недостаток станков прямого действия состоит в том, что рабочие поверхности копира и следящего ролика воспринимают усилия резания, что обуславливает их быстрое изнашивание и необходимость изготовления их из достаточно прочных материалов.

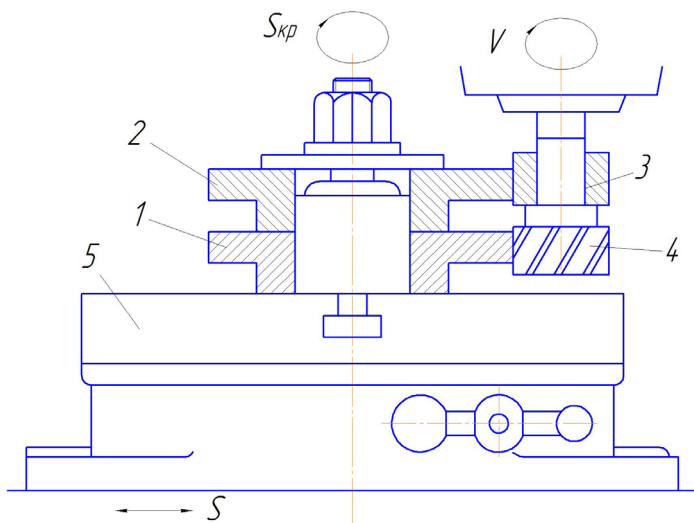


Рис. 2.11. Схема фрезерования по круговому копиру замкнутого контура методом круговой подачи

От этого недостатка свободны *станки следящего действия*, в которых контактное давление следящего элемента на копир невелико, что позволяет изготавливать копир из легкообрабатываемого материала. В станках следящего действия перемещения фрезы от копира осуществляются через усилительное устройство, управление которым может быть электрическим или гидравлическим. Перемещение следящего пальца передается в такое устройство в виде команды и воспроизводится исполнительным органом станка, несущим шпиндель с фрезой.

Копировально-фрезерный полуавтомат следящего действия с электрическим управлением (рис. 2.12) предназначен для объемного фрезерования деталей по моделям, выполненным в натуральную величину.

По направляющим станины 4 в продольном направлении перемещается вертикальный стол 5, на котором закреплены копир 6 и заготовка 11. К станине жестко прикреплена стойка 3, по вертикальным направляющим которой перемещается траверса 2 со шпиндельной бабкой 1. Бабка вместе с фрезерной головкой и шпинделем 9 может перемещаться по горизонтальным направляющим

траверсы вдоль оси шпинделя. На корпусе шпиндельной бабки установлена электрокопировальная головка 8, следящий палец 7 которой взаимодействует с копиром. Следящие перемещения пальца точно повторяются фрезерной головкой со шпинделем и фрезой 10.

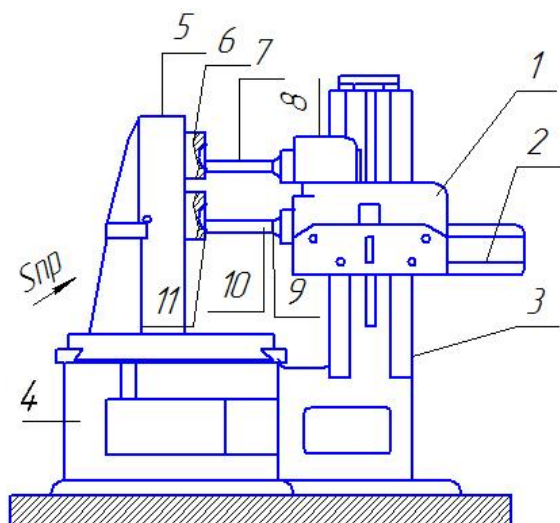


Рис. 2.12. Копировально-фрезерный полуавтомат следящего действия с электрическим управлением

При фрезеровании ощупывание копира производят способом горизонтальных или вертикальных строк. При первом способе стол станка совершает автоматическое задающее продольное перемещение, а фрезерная головка — непрерывное следящее движение и периодическое вертикальное перемещение на величину строки. При втором способе фрезерная головка совершает задающее вертикальное перемещение и следящее движение, а стол — периодическое продольное перемещение на величину строки. После обхода поверхности заготовки шпиндельная бабка с фрезой подается в поперечном направлении на глубину подачи, и процесс обработки продолжается до полного удаления припуска.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены станки сверлильно-расточной группы?
2. Как устанавливается заготовка на вертикально-сверлильных станках в единичном производстве?
3. Какие фрезерные станки относят к специализированным станкам?
4. В каких условиях производства применяют специализированные сверлильные станки?
5. К какой подгруппе относится станок модели 2Н135?
6. Как совмещают оси обрабатываемого отверстия и режущего инструмента на радиально-сверлильных станках?
7. В каком типе производства применяются многошпиндельные сверлильные головки?
8. Как устанавливается заготовка на двухпозиционном фрезерно-центровочном полуавтомате?
9. На какие группы подразделяются расточные станки в зависимости от назначения, характера операций и конструктивных особенностей?
10. Какие фрезерные станки относят к станкам общего назначения?
11. Каково назначение делительной головки?
12. Какое максимальное количество шпинделей могут иметь продольно-фрезерные станки?
13. Что осуществляет круговую подачу на карусельно-фрезерных станках?
14. Какие движения осуществляются для ошупывания копира способом горизонтальных строк при фрезеровании на копировально-фрезерном полуавтомате следящего действия с электрическим управлением?
15. Какие сверлильные головки применяют в случае малого расстояния между осями шпинделей?

3. СТРОГАЛЬНЫЕ, ДОЛБЕЖНЫЕ И ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ И ДОВОДОЧНЫЕ СТАНКИ

К строгально-протяжной группе относятся станки, имеющие прямолинейное возвратно-поступательное главное движение.

Строгальные и долбежные станки работают резцами. Протяжные станки работают мерными многолезвийными инструментами — протяжками.

Главное движение строгальных станков всегда горизонтальное, долбежных — всегда вертикальное, а протяжных — либо горизонтальное, либо вертикальное. Движение подачи в строгальных и долбежных станках совершает обрабатываемая заготовка или резец, причем подача осуществляется периодически в конце холостого хода.

При протягивании подача обеспечивается конструкцией самой протяжки, каждый последующий режущий зуб которой выступает над предыдущим на величину подачи, так что движения подачи на протяжных станках нет.

Станки этой группы служат для обработки разнообразных линейчатых поверхностей: плоскостей и их комбинаций, фасонных поверхностей, шлицевых отверстий, шпоночных пазов.

Строгальные станки предназначены для обработки строганием горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей и прорезания прямолинейных канавок различного профиля, иногда используются для строгания линейчатых фасонных поверхностей.

Строгальные станки делят на поперечно-строгальные и продольно-строгальные.

Поперечно-строгальные применяют для обработки мелких и средних по размеру заготовок, продольно-строгальные — для обработки крупных заготовок или для одновременной обработки нескольких заготовок средних размеров. Производительность строгальных станков ввиду наличия холостых ходов сравнительно невысока. Их применяют в условиях единичного и мелкосерийного производств.

Рассмотрим схему поперечно-строгального станка (рис. 3.1).

Резец закрепляют в резцедержателе суппорта 4 ползуна 5, совершающего главное возвратно-поступательное движение.

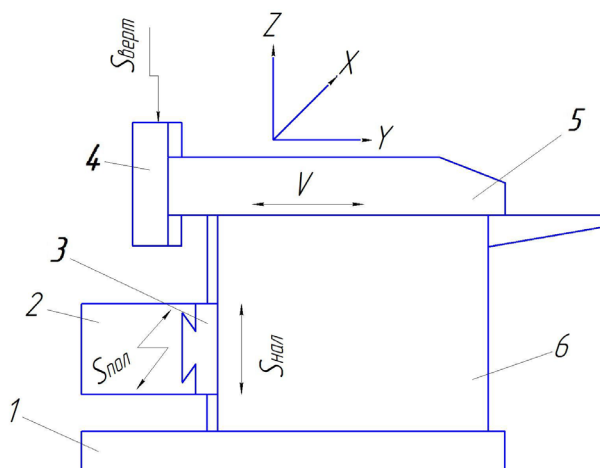


Рис. 3.1. Схема поперечно-строгального станка

Заготовку с помощью прихватов или тисков закрепляют на столе 2, совершающем периодическое движение поперечной подачи по горизонтальным направляющим поперечины 3 с помощью храпового механизма. Вертикальная подача совершается либо столом вместе с поперечиной, перемещающейся по вертикальным направляющим станины 6, установленной на основании 1, либо суппортом, который может поворачиваться относительно ползуна для строгания наклонных поверхностей.

На поперечно-строгальных станках строгают горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости, прямолинейные канавки любого профиля и другие сочетания плоских и линейчатых поверхностей.

На продольно-строгальных станках главное возвратно-поступательное движение совершает стол с закрепленной на нём прихватами заготовкой, а движение подачи — два-четыре суппорта с резцами.

По компоновке различают одностоечные и двухстоечные станки.

Одностоечные станки применяют для обработки заготовок, ширина которых выходит за пределы расстояния между стойками станков двухстоечного исполнения.

В двухстоечном продольно-строгальном станке (рис. 3.2) имеется станина 1, стол 2, стойки 6 и 7 с боковыми суппортами 3 и 11 и траверсой 4. Траверса и боковые суппорты могут двигаться по вертикальным направляющим стоек. На траверсе смонтированы

два вертикальных суппорта 5 и 8, которые могут перемещаться по горизонтали. Салазки вертикальных суппортов с резцедержателями могут перемещаться в вертикальном направлении, а для обработки наклонных поверхностей – поворачиваться. Салазки боковых суппортов можно перемещать в горизонтальной плоскости. Стол получает возвратно-поступательное движение от электродвигателя 12 через коробку скоростей и реверсируемую реечную передачу или от гидропривода. Движение подачи сообщается суппортам от отдельных электродвигателей через коробки подач 9 и 13. Управляется станок кнопочной станцией 10. Наличие четырех суппортов позволяет вести обработку заготовок сразу с трех сторон.

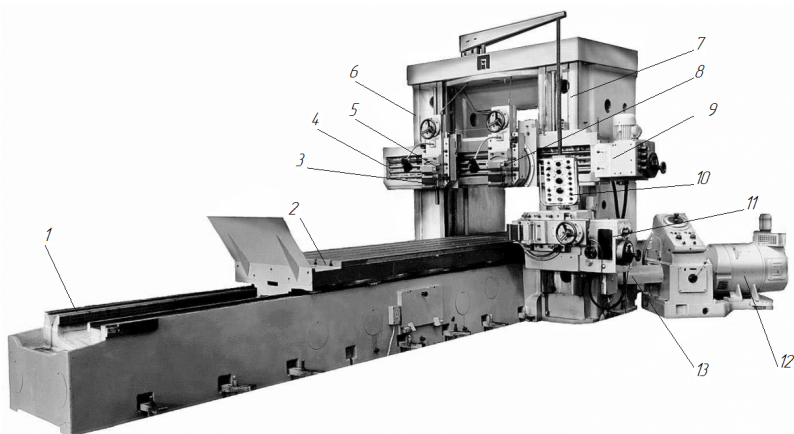


Рис. 3.2. Двухстоечный продольно-строгальный станок

На продольно-строгальных станках обрабатываются такие же поверхности, что и на поперечно-строгальных, однако протяженность и размеры их могут быть намного больше.

Столы станков имеют размеры от 900 на 3000 до 3600 на 12 000 мм, а в отдельных случаях до 4500 на 15 000 мм и более.

Рассмотрим *долбежный* станок (рис. 3.3).

На станине 1 жестко закреплена стойка 8, по вертикальным направляющим которой совершает возвратно-поступательное движение ползун 7 с резцедержателем 6. Движение ползуна в станках с механическим приводом осуществляется кривошипно-кулисным

механизмом с вращающейся кулисой, а в гидрофицированных станках – гидроцилиндром. В силу ударного характера нагружения при долблении стойка имеет мощную коробчатую конструкцию. Движения продольной, поперечной и круговой подачи совершает круглый стол 4, на котором закрепляется заготовка. Эти движения сообщаются столу продольными 2 и поперечными 3 салазками и червячной передачей. Круговая подача используется при долблении цилиндрических участков детали. Стол снабжен делительным устройством. Управление станком производится с помощью кнопочной станции 5.

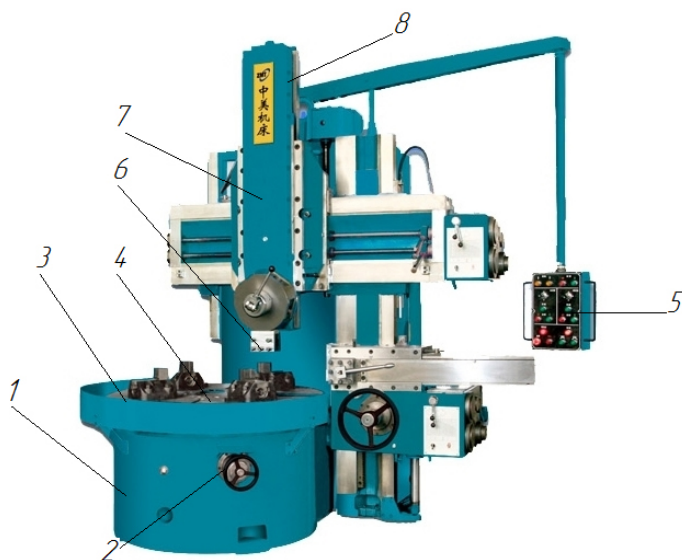


Рис. 3.3. Долбежный станок

Долбежные станки применяют в единичном и мелкосерийном производствах:

- для обработки шпоночных пазов и шлицевых отверстий;
- для обработки многогранных отверстий в предварительно просверленных или расточенных заготовках;
- для долбления внутренних и наружных фасонных поверхностей.

Размеры заготовок ограничиваются диаметром стола (у серийно выпускаемых станков – до 800 мм) и ходом ползуна (до 1000 мм).

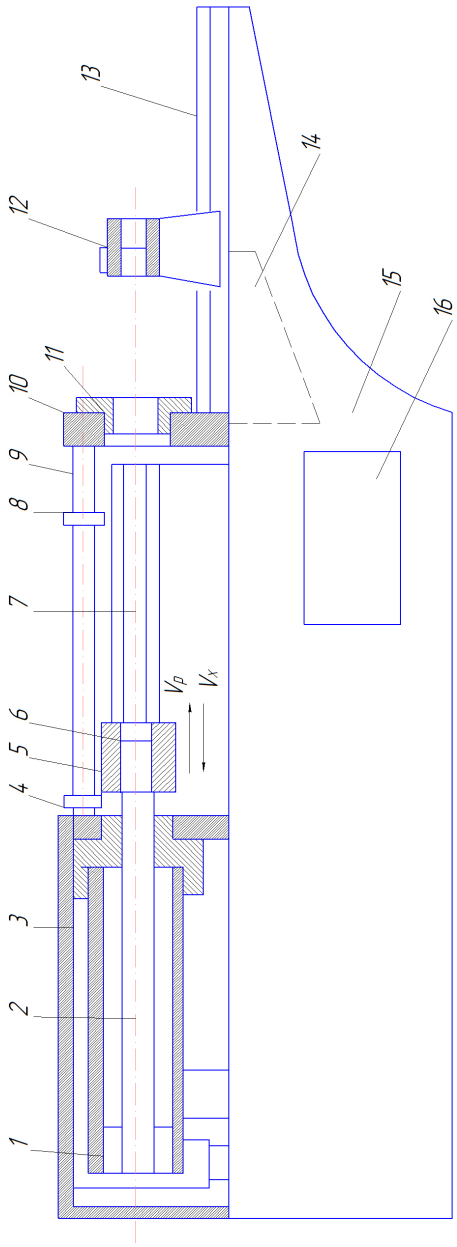


Рис. 3.4. Горизонтально-протяжной станок

Протяжные станки предназначены для высокопроизводительной обработки мелких и средних деталей. Ввиду высокой стоимости протяжек их применяют главным образом в крупносерийном и массовом производствах.

Рассмотрим схему горизонтально-протяжного станка (рис. 3.4). На сварной коробчатой станине 15 установлен гидроцилиндр 3, поршень которого 1 связан штоком 2 с рабочей кареткой 5, движущейся по горизонтальным направляющим 7. Гайка 6 каретки служит для закрепления тягового патрона, которым к каретке присоединяется протяжка. Длину хода каретки устанавливают при помощи переставных упоров 4 и 8, закрепляемых на штанге 9. Стол 10 с планшайбой 11 служит для установки заготовки. При работе с длинными протяжками используется корыто 13, по направляющим которого может перемещаться подвижный люнет 12. Во избежание провисания задний хвостовик протяжки закрепляется в люнете. Внутри станины расположены элементы гидропривода станка, а также насос для подачи СОЖ в зону резания. Отработанная СОЖ и стружка попадают в поддон 14. Для удаления стружки в станине с обеих сторон станка предусмотрены люки 16. При выполнении операции обрабатываемую заготовку устанавливают на планшайбу стола, протяжку пропускают справа через отверстие заготовки и закрепляют в тяговом патроне каретки. При нажатии кнопки «Пуск» масло попадает в правую полость цилиндра, и шток будет перемещаться влево, осуществляя рабочий ход протяжки. Когда упор каретки набежит на переставной упор 4, сработает контактный выключатель и каретка остановится. После нажатия кнопки «Холостой ход» протяжка с увеличенной скоростью возвращается в исходное положение. Обратный ход каретки ограничивается упором 8.

Вертикально-протяжные станки по сравнению с горизонтальными удобнее в обслуживании и занимают меньшую площадь. Однако необходимость размещения протяжки над рабочей позицией ограничивает их применение работой с протяжками сравнительно небольшой длины.

В массовом производстве находят применение также протяжные станки непрерывного действия, многопозиционные станки и станки-автоматы.

Шлифовально-доводочная группа охватывает станки, работающие абразивными инструментами: шлифовальными кругами, сегментами, брусками, шкуркой, порошками и пастами.

В качестве режущего инструмента при шлифовании применяют абразивные круги различной формы. Для шлифования заготовок со сложными профилями, снятия заусенцев и других работ используют бесконечную ленту с нанесенным на нее слоем абразивного порошка, которую при обработке прижимают в нужном месте заготовки.

По видам обработки шлифовальные станки делят на станки общего назначения и специализированные. К станкам общего назначения относят: круглошлифовальные, внутришлифовальные, бесцентрово-шлифовальные, плоскошлифовальные. К специализированным станкам относят обдирочно-шлифовальные, шлице-шлифовальные, профилешлифовальные, станки для доводки центральных отверстий.

При любом виде шлифования главным движением является вращение шлифовального круга, определяющее скорость резания, которая при шлифовании измеряется в метрах в секунду. Движение подачи зависит от способа шлифования и формы шлифуемой поверхности.

Особое место в группе станков для абразивной обработки занимают доводочные станки, предназначенные для выполнения отделочных операций, при которых достигается наивысшая точность и, главное, минимальная шероховатость поверхности. Обработка на этих станках осуществляется либо с помощью мелкозернистых брусков, либо с помощью свободного абразива в виде порошка в жидкой среде или пасты.

В условиях крупносерийного и массового производств предпочтение отдают специализированному оборудованию.

На круглошлифовальных станках обрабатывают наружные цилиндрические, конические, торцовые и фасонные поверхности. Шлифование осуществляется с продольной, поперечной, а иногда и наклонной подачей периферией, торцом или фасонной поверхностью круга. Наружное круглое шлифование с продольной подачей осуществляют при вращении в одну сторону шлифовального круга и обрабатываемой детали.

При глубинном круглом шлифовании жестких валов круг устанавливают на глубину припуска и ведут обработку с односторонней продольной подачей, поперечная подача здесь отсутствует. Врезное шлифование с непрерывной поперечной подачей круга при отсутствии продольной подачи применяют в тех случаях, когда длина обрабатываемой поверхности меньше ширины круга, а также при шлифовании фасонных поверхностей профильным кругом.

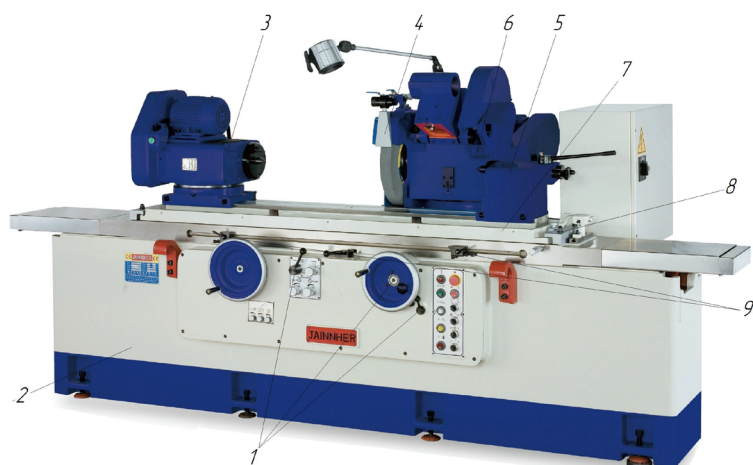


Рис. 3.5. Круглошлифовальный станок

Рассмотрим круглошлифовальный станок (рис. 3.5). Обрабатываемая деталь устанавливается в центрах передней 3 и задней 5 бабок, расположенных на столе станка. Привод передней бабки сообщает детали вращательное движение круговой подачи со скоростью от 20 до 30 м в мин. Стол получает возвратно-поступательное движение продольной подачи по направляющим станины 2 с помощью штока гидропривода, расположенного внутри станины. Скорость движения стола регулируется поворотом рукояток 1 дросселя, а реверсирование стола – переставными упорами 8. Стол станка состоит из верхней 7 и нижней 9 плит. Верхнюю плиту можно поворачивать вокруг вертикальной оси относительно нижней на угол до 8°, что позволяет шлифовать конические поверхности с малым

углом при вершине. Шлифовальный круг 4 получает вращение от отдельного электродвигателя, установленного в шлифовальной бабке 6. Она может перемещаться в поперечном направлении, сообщая кругу поперечную подачу.

Круглошлифовальные станки делятся на простые и универсальные.

Внутришлифовальные станки применяют для обработки цилиндрических, конических и фасонных отверстий и торцов.

Их делят на патронные и планетарные. Первые наиболее распространены и применяются для шлифования отверстий в деталях средних и малых размеров, вторые — для шлифования отверстий в крупных деталях. Движения в станках патронного внутреннего шлифования аналогичны движениям при наружном круглом шлифовании — как продольном, так и врезном.

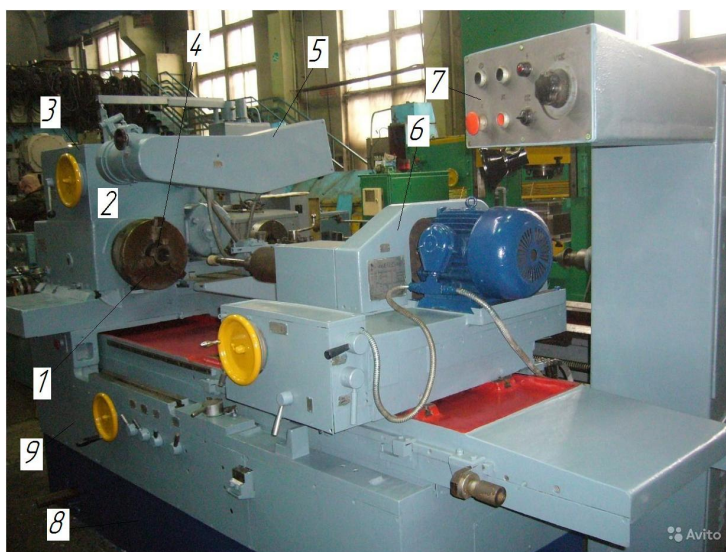


Рис. 3.6. Внутришлифовальный станок

Рассмотрим патронный внутришлифовальный станок (рис. 3.6). Все узлы станка несет станина 8 с двумя взаимно перпендикулярными направляющими для ручного установочного поперечного перемещения шпиндельной бабки 3 и продольного возвратно-поступательного движения шлифовальной бабки 6. Обрабатывае-

мая деталь 1 устанавливается в патроне на шпинделе шпиндельной бабки и вращается со скоростью круговой подачи. Ось шпинделя вместе с бабкой может поворачиваться в горизонтальной плоскости на угол до 45° , что позволяет шлифовать внутренние конусы. При работе деталь закрывается щитком 2. Шлифовальный круг 4 шлифовальной бабки получает вращение, а бабка — движение поперечной подачи. Управление гидравлической системой станка ведется с панели 9, а управление электросхемой — с панели 7. Поворотное торцешлифовальное устройство 5 с отдельным кругом позволяет за одну установку обрабатывать торец детали.

На патронных внутришлифовальных станках обрабатываются отверстия с максимальным диаметром от 25 до 800 мм.

Планетарные внутришлифовальные станки применяют для шлифования отверстий в крупных и тяжелых деталях, вращение которых затруднительно. Деталь в процессе обработки остается неподвижной, а все необходимые движения сообщаются шлифовальному кругу. Он получает быстрое вращение вокруг своей оси. Ось круга совершает вращательное планетарное движение, то есть круговую подачу относительно оси детали по окружности. Кроме того, шлифовальный круг получает возвратно-поступательное движение продольной подачи, а в конце каждого продольного хода перемещается в направлении поперечной подачи на толщину снимаемого за один проход слоя металла. Планетарные станки применяются сравнительно редко ввиду сложности конструкции.

Бесцентрово-шлифовальные станки широко применяются для высокопроизводительной чистовой обработки деталей типа тел вращения.

Поскольку наладка станка занимает значительное время, областью их применения являются крупносерийное и массовое производство.

По виду обрабатываемых поверхностей различают бесцентровые круглошлифовальные станки для обработки наружных поверхностей вращения и бесцентровые внутришлифовальные станки для обработки отверстий в круглых деталях.

Существует два основных способа бесцентрового шлифования наружных и внутренних поверхностей: сквозное шлифование

напроход и врезное шлифование. Первым способом шлифуют гладкие валы или втулки с продольной подачей, вторым – ступенчатые, конические и фасонные поверхности с поперечной подачей, а также цилиндрические отверстия в коротких втулках. При наружном круглом шлифовании напроход (рис. 3.7) цилиндрическая деталь 2 располагается на неподвижном ноже 4 между шлифовальным 1 и ведущим 3 кругами. Ведущий круг устанавливают под небольшим углом к оси детали, благодаря чему его окружная скорость разлагается на две составляющие и деталь получает круговую и продольную подачу. Чтобы обеспечить касание ведущего круга со шлифуемой поверхностью не в одной точке, а по ширине круга, ему придается форма гиперboloида. С детали, перемещающейся вдоль ножа, шлифующий круг снимает припуск.

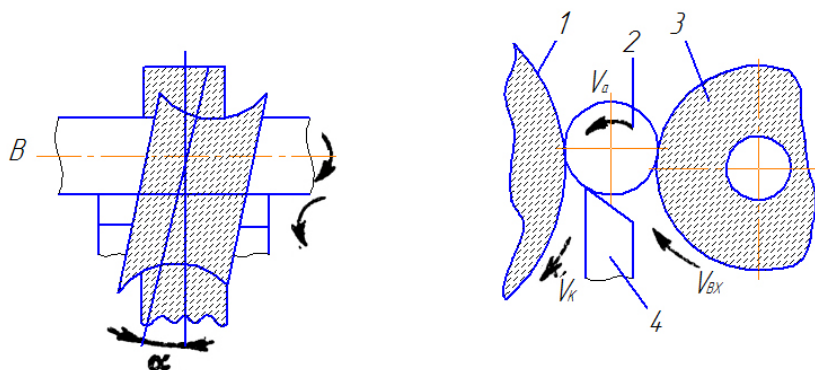


Рис. 3.7. Схема наружного бесцентрового шлифования:
a – главный вид; *b* – вид сбоку

При круглом врезном шлифовании деталь, опирающаяся на нож, только вращается. Поперечная подача производится перемещениями в радиальном направлении ведущего или шлифующего кругов, спрофилированных по форме детали.

Бесцентровые внутришлифовальные станки применяют для шлифования внутренних поверхностей деталей с предварительно точно отшлифованной наружной поверхностью.

Плоскошлифовальные станки предназначены для обработки плоских поверхностей.

Различают станки с горизонтальным шпинделем, работающие периферией круга, и станки с вертикальным шпинделем, работающие торцом круга.

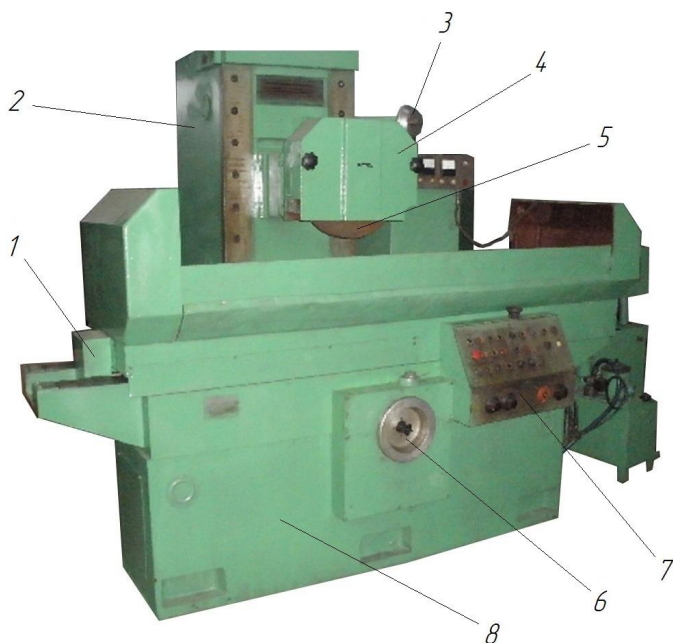


Рис. 3.8. Плоскошлифовальный станок с прямоугольным столом

Рассмотрим плоскошлифовальный станок с прямоугольным столом, работающий периферией круга (рис. 3.8). Все узлы станка располагаются на Т-образной станине 8 с продольными направляющими для стола 1, на котором закрепляются обрабатываемые детали. Для закрепления деталей из магнитных материалов обычно используют электромагнитную плиту, установленную на столе. Возвратно-поступательная подача сообщается столу гидроприводом, размещенным внутри станины. Главное движение совершает от отдельного электродвигателя круг 5, закрепленный на шпинделе шлифовальной бабки 3 и закрытый кожухом 4. Периодическая поперечная подача осуществляется на каждый ход или на каждый двойной продольный ход стола перемещением стойки 2, несущей шлифо-

вальную бабку. В некоторых моделях станков стойка неподвижна, а перемещаются поперечные салазки стола. Вертикальная подача на глубину резания производится перемещением шлифовальной бабки по вертикальным направляющим стойки. Управление станком осуществляется от гидропанели 6 и кнопочной станции 7.

При ширине детали, меньшей ширины шлифовального круга, на станках этого типа можно осуществлять врезное шлифование без поперечной подачи. Возможна обработка горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей, а при соответствующем профилировании периферии шлифовального круга – также линейчатых фасонных поверхностей.

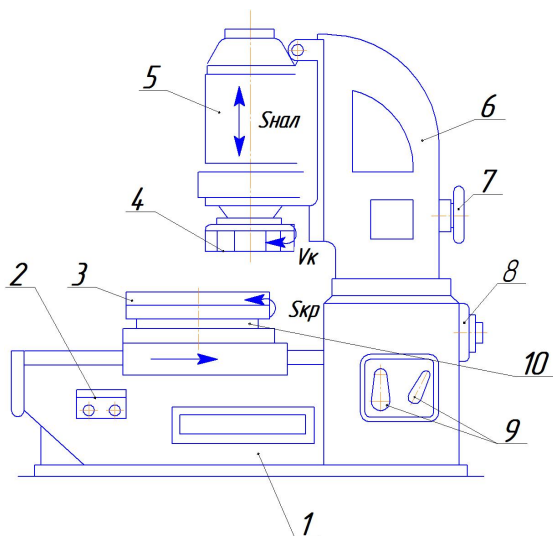


Рис. 3.9. Плоскошлифовальный станок с круглым столом

Рассмотрим схему плоскошлифовального станка с круглым столом, работающего торцом круга (рис. 3.9). В полый коробчатой станине 1 размещены механизмы привода стола и подачи шлифовальной бабки. На станине закреплена стойка 6, по вертикальным направляющим которой может перемещаться шлифовальная бабка 5 со сборным сегментным кругом 4 большого диаметра. По горизонтальным направляющим станины могут перемещаться салазки, на которых смонтирован вращающийся стол 10 с электромагнитной

плитой 3. На станке имеются электродвигатель привода стола 8, кнопки управления 2, рукоятки управления 9 и маховичок 7. Последним осуществляется быстрое перемещение шлифовальной бабки при наладке станка.

Аналогично карусельно-фрезерным станкам, с которыми они имеют общую компоновку и схему работы, станки этого типа являются станками непрерывного действия и широко применяются в крупносерийном и массовом производстве.

Максимальные размеры деталей, обрабатываемых на плоскошлифовальных станках, определяются размерами их стола.

Для получения минимальной шероховатости поверхности и наивысшей точности размеров и формы деталей применяют отделочные методы обработки, к которым относятся хонингование, суперфиниш, притирка и полирование.

Хонингование применяется в основном для обработки цилиндрических отверстий диаметром от 3 до 1500 мм и длиной до 20 м в таких деталях, как гидроцилиндры, орудийные стволы, гильзы цилиндров двигателей и поршневых компрессоров.

Сущность этого процесса состоит в том, что хон *1* (рис. 3.10), оснащенный мелкозернистыми абразивными брусками *2* (их обычно от 3 до 12), совершает одновременно вращательное и возвратно-поступательное движения в обрабатываемом отверстии неподвижной детали.

Абразивные бруски установлены в пазах цилиндрической поверхности хона. В конце каждого двойного хода специальным гидравлическим или механическим устройством они раздвигаются на несколько микрометров, осуществляя движение радиальной подачи. Со шпинделем станка хон соединяется шар-

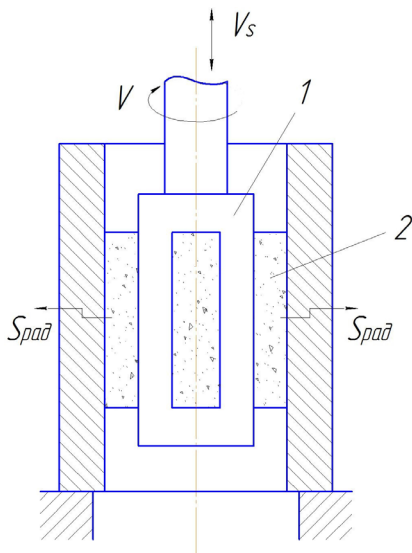


Рис. 3.10. Хонингование

нирно, поэтому бруски хона самоустанавливаются по отверстию, и точность хонингования практически не зависит от точности станка. Благодаря жесткой конструкции хона и принудительной радиальной подаче брусков хонингование исправляет небольшие погрешности формы предварительно развернутого или расшлифованного отверстия, но не исправляет положения оси.

Окружная скорость движения хона от 0,25 до 1,0 метра в секунду, а скорость движения вдоль оси от 0,1 до 0,3 метра в секунду.

Соотношение между этими скоростями подбирается таким образом, чтобы зерна брусков перемещались по неповторяющимся пересекающимся винтовым траекториям, что позволяет получить поверхность с высокими эксплуатационными свойствами.

При хонинговании применяют обильное охлаждение керосином или эмульсией. Припуск на хонингование не превышает 0,2 мм. Хонингованием достигают 7-го качества точности с параметром шероховатости R_a от 0,32 до 0,08 микрометра, отклонением от цилиндричности в пределах от 3 до 5 микрометров. Хонинговальные станки могут быть одношпиндельными и многошпиндельными, с вертикальным, горизонтальным или наклонным расположением шпинделей. Возвратно-поступательное движение шпинделя осуществляется от гидравлического привода.

Суперфиниш представляет собой особый вид тонкой абразивной обработки предварительно отшлифованных, чаще всего наружных цилиндрических поверхностей.

Обработка производится специальными головками, оснащенными одним-четырьмя мелкозернистыми брусками из белого электрокорунда, зеленого карбида кремния или алмазными. Бруски закрепляются в головке не жестко, как при хонинговании, а упруго, и при обработке самоустанавливаются по поверхности детали.

Особенностью суперфиниша (рис. 3.11) является быстрое колебательное движение бруска 1 вдоль оси детали 2 в сочетании с вращением детали и ее возвратно-поступательным движением вдоль оси. Бруски колеблются с частотой до 50 Гц и амплитудой от 2 до 5 мм.

Соотношение между окружной скоростью детали и скоростью её осевого перемещения подбирается так, чтобы соблюдался принцип неповторяющегося следа. Усложнение траектории зерен

при суперфинише улучшает использование режущей способности абразивных зерен.

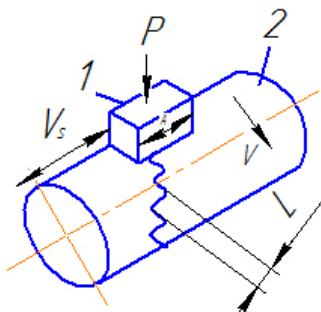


Рис. 3.11. Суперфиниш

Суперфинишу свойственны низкие скорости резания и малые давления бруска на поверхность заготовки, в результате чего происходит малый нагрев детали и незначительное деформирование поверхностного слоя.

Обработка ведется с охлаждением керосином с добавлением от 5 до 15 % масла. Подпружиненный брусок снижает шероховатость, но не устраняет погрешности формы. Припуск на суперфиниш составляет от 0,002 до 0,02 мм на диаметр. Суперфиниш позволяет получить шероховатость не более 0,04 микрометра. Отделке суперфинишем подвергают ролики и кольца подшипников качения, шейки коленчатого и распределительного валов, кулачки, калибры, поршни, клапаны и другие ответственные детали.

Для суперфиниша применяют одно- и многшпиндельные станки, обычно специализированные на обработку конкретной детали.

Суперфиниширование можно осуществлять также на универсальных токарных и карусельных станках, оснащая их специальными головками.

Притирка — это тонкая отделка поверхностей предварительно отшлифованных деталей мелкозернистым абразивным порошком, смешанным со смазочным материалом и нанесенным на поверхность инструмента, называемого притиром. Притирка может быть ручной и машинной.

Притирочные станки применяют в крупносерийном и массовом производствах для обработки коротких цилиндрических деталей, а также плоских деталей.

Притирка осуществляется с помощью двух чугунных притиров-дисков, между которыми помещается сепаратор с обрабатываемыми деталями. Притиры вращаются вокруг оси в противоположные стороны с различными скоростями, обеспечивающими соблюдение принципа неповторяющегося следа. Сепаратор совершает возвратно-поступательное движение в поперечном направлении, что обеспечивает равномерное изнашивание притиров. Рабочие лобовые поверхности притиров шаржируются порошком корунда, карборунда, оксида хрома в смеси с минеральным маслом, керосином, скипидаром или пастой ГОИ.

Притирочные станки бывают как общего назначения, так и специализированные. Притирка позволяет получить точность 5-го качества и выше при шероховатости от 0,16 до 0,08 микрометра.

Полирование – это обработка деталей при помощи особо мелкозернистой полировальной пасты, нанесенной на эластичный полировальный круг, изготавливаемый из войлока, кожи или парусины. В качестве абразива применяют порошок оксида хрома, крокус (природная окись железа) и т. п.

Полирование доводит поверхность детали до зеркального блеска, но не изменяет размеров и формы детали. Кроме полировальных станков полирование можно также осуществлять на шлифовальных станках.

Контрольные вопросы

1. К какой группе станков относятся станки, имеющие прямолинейное возвратно-поступательное главное движение?
2. Каков максимальный ход ползуна поперечно-строгальных станков?
3. Что служит для установки заготовки на горизонтально-протяжном станке?
4. В каких единицах измеряется скорость резания при шлифовании?
5. Какие поверхности обрабатывают на внутришлифовальных станках?

6. Назовите области применения плоскошлифовальных станков с круглым столом.
7. Как называется рабочий орган поперечно-строгального станка, совершающий главное возвратно-поступательное движение?
8. Какой рабочий орган долбежного станка совершает возвратно-поступательное движение?
9. Какими инструментами работают станки шлифовально-доводочной группы?
10. Какие поверхности обрабатывают на круглошлифовальных станках?
11. Какое движение отсутствует при врезном круглом шлифовании?
12. Как обеспечивается подача при протягивании?
13. Какими инструментами осуществляется обработка на доводочных станках?
14. Как регулируется скорость движения стола на круглошлифовальном станке?
15. Какие поверхности обрабатывают на плоскошлифовальных станках?

4. РЕЗЬБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ. ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ

В современном машиностроении применяют много методов обработки резьбы с использованием различных станков и инструмента.

Нарезание резьбы производят на разных станках токарной группы (универсальных токарно-винторезных, револьверных, автоматах и полуавтоматах), применяя резцы, гребенки, метчики, плашки и резбонарезные головки. Резьбу нарезают также на сверлильных станках метчиками и на расточных — резцами.

Для более производительной обработки резьбы применяют специализированное оборудование. Сюда относятся высокопроизводительные гайконарезные и болтонарезные станки, работающие гаечными метчиками и самораскрывающимися резбонарезными головками, а также резбонакатные станки. Область их применения — изготовление в массовом производстве крепежных деталей: гаек, винтов, болтов и шпилек.

В условиях общего машиностроения для обработки резьбы применяют резьбофрезерные и резьбошлифовальные станки.

Применяют два типа резьбофрезерных станков:

- 1) работающие дисковыми резьбовыми фрезами и служащие для нарезания длинных винтов нормального или большого шага и длинных червяков большого модуля;
- 2) работающие гребенчатыми групповыми фрезами и служащие для нарезания коротких резьб треугольного профиля большого диаметра с малым шагом.

Станки, работающие дисковыми фрезами, по своей компоновке и кинематике аналогичны токарно-винторезным станкам. Отличаются тем, что вместо резьбового резца на суппорте установлена фрезерная головка с закрепленной на ее шпинделе дисковой резьбовой фрезой. Для удобства наблюдения за процессом обработки фрезерная головка расположена не перед заготовкой, а за ней.

Станки, работающие гребенчатыми фрезами (рис. 4.1), применяют для нарезания как наружных, так и внутренних резьб.

Гребенчатую фрезу 1, вращающуюся со скоростью резания, подводят к заготовке 2, вращающейся со скоростью круговой подачи.

При этом осуществляют врезание на глубину профиля резьбы с радиальной подачей при одновременной продольной подаче, равной шагу нарезаемой резьбы. После нарезания фрезой быстро отводят и возвращают в исходное положение.

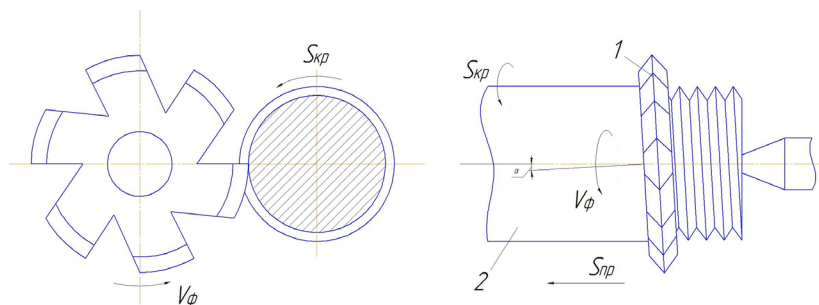


Рис. 4.1. Станки, работающие гребенчатыми фрезами

В некоторых моделях станков движения врезания, продольной подачи и отвода совершаются заготовкой.

Гребенчатая фреза представляет собой набор дисковых фрез, поэтому витки по всей длине резьбы обрабатываются одновременно, в результате процесс фрезерования значительно ускоряется.

За один оборот заготовки конец канавки, нарезанной любым из резьбовых дисков фрезы, совпадает с началом канавки, нарезанной соседним диском, то есть для фрезерования резьбы требуется один оборот заготовки. Так как процесс врезания фрезы происходит при вращении заготовки, для нарезания резьбы требуется от 1,2 до 1,4 оборота заготовки.

Минимальная длина гребенчатой фрезы должна быть на 2–3 шага больше длины фрезеруемой резьбы. Ось гребенчатой фрезы располагают параллельно оси заготовки, что приводит к некоторому искажению профиля резьбы.

Величина искажения тем больше, чем больше шаг резьбы, диаметр фрезы и чем меньше диаметр резьбы. Однако при нарезании треугольных резьб, имеющих небольшой наклон витков винтовой линии, искажение профиля незначительно и лежит в пределах допуска на резьбу.

Резьбошлифовальные станки применяют для чистовой обработки точных резьб, предварительно нарезанных на других станках, а при шаге до 2 мм — сразу шлифовальным кругом.

Шлифованием обрабатывают резьбу на метчиках, резьбовых калибрах, резьбовых фрезах, точных микрометрических и ходовых винтах, червяках.

Схемы резьбошлифования аналогичны схемам резьбофрезерования, только вместо резьбовых фрез используются профильные шлифовальные круги: односточные вместо дисковых и многосточные вместо гребенчатых.

Обработку на резьбошлифовальных станках осуществляют одним из трех способов.

Длинную резьбу шлифуют односточным шлифовальным кругом. Для получения неискаженного профиля резьбы ось круга поворачивают относительно оси детали на угол подъема резьбы.

Короткую резьбу шлифуют многосточным кругом с кольцевыми канавками с шагом, равным шагу резьбы. Ширина круга должна быть больше длины шлифуемой резьбы на 2 или 4 шага. При обработке вращающийся круг врезается на глубину профиля резьбы за 0,5 оборота детали, так что обработка завершается за 1,5 оборота детали. Этот способ производительнее первого, однако резьба получается менее точной, так как параллельное расположение осей круга и детали ведет к искажению профиля резьбы.

Длинную резьбу шлифуют многосточным шлифовальным кругом с кольцевыми канавками. Шлифовальный круг заправлен на конус, поэтому при продольном перемещении детали происходит постепенное врезание круга. При этом припуск равномерно распределяется между нитками круга, и только последние его нитки образуют полный профиль резьбы.

Зубообрабатывающие станки предназначены для обработки зубьев зубчатых колес. По технологическому назначению их делят на зуборезные и зубоотделочные. К последним относятся также станки для обработки торцов зубьев.

В зависимости от способа образования зубьев различают два метода зубонарезания: метод копирования и метод обката.

При обработке по *методу копирования* режущая часть фасонного зуборезного инструмента (фреза, резец, протяжка) имеет профиль, точно соответствующий профилю нарезаемых впадин, т. е. происходит копирование эвольвентной поверхности впадины зуба колес. В процессе зубонарезания инструмент, перемещаясь вдоль оси заготовки, переносит свой профиль по всей длине зуба, создавая таким образом две половины профилей двух смежных зубьев. При обработке винтовых зубьев одновременно с поступательным движением происходит согласованное вращение заготовки. Нарезаемую заготовку цилиндрического колеса закрепляют на оправке, установленной в центрах делительной головки и задней бабки, а заготовку конического колеса — в делительной головке под углом впадин по отношению к столу. После прорезания одной впадины заготовку поворачивают на один зуб, прорезают следующую впадину и так далее.

Для нарезания крупномодульных колес с модулем более 20 мм применяют модульные пальцевые фрезы.

Низкая производительность обуславливается большой величиной врезания и прерывистым характером обработки, так как после каждого рабочего прохода требуется отвод заготовки назад и поворот на один зуб.

В силу указанных недостатков этот метод применяют в единичном и мелкосерийном производствах, а также при ремонтных работах. Единственным, но существенным преимуществом этого метода является то, что для его осуществления не требуется специального оборудования и оснастки.

В условиях крупносерийного и массового производства метод копирования применяют для предварительной обработки, используя специализированные станки, работающие по полуавтоматическому циклу.

Рассмотрим двухпозиционный зубофрезерный полуавтомат для нарезания зубьев конических колес (рис. 4.2). Обработка производится тремя дисковыми модульными фрезами 2, закрепленными на горизонтальном шпинделе фрезерного суппорта 1. Три заготовки 5 закрепляют в загрузочной позиции на оправках шпинделей двухпозиционного поворотного стола 4. После нажатия пусковой кнопки стол поворачивается относительно вертикальной оси на 180°, пе-

рenessя заготовки в рабочую позицию, фрезерный суппорт быстро подводится к заготовкам 3 и осуществляет фрезерование первой впадины. После окончания обработки первой впадины на всех трех заготовках супорт быстро отводится вверх. Как только фрезы выйдут из прорезанных впадин, происходит автоматическое деление заготовок, и цикл повторяется.

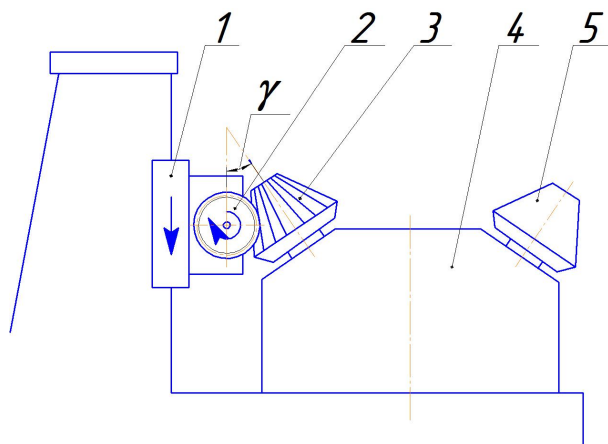


Рис. 4.2. Двухпозиционный зубофрезерный полуавтомат для нарезания зубьев конических колес

Во время обработки на загрузочной позиции устанавливают очередные три заготовки.

Наличие двухпозиционного стола и многоместного приспособления в сочетании с полуавтоматическим циклом обеспечивает высокую производительность станка.

Оси шпинделей поворотного стола установлены под углом, чтобы дно фрезеруемой впадины располагалось вертикально.

На станках для фрезерования цилиндрических зубчатых колес оси шпинделей стола располагаются вертикально.

Весьма производительными являются зубодолбежные полуавтоматы для обработки цилиндрических зубчатых колес небольших размеров, применяемые в условиях массового производства.

Обработка колеса ведется одновременным долблением всех впадин между зубьями специальными многолезцовыми головками.

Рассмотрим схему многорезцового долбления (рис. 4.3). Резцы *1*, имеющие профиль впадины нарезаемого колеса, расположены в головке радиально по отношению к заготовке. Во время работы заготовке сообщают главное возвратно-поступательное движение со скоростями рабочего хода и холостого хода в вертикальном направлении, а резцам — одновременное прерывистое движение радиальной подачи. Последняя происходит при нижнем положении заготовки, когда заготовка выходит из контакта с резцами. За несколько двойных ходов заготовки резцы врезаются на полную глубину впадины, и нарезание зубьев заканчивается.

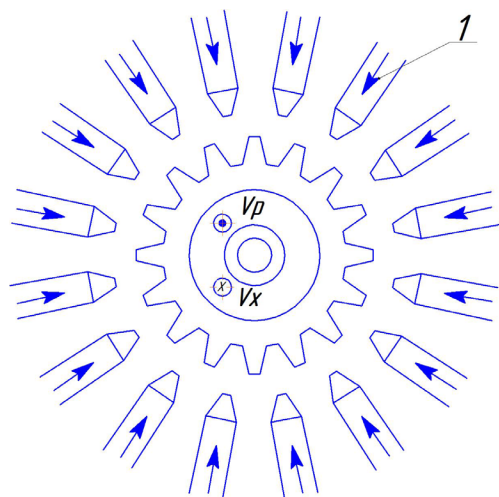


Рис. 4.3. Схема многорезцового долбления

Недостаток метода заключается в необходимости иметь отдельную головку для каждого колеса.

В массовом производстве для обработки небольших прямозубых конических колес применяют круговое протягивание на специализированных станках специальным режущим инструментом круговой протяжкой (фрезой-протяжкой).

Круговая протяжка состоит из нескольких блоков фасонных резцов, обычно 15 блоков по пять резцов в каждом, закрепленных на периферии корпуса протяжки. Протяжка, вращаясь с постоянной окружной скоростью, черновыми и чистовыми резцами полно-

стью обрабатывает одну впадину нарезаемого колеса, которое остается неподвижным.

Зубчатые колеса, обработанные по методу копирования, обычно подвергаются дополнительной обработке на зубодолбежном станке, работающем по методу обката, или на шевинговальном станке.

Зубонарезание по *методу обката* заключается в механическом воспроизводстве беззазорного зубчатого, реечного или червячного зацепления.

Режущий инструмент имеет форму зубчатого колеса, зубчатой рейки или червяка, то есть такой детали, которая могла бы работать в паре с нарезаемым колесом. В процессе обработки инструменту и заготовке сообщают согласованные движения, воспроизводящие соответствующее зацепление. Такие согласованные движения называются движениями обката. Одновременно режущий инструмент совершает рабочее движение резания.

По сравнению с методом копирования метод обката обеспечивает более высокую производительность и точность обработки.

При зубонарезании по методу обката профили режущих кромок инструмента, перемещаясь, занимают относительно профилей зубьев нарезаемого колеса ряд последовательных положений. При этом срезается материал заготовки в тех местах, где должны быть впадины между зубьями.

Эвольвентные профили обрабатываемых зубьев возникают при этом как огибающие следы последовательных положений режущих кромок или ряда последовательных срезов материала заготовки. Поэтому такой метод профилирования зубьев называют еще методом огибания. При зубонарезании по методу обката одним инструментом можно нарезать колеса данного модуля с любым числом зубьев.

По методу обката работают специализированные зубодолбежные, зубофрезерные и зубострогальные станки, а также станки для обработки конических колес с круговыми зубьями.

Все эти станки являются полуавтоматами и применяются в условиях серийного и массового производств.

Зубодолбежные станки предназначены для обработки цилиндрических прямозубых и косозубых колес наружного и внутреннего зацепления, а также блоков из нескольких колес.

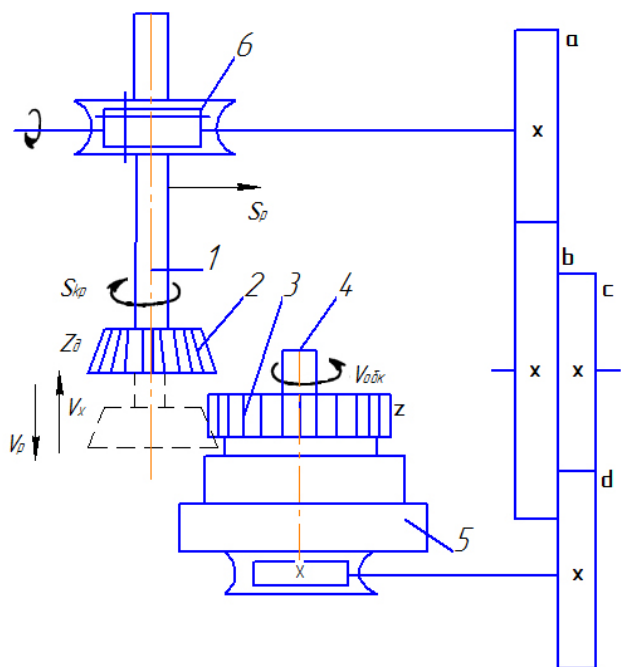


Рис. 4.4. Схема настройки зубодолбежного станка

Применяют два типа этих станков: станки, работающие дисковыми долбяками, и станки, работающие зуборезными гребенками.

Рассмотрим принципиальную схему настройки зубодолбежного станка (рис. 4.4).

Долбяк 2, закрепленный на штосселе 1 станка, совершает вместе с ним возвратно-поступательное и вращательное движения. Вращательное движение сообщается при помощи червячной передачи 6. Возвратно-поступательное движение сообщается штосселю кривошипно-шатунным или кривошипно-кулисным механизмом. Поступательное движение долбяка вниз является рабочим ходом, а вверх – холостым ходом. Заготовка 3, закрепленная на оправке 4 круглого стола 5, совершает вместе с ним вращательное движение вокруг своей оси со скоростью обката. Медленное согласованное вращение долбяка и заготовки является движением обката, осуществляемым в процессе непрерывного деления. Соотношение частот вращения долбяка и заготовки определяется передаточным отношением вос-

производимой зубчатой пары, то есть числами их зубьев. Настройку цепи обката станка производят с помощью делительной гитары с зубчатыми колесами, сообщающей через червячную передачу вращение столу. При зубонарезании долбяком осуществляются движения радиальной и круговой подач. Движение радиальной подачи долбяк получает от специального кулачка в начале обработки для врезания на высоту нарезаемого зуба, на что затрачивается 0,25 оборота заготовки. По окончании врезания радиальная подача выключается, после чего стол делает один полный оборот. Круговая подача — это длина дуги делительной окружности долбяка в миллиметрах, на которую он поворачивается за один двойной ход штосселя. Ее выбирают в зависимости от материала заготовки, модуля нарезаемого колеса и других факторов. Очевидно, что круговая подача определяет скорость движения обката и производительность процесса обработки.

Во избежание трения долбяка о заготовку на холостом ходу стол с заготовкой несколько отодвигается от штосселя, образуя зазор между нарезаемым зубом и долбяком.

Зубофрезерные станки предназначены для обработки прямозубых и косозубых цилиндрических колес наружного зацепления, а также червячных колес червячными модульными фрезами.

Используя специальные червячные фрезы, на этих станках можно обрабатывать также шлицевые валы, звездочки цепных передач, храповые колеса.

Рассмотрим схему настройки зубофрезерного станка (рис. 4.5). Главное вращательное движение совершает фреза 2. С этим движением должно быть согласовано вращательное движение обката, сообщаемое обрабатываемой заготовке 1, закрепленной на оправке 3 круглого вращающего стола 4. Условие обката определяется передаточным отношением воспроизводимой червячной пары. Настройку станка производят с помощью делительной гитары 5. При нарезании цилиндрического колеса фрезерному суппорту, несущему фрезу, сообщают движение вертикальной подачи, задаваемой в миллиметрах на один оборот заготовки. В некоторых моделях станков это движение сообщается не фрезе, а столу с заготовкой. Для получения неискаженного профиля нарезаемых зубьев необходимо правильно установить червячную фрезу.

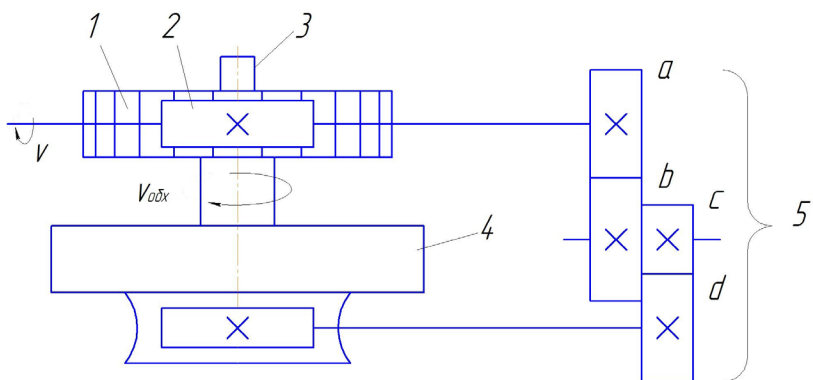


Рис. 4.5. Схема настройки зубофрезерного станка

При нарезании прямозубых колес фрезу поворотом фрезерного суппорта в вертикальной плоскости устанавливают наклонно к горизонтальной плоскости под углом, равным углу подъема винтовой линии фрезы.

При нарезании косозубых колес заготовка помимо вращения обката получает дополнительное вращение, обеспечивающее расположение зубьев по винтовой линии. Это дополнительное движение накладывается на основное с помощью специального суммирующего механизма, который называется дифференциал.

Нарезание червячного колеса производится червячной фрезой, по форме и размерам точно соответствующей червяку, в сопряжении с которым будет работать нарезаемое колесо.

Благодаря высокой производительности и универсальности зубофрезерные станки, работающие по методу обката, являются наиболее распространенным видом зуборезного оборудования.

Обработку прямозубых конических колес по методу обката производят на зубострогальных станках (рис. 4.6).

Формообразование зубьев основано на принципе зацепления обрабатываемого колеса 2 с плоским производящим колесом 3 с углом при вершине начального конуса равным 180° .

Такое колесо имеет зубья с плоскими, а не эвольвентными боковыми поверхностями, сходящимися в центре колеса. В отличие от схем нарезания цилиндрических колес, при обработке конических колес воспроизводимое зацепление является не реальным,

а воображаемым. Вместо зацепления на станке предусмотрена поворотная люлька, на лобовой поверхности которой имеются радиальные направляющие. По ним перемещаются две резцовые каретки с двумя зубострогальными резцами 1. Режущие кромки резцов воспроизводят в пространстве одну впадину воображаемого плоского колеса. Обрабатываемое колесо устанавливают так, чтобы образующая конуса впадин была параллельна направлению движения резцов, а вершина начального конуса с углом при вершине совпадала с центром производящего колеса. В процессе обработки резцы совершают относительно заготовки возвратно-поступательное движение резания навстречу друг другу. Одновременно люлька совершает медленное вращательное движение обката относительно оси воображаемого колеса, согласованное с вращением обрабатываемого колеса. После профилирования зуба движение обката прекращается, обрабатываемое колесо отводится от резцов, и люлька возвращается в исходное положение. Затем происходит деление, то есть поворот заготовки, после чего цикл повторяется. Так последовательно нарезают все зубья колеса.

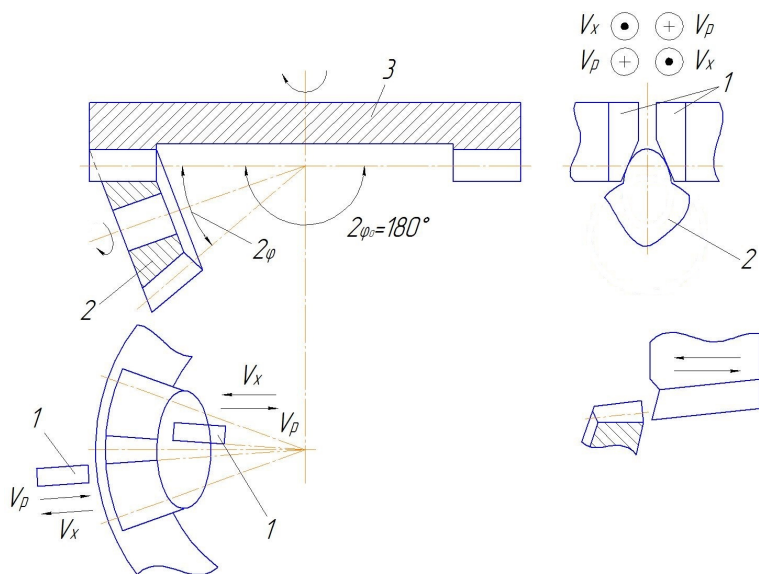


Рис. 4.6. Обработка прямозубых конических колес по методу обката

Конические колеса с круговыми зубьями нарезают на специальных зуборезных станках, работающих резцовыми головками.

Так же как и в зубострогальных станках, в основу метода здесь положено зацепление обрабатываемого колеса с воображаемым плоским производящим колесом.

Процесс обката (рис. 4.7) происходит при согласованном вращении заготовки 1 и воображаемого плоского колеса 2, с центром которого совпадает вершина начального конуса обрабатываемого колеса. На станке плоское колесо заменено люлькой, несущей вращающуюся резцовую головку 3, на корпусе которой закреплены резцы 4, воспроизводящие один зуб плоского колеса.

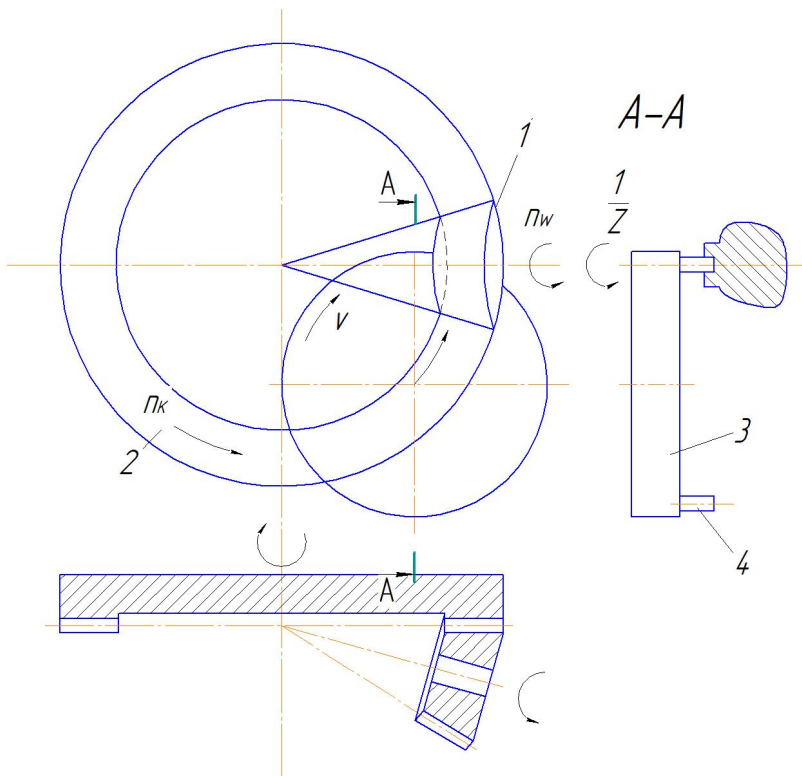


Рис. 4.7. Обработка конических колес с круговыми зубьями

Вращение головки обеспечивает движение резания, в результате которого резцы обрабатывают на заготовке профиль впадины. В результате согласованного вращения люльки с резцовой головкой и заготовки резцы перемещаются вдоль образующей конуса впадин обрабатываемого колеса.

За один цикл обрабатывается одна впадина между зубьями колеса. При этом люлька поворачивается на некоторый угол. Для обработки следующей впадины резцовая головка поворотом люльки возвращается в исходное положение и производится деление заготовки на один зуб.

Циклы повторяются до нарезания на заготовке всех зубьев.

Отделочная обработка нарезанных зубчатых колес производится для достижения большей их точности и меньшей шероховатости поверхности зубьев с целью повышения плавности и бесшумности работы зубчатых передач и их долговечности.

К числу зубоотделочных операций относятся шевингование и обкатка для незакаленных колес, зубошлифование, притирка и зубохонингование для закаленных колёс. Эти операции выполняют на специализированных зубоотделочных станках.

Зубоотделочными являются также зубозакругляющие станки, на которых закругляют торцы зубьев переключаемых колес и блоков для облегчения и ускорения процесса переключения. В процессе зубозакругления обрабатываемое колесо непрерывно вращается, а специальная пальцевая фреза синхронно перемещается вдоль зуба вверх и вниз от специального копира.

Шевингование производят на зубошевинговальных станках специальным режущим инструментом, который называется шевер.

Рассмотрим схему шевинговального станка (рис. 4.8), работающего дисковым шевером. Шевер 4, находящийся в зацеплении с обрабатываемым колесом 5, составляет с ним зубчатую винтовую пару с углом скрещивания осей от 10 до 20 градусов. Для обработки прямозубых колес применяют косозубые шеверы, а для обработки косозубых колес – прямозубые шеверы. В процессе обработки шеверу сообщают вращение, передаваемое им обрабатываемому колесу, закрепленному на оправке 6, которая свободно вращается в центрах бабок 7. Благодаря скрещиванию осей при передаче враще-

ния от шевера к обрабатываемому колесу происходит боковое скольжение профилей вдоль образующих сопряженных зубьев. При этом режущие кромки на зубьях шевера срезают с зубьев шевингуемого колеса тонкую волосообразную стружку. Для шевингования зубьев колеса по всей длине стола 9 сообщают возвратно-поступательную продольную подачу, не выводя колесо из зацепления с шевером. В конце хода стола шеверу сообщают периодическую радиальную подачу. Для получения фланкированных зубьев используется качающаяся плита 8 с кронштейном 3, несущим палец 1, который при продольной подаче скользит по пазу копира 2, тем самым обеспечивая качение плиты.

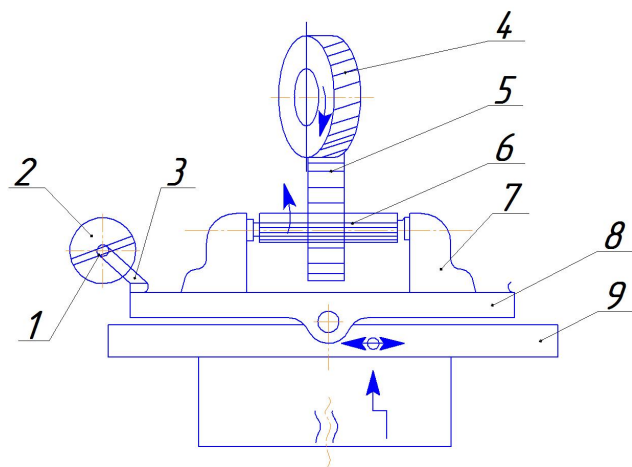


Рис. 4.8. Схема шевинговального станка

Вместо шевингования для окончательной обработки зубьев ответственных колес можно применить обкатку.

Она представляет собой процесс получения гладкой упрочненной поверхности зубьев незакаленного колеса путем вращения его в масляной среде между тремя закаленными шлифованными точными зубчатыми колесами-эталоны.

На зубообкатном станке (рис. 4.9) ведущее эталонное колесо 1 вращает обрабатываемое колесо 2 и через него — эталонные колеса 3 и 4, с помощью которых на обкатываемое колесо оказывается давление от поршневого пневматического устройства 5.

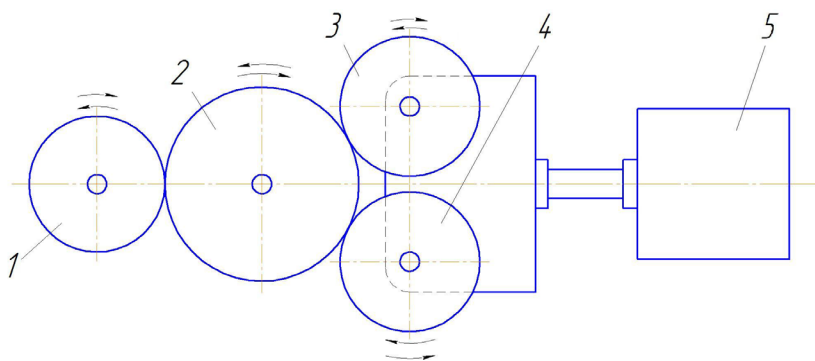


Рис. 4.9. Схема зубообкатного станка

Давление может создаваться также с помощью груза.

Для равномерной обработки обеих боковых поверхностей зубьев вращение колес периодически реверсируется. При этом исправляются небольшие погрешности формы зуба, поверхность которого за счет давления выглаживается и наклепывается.

Зубошлифование применяется главным образом для отделочной обработки закаленных зубчатых колес. Устраняя искажения профиля зубьев, вызванные термообработкой, оно обеспечивает получение наиболее точного профиля зубьев и наименьшей шероховатости их поверхности.

Шлифование зубьев, как и зубонарезание, производится двумя методами: методом копирования профиля шлифовального круга и методом обката.

На зубошлифовальных станках, работающих по методу копирования, шлифование производится дисковым фасонным кругом с профилем, соответствующим профилю впадины обрабатываемого колеса. Процесс резания аналогичен зубонарезанию дисковой модульной фрезой. Профильный круг получает вращение, возвратно-поступательное движение продольной подачи вдоль зуба и периодическую радиальную подачу на глубину шлифования за каждый двойной ход ползуна. После нескольких двойных ходов круг выводится из зацепления с колесом, которое поворачивается на один зуб, и цикл повторяется. Для компенсации износа круг периодически правится алмазными карандашами с помощью специального автоматического устройства.

Более высокую точность обработки обеспечивают зубошлифовальные станки, работающие по методу обката. При шлифовании зубьев дисковым кругом, имеющим в радиальном сечении прямоугольный профиль, воспроизводится один зуб воображаемой рейки, в зацеплении с которой находится обрабатываемое колесо. При шлифовании зубьев двумя тарельчатыми кругами воспроизводятся две разные стороны двух зубьев воображаемой рейки.

Зубошлифовальные станки, работающие дисковыми и тарельчатыми абразивными кругами, имеют невысокую производительность. Для ее повышения применяют станки, работающие червячным шлифовальным кругом, на которых процесс обработки осуществляется непрерывно. На этих станках процесс резания аналогичен обработке зубчатых колес червячной фрезой.

При небольших погрешностях колес зубошлифование целесообразно заменять *притиркой* (рис. 4.10), осуществляемой на зубопритирочных станках.

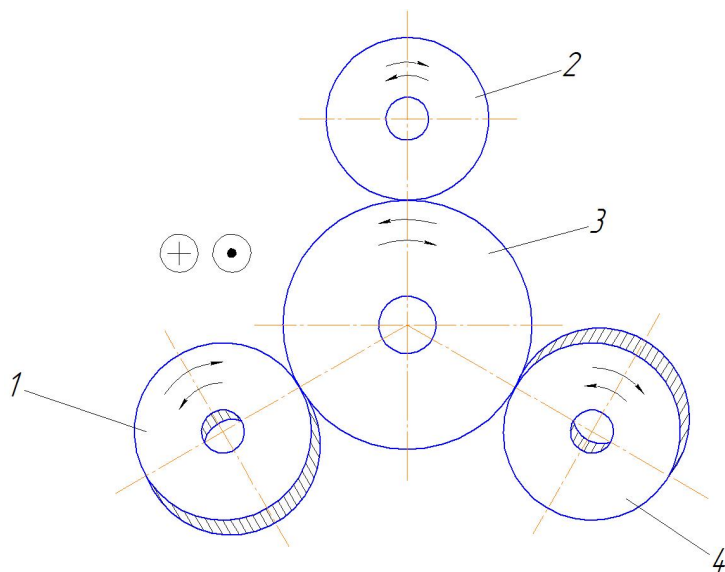


Рис. 4.10. Притирка

Обрабатываемое колесо 3 вводят в зацепление с тремя притирами, представляющими собой эталонные чугунные колеса 1, 2, 4, оси которых скрещиваются между собой.

Притирку производят в масляной среде с мелкозернистым абразивным порошком.

Ведущий притир 2 вращается попеременно в разных направлениях для обеспечения равномерной обработки зубьев с обеих сторон.

Помимо вращения обрабатываемому колесу или притирам сообщается возвратно-поступательное движение вдоль оси.

Зубопритирку можно производить двумя способами: в распор, когда притиры прижимают к колесу, и методом торможения, когда шпиндели ведомых притиров 1 и 4 притормаживают, благодаря чему создается необходимое контактное давление.

Для обработки зубчатых колес после зубошевингования и термообработки применяют *зубохонингование*, которое представляет собой высокопроизводительный процесс, позволяющий устранить дефекты поверхности закаленных зубьев и осуществляемый на зубохонинговальных станках.

Обработку производят зубчатым хоном — зубчатым колесом, изготовленным прессованием из смеси пластмассы и мелкозернистого абразивного порошка.

Относительные движения при зубохонинговании те же, что и при шевинговании.

Контрольные вопросы

1. Назовите область применения гайконарезных и болтонарезных станков.
2. При каком шаге резьбы ее можно нарезать сразу шлифовальным кругом?
3. В чем заключается суть нарезания колес по методу обката?
4. За сколько оборотов заготовки осуществляется движение радиальной подачи долбяка в начале обработки для врезания на высоту нарезаемого зуба?
5. Какие зубоотделочные операции применяются для незакаленных колес?

6. Сколько оборотов заготовки требуется для нарезания резьбы гребенчатой фрезой?
7. Как располагаются оси шпинделей стола на станках для фрезерования цилиндрических зубчатых колес?
8. Какие станки могут работать по методу обката?
9. Для чего производится отделочная обработка нарезанных зубчатых колес?
10. Какими методами производится зубошлифование?
11. Какими методами производится зубопритирка?
12. Как называется инструмент для зубохонингования?
13. Каким инструментом нарезают колеса с круговыми зубьями?
14. Какие зубоотделочные операции применяются для закаленных колес?
15. Назовите области применения зубодолбежных, зубофрезерных и зубострогальных полуавтоматов.

5. РАЗРЕЗНЫЕ СТАНКИ. РАЗНЫЕ СТАНКИ. АГРЕГАТНЫЕ СТАНКИ

Для разрезания сортового и фасонного материала могут использоваться универсальные металлорежущие станки: токарные, фрезерные, строгальные. Однако ввиду низкой производительности их применяют для этой цели лишь в небольших механических цехах.

В условиях серийного и массового производства в заготовительных цехах и отделениях машиностроительных предприятий применяют специализированные *разрезные* станки различных конструкций.

Наиболее распространены для разрезания материала любого профиля и размера фрезерно-отрезные станки (рис. 5.1), работающие дисковыми пилами диаметром от 350 до 1500 мм и толщиной от 4 до 12 мм.

Пилы изготовляют составными со вставными зубьями или приклепываемыми сегментами из быстрорежущей стали. Диску 3 пилы сообщается вращение и непрерывное горизонтальное или вертикальное движение подачи.

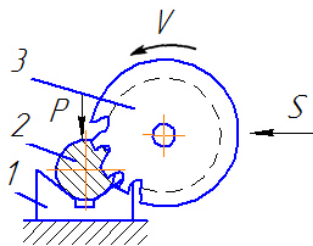


Рис. 5.1. Фрезерно-отрезные станки

Современные станки оснащаются гидроприводом, позволяющим плавно изменять величину подачи таким образом, чтобы сила резания сохранялась постоянной при изменении сечения разрезаемого материала. Этот же привод используется для зажатия разрезаемого материала 2 в призмe 1.

Фрезерно-отрезные станки обладают высокой производительностью.

Их недостаток — большой отход материала в стружку из-за широкого прореза, что ограничивает их применение разрезанием черных металлов.

Ножовочные станки (рис. 5.2) применяют для разрезания сортового и профильного металла и труб при наибольшем размере разрезаемого материала от 250 до 300 мм.

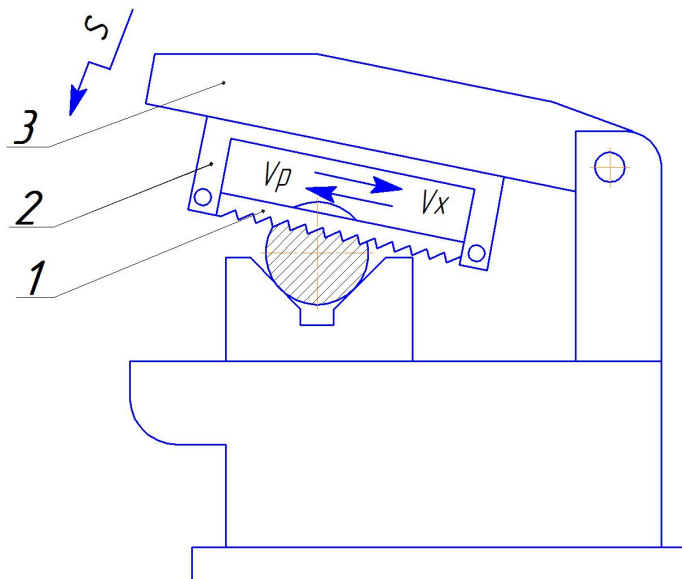


Рис. 5.2. Ножовочные станки

Станок сообщает ножовочному полотну *1*, закрепленному в раме пилы *2*, главное возвратно-поступательное движение при помощи кривошипно-шатунного механизма.

Рукав *3*, по направляющим которого перемещается рама пилы, получает от гидропривода следующие движения:

- 1) быстрое опускание;
- 2) периодическую подачу во время рабочего хода;
- 3) небольшой подъем при холостом ходе;
- 4) подъем рукава после окончания операции.

Достоинства этих станков – простота обслуживания и малый отход металла в стружку, что позволяет резать дорогостоящие цветные металлы.

К числу недостатков следует отнести низкую производительность и опасность получения косого прореза при неправильной заточке ножовочного полотна.

Ленточные пилы (рис. 5.3) применяют как для разрезания сортового и фасонного материала, так и для фигурного выпиливания по контуру в плоских заготовках различной толщины.

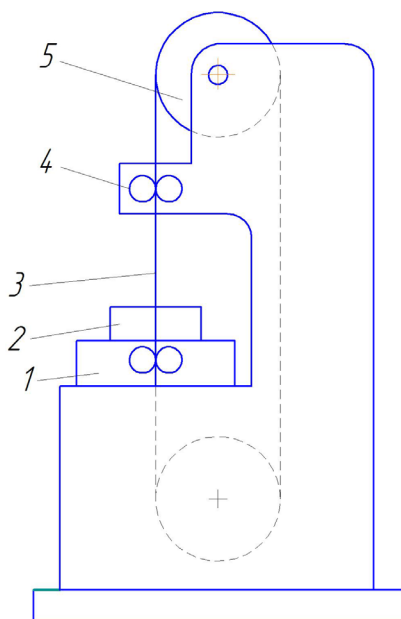


Рис. 5.3. Схема станка с ленточной пилой

Станки работают пилой 3, представляющей собой узкую бесконечную стальную ленту с зубьями на ребре. Лента перекинута через два шкива 5, один из которых является приводным, и пропущена между двумя парами направляющих роликов 4. Разрезаемая заготовка 2 располагается на столе 1.

Ленточные пилы могут иметь вертикальное, горизонтальное или наклонное расположение ленты. Достоинства ленточной пилы – высокая производительность и малая ширина прореза. Недостатки – быстрое изнашивание и нередкие разрывы ленточной пилы.

На фрикционных пилах процесс резания металла заключается в том, что периферия тонкого гладкого или с мелкой насечкой стального диска или бесконечная лента с большой скоростью (до 140 м/с) перемещается относительно разрезаемого материала.

Фрикционные пилы бывают двух типов: дисковые и ленточные.

Фрикционные пилы можно использовать для разрезания твердых материалов, например закаленной стали. Они весьма производительны, но для привода необходим электродвигатель большой мощности.

Токарно-отрезные станки, работающие отрезными резцами, применяют для разрезания круглых и шестигранных прутков, а также труб. Они имеют переднюю бабку с пустотелым шпинделем, по обоим концам которого размещены самоцентрирующиеся патроны, зажимающие пруток. Достоинства станков – высокая производительность, простота и невысокая стоимость станка и инструмента. Недостаток – широкий прорез (от 3 до 5 мм).

Абразивно-отрезные станки, работающие тонким (2...3 мм) абразивным кругом на эластичной вулканической связке, применяют для разрезания труднообрабатываемых и закаленных материалов.

Для разрезания труднообрабатываемых токопроводящих материалов: жаропрочных, коррозионно-стойких и закаленных сталей – применяют анодно-механические станки.

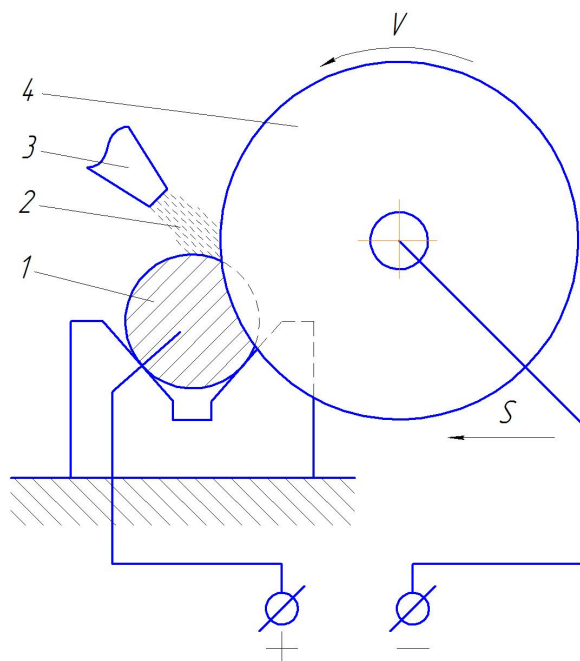


Рис. 5.4. Анодно-механическая обработка

Анодно-механическая обработка (рис. 5.4) заключается в сочетании электрохимического растворения металла с механическим удалением продуктов растворения.

Инструмент — вращающийся диск 4 из низкоуглеродистой стали или непрерывно движущаяся бесконечная лента — подается в сторону разрезаемой заготовки 1. Инструмент и заготовка соединены с источником постоянного тока напряжением от 15 до 30 вольт, причем инструмент является катодом, а заготовка — анодом.

В рабочую зону через сопло 3 подается рабочая жидкость — электролит 2, который под действием тока образует на поверхности заготовки тонкую пленку. Эта пленка является продуктом анодного растворения, плохо проводит ток и изолирует электроды один от другого. Электролитом обычно является водный раствор жидкого стекла. Пленка имеет небольшую прочность и легко удаляется инструментом.

Обнажающийся металл продолжает разрушаться, и процесс протекает непрерывно.

При достаточно высокой плотности тока процесс сопровождается электрической эрозией, то есть разрушением поверхности заготовки под действием электрических разрядов, проходящих через искровые промежутки, возникающие при удалении изолирующей пленки. Это существенно повышает эффективность анодно-механической резки.

К группе *разных* станков относятся специализированные станки, которые по своему назначению и конструкции не могут быть отнесены ни к одной из других групп:

- муфто- и трубообрабатывающие;
- пилонасекательные;
- для испытания инструментов;
- балансировочные.

Для холодной правки круглого сортового проката диаметром от 15 до 80 мм, а также для правки и калибровки длинных гладких валов после обтачивания применяют правильно-калибровочные станки (рис. 5.5).

Пруток или вал пропускают через правильное устройство, действие которого основано на обкатывании заготовки роликами, имеющими форму гиперboloидов вращения.

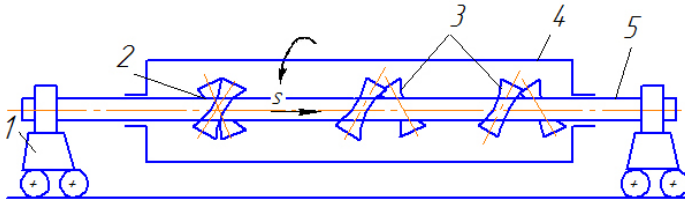


Рис. 5.5. Правильно-калибровочный станок

Три пары роликов установлены во вращающейся раме 4. Оси роликов направлены по отношению к оси заготовки так, чтобы обеспечивался линейный контакт роликов и заготовки.

Вращение рамы вызывает вращение роликов, которое, в свою очередь, обеспечивает осевую подачу заготовки. Концы заготовки 5, которая не вращается, поддерживаются двумя тележками 1.

Правка производится двумя парами правильных роликов 3, а калибровка – парой калибрующих роликов 2.

Правильно-калибровочные станки часто используют в заготовительных цехах совместно со станками для бесцентрового обтачивания.

Бесцентрово-обдирочные станки (рис. 5.6) применяют для обдирки горячекатаных прутков, а также для обтачивания длинных (до 78 метров) гладких валов.

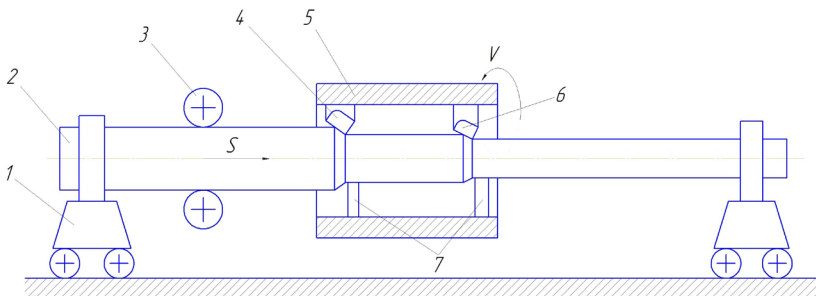


Рис. 5.6. Бесцентрово-обдирочный станок

Невращающаяся заготовка 2, концы которой поддерживаются двумя тележками 1, получает движение осевой подачи от подпружи-

ненных роликов 3 с насечкой, самоустанавливающихся по поверхности заготовки. Заготовку пропускают через вращающийся суппорт 5 с черновым 4 и получистовым 6 резцами, которыми и производится обтачивание. Заготовка поддерживается регулируемыми опорными сухарями 7, предупреждающими ее прогибание под действием сил резания.

Применение станка, специально спроектированного для обработки конкретной детали, обеспечивает максимальную эффективность обработки в условиях крупносерийного и массового производства. Однако изменение объекта производства может сделать такой станок ненужным.

Значительно экономичнее скомпоновать специальный станок из заранее разработанных и изготовленных стандартных узлов, агрегатов и отдельных деталей, которые при отпадении необходимости в данном станке могут быть использованы для создания нового станка. Этот метод называется методом агрегатирования.

Агрегатными называются специальные станки, скомпонованные из стандартных узлов и деталей с применением небольшого числа оригинальных нестандартных узлов и деталей.

Агрегатные станки обычно выполняются в качестве полуавтоматов, реже – автоматов. Их применяют для обработки сложных деталей типа корпусов, рычагов. На них производят сверление, рассверливание, зенкерование, растачивание и развертывание отверстий, нарезание резьбы метчиками и плашками, а также фрезерование. Компоновка агрегатных станков может быть самой разнообразной и зависит от формы, размера и требуемой точности изготавливаемых деталей.

Метод агрегатирования позволяет обеспечить высокую степень концентрации технологического процесса.

Наиболее часто количество инструментов варьируется от пяти до десяти, но иногда доходит до ста и более инструментов.

Рассмотрим схему компоновок агрегатных станков (рис. 5.7).

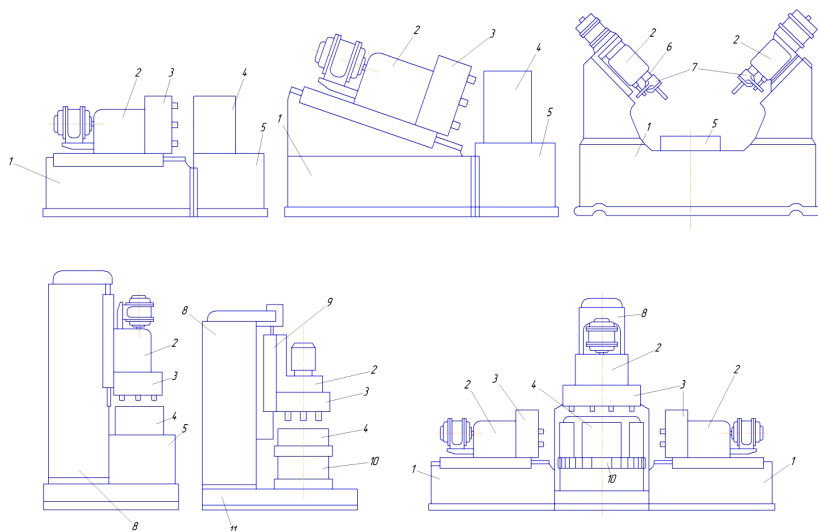


Рис. 5.7. Схема компоновок агрегатных станков

Основными унифицированными элементами, из которых состоят станки, являются:

- детали корпусные базовые – станины 1, станины-подставки 5, основания 11, стойки 8, угольники опорные;
- узлы транспортные – столы делительные поворотные 10;
- узлы подачи – столы силовые 9;
- шпиндельные узлы, бабки 2, коробки многошпиндельные, приводы главного движения, редукторы, станции смазки;
- силовые узлы – головки силовые 3;
- механизмы, расширяющие технологические возможности силовой головки (например, насадки для глубокого сверления 7, закрепленные на пиноли б);
- специальные узлы станка в виде зажимных приспособлений 4 и кондукторы, которые проектируются в зависимости от конструкции обрабатываемой детали, ее размеров. Они также имеют отдельные нормализованные элементы: пневмоцилиндры, кондукторные втулки.

Агрегатные станки можно классифицировать по ряду признаков.

По расположению инструмента относительно заготовки различают станки горизонтальные, вертикальные, наклонные, смешанные, односторонние и многосторонние.

По числу рабочих позиций заготовки агрегатные станки делят на одно- и многопозиционные.

На однопозиционных станках стол неподвижен и операция выполняется при неизменном положении заготовки, причем каждая ее поверхность обрабатывается только одним инструментом, например, отверстие только сверлится.

На многопозиционных станках с поворотным или прямолинейно перемещающимся столом заготовка обрабатывается последовательно на нескольких позициях, и одна и та же поверхность может обрабатываться двумя и более инструментами. Например, отверстие сверлится, зенкеруется и развертывается.

Силовые головки предназначены для сообщения инструменту главного вращательного движения, рабочей подачи и вспомогательных перемещений ускоренного подвода и отвода.

Силовые головки могут работать по самым разнообразным циклам. В простейшем случае это быстрый подвод инструмента к заготовке, не доходя 2–3 мм во избежание удара, рабочая подача, выдержка в конце хода и быстрый отвод по окончании обработки. Программа движений головки осуществляется автоматически.

По типу привода подачи силовые головки делят на гидравлические, пневмогидравлические и электромеханические кулачковые или винтовые.

Силовые головки с гидравлическим приводом подачи наибольшее распространение получили при обработке заготовок средних и больших размеров. Это объясняется возможностью получения весьма значительных усилий подачи без заметного износа деталей в благоприятных условиях смазывания под высоким давлением масла.

К числу недостатков гидравлических головок относятся сложность конструкции и нестабильность подачи при меняющихся силах резания. С помощью гидравлических силовых головок нельзя нарезать резьбу.

Пневмогидравлические силовые головки имеют простую конструкцию и легко настраиваются на разные циклы работ. Источником энергии для осуществления движения подачи головки служит сжатый воздух от заводской пневмосети. Эти головки находят преимущественное применение при работе с одним или небольшим числом шпинделей, когда не требуется больших усилий подачи.

Электромеханические силовые головки выполняют с винтовыми, кулачковыми и барабанными механизмами подачи.

Винтовые силовые головки предназначены для сверлильных, расточных, резьбонарезных и фрезерных работ. Вспомогательные перемещения и рабочий ход головки в них осуществляют посредством пары «винт — гайка».

Силовые головки с кулачковым приводом подачи применяют для выполнения легких сверлильных, резьбонарезных и фрезерных работ. Подача осуществляется плоским или цилиндрическим кулачком.

Головки с барабанным кулачком предназначены для работ более тяжелых, чем головки с плоским кулачком.

Различают силовые головки самодействующие, у которых привод подачи целиком встроен в корпус, и несамодействующие, имеющие только привод вращения шпинделей. Больше распространение получили самодействующие головки.

Головку устанавливают неподвижно на перемещающемся силовом столе, который имеет привод подачи, находящийся вне головки.

Конструктивно силовые головки выполняют с подвижным корпусом или с выдвигной пинолью.

Для обработки одновременно несколькими инструментами силовые головки с подвижным корпусом оснащаются шпиндельными коробками, а головки с выдвигной пинолью — многошпиндельными насадками.

Если стол является независимым узлом с индивидуальным приводом движения подачи, то смонтированная на нем силовая бабка имеет свой привод, осуществляющий только главное движение. Силовые головки такой конструкции обладают большой жесткостью, позволяющей выполнять фрезерование, растачивание, подрезку больших торцов, а также обеспечивают большую гибкость при конструировании агрегатных станков.

Агрегатные станки применяют в различных отраслях машиностроения. Их можно встраивать в автоматические станочные линии и гибкие технологические системы. Применение автоматически управляемого оборудования является наиболее эффективным средством автоматизации машиностроительного производства и позволяет сделать шаг к безлюдной технологии изготовления машин.

Рассмотрим структуру автоматического управления. В схеме автоматического управления выделяют шесть функциональных звеньев:

- 1) программное звено,
- 2) элемент сравнения,
- 3) усилительное звено,
- 4) исполнительный механизм,
- 5) управляемый объект,
- 6) измерительное звено.

Звенья 2–6 соединены таким образом, что образуют замкнутый контур. В этом контуре имеется две цепи: цепь управления и цепь обратной связи.

Для управления любым объектом или процессом подаются команды в виде сигналов, называемых *сигналами управления*. Формирование этих сигналов осуществляется в программном распорядительном звене в соответствии с заданной программой движений.

Звенья системы, которые передают и воспринимают сигналы управления, образуют *цепь управления*.

Измерительное звено контролирует состояние управляемого объекта и по результатам контроля вырабатывает сигнал, называемый *сигналом обратной связи*.

Звенья системы, которые вырабатывают и передают этот сигнал, образуют *цепь обратной связи*.

В технологических системах сигнал обратной связи имеет знак, противоположный сигналу управления, и называется *сигналом отрицательной обратной связи*.

Разность между сигналом управления и сигналом обратной связи называется рассогласованием. Сигнал рассогласования формируется в элементе сравнения и оттуда поступает в усилительное звено, где происходит его количественное преобразование.

Усиленный сигнал рассогласования воздействует на исполнительный механизм, который перемещает управляемый объект или изменяет его состояние. Изменение положения управляемого объекта регистрируется измерительным звеном.

Датчик, или измерительное устройство, измеряет действительное состояние управляемого объекта и преобразует его в сигнал,

удобный для воздействия на элемент сравнения. Элемент сравнения воспринимает этот сигнал и сравнивает его с сигналом управления, поступившим от программного задающего звена. Величина этого сигнала соответствует заданному положению управляемого объекта.

При наличии расхождения между заданным и действительным положением управляемого объекта элемент сравнения выработает соответствующий сигнал на изменение его положения. Перемещение управляемого объекта выполняется с помощью исполнительного механизма, который получает усиленный сигнал от элемента сравнения.

При достижении равенства действительного и заданного положений элемент сравнения перестает подавать сигналы на перемещение управляемого объекта.

По окончании процесса отработки первого сигнала управления может быть подан второй сигнал, который будет отработан таким же образом.

Сигнал управления может передаваться и без перерыва. В этом случае управляемый объект непрерывно изменяет свое состояние, воспроизводя заданную программу изменений.

Рассмотренная схема автоматического управления применяется при автоматизации различных объектов и процессов.

Системы автоматического управления (САУ) металлорежущим оборудованием различают по следующим признакам:

- по числу потоков информации;
- по виду программной информации;
- по методу реализации функции управления;
- по виду программоносителей;
- по характеру управления движения рабочих органов;
- по принципу действия измерительных устройств.

По числу потоков информации все системы управления рабочими органами станков делят на три группы: разомкнутые, замкнутые и самонастраивающиеся.

В разомкнутых системах управления имеется один поток информации, направленный от программного звена к исполнительному механизму. Исполнительный механизм перемещает рабочий орган станка в требуемое положение. Соответствие действитель-

ного положения управляемого органа станка заданной программе не контролируется.

В разомкнутых системах назначение устройства управления ограничивается переработкой прямого сигнала управления и выработкой информации, управляющей приводами дозированных перемещений, например шаговыми двигателями.

В замкнутых системах управления имеется два потока информации: сигнал управления и сигнал обратной связи.

В этих системах в процессе обработки детали на станке ведется непрерывное сопоставление действительного положения рабочего органа станка с заданной программой управления. Это сопоставление выполняет элемент сравнения на основании сигнала управления, поступающего из программного звена, и сигнала обратной связи, поступающего от измерительного звена. Результаты сопоставления поступают через усилительное звено на исполнительный механизм, который производит соответствующие перемещения управляемого объекта.

Следовательно, цепь обратной связи служит для контроля движения рабочих узлов станка в соответствии с заданной программой.

Замкнутые системы управления могут работать не только по контролю пути, пройденного управляемым объектом.

В машиностроении распространены также системы, управляющие скоростью, температурой, силой и другими изменяющимися в процессе работы станка параметрами.

Самонастраивающиеся системы управления имеют три потока информации: сигнал управления, сигнал обратной связи и сигнал самонастройки.

Данные системы управления отличаются от замкнутых систем наличием дополнительного измерительного устройства. Оно позволяет автоматически настраивать процесс обработки по фактическим значениям его параметров с целью наилучшего использования возможностей станка и инструмента. Дополнительное измерительное устройство — датчик самонастройки — измеряет фактическое состояние управляемого объекта и через устройство анализа информации передает в элемент сравнения.

Отличительной чертой самонастраивающихся систем является корректирование управления исполнительным механизмом и положением управляемого объекта по текущей информации о контролируемых параметрах процесса обработки. При этом корректирование может производиться с целью ограничения контролируемых параметров предельными допустимыми значениями или с целью оптимизации процесса обработки по принятому критерию.

Самонастраивающиеся системы значительно сложнее по устройству и дороже замкнутых систем. Однако они обеспечивают наилучшее использование возможностей станка при обработке заготовки с изменяющимися параметрами.

Это увеличивает производительность обработки от 40 до 100 %, повышает стойкость инструмента в 1,5 раза и уменьшает погрешность обработки в 4–5 раз.

По виду программной информации все системы автоматического управления делятся на нечисловые и числовые.

К нечисловым САУ относятся устройства, в которых величина перемещения, направление и скорость движения управляемого объекта задается с помощью жестких упоров, кулачков, копира, шаблона. Нечисловые системы всегда индивидуальны, требуют сложной ручной работы при наладке.

Кулачковая (путевая) система управления, созданная для одного цикла обработки, не может быть использована для другого цикла. Нечисловые системы управления обычно трудно встраивать в более сложные автоматизированные комплексы.

В числовых системах управления программная информация о величине, скорости и направлении перемещения управляемого объекта задается в виде чисел. Перестройка станка с числовым программным управлением сравнительно проста и сводится в основном к смене программноносителя.

Контрольные вопросы

1. В каких типах производств применяются специализированные разрезные станки различных конструкций?
2. Каким образом могут располагаться ленты на ленточных пилах?
3. Каким инструментом работают абразивно-отрезные станки?
4. При помощи какого рабочего органа поддерживается заготовка при обработке на бесцентрово-обдирочных станках?
5. В чем преимущества самонастраивающейся системы по сравнению с замкнутой?
6. Назовите достоинства ножовочных станков.
7. Для каких работ применяют ленточные пилы?
8. Каким инструментом работают токарно-отрезные станки?
9. Для чего применяются правильно-калибровочные станки?
10. Для чего применяются бесцентрово-обдирочные станки?
11. В каких типах производства эффективно применение станка, специально спроектированного для обработки конкретной детали?
12. Какие операции проводят на агрегатных станках?
13. Какие станки относят к группе разных?
14. Как может двигаться стол на однопозиционных агрегатных станках?
15. Какие потоки информации имеют самонастраивающиеся системы управления?

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

Практическое задание 1

Цель задания – приобретение практических навыков по оценке надежности технической системы – металлорежущего станка, а также отдельных элементов и механизмов станков.

Краткие теоретические сведения

1. Расчет ресурса объекта

Средний ресурс объекта определяется по формуле

$$T_{\text{р.ср}} = T_{\text{сл}} \cdot T_{\text{г}} \cdot K_{\text{и}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{сл}}$ – средний срок службы технического объекта, лет; $T_{\text{г}}$ – годовой фонд времени в часах, $T_{\text{г}} = 8760$; $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования оборудования.

2. *Расчет безотказности основных сборочных единиц и деталей (подшипников, тяжелонагруженных валов, быстроизнашивающихся деталей)*

Для несущих сборочных единиц (оснований) гамма-процентный ресурс принимается равным 95 %, для покупных изделий – в соответствии с данными ТУ на соответствующее изделие. Для остальных сборочных элементов ресурсные показатели определяются расчетным путем.

Ресурс технического объекта формируется ресурсами сборочных единиц, которыми могут быть узлы и отдельные детали (рис. 6.1). Очевидно, что при определенном наборе уровней ресурсов элементов технической системы может одновременно наступить предельное состояние. Исходя из этого условия проектируются технические объекты одноразового или краткосрочного пользования.

В общем же случае в техническом объекте обязательно найдется лимитирующий элемент или элементы, которые определяют необходимость планового ремонта или ремонтов до наступления предельного состояния технической системы в целом.

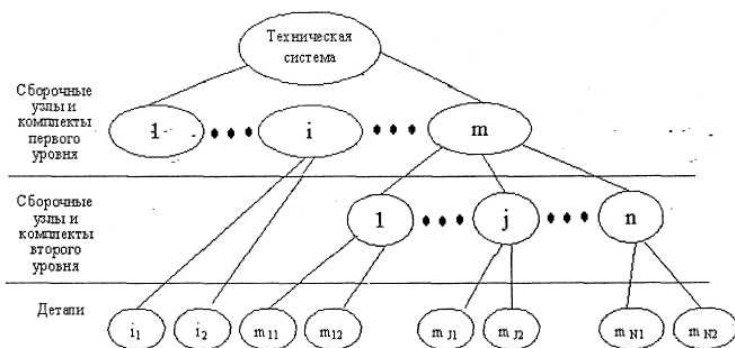


Рис. 6.1. Схематическое представление объекта при анализе его надежности

Техническую систему представляют в первом приближении в виде цепи, в которой при выходе из строя одного из элементов выйдет из строя вся цепь. Металлорежущий станок имеет, как правило, разветвленную цепь, каждую из ветвей которой рассчитывают отдельно, а затем осуществляют расчет их общей надежности.

Все технические системы с точки зрения их безотказности могут быть представлены в виде последовательных, параллельных или комбинированных схем (рис. 6.2).

В последовательных схемах (рис. 6.2, а) отказ одного из элементов приводит к отказу всей системы.

В параллельных схемах (рис. 6.2, б) отказ одного из элементов не приводит к полному отказу системы. Здесь возможны в зависимости от конструктивного решения различные варианты: частичная потеря эффективности или вовсе без потерь при резервировании. Методы обеспечения резервирования многообразны.

Совокупности параллельных и последовательных соединений элементов образуют комбинированные схемы (рис. 6.2, в).

Схемы соединения элементов с позиции задач надежности строятся с учетом схем передачи энергии, нагрузок, движений и т. д. от основного источника до исполнительного механизма, в зависимости от технологического маршрута или от последовательности сборки-разборки и т. д.

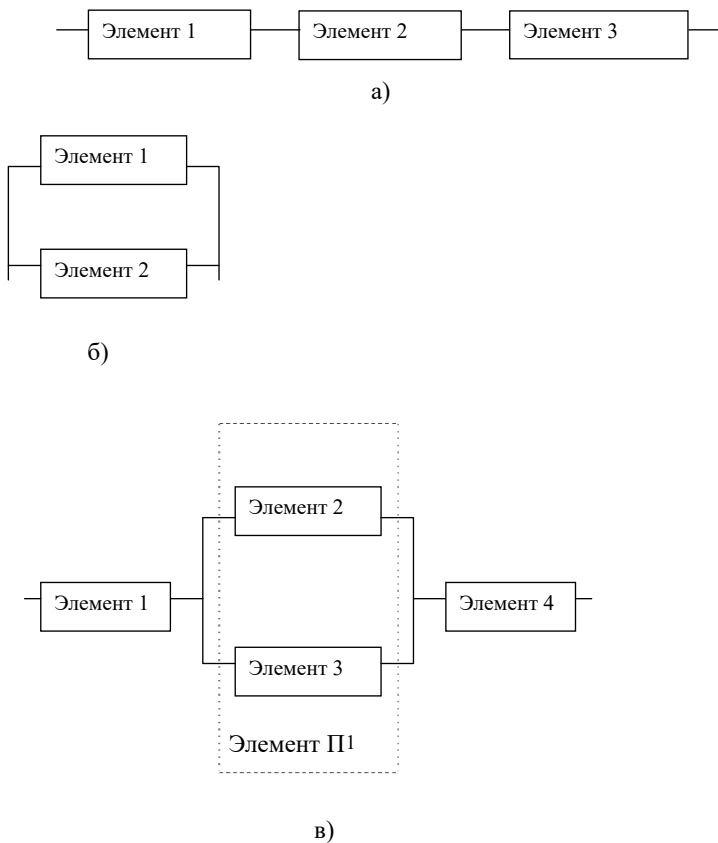


Рис. 6.2. Расчетные схемы технических систем:
a – последовательная; *b* – параллельная; *v* – комбинированная

Очевидно, что и методики расчета на надежность будут зависеть от структурных схем рассматриваемых систем.

Расчет безотказности системы из последовательно соединенных элементов (последовательная схема) определяется произведением безотказностей ее отдельных элементов. При расчете любой последовательной цепи предполагается, что остальные узлы объекта, кроме покупных, равнонадежные, для них справедливо произведение

$$P_o = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot \dots \cdot p_n \quad (2)$$

где P_o – безотказность объекта; p_1 – безотказность 1-го элемента; p_2 – безотказность 2-го элемента; p_n – безотказность n -го элемента.

Предполагается, что безотказность объекта соответствует гамма-процентному ресурсу, деленному на сто. Любой из элементов может быть покупным, тогда в производстве должна стоять конкретно его безотказность.

Например, система состоит из трех последовательно соединенных элементов, безотказность которых равна соответственно

$$p_1 = 0,9; p_2 = 0,8; p_3 = 0,9.$$

Тогда безотказность системы согласно зависимости (2) определится произведением

$$P(t) = p_1 p_2 p_3 = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,648.$$

Данная задача может решаться также через известные вероятности отказов элементов системы. Например, вероятность отказа элементов соответственно 0,1; 0,2 и 0,1. Следовательно, вероятность безотказной работы $P(t)$ всей совокупности элементов при последовательном их соединении определится произведением

$$P(t) = (1 - 0,2)(1 - 0,2)(1 - 0,1) = 0,648.$$

При параллельной схеме соединения элементов вероятность отказа системы $F(t)$ определяется произведением вероятностей отказа n её элементов:

$$F(t) = F_1(t) \cdot F_2(t) \cdot \dots \cdot F_n(t), \quad (3)$$

или вероятность безотказной работы

$$P(t) = 1 - F(t) = 1 - F_1(t) \cdot F_2(t) \cdot \dots \cdot F_n(t). \quad (4)$$

Вероятность безотказной работы при параллельной схеме соединения может быть определена и через известные безотказности её элементов. Тогда выражение может быть записано в следующем виде:

$$P(t) = 1 - [1 - P_1(t)] \cdot [1 - P_2(t)] \cdot \dots \cdot [1 - P_n(t)]. \quad (5)$$

При комбинированной схеме соединения элементов вероятность безотказной работы $P(t)$ можно определить с помощью комбинации формул для последовательной и параллельной схем, представив для удобства элементами, например Π_j , узлы с параллельной схемой соединения. Тогда формула для расчета вероятности безотказной работы для случая на рис. 6.2, в, запишется в виде

$$P(t) = p_1 p(\Pi_1) p_4.$$

Порядок расчета безотказности сборочных единиц технического объекта

1. Изобразить структуру технического объекта в виде цепей элементов. Особое внимание необходимо обратить на параллельные схемы соединения.
2. Назначить гамма-процентный ресурс технического объекта в соответствии с действующими нормативами или по указанию преподавателя.
3. Определить покупные агрегаты, узлы и другие сборочные единицы. По техническим условиям на эти изделия определить их гамма-процентные ресурсы.
4. С учетом структуры и равнонадежности элементов (помните, что покупные изделия имеют значение безотказности в виде гамма-процентного ресурса, деленного на 100) составить, используя формулы (1–5), исходное уравнение для расчета безотказности элементов с неизвестной безотказностью.
5. Рассчитать безотказность сборочных единиц технического объекта.

Пример расчета безотказности основных узлов металлорежущего станка

С точки зрения надежности функционирования подавляющее большинство универсальных металлорежущих станков может быть представлено структурной схемой приведенной на рис. 6.3, которая подобна смешанной структурной схеме. Но система элементов из КС и ШУ не является дублирующей для системы из элементов КП и УП, как и наоборот. Это две самостоятельные системы, и они являются последовательными относительно элементов предыдущей цепи. Одна цепь состоит из элементов Э-РП-Г-КС-ШУ, другая — Э-РП-Г-КП-УП. Рассчитать их необходимо отдельно. Произведение безотказностей обеих цепей определит безотказность станка в целом.

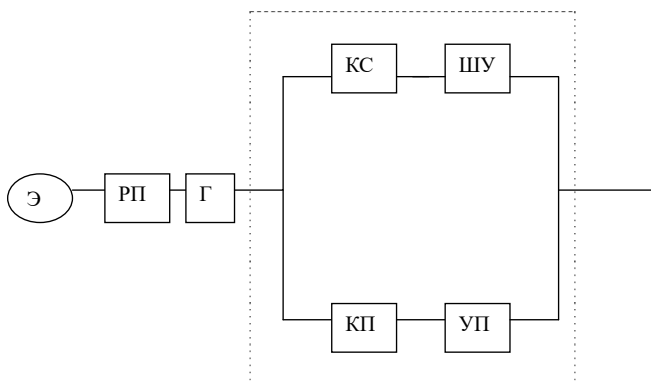


Рис. 6.3. Структурная схема универсального токарного станка:
 Э – электродвигатель; РП – ремённая передача; Г – шестерня (гитара);
 КС – коробка скоростей; ШУ – шпиндельный узел;
 КП – коробка передач; УП – узел преобразования подачи

Пусть задан гамма-процентный ресурс станка, равный 0,9 в долях от единицы $\gamma/100$. Предположим, что гамма-процентный ресурс электродвигателя $p_{\text{Э}}(T_{\text{пр}})$ в соответствии с каталогом на электродвигатели равен 0,95. Необходимо определить безотказность остальных узлов токарного станка.

Предположив, что остальные узлы станка равнонадежные, можно записать равенство

– для первой цепи:

$$0,9 = 0,95 (p_{\text{рп}} p_{\text{Г}} p_{\text{КС}} p_{\text{ШУ}});$$

– для второй:

$$0,9 = 0,95 (p_{\text{рп}} p_{\text{Г}} p_{\text{КП}} p_{\text{УП}}).$$

Или

$$0,947 = p_{\text{рп}} p_{\text{Г}} p_{\text{КС}} p_{\text{ШУ}};$$

$$0,947 = p_{\text{рп}} p_{\text{Г}} p_{\text{КП}} p_{\text{УП}},$$

где $p_{\text{рп}}$ – безотказность ремённой передачи; $p_{\text{Г}}$ – безотказность гитары; $p_{\text{КС}}$ – безотказность коробки скоростей; $p_{\text{ШУ}}$ – безотказность шпиндельного узла; $p_{\text{КП}}$ – безотказность коробки передач; $p_{\text{УП}}$ – безотказность узла преобразования подачи.

При равнонадежности этих элементов цепи можно записать соотношения:

$$P_{рп} = P_{г} = P_{кс} = P_{шу} = \sqrt[4]{0,947};$$

$$P_{рп} = P_{г} = P_{кп} = P_{уп} = \sqrt[4]{0,947}.$$

Тогда общая безотказность станка определится произведением безотказностей обеих цепей, то есть будет равна:

$$P(t) = 0,947^2 = 0,897.$$

Аналогичным образом рассчитываются показатели безотказности и долговечности отдельных деталей узлов. За исходные данные берутся $P(T_{рj})$ соответствующего узла.

Задание

Определить безотказности основных узлов металлорежущего станка в соответствии с вариантом задания, если гамма-процентный ресурс станка равен 0,9 в долях от единицы $\gamma/100$, а гамма-процентный ресурс электродвигателя $p_{э}(T_{рj})$ в соответствии с каталогом на электродвигатели равен 0,95.

Варианты заданий для практической работы 1

Но- мер вари- анта	Модель станка	Узлы, безотказность работы которых следует определить	Но- мер вари- анта	Модель станка	Узлы, безотказность работы которых сле- дует определить
01	1К620	Коробка скоростей, узел преобразова- ния подачи	07	1П326	Коробка скоростей, узел преобразования подачи
02		Коробка подач, шпиндельный узел	08		Коробка подач, шпиндельный узел
03	163	Коробка скоростей, узел преобразова- ния подачи	09	2А135	Коробка скоростей, узел преобразования подачи
04		Коробка подач, шпиндельный узел	10		Коробка подач, шпиндельный узел
05	1553	Коробка скоростей, узел преобразова- ния подачи	11	2В56	Коробка скоростей, узел преобразования подачи
06		Коробка подач, шпиндельный узел	12		Коробка подач, шпиндельный узел

Но- мер вари- анта	Модель станка	Узлы, безотказность работы которых следует определить	Но- мер вари- анта	Модель станка	Узлы, безотказность работы которых сле- дует определить
13	257	Коробка скоростей, узел преобразова- ния подачи	23	6Н12ПБ	Коробка скоростей, узел преобразования подачи
14		Коробка подач, шпиндельный узел	24		Коробка подач, шпиндельный узел
15	262Г	Коробка скоростей, узел преобразова- ния подачи	25	679	Коробка скоростей, узел преобразования подачи
16		Коробка подач, шпиндельный узел	26		Коробка подач, шпиндельный узел
17	2620А	Коробка скоростей, узел преобразова- ния подачи	27	6А54	Коробка скоростей, узел преобразования подачи
18		Коробка подач, шпиндельный узел	28		Коробка подач, шпиндельный узел
19	6П80Г	Коробка скоростей, узел преобразова- ния подачи	29	А662	Коробка скоростей, узел преобразования подачи
20		Коробка подач, шпиндельный узел	30		Коробка подач, шпиндельный узел
21	6Н81	Коробка скоростей, узел преобразова- ния подачи			
22		Коробка подач, шпиндельный узел			

Номер варианта определяется преподавателем.

Рекомендации по выполнению задания

1. Изучить представленный теоретический материал, а также данные по технологическому оборудованию из сети Интернет и справочной литературы.
2. Изобразить структуру технического объекта в виде цепей элементов.
3. Рассчитать безотказность сборочных единиц технического объекта, используя формулы (1–5).
4. Результаты занести в бланк задания.

На бланке выполнения задания 1 необходимо:

- 1) указать исходные данные;
- 2) привести структурную схему технического объекта – металлорежущего станка;
- 3) сделать расчет безотказности указанных в задании сборочных единиц металлорежущего станка.

Практическое задание 2

Цель задания – приобретение практических навыков геометрического и функционального моделирования простейших плоских механизмов при помощи средств автоматизации проектирования.

Краткие теоретические сведения

Под моделированием какого-либо объекта (системы, явления) понимают воспроизведение и исследование другого объекта в форме, удобной для исследований, и перенос полученных сведений и результатов на моделируемый объект. Одним из видов моделирования является математическое моделирование, при котором исходный объект описывается в виде совокупности переменных, констант, функций, зависимостей, алгоритмов и других математических объектов.

Геометрическое моделирование – это один из видов математического моделирования, при помощи которого описываются пространственные соотношения, формы проектируемого объекта и его составных частей. Геометрическая модель повторяет лишь некоторые отдельные пространственные свойства реального объекта. Она, как правило, не учитывает наличия микрогеометрии (шероховатость поверхностей), а также отклонений формы и взаимного расположения поверхностей и характерных линий (непрямолинейность, неплоскостность, нецилиндричность, несоосность и т. д.).

Функциональные модели описывают поведение (функционирование) объекта в некоторых постоянных или изменяющихся внешних условиях. Эти модели могут строиться как на базе геометрических моделей, так и без них. В данной работе рассматривается функционирование механизмов (движение его составных частей, их положение) при заданных геометрических параметрах.

Для построения геометрической и функциональной модели механизма необходимо соответствующим образом моделировать отдельные звенья и кинематические пары.

Обобщим основные определения теории и обозначим необходимые привязки моделирования.

Звеньями называются твердые тела, подвижная совокупность которых образует механизм. Звеном может быть как одно твёрдое тело, так и совокупность твёрдых тел при условии их жёсткого соединения между собой. Звенья механизма имеют названия и условные обозначения на схемах. Основные из них: стойка, ползун, кривошип, шатун, коромысло, кулиса, камень.

Стойкой называется неподвижное звено механизма. Относительно стойки рассматривается абсолютное движение всех подвижных звеньев механизма. Стойка моделируется при помощи фиксированной точки или фиксированной линии. Первое справедливо для построения неподвижной оси вращения кривошипа, коромысла, кулисы; второе — для неподвижной направляющей ползуна.

Ползуном называется звено механизма, совершающее возвратно-поступательное движение в направляющих стойки. Моделируется точкой или привязкой, соответствующей поступательной кинематической паре.

Кривошипом называется звено механизма, совершающее полное вращение с неизменной осью на стойке.

Коромыслом называется звено механизма, совершающее неполное вращение с неизменной осью на стойке.

Шатуном называется звено механизма, совершающее сложноплоское движение относительно стойки.

Кулисой называется подвижное звено, имеющее направляющие. Эти звенья моделируются прямолинейными отрезками фиксированной длины с соответствующими кинематическим парам привязками на концах.

Камнем называется звено механизма, совершающее сложноплоское движение в направляющих кулисы. Камень всегда располагается на кулисе, не имеет размерности длины и моделируется аналогично ползуну.

Кинематической парой называется подвижное соединение двух звеньев.

В плоских механизмах наиболее распространены поступательные и вращательные кинематические пары.

В поступательных кинематических парах соединяемые звенья имеют возможность поступательного относительного движения (стойка-ползун и кулиса-камень). Условием наличия поступательной пары в схеме механизма является принадлежность точки, моделирующей камень или ползун, линии, которая представляет собой модель направляющих стойки или кулисы.

Звенья, входящие во вращательную кинематическую пару (стойка-кривошип, стойка-коромысло, стойка-кулиса, кривошип-шатун и т. д.), имеют одну общую точку и возможность относительного вращения.

Для моделирования кинематических пар в программе «Компас» используются функции привязок и параметризации (прил. 1 и 2).

Управление привязками геометрических объектов



— кнопка установки глобальных привязок;



— кнопка отключения привязок.

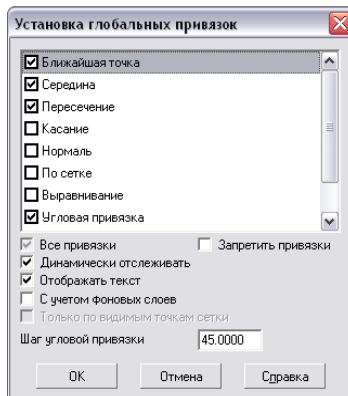


Рис. 6.4. Диалоговое окно управления привязками

Управление параметризацией

Установка/отмена связей объектов (параметризация) при вводе:

Сервис → Параметры...

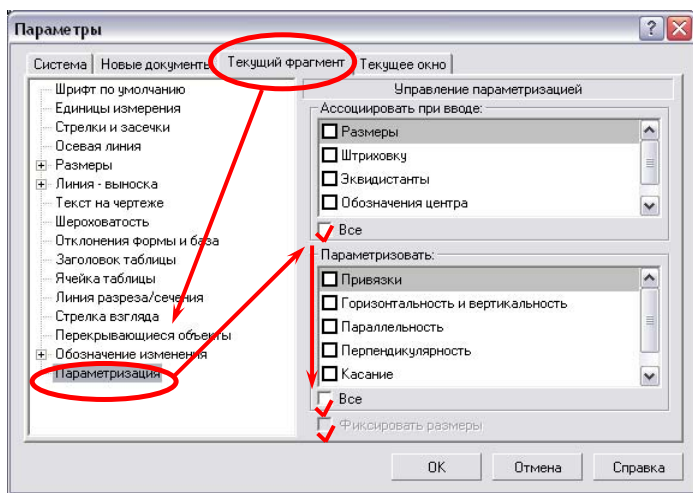
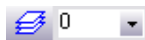


Рис. 6.5. Диалоговое окно параметров (установка связей)

Управление слоями



— кнопка управления слоями и окно выбора активного слоя.

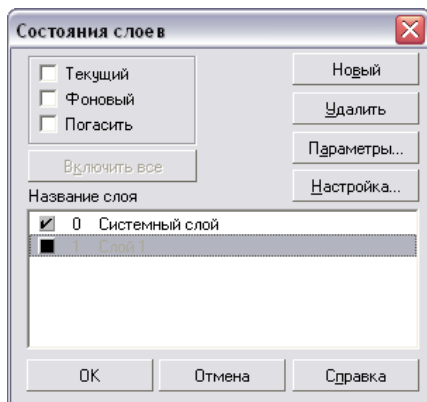


Рис. 6.6. Диалоговое окно управления слоями

Текущий (рис. 6.6) – выбранный слой становится активным: вновь созданные объекты помещаются в этот слой. Текущий слой не может быть погашен и сделан фоновым.

Фоновый – запрет редактирования всех объектов, содержащихся в слое (остаются видимыми пунктирными линиями).

Погасить – объекты выбранного слоя не отображаются на экране.

Пример выполнения работы

Исходные данные: кинематическая схема плоского механизма (рисунок 1), $l_1 = 15$ мм, $l_2 = 55$ мм, $l_3 = 80$ мм, $L = 75$ мм. В точках A , B , D звенья имеют шарнирные соединения. Кривошип 1 вращается вокруг точки A с угловой скоростью ω . Кулиса 3 и кулисный камень C образуют поступательную кинематическую пару. Звено 2 жестко соединено с кулисным камнем C под прямым углом, т. е. перпендикулярно кулисе.

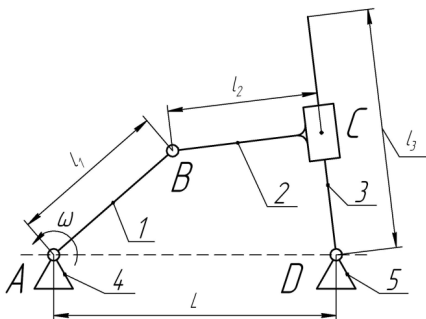


Рисунок 1 – Схема плоского кривошипно-кулисного механизма

Требуется:

- определить траекторию абсолютного движения кулисного камня (точки C);
- рассчитать амплитуду относительного перемещения кулисного камня относительно кулисы;
- построить график зависимости относительного перемещения кулисного камня относительно кулисы от угла поворота кривошипа.

Задание выполняется в программе «Компас». При выполнении работы необходимо оперировать привязками геометрических объектов. В зависимости от выполняемых операций нужно включать и выключать привязки «ближайшая точка», «середина», «точка на кривой» и др.

Поскольку при построении модели используется большое количество объектов (основные геометрические объекты, размеры, вспомогательные построения и др.), также следует пользоваться разнесением их по слоям. Например, в одном слое располагать контуры механизма, во втором – размеры звеньев, в третьем – вспомогательные построения и т. д.

Шаг 1. Построение параметрической геометрической модели механизма. При выполнении шага 1 для задания связей между моделями звеньев механизма необходимо при создании нового фрагмента включить опции ассоциативности и параметризации объектов, а также фиксацию размеров.

1.1. В системном слое (установлен по умолчанию) провести на плоскости изображения три линии как показано на рисунке 2.

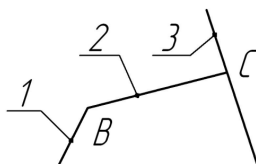


Рисунок 2 – Соединение отрезков

Примечание. Привязки, используемые при построении, описаны в табл. 1. Для выбора одного из нескольких доступных вариантов привязки при построении отрезка 2 нужно в ходе выполнения команды нажать правую кнопку мыши и из контекстного меню выбрать Привязка, далее выбрать нужный вид привязки.

Таблица 1

Точка	Кинематическая пара	Соединение отрезков	Используемая привязка
<i>B</i>	Шарнир	Конец отрезка 1 – начало отрезка 2	Ближайшая точка
<i>C</i>	Поступательная пара	Конец отрезка 2 – средняя часть отрезка 3	Точка на кривой / нормаль

1.2. Создать новый слой **Размеры**, сделать его текущим и про-
ставить размеры звеньев в соответствии с заданием. Размеры долж-
ны быть зафиксированными (значения размеров в рамке).

Примечание. Для отображения ограничений, наложенных на
объекты, используется соответствующая кнопка на панели инстру-
ментов **Параметризация**. После простановки всех размеров слой
рекомендуется погасить, сделав текущим **Системный** слой.

1.3. Наложить ограничения на объекты:

- перпендикулярность линий *2* и *3*;
- фиксированная точка *A* (ось кривошипа);
- выравнивание по горизонтали точек *A* и *D* (стойки).

Примечание. Не следует накладывать ограничение **Фиксирован-
ная точка** на ось качения кулисы (точка *D*), поскольку её положе-
ние однозначно задаётся размером расстояния *AD* и ограничением
Выравнивание по горизонтали точек A и D.

1.4. Проверить работоспособность построенной модели. Для
этого выделить отрезок *1* (кривошип) и подвигать незафиксирован-
ную точку. Вся модель должна двигаться соответствующим образом,
повторяя движения кулисного механизма.

1.5. Выполнить вспомогательные построения:

- соединить тонкой линией стойки *A* и *D*;
- поставить размер между этой линией и кривошипом (угол пово-
рота кривошипа);
- задать для размера переменную *fi*;
- на панели переменных, на вкладке **Уравнения** создать выражение
для этой переменной следующего вида: $fi = 90$. После ввода урав-
нения кривошип должен встать в верхнее вертикальное положе-
ние;
- пошагово довести значение переменной до $fi = 0,001$.

Примечание. Не рекомендуется единовременное изменение зна-
чения переменной более чем в 2...5 раз в сторону увеличения или
уменьшения, при необходимости такое изменение делается пошаго-
во. Нулевое значение переменной не используется, поскольку
при этом значении теряется геометрический смысл размера, обо-
значенного переменной.

Шаг 2. Исследование геометрической модели. При выполнении шага 2 необходимо отключить опции Ассоциировать при вводе и Параметризовать, которые были включены перед выполнением шага 1.

2.1. Создать точку на пересечении звеньев 2 и 3 (кулисный камень C).

2.2. Изменить выражение для переменной f_i в большую сторону на 10 (0,001; 10; 20 и т. д.).

Повторять п. 2.1 и 2.2 до тех пор, пока кривошип не пройдет один полный оборот.

Не рекомендуется делать приращение угла поворота кривошипа больше $10\text{--}15^\circ$, поскольку это, во-первых, влияет на точность построения, во-вторых, большее изменение значения переменной может завершиться ошибкой программы («система не имеет решений»).

В данном случае следует использовать значения переменной, входящие в область $0,001 \leq f_i \leq 350$.

2.3. Построить замкнутую кривую Безье, проходящую через все полученные точки — траекторию движения кулисного камня C (рисунок 3).

2.4. Построить зависимость относительного перемещения камня по кулисе от угла поворота кривошипа. Порядок построения кривой проиллюстрирован на рисунке 4. Каждому значению f_i сопоставляется длина радиуса-вектора соответствующей точки траектории относительно точки D . За нулевое положение камня принимается его крайнее положение, максимально приближенное к точке D (в данном случае при нулевом положении кривошипа).

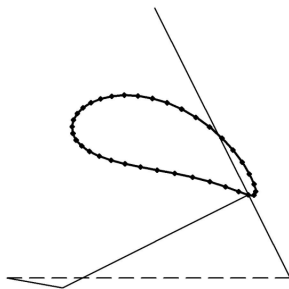


Рисунок 3 – Траектория движения кулисного камня

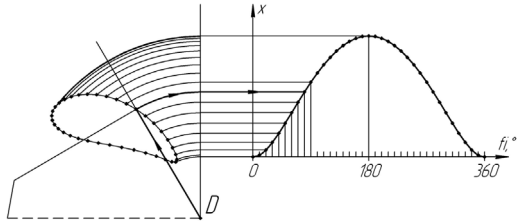


Рисунок 4 – Зависимость положения камня от угла поворота кривошипа

Варианты заданий

<p>1</p> <p><u>Дано:</u> $\omega_{AB} = 60 \text{ об/мин}$ $l_1 = 30 \text{ мм}$ $l_2 = 100 \text{ мм}$ $l = 35 \text{ мм}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Траектория X 2 max ход X (мм) 3 max ход C (мм) 4 График $x_X(\varphi)$ 5 График $\frac{dx_X}{d\varphi}(\varphi)$ 	<p>2</p> <p><u>Дано:</u> $\omega_{AB} = 50 \text{ об/мин}$ $l_1 = 30 \text{ мм}$ $l_2 = 100 \text{ мм}$ $l_3 = 60 \text{ мм}$ $l_4 = 80 \text{ мм}$ $l = 100 \text{ мм}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Траектория X 2 max ход E (мм) 3 max ход CD (°) 4 График $x_E(\varphi)$ 5 График $\frac{dx_E}{d\varphi}(\varphi)$
<p>3</p> <p><u>Дано:</u> $\omega_{AB} = 600 \text{ об/мин}$ $l_1 = 40 \text{ мм}$ $l_2 = 80 \text{ мм}$ $l = 50 \text{ мм}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Траектория X 2 max ход EX (°) 3 max ход C (мм) 4 График $x_E(\varphi)$ 5 График $\frac{dx_E}{d\varphi}(\varphi)$ 	<p>4</p> <p><u>Дано:</u> $\omega_{AB} = 300 \text{ об/мин}$ $l_1 = 20 \text{ мм}$ $l_2 = 60 \text{ мм}$ $l_3 = 45 \text{ мм}$ $\overline{BX} = \overline{XC} = l_1$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Траектория X 2 max ход F (мм) 3 max ход DC (°) 4 График $x_E(\varphi)$ 5 График $\frac{dx_E}{d\varphi}(\varphi)$
<p>5</p> <p><u>Дано:</u> $\omega_{AB} = 400 \text{ об/мин}$ $l_1 = 60 \text{ мм}$ $l_2 = 70 \text{ мм}$ $l_3 = 90 \text{ мм}$ $AO = 30 \text{ мм}$ $\varphi_1 = 10 \text{ мм}$ $EX = 25 \text{ мм}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Траектория X 2 max ход E (мм) 3 max ход C (мм) 4 График $x_E(\varphi)$ 5 График $\frac{dx_E}{d\varphi}(\varphi)$ 	<p>6</p> <p><u>Дано:</u> $\omega_{AB} = 250 \text{ об/мин}$ $l_1 = 20 \text{ мм}$ $l_2 = 60 \text{ мм}$ $l_3 = 25 \text{ мм}$ $DX = 20 \text{ мм}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Траектория X 2 max ход E (мм) 3 max ход CD (°) 4 График $x_E(\varphi)$ 5 График $\frac{dx_E}{d\varphi}(\varphi)$
<p>7</p> <p><u>Дано:</u> $\omega_{AB} = 200 \text{ об/мин}$ $l_1 = 20 \text{ мм}$ $l_2 = 50 \text{ мм}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Траектория X 2 max ход X (мм) 3 max ход C (°) 4 График $x_X(\varphi)$ 5 График $\frac{dx_X}{d\varphi}(\varphi)$ 	<p>8</p> <p><u>Дано:</u> $\omega_{AB} = 1000 \text{ об/мин}$ $l_1 = 30 \text{ мм}$ $l_2 = 40 \text{ мм}$ $l_3 = 50 \text{ мм}$ $AO = OB$ $AE = EC$ $BF = FD$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Траектория X 2 max ход C (мм) 3 max ход D (мм) 4 График $x_D(\varphi)$ 5 График $\frac{dx_D}{d\varphi}(\varphi)$

Номер варианта выдается преподавателем.

Рекомендации по выполнению задания

1. Для выполнения работы скачайте демо-версию программы «Компас» из Интернет.
2. Изучите представленный теоретический материал.
3. Выполните работу по алгоритму, аналогичному представленному в примере.
4. Результаты занесите в бланк задания.

Бланк выполнения задания 2 включает:

- 1) схему механизма;
- 2) исходные данные и описание механизма;
- 3) поясняющие рисунки к определению заданных величин, построению траекторий, графиков;
- 4) файл Компас-фрагмента (*.frw) с готовой моделью механизма и всеми вспомогательными построениями.

Примечание. Рисунки создаются при помощи программы «Компас» путем экспорта файла в формат *.jpg (Файл → Сохранить как... → JPEG) и затем вставляются в документ Word (Вставка → Рисунок → Из файла).

Практическое задание 3

Цель задания – приобретение практических навыков выбора оборудования по справочникам в зависимости от вида обработки, типа производства и габаритов детали с целью минимизации себестоимости обработки.

Краткие теоретические сведения

По виду выполняемых работ металлорежущие станки в соответствии с классификацией научно-исследовательского экспериментального института металлорежущих станков (ЭНИМС) распределены по девяти группам, каждая из которых подразделяется на девять типов, объединенных общими технологическими признаками и конструктивными особенностями.

По степени универсальности станки подразделяют на универсальные, специализированные и специальные.

Универсальные станки предназначены для обработки деталей широкой номенклатуры в индивидуальном и мелкосерийном производствах. Для этих станков характерен широкий диапазон регулирования скоростей и подач. К универсальным станкам относятся токарные, токарно-винторезные, токарно-револьверные, сверлильные, фрезерные, строгальные и др. (как с ручным, так и с числовым программным управлением).

Специализированные станки используют для обработки деталей одного наименования, но разных размеров. К ним относятся станки для обработки труб, муфт, коленчатых валов, а также зубо- и резьбообрабатывающие, токарно-затыловочные и др. Для специализированных станков характерна быстрая переналадка сменных устройств и приспособлений; они применяются в серийном и крупносерийном производствах.

Специальные станки служат для обработки детали одного наименования и размера; их применяют в крупносерийном и массовом производствах.

Пример выполнения работы

Исходные данные: диаметр обработки – 100 мм, длина детали – 600 мм (рисунок 1).

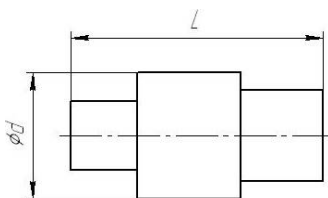


Рисунок 1 – Эскиз детали

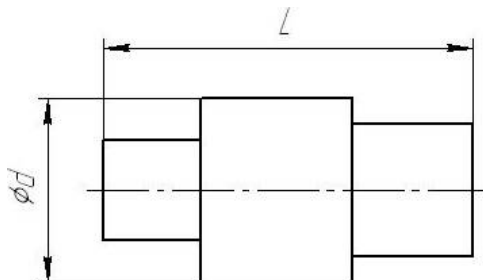
Требуется выбрать оборудование токарной группы в условиях единичного производства.

Используя справочную литературу и Интернет, определяем, что для этой цели подходит токарно-винторезный станок 16Б16Т1.

Варианты заданий

Задание 1

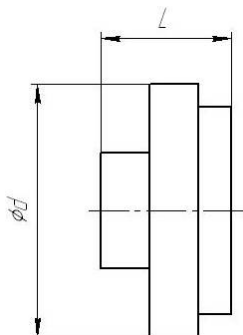
Требуется выбрать оборудование токарной и шлифовальной групп. Для токарной операции рекомендуются токарные автоматы и полуавтоматы, токарно-револьверные, токарные станки. Для шлифовальной операции – круглошлифовальные станки.



Вар	d	L
1	10	30
2	30	240
3	50	390
4	70	510
5	90	370
6	110	450
7	130	440
8	150	1040
9	170	1350
10	190	850

Задание 2

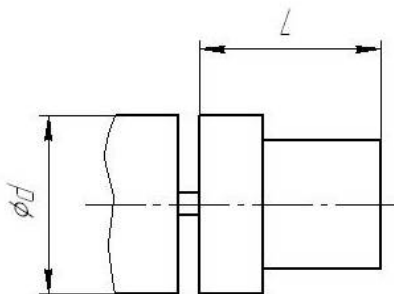
Требуется выбрать оборудование токарной и шлифовальной групп. Для токарной операции рекомендуются токарные автоматы и полуавтоматы, токарно-револьверные, карусельные и лоботокарные станки. Для шлифовальной операции – круглошлифовальные станки.



Вар	d	L
1	100	40
2	300	100
3	500	160
4	700	150
5	900	320
6	1100	220
7	1300	270
8	1500	670
9	1700	520
10	1900	530

Задание 3

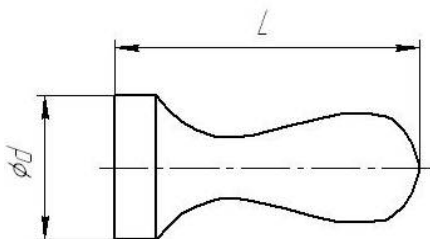
Требуется выбрать оборудование токарной и разрезной групп. Для токарной операции рекомендуются токарные автоматы и полуавтоматы, токарно-револьверные, токарные станки. Для разрезной операции – разрезные станки.



Вар	d	L
1	10	20
2	13	60
3	16	140
4	19	120
5	22	220
6	25	190
7	28	170
8	31	140
9	34	280
10	37	50

Задание 4

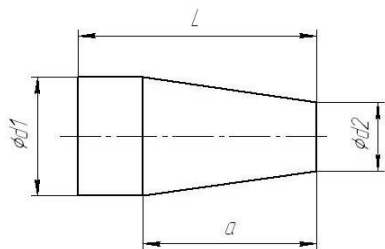
Требуется выбрать оборудование токарной группы. Для токарной операции рекомендуются токарные автоматы и полуавтоматы, токарно-револьверные, токарные копировальные станки.



Вар	d	L
1	15	60
2	760	3270
3	29	120
4	720	2300
5	35	160
6	680	2990
7	41	200
8	640	2780
9	47	170
10	600	2020

Задание 5

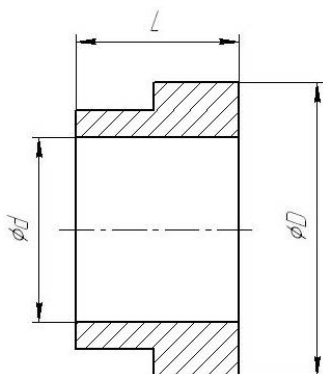
Требуется выбрать оборудование токарной и шлифовальной групп. Для токарной операции рекомендуются токарные автоматы и полуавтоматы, токарно-револьверные и токарные станки. Для шлифовальной операции – круглошлифовальные станки.



Вар	d1	L	d2	a
1	1000	3830	890	3220
2	36	50	30	20
3	970	6180	420	4000
4	42	90	40	60
5	910	2600	940	900
6	48	180	20	190
7	850	4010	790	1010
8	54	80	10	40
9	790	800	650	270
10	60	330	30	110

Задание 6

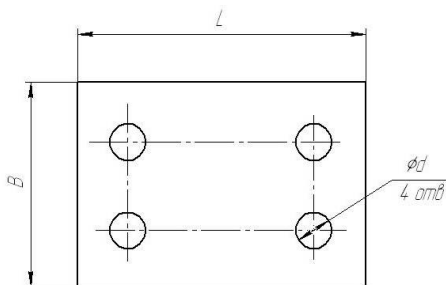
Требуется выбрать оборудование токарной и шлифовальной групп для обработки отверстия и торца детали. Для токарной операции рекомендуются токарные автоматы и полуавтоматы, токарно-револьверные, карусельные и лоботокарные станки. Для шлифовальной операции – внутришлифовальные станки.



Вар	D	L	d
1	100	40	70
2	300	110	120
3	500	250	420
4	700	260	620
5	900	310	690
6	1100	340	370
7	1300	620	1010
8	1500	740	1150
9	1700	560	1320
10	1900	840	600

Задание 7

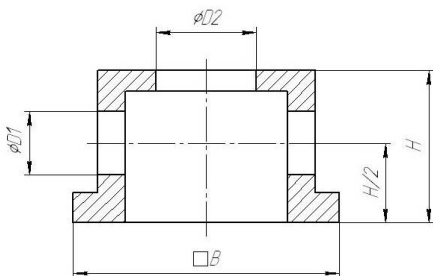
Требуется выбрать станок сверлильной группы для обработки отверстий в плоской детали. Для сверлильной операции рекомендуются вертикально- и радиально-сверлильные станки.



Вар	d	B	L
1	96	420	620
2	93	270	430
3	90	210	370
4	87	210	370
5	84	300	640
6	81	240	320
7	78	300	490
8	75	270	610
9	72	210	330
10	69	160	220

Задание 8

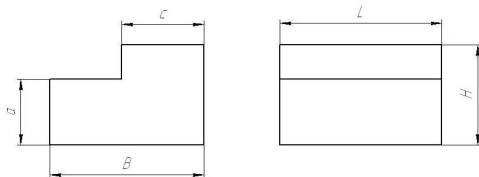
Требуется выбрать станок сверлильной группы для обработки отверстий в корпусной детали. Для сверлильной операции рекомендуются координатно-расточные и горизонтально-расточные станки.



Вар	B	H	D1	D2
1	200	280	50	190
2	225	300	130	270
3	250	210	50	60
4	275	310	210	250
5	300	290	240	90
6	325	350	70	140
7	350	340	160	250
8	375	190	80	140
9	400	370	380	230
10	425	250	320	220

Задание 9

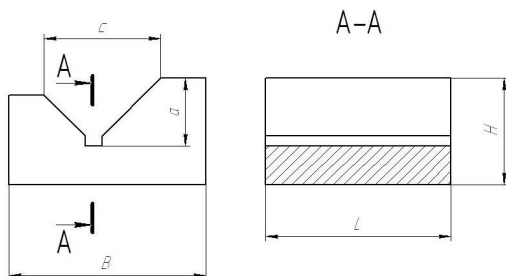
Требуется выбрать станки фрезерной и шлифовальной групп для обработки уступа корпусной детали. Для фрезерной операции рекомендуются вертикально- и горизонтально-фрезерные станки. Для шлифовальной операции – плоскошлифовальные станки.



Вар	L	B	H
1	200	80	70
2	350	270	240
3	500	340	190
4	650	370	450
5	800	550	550
6	950	350	490
7	1100	900	580
8	1250	1090	200
9	1400	920	240
10	1550	1120	300

Задание 10

Требуется выбрать станки фрезерной и шлифовальной групп для обработки паза корпусной детали. Для фрезерной операции рекомендуются вертикально- и горизонтально-фрезерные станки. Для шлифовальной операции – плоскошлифовальные станки.



Вар	L	B	H
1	4550	3840	580
2	4400	3870	2620
3	4250	690	2240
4	4100	2110	2550
5	3950	1790	2500
6	3800	1910	1650
7	3650	730	1540
8	3500	690	1640
9	3350	1150	1440
10	3200	1650	1510

Номер варианта выдается преподавателем.

Рекомендации по выполнению задания

1. Изучить представленный теоретический материал, а также данные по технологическому оборудованию из сети Интернет и справочной литературы.
2. Выбрать технологическое оборудование для заданий 1–10.
3. Результаты занести в бланк задания.

Бланк выполнения задания 3 содержит

- 1) эскиз обрабатываемой заготовки с размерами;
- 2) маркировки технологического оборудования.

Практическое задание 4

Цель задания — изучить причины возникновения, исследовать характер, определить величины погрешностей установки заготовки в самоцентрирующем патроне, определить процент вероятного брака заготовок методами математической статистики.

Краткие теоретические сведения

В крупносерийном и массовом производствах точность изготовления деталей обеспечивается методом автоматического получения размеров на настроенных станках. При этом установка заготовок в приспособлениях происходит без выверки их положения.

При обработке партии заготовок технологические базы в силу разных причин меняют свое положение относительно элементов приспособления и настроенного на размеры инструмента. Это приводит к появлению рассеивания размера L (рис. 6.7) и величины эксцентриситета наружной обрабатываемой поверхности, погрешности ее формы.

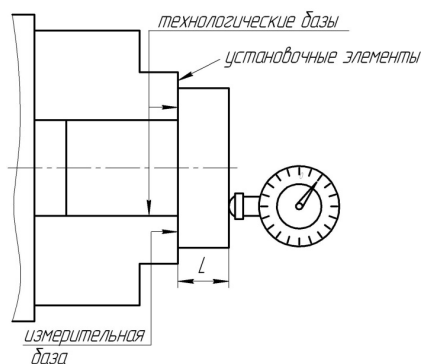


Рис. 6.7

Основными причинами, влияющими на эти погрешности, являются неравномерность усилия закрепления, погрешности при изготовлении и износ элементов приспособления, разница в состоянии базовых поверхностей заготовки, контактные деформации между поверхностями зажимных элементов приспособления (кулачков) и базовой поверхностью заготовки в осевом и радиальном направлениях. Применение пневматических и гидравлических силовых приводов позволяет уменьшить погрешность установки на 20..40 %.

В процессе обработки партии на настроенных станках размеры заготовок непрерывно колеблются в определенных границах, отличаясь друг от друга и от настроенного размера на величину случайной погрешности.

Случайная погрешность — это погрешность, которая для разных заготовок рассматриваемой партии имеет различные значения, причем ее появление не подчиняется никакой видимой закономерности.

В результате возникновения случайных погрешностей происходит рассеяние размеров заготовок, обработанных при одних и тех же условиях. Рассеяние размеров вызывается совокупностью многих причин случайного характера, не поддающихся точному предварительному определению и проявляющих свое действие одновременно и независимо друг от друга. К таким причинам относятся колебания твердости обрабатываемого материала и величины снимаемого припуска, изменения положения исходной заготовки в приспособлении, связанные с погрешностями ее базирования и закрепления или обусловленные неточностями приспособления, неточности установки положения суппортов по упорам и лимбам, колебания температурного режима обработки и т. п.

На практике измеренные значения истинных размеров заготовок разбивают на интервалы или разряды таким образом, чтобы цена интервала (разность между наибольшим и наименьшим размерами в пределах одного интервала) была несколько больше цены деления шкалы измерительного устройства. Этим компенсируются погрешности измерения.

Распределение измеренных размеров таких заготовок можно представить в виде графика (рис. 6.8). По оси абсцисс откладывают интервалы размеров ΔL , а по оси ординат — соответствующие им ча-

стоты t_j попаданий в соответствующие интервалы. В результате построения получается ступенчатая фигура, называемая *гистограммой распределения*. Если последовательно соединить между собой точки, соответствующие середине каждого интервала, то образуется ломаная кривая, которая носит название *эмпирической кривой распределения*, или *полигона распределения*. При значительном количестве замеренных заготовок и большом числе интервалов размеров ломаная эмпирическая кривая приближается по форме к плавной кривой, именуемой кривой распределения. Для построения гистограммного распределения рекомендуется измеренные размеры разбивать не менее чем на шесть интервалов при общем числе измеряемых заготовок не меньше 50 шт.

Проведенные многочисленные исследования показали, что распределение действительных размеров заготовок, обработанных на настроенных станках, очень часто подчиняется закону нормального распределения (закону Гаусса).

Метод построения кривых распределения выходных параметров точности может быть с успехом применен в различных технологических процессах, включая процессы получения исходных заготовок, т. е. он обладает таким качеством, как универсальность. Он особенно удобен, а часто просто незаменим в тех случаях, когда механизм явлений при выполнении операции не изучен.

Исходные данные. В патроне токарного станка по очереди были закреплены 50 заготовок (рис. 6.7) при этом базовый торец заготовки плотно прижимался к торцовым поверхностям кулачков. После каждого закрепления заготовки фиксировалась величина L отклонения стрелки индикатора (цена деления — 0,001 мкм).

1. Построение опытной кривой распределения величины L .

1.1. Определим поле рассеяния величины L :

$$\omega L = L_{\max} - L_{\min}, \quad (1)$$

где L_{\max} — максимальное отклонение величины L , мм; L_{\min} — минимальное отклонение величины L .

1.2. Разобьем поле ωL на k равных интервалов (6 или 7) длиной ΔL . Интервалам присвоим номера $j = 1 \dots k$.

1.3. Определим частоты m_j – количества измерений, величины которых попали в j -й интервал. Если какая-либо величина L_i попадает на границу интервалов, то в смежные интервалы относятся по 0,5 единицы.

1.4. В системах координат L (показания индикаторов) и m_j (частоты попаданий) построим гистограмму и полигон распределения величины L (рис. 6.8).

2. Определим параметры теоретического закона распределения величины L .

Исследования показывают, что распределения размеров деталей, обработанных на настроенных станках, близки к нормальному, или к закону Гаусса. Это же положение верно и для погрешностей установки, и для отклонения L .

Закон двухпараметрический, его выражение имеет вид

$$m_i = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(L_i - \bar{L})^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

где σ – среднее квадратичное отклонение величин L_i ; \bar{L} – среднее арифметическое отклонение величин L_i .

Отклонение σ находится по зависимостям:

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k L_j m_j; \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (L_j - \bar{L})^2 m_j^2}{n}}. \quad (4)$$

3. Построим кривую нормального распределения для величины L в осях $L - m_j$, положив их на ранее построенные гистограмму и полигон (рис. 6.8).

Кривую построим по характерным точкам:

- вершина кривой: $m_j(L_i = \bar{L}) = 0,4 \cdot n \cdot \Delta L / \sigma$;
- точки перегиба: $m_j(L_i = \pm\sigma) = 0,24 \cdot n \cdot \Delta L / \sigma$;
- точки границ поля рассеяния: $m_j(L_i = \pm 3\sigma) = 0,004 \cdot n \cdot \Delta L / \sigma$.

4. Нанесем на оси L границы поля допуска размера TL (согласно варианту).

5. Определим процент брака (исправимого и неисправимого) по размеру L , используя табулированные значения интегральной функции Лапласа:

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (5)$$

где $t = \frac{L_i - \bar{L}}{\sigma}$.

Значения $\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$

t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$
0,00	0,0000	—	—	—	—	—	
0,01	0,0040	0,31	0,1217	0,72	0,2642	1,80	0,4641
0,02	0,0080	0,32	0,1255	0,74	0,2703	1,85	0,4678
0,03	0,0120	0,33	0,1293	0,76	0,2764	1,90	0,4713
0,04	0,0160	0,34	0,1331	0,78	0,2823	1,95	0,4744
0,05	0,0199	0,35	0,1368	0,80	0,2881	2,00	0,4772
0,06	0,0239	0,36	0,1406	0,82	0,2939	2,10	0,4821
0,07	0,0279	0,37	0,1443	0,84	0,2995	2,20	0,4861
0,08	0,0319	0,38	0,1480	0,86	0,3051	2,30	0,4893
0,09	0,0359	0,39	0,1517	0,88	0,3106	2,40	0,4918
0,10	0,0398	0,40	0,1554	0,90	0,3159	2,50	0,4938
0,11	0,0438	0,41	0,1591	0,92	0,3212	2,60	0,4953
0,12	0,0478	0,42	0,1628	0,94	0,3264	2,70	0,4965
0,13	0,0517	0,43	0,1664	0,96	0,3315	2,80	0,4974
0,14	0,0557	0,44	0,1700	0,98	0,3365	2,90	0,4981
0,15	0,0596	0,45	0,1736	1,00	0,3413	3,00	0,49865
0,16	0,0636	0,46	0,1772	1,05	0,3531	3,20	0,49931
0,17	0,0675	0,47	0,1808	1,10	0,3643	3,40	0,49966
0,18	0,0714	0,48	0,1844	1,15	0,3749	3,60	0,499841

t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$
0,19	0,0753	0,49	0,1879	1,20	0,3849	3,80	0,499928
0,20	0,0793	0,50	0,1915	1,25	0,3944	4,00	0,499968
0,21	0,0832	0,52	0,1985	1,30	0,4032	4,50	0,499997
0,22	0,0871	0,54	0,2054	1,35	0,4115	5,00	0,49999997
0,23	0,0910	0,56	0,2123	1,40	0,4192	—	—
0,24	0,0948	0,58	0,2190	1,45	0,4265	—	—
0,25	0,0987	0,60	0,2257	1,50	0,4332	—	—
0,26	0,1026	0,62	0,2324	1,55	0,4394	—	—
0,27	0,1064	0,64	0,2389	1,60	0,4452	—	—
0,28	0,1103	0,66	0,2454	1,65	0,4505	—	—
0,29	0,1141	0,68	0,2517	1,70	0,4554	—	—
0,30	0,1179	0,70	0,2580	1,75	0,4599	—	—

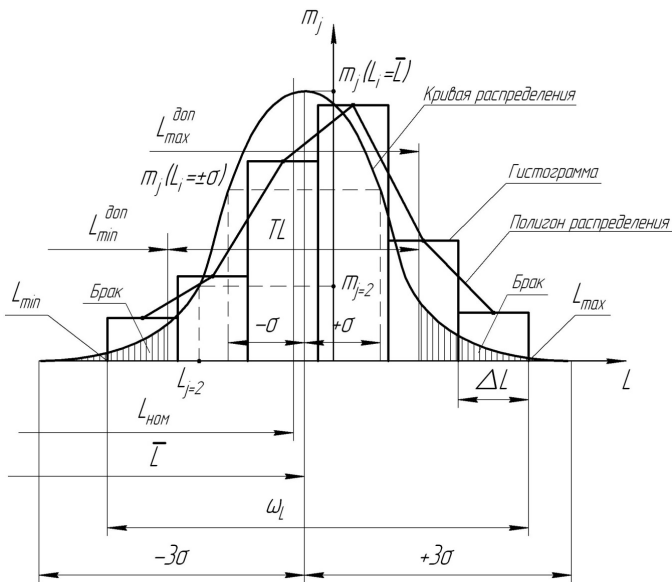


Рис. 6.8

Брак по верхней границе es поля допуска L :

$$B_{es} = [0,5 - \Phi(t_{es})] \cdot 100\%, \quad (6)$$

где $0,5$ – значение функций при $t = 3$; $\Phi(t_{es})$ – значение функции при

$$t_{es} = \frac{L_{\text{доп}}^{\text{max}} - \bar{L}}{\sigma}.$$

Брак по нижнему ei пределу L :

$$B_{ei} = [0,5 - \Phi(t_{ei})] \cdot 100\%, \quad (7)$$

где $\Phi(t_{ei})$ – значение функции при $t_{ei} = \frac{L_{\text{доп}}^{\text{min}} - \bar{L}}{\sigma}$.

Пример выполнения работы

В таблице 1 представлены значения отклонений L после измерения 50 заготовок.

Таблица 1

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L , мм	0,01	0,02	0,04	-0,02	-0,08	0,04	0,05	0,03	-0,01	0,04
№ п/п	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
L , мм	0,06	-0,02	-0,05	0,07	-0,02	0,04	0,10	-0,07	0,01	0,04
№ п/п	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
L , мм	-0,05	0,02	0,01	0,01	0,03	0,09	0,08	-0,04	0,06	-0,04
№ п/п	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
L , мм	0,09	-0,01	0,08	-0,14	0,02	-0,02	-0,03	0,04	0,05	-0,02
№ п/п	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
L , мм	0,05	-0,10	-0,06	0,07	0,04	0,02	0,08	-0,06	0,02	-0,01

1. Построение опытной кривой распределения величины L .

1.1. Определим поле рассеяния величины L :

$$\omega L = 0,1 - (-0,14) = 0,24 \text{ мм.}$$

1.2. Разобьем поле ωL на k равных интервалов ($k = 6$) длиной $\Delta L = 0,04$ мм.

1.3. Определим частоты m_j – количества измерений, величины которых попали в j -й интервал:

1-й интервал – « $-0,14 \dots -0,10$ » – $m_1 = 1,5$ (это величины $-0,14$ и $-0,10$).

Так как $-0,10$ попадает также и во второй интервал, то к первому интервалу относим $0,5$;

2-й интервал – « $-0,10 \dots -0,06$ » – $m_2 = 3,5$;

3-й интервал – « $-0,06 \dots -0,02$ » – $m_3 = 8,5$;

4-й интервал – « $-0,02 \dots 0,02$ » – $m_4 = 12$;

5-й интервал – « $0,02 \dots 0,06$ » – $m_5 = 15,5$;

6-й интервал – « $0,06 \dots 0,10$ » – $m_6 = 9$;

1.4. В системах координат L (показания индикаторов) и m_j (частоты попаданий) построим гистограмму и полигон распределения величины L (рисунок 1).

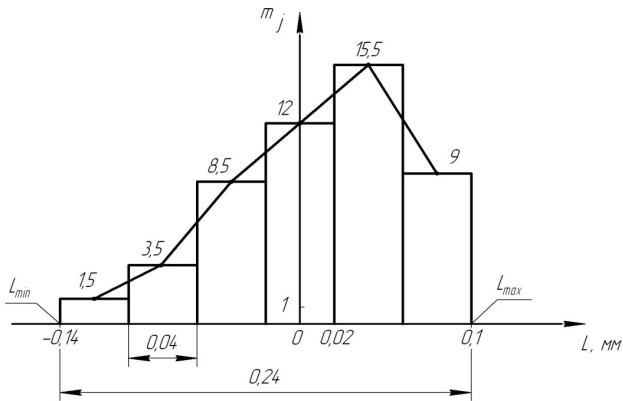


Рисунок 1

2. Определим параметры теоретического закона распределения величины L .

2.1. Определим среднее арифметическое отклонение величин L_i :

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i = \frac{1}{50} (0,01 + 0,02 + \dots + (-0,01)) = 0,011.$$

2.2. Определим среднее квадратичное отклонение величин L_i :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n}} = \sqrt{\frac{(0,01 - 0,011)^2 + (0,02 - 0,011)^2 + \dots + (-0,01 - 0,011)^2}{50}} = 0,053.$$

3. Построим кривую нормального распределения для величины L в осях $L - m_j$, положив их на ранее построенные гистограмму и полигон (рисунок 2).

Кривую построим по характерным точкам:

- вершина кривой: $m_j(L_i = \bar{L}) = 0,4 \cdot 50 \cdot 0,04 / 0,053 = 15,1$;
- точки перегиба: $m_j(L_i = \pm\sigma) = 0,24 \cdot 50 \cdot 0,04 / 0,053 = 9,06$;
- точки границ поля рассеяния:
 $m_j(L_i = \pm 3\sigma) = 0,004 \cdot 50 \cdot 0,04 / 0,053 = 0,15$.

Так как число всегда получается довольно небольшое, то при построении графика кривую нормального распределения доводят до пересечения с осью L .

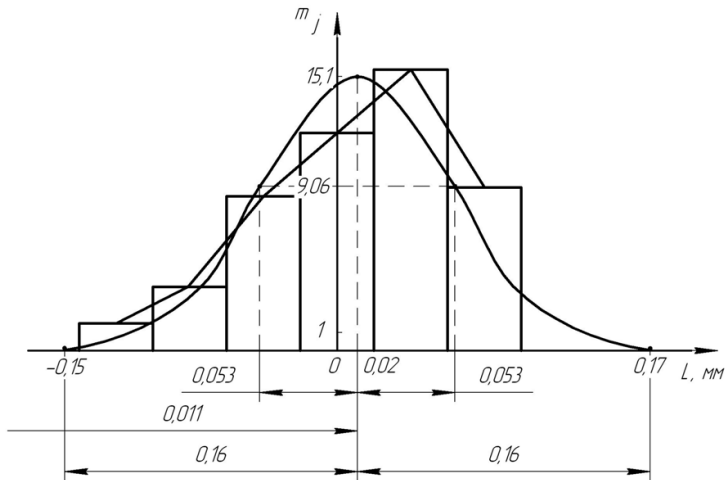


Рисунок 2

4. Нанесем на оси L границы поля допуска размера TL . Для примера возьмем $TL = L(\pm 0,14)$ (рисунок 3).

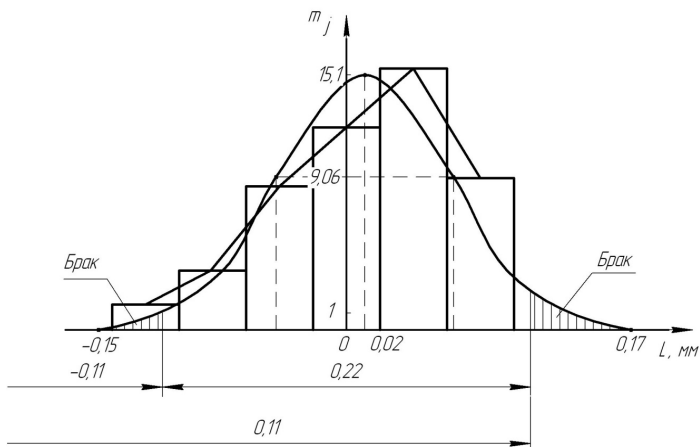


Рисунок 3

5. Определим процент брака (исправимого и неисправимого) по размеру L , используя табулированные значения интегральной функции Лапласа.

5.1. Брак по верхней границе es поля допуска L

$$t_{es} = \frac{L_{\text{доп}}^{\text{max}} - \bar{L}}{\sigma} = \frac{0,11 - 0,011}{0,053} = 1,87;$$

$$\Phi(t_{es}) = \Phi(1,87) = 0,4713.$$

Выбираем ближайшее значение функции по таблице.

$$B_{es} = [0,5 - \Phi(t_{es})] \cdot 100\% = [0,5 - 0,4713] \cdot 100\% = 2,87\%.$$

5.2. Брак по нижнему ei пределу L

$$t_{ei} = \frac{L_{\text{доп}}^{\text{min}} - \bar{L}}{\sigma} = \frac{|-0,11 - 0,011|}{0,053} = 2,28;$$

$$\Phi(t_{ei}) = \Phi(2,28) = 0,4893;$$

$$B_{ei} = [0,5 - 0,4893] \cdot 100\% = 1,07\%.$$

Так как поверхность является охватываемой, то соответственно брак по верхней границе поля допуска является исправимым (деталь можно обработать еще раз), а по нижней границе поля допуска — неисправимым.

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6
№	L_i	L_i	L_i	L_i	L_i	L_i
01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-0,01
02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	-0,02
03	0,04	0	0	0	0	0
04	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,04	-0,02
05	-0,08	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,02
06	0,04	0,04	0,04	-0,09	-0,09	-0,09
07	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02
08	0,03	0,03	0,03	0,03	-0,11	-0,11
09	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,07
10	0,04	0,04	0,04	-0,16	-0,16	-0,16
11	0,06	-0,06	-0,04	-0,04	-0,07	-0,07
12	-0,02	-0,02	-0,02	-0,08	-0,08	-0,08
13	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,05
14	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	-0,04
15	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,06	-0,06
16	0,04	-0,05	-0,01	-0,04	-0,06	-0,06
17	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
18	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	0,07
19	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-0,01
20	0,04	0,01	0,01	-0,03	-0,03	0,03
21	-0,05	-0,05	0	-0,08	-0,08	-0,08
22	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
23	0,01	0,01	0,01	-0,05	-0,05	-0,05
24	0,01	0,01	0,01	-0,04	-0,04	0
25	0,03	0,03	0,03	0,03	-0,15	0,03
26	0,09	0,09	0,07	-0,12	-0,12	-0,12
27	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
28	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
29	0,06	0,01	0,01	-0,03	-0,03	0,03
30	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	0,01
31	0,09	0,06	0,06	-0,18	-0,18	-0,18

Вариант	1	2	3	4	5	6
№	L_i	L_i	L_i	L_i	L_i	L_i
32	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
33	0,08	0,08	0,08	0,08	-0,13	-0,13
34	-0,14	-0,14	-0,14	-0,14	-0,14	-0,14
35	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
36	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
37	-0,03	-0,03	-0,03	-0,07	-0,07	-0,11
38	0,04	0,04	0,04	0,04	-0,14	0,04
39	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
40	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
41	0,05	0,05	0,05	-0,11	-0,11	-0,11
42	-0,1	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08
43	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06
44	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05
45	0,04	0,04	0,04	-0,05	-0,05	-0,05
46	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	-0,15
47	0,08	0,08	0,08	-0,13	-0,13	-0,13
48	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	0,06
49	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
50	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01

Номер варианта выдается преподавателем.

Рекомендации по выполнению задания

1. Изучить представленный теоретический материал.
2. Произвести необходимые расчеты согласно примеру.
3. Результаты занести в бланк задания.

Бланк выполнения задания 4 включает:

- 1) эскиз технологической наладки измерений;
- 2) расчеты величин, необходимых для построения графиков;
- 3) гистограмму, полигон, кривую теоретических распределений исследуемой величины;
- 4) расчеты величин ожидаемого брака.

Библиографический список

1. Вереина, Л.И. Металлообрабатывающие станки : учебник / Л.И. Вереина. — Москва : Машиностроение, 2017. — 440 с. — ISBN 978-5-16-010887-2.
2. Металлорежущие станки : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки «Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. производств». В 2 т. Т. 1 / А.М. Гаврилин, В.И. Согников, А.Г. Скиртладзе, Г.А. Харламов. — Москва : Академия, 2012. — 303 с. — (Бакалавриат).— ISBN 978-5-7695-6674-5.
3. Металлорежущие станки : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки «Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. производств». В 2 т. Т. 2 / А.М. Гаврилин [и др.]. — Москва : Академия, 2012. — 334 с. — (Бакалавриат).— ISBN 978-5-7695-6842-8.
4. Металлорежущие станки : учебник. В 2 т. Т. 2 / В.В. Бушуев, Т.М. Абрамова, Л.Я. Гиловой ; под ред. В.В. Бушуева. — Москва : Машиностроение, 2011. — 586 с. — (Для вузов).— ISBN 978-5-94275-593-5.
5. Мещерякова, В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ : учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 336 с. — (Высшее образование. Бакалавриат).— ISBN 978-5-16-013968-5.
6. Харченко, А.О. Металлообрабатывающие станки и оборудование машиностроительных производств : учеб. пособие / А.О. Харченко. — Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2015. — 260 с.— ISBN 978-5-9558-0426-2.

Интернет-ресурсы (источники иллюстраций пособия)

Номер рисунка	Номер страницы	Источник
1.1	7	https://mekkain.ru/assets/images/resources/19690/a2100e5b620bb326fc199dc9e50a96c16f9c3c1d.jpg
1.2	10	http://stanki-katalog.ru/info2/spr_1e365bp_foto_b.jpg

Номер рисунка	Номер страницы	Источник
1.3	11	https://clck.ru/N7TWR
1.5	13	http://www.nelidovpressmash.ru/volume/karusel.jpg
1.9	20	http://stanko-group.net/wp-content/uploads/2015/11/CXZ-C.jpg
2.1	27	https://nzmetallspb.ru/wp-content/uploads/2019/12/49828af49f3adda3a3acd9b49cb0bd70.jpg
2.2	28	https://st29.stpulslen.ru/images/product/253/563/623_big.jpg
2.7	36	http://www.russtanko.ru/upload/iblock/ea3/ea342fc85e821fcd8c717016faee0507.jpg
2.8	37	http://mgplm.org/_pu/1/38482104.jpg
2.9	38	https://avatars.mds.yandex.net/get-pdb/1244951/7cb6a0df-d4a9-4a13-b3c6-fd88f9ac4dd0/s1200?webp=false
3.2	47	https://www.prostanki.com/img/boardpics/2019_03/9dARkljzdsL18KlUFkO.jpg
3.3	48	https://prostan.ru/images/thumbnails/723/506/detailed/7/odnostochnye_tokarno_761_1.jpg
3.5	52	https://www.dvtengineering.ru/upload/iblock/f12/f1219a64479bb3508d14aac5a3c1de9a.jpg
3.6	53	https://oboruduy.com/files/images/items/10/10568z07a7fb92.jpg
3.8	56	http://apeks-sapphire.com/Images/st0.jpg

Иллюстративный материал заимствован из общедоступных ресурсов Интернета, не содержащих указаний на авторов этих материалов и каких-либо ограничений для их использования.

ГЛОССАРИЙ

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС) – система взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, загрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки.

Автоматическая линия – система автоматически действующих станков, связанных транспортирующими устройствами, имеющая единое устройство управления.

Агрегатный станок – многоинструментальный станок, скомпонованный из нормализованных и частично специальных агрегатов.

Внутришлифовальные станки с ручным управлением предназначены для шлифования отверстий цилиндрической и конической формы, а также торцов заготовки.

Вращательная пара – одноподвижная пара, которая допускает лишь относительное вращательное движение звеньев вокруг оси.

Вспомогательные (подъемно-транспортные) устройства выполняют функции переноса объекта в вертикальной и горизонтальной плоскостях, применяются для обслуживания основного технологического оборудования.

Вспомогательные движения подготавливают процесс резания, но сами в нём не участвуют.

Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ) – это совокупность не менее двух единиц оборудования или ГПМ, объединенных посредством АСУ, АТСС для полуфабрикатов, заготовок, инструментов, оснастки, отходов, переналаживаемая на обработку заготовок заданной номенклатуры в пределах технической возможности оборудования.

Гибкие производственные системы – совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени.

Гибкий автоматизированный завод – это комплекс ГАЦ, ГАЛ, ГПМ (литейных, кузнечно-прессовых, металлорежущих и т. д.) и других типов основного оборудования, переналаживаемых на выпуск изделий, входящих в план основного производства.

Гибкий автоматизированный участок — указанная, как и в ГАЛ, совокупность оборудования, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

Гибкий автоматизированный цех (ГАЦ) — ГПС, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, роботизированных технологических линий, гибких автоматизированных участков, роботизированных технологических участков для изготовления изделий заданной номенклатуры.

Гибкий производственный модуль (ГПМ) — единица технологического оборудования с программным управлением для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик.

Гидропривод — совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов станков посредством рабочей жидкости, подаваемой под давлением.

Гидроцилиндр — объемный гидродвигатель с поступательным движением выходного звена.

Главное движение резания — прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания.

Глобальные (координатные) движения манипулятора — движения манипулятора, которые существенно превышают его размеры исполнительного механизма.

Движение обката — согласованное движение режущего инструмента и заготовки, воспроизводящее при формообразовании зацепление определенной кинематической пары.

Движение подачи — относительное движение инструмента и заготовки, обеспечивающее совместно с главным движением формообразование поверхности детали.

Движение деления предназначено для осуществления необходимого углового (или линейного) перемещения заготовки относительно инструмента.

Делительные головки используют в основном на консольных и широкоуниверсальных станках для закрепления заготовки и поворота ее на различные углы путем непрерывного или прерывистого вращения.

Дифференциальное движение добавляется к какому-либо движению заготовки или инструмента.

Долбежные станки — станки, в которых резец движется возвратно-поступательно в вертикальной плоскости, перпендикулярной к поверхности стола.

Звено — одна деталь или совокупность нескольких деталей, соединенных в одну кинематически неизменяемую систему.

Звенья — твердые тела, из которых образуется механизм.

Зубообрабатывающие станки предназначены для нарезания и отделки зубьев колес различных передач.

Информационная машина — машина для получения и преобразования информации.

Исполнительные механизмы — механизмы, которые непосредственно воздействуют на обрабатываемую среду или объект.

Кибернетическая машина — машина, заменяющая или имитирующая различные механические, физиологические или биологические процессы, присущие человеку и живой природе, и обладающая элементами искусственного интеллекта.

Кинематическая пара — подвижное соединение двух соприкасающихся звеньев.

Кинематическая цепь — система звеньев, образующих между собой кинематические пары.

Круглошлифовальные станки с ручным управлением предназначены для продольного и врезного шлифования наружных цилиндрических, пологих конических и торцовых поверхностей заготовок, устанавливаемых в центрах или в патроне.

Локальные (ориентирующие) движения — движения, обеспечиваемые звеньями манипулятора, которые образуют его «кисть», величина которых значительно меньше размеров механизма.

Манипулятор — управляемое устройство или машина для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека, при перемещении объектов в пространстве, оснащенное рабочим органом.

Машина — устройство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации в целях замены или облегчения физического и умственного труда человека.

Мембранный пневмопривод — герметичная камера, разделенная на две рабочие полости мембраной; жесткий центр мембраны соединен со штоком.

Металлообрабатывающий станок — машина, предназначенная для обработки заготовок в целях образования заданных поверхностей путем снятия стружки или пластической деформации.

Механизм — система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких тел в требуемые движения других тел.

Механизм станка — кинематическая цепь, в состав которой входит неподвижное звено (стойка) и число степеней свободы которой равно числу обобщенных координат, характеризующих положение цепи относительно стойки.

Механизмы двигателей — механизмы, которые осуществляют преобразование различных видов энергии в механическую работу.

Механизмы преобразователей (генераторов) — механизмы, которые осуществляют преобразование механической работы в другие виды энергии.

Механизмы управления, контроля и регулирования — различные механизмы и устройства для контроля размеров обрабатываемых объектов.

Механическая система промышленного робота — манипулятор, обеспечивающий фактическую обработку заданной программы по всем степеням свободы.

Многоцелевой станок — станок, предназначенный для выполнения нескольких различных видов обработки металла резанием, оснащенный системой ЧПУ и автоматической сменой инструмента.

Многоцелевые роботы предназначены для выполнения различных основных и вспомогательных операций, такие роботы относятся к числу универсальных.

Оборудование — совокупность механизмов, машин, устройств, приборов, необходимых для работы, производства.

Объемный гидродвигатель — объемная гидромашина для преобразования энергии потока жидкости в энергию движения выходного звена (вала, штока).

Передаточные механизмы (привод) — механизмы, предназначенные для передачи движения от двигателя к технологической машине или исполнительным механизмам.

Перепрограммируемость — свойство заменять управляющую программу автоматически или при помощи человека-оператора.

Плоский механизм — механизм, все подвижные точки которого движутся в параллельных плоскостях.

Пневмопривод — пневматическое силовое устройство, предназначенное для дистанционного управления регулирующим органом (клапаном, задвижкой, краном и др.) в системах автоматического регулирования.

Поршневой пневмопривод — цилиндр, в котором под действием сжатого воздуха или пружины движется поршень со штоком.

Поступательная пара — одноподвижная пара с геометрическим замыканием, низшая, допускает лишь прямолинейное поступательное относительное движение звеньев.

Привод перемещения по осям обеспечивает прямую связь между системой управления и механической системой и предназначен для генерирования крутящего момента и передачи его через кинематические пары на несущие звенья.

Продольно-фрезерные станки — станки, предназначенные для обработки одновременно набором фрез горизонтальных, вертикальных, наклонных и фасонных поверхностей корпусных и других крупных деталей.

Промышленный робот — универсальное, автономное и автоматическое устройство с памятью и программным управлением, предназначенное для воспроизведения двигательных и некоторых умственных функций человека при выполнении основных и вспомогательных производственных операций.

Пространственный механизм — механизм, подвижные точки звеньев которого описывают неплоские траектории или траектории, лежащие в пересекающихся плоскостях.

Рабочая машина — машина, предназначенная для преобразования материалов.

Региональные (транспортные) движения — движения, обеспечиваемые первыми тремя звеньями манипулятора или его «рукой», величина которых сопоставима с размерами исполнительного механизма.

Робот — автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Роботизированная технологическая линия — совокупность РТК, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или несколько единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими ПР для выполнения операций в применяемой технологической последовательности.

Роботизированный технологический комплекс (РТК) — совокупность единицы технологического оборудования, промышленного робота и средств оснащения.

Сверльно-расточные станки — станки, предназначенные для сверления отверстий, рассверливания, зенкерования, растачивания и развертывания отверстий, подрезки торцов резцами, фрезерования поверхностей и пазов, нарезания резьбы метчиками, резцами и другими инструментами.

Система датчиков положений и скорости перемещения по осям предназначена для осуществления обратной связи «система управления — механическая система», позволяющей узлу управления получать информацию о состоянии робота и совершать адекватные действия.

Система обеспечения функционирования — совокупность взаимосвязанных автоматических систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку производства, управление ГПС посредством ЭВМ, автоматическое перемещение объектов производства и технологической оснастки.

Система упоров и конечных выключателей служит для обеспечения безопасности рабочих и самой механической системы в процессе работы манипулятора.

Система уравнивания (вывешивания) предназначена для компенсации массы подвижных звеньев манипулятора при различных положениях его «руки», эта система позволяет уменьшить мощность привода, обеспечивающего движение в вертикальной плоскости.

Специализированные роботы предназначены для выполнения технологических операций одного вида (сварки, окраски, сборки, гибки, штабелирования и т. д.).

Специальные роботы предназначены для выполнения только одной технологической операции или обслуживания конкретного технологического оборудования.

Станок-автомат — станок, в котором после наладки все движения, необходимые для выполнения цикла обработки, в том числе загрузка заготовок и выгрузка готовых деталей, осуществляются автоматически, т. е. выполняются механизмами станка без участия оператора.

Станок-полуавтомат — станок, в котором после наладки все движения, необходимые для выполнения цикла обработки, осуществляются автоматически, за исключением загрузки-выгрузки, которые производит оператор, он же осуществляет пуск полуавтомата после загрузки каждой заготовки.

Сферическая пара — трехподвижная пара, которая допускает три независимых относительных вращения звеньев вокруг осей x , y , z .

Технологическая гибкость — способность выполнять на имеющихся станочных системах несколько технологических задач. Для таких систем характерна мобильность — способность комплекса выполнять различные технологические задачи с небольшими затратами времени на переналадку.

Технологическая машина — рабочая машина, в которой преобразование материала состоит в изменении формы, свойства и состояния материала или обрабатываемого объекта.

Технологические (производственные) роботы выполняют основные технологические операции, непосредственно участвуют в техпроцессе в качестве оборудования (гибка, сварка, окраска, сборка и т. д.).

Токарные станки предназначены главным образом для обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, нарезания резьбы и обработки торцовых поверхностей деталей типа тел вращения с помощью разнообразных резцов, сверл, зенкеров, разверток, метчиков и плашек.

Транспортная машина — рабочая машина, в которой преобразование материала состоит только в изменении положения основного перемещаемого объекта.

Универсальные роботы выполняют разнообразные технологические операции, основные и вспомогательные.

Фрезерно-центровальные станки — станки, предназначенные для двустороннего фрезерования и зацентровки торцов деталей типа валов.

Фрезерные станки предназначены для обработки плоских и фасонных поверхностей, уступов, пазов, прямых и винтовых канавок, резьб, шлицев на валах, для нарезания зубчатых колес и т. д.

Цилиндрическая пара — двухподвижная пара с геометрическим замыканием, низшая, допускает независимые вращательное и поступательное относительные движения звеньев.

Шаговый двигатель — импульсный синхронный электродвигатель, преобразующий электрические управляющие сигналы в дискретные (шаговые) перемещения исполнительного органа станка.

Шлифование — один из методов скоростной обработки металлов резанием, при котором припуск на обработку срезают абразивными (иногда алмазными) инструментами — шлифовальными кругами.

Элемент пары — совокупность поверхностей, линий и точек звена, входящих в соприкосновение (контакт) с другим звеном пары.

Энергетическая машина — машина, предназначенная для преобразования любого вида энергии в механическую (и наоборот).