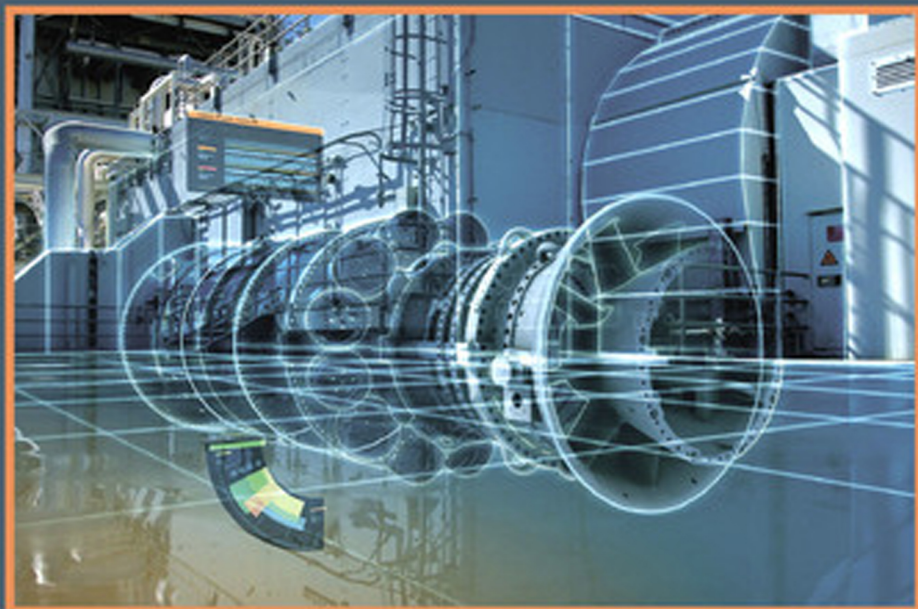


А. С. Ямников

А. А. Маликов

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ



«Инфра-Инженерия»

УДК 621.77
ББК 34.5
Я55

Ямников, А. С.

Я55 Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / Ямников А. С., Маликов А. А. ; под ред. А. С. Ямникова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 252 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-0423-5

Рассмотрены основные понятия и определения технологии машиностроения, изложена теория базирования заготовок и изделий. Раскрыты факторы, влияющие на точность обработки, способы ее повышения и методы управления качеством поверхностного слоя деталей машин. Показаны пути сокращения трудоемкости механической обработки.

Для студентов бакалавриата машиностроительных специальностей, а также технологов и конструкторов промышленных предприятий.

УДК 621.77
ББК 34.5

ISBN 978-5-9729-0423-5

© А. С. Ямников, А. А. Маликов, 2020
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2020
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2020

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

§ 1.1. Производственный и технологический процессы

При изучении технологии машиностроения используют определенную терминологию, которая основывается на стандартных понятиях и определениях. Содержание этих понятий и определений приводится в терминологических словарях и стандартах, в том числе входящих в группы стандартов ЕСТД (Единой системы технологической документации) и ЕСТПП (Единой системы технологической подготовки производства). Номера стандартов первой группы начинаются с цифры 3, после которой ставят точку, в обозначении стандартов второй группы перед точкой ставят цифры 1 и 4.

Например, в ГОСТ 14.004–83 приводится определение **производственного процесса** как совокупности всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции. Эти действия выполняются работниками различных подразделений предприятия, начиная от водителей и машинистов, доставляющих всё необходимое для работы на склады и рабочие места, и кончая теми, кто испытывает готовую продукцию, упаковывает и доставляет её заказчику.

Для студентов с технологической направленностью подготовки особый интерес представляет **технологический процесс** (ГОСТ 3.1109–82) – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. Различают ТП изготовления изделия или его части, изготовления заготовки, литья, обработки давлением, термической, электрофизической и электрохимической обработки, сборки, контроля качества продукции, ремонта и т. д.

При **сборке** осуществляется образование разъемных или неразъемных соединений заготовок или составных частей изделия, а при **обработке** – заданное изменение формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки. В процессах обработки резанием выделяют общие виды, например, лезвийную и абразивную обработку. В свою очередь, видами лезвийной обработки являются точение, сверление, фрезерование, протягивание и т. д.

Совокупность правил, определяющих последовательность и содержание действий при выполнении формообразования, обработки или сборки, перемещения, включая технический контроль, испытания, в ТП изготовления или ремонта безотносительно к наименованию, типоразмеру или исполнению изделия, называется **технологическим методом**.

Предприятие и его подразделения могут обеспечивать изучение рынков сбыта продукции, обработку различной информации, перечисление и выдачу заработной платы, управление производством, охрану территории, подготовку кадров, составление отчетов, уборку территории и помещений, отопление и освещение зданий и т. д. Все эти процессы, без которых может нарушиться

эффективная работа предприятия, с точки зрения технологов, являются вспомогательными процессами.

Для осуществления ТП нужны производственные помещения, исполнители работ, предметы труда и совокупность орудий производства, называемых **средствами** технологического **оснащения**. К этим средствам относятся технологическое оборудование и технологическая оснастка.

Согласно ГОСТ 3.1109–82 **технологическое оборудование** – средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части ТП размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка. Примерами технологического оборудования являются литейные машины, прессы, станки, печи, гальванические ванны, испытательные стенды и т.д. Для слесарно-сборочных и контрольных операций оборудованием могут быть верстаки и контрольные столы.

Технологическая оснастка – средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части ТП. К технологической оснастке относятся, например, приспособления, режущие инструменты, средства измерения, штампы и модели.

Инструмент – технологическая оснастка, предназначенная для воздействия на предмет труда с целью изменения его состояния. В частности, к режущим инструментам относятся резцы, фрезы, сверла, шлифовальные круги и т. д.

Приспособление – технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции. К приспособлениям относятся, например, станочные тиски, токарные патроны, центры и т. д. По традиции приспособления, используемые для установки режущих инструментов, называют **вспомогательными инструментами**. Этот не вполне корректный термин используется, однако, не только в справочной литературе, но и в стандартах по оформлению технологических карт, например, в ГОСТ 3.1118–82 и ГОСТ 3.1129–93.

К **средствам измерения** принадлежат приборы и калибры. Измерительный **прибор** – средство измерения, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне, например, микрометр, штангенциркуль, масштабная линейка. **Калибр** – мера, предназначенная для сравнения с ней размеров, формы и расположения поверхностей заготовок или изделий с целью определения их годности.

Законченную часть технологического процесса, выполняемую на одном рабочем месте, называют **технологической операцией** или, для краткости, **операцией**.

При этом под **рабочим местом** согласно ГОСТ 14.004–83 понимают элементарную единицу структуры предприятия, где размещены исполнители работы, обслуживаемое технологическое оборудование, часть конвейера, оснастка и предметы труда.

Для процессов, связанных с обработкой резанием, наименование операции включает прилагательное, производное от вида оборудования. Пусть, например, на сверлильном станке сверлом 1 (рис. 1.1) обрабатывается отверстие в планке 2, закрепленной в тисках 3. В этом случае мы имеем дело со сверлильной операцией,

для которой сверлильный станок является технологическим оборудованием, сверло – режущим инструментом, тиски – приспособлением, планка – предметом труда, а патрон 4 для закрепления сверла – вспомогательным инструментом. Для планирования производства и расчета себестоимости продукции технологи и нормировщики устанавливают нормативное время выполнения операции.

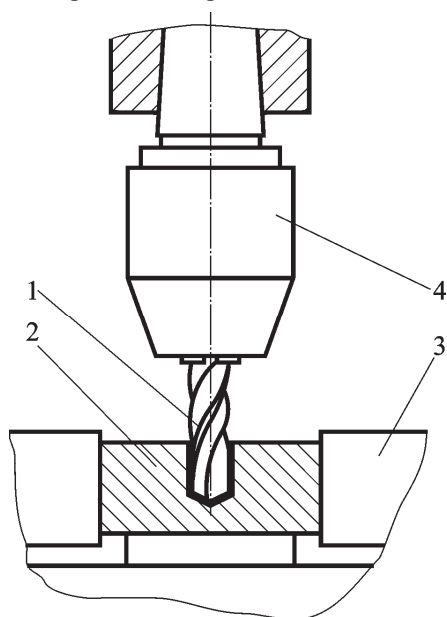


Рис. 1.1. Схема обработки отверстия в планке 2:
1 – сверло; 3 – тиски; 4 – патрон

Особенности нормирования влияют на конкретное содержание понятий **рабочее место** и **операция**. Например, устанавливая норму времени на работу оператора автоматической линии, состоящей из нескольких станков, необходимо рассматривать автолинию как одно рабочее место, на котором выполняется одна законченная часть ТП – автолинейная операция.

В тяжелом машиностроении с помощью различных переносных станков может одновременно выполняться обработка различных поверхностей одной и той же заготовки. Если станки обслуживаются различными бригадами рабочих, то в процессе выделяются несколько операций, для которых рабочие места будут располагаться на соответствующих участках заготовки.

Иногда несколько операций объединяют в одну для того, чтобы упростить управление и организацию производства. Например, пусть при токарной обработке партии ступенчатых валов у всех заготовок сначала обтачивается одна шейка, потом вторая и т. д. В этом случае обработку каждой ступени можно рассматривать как законченную часть технологического процесса, составляющую одну операцию. На каждую из этих операций может быть оформлен отдельный документ, например, операционная карта, технико-нормировочная карта, наряд

и т. д. При небольшом объеме выпуска эти операции могут выполняться последовательно на одном рабочем месте одним рабочим. В таких ситуациях для упрощения планирования и отчетности могут быть оформлены один или несколько общих документов на токарную обработку валов, которую в этом случае следует рассматривать как одну укрупненную операцию.

Совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций согласно ГОСТ 27.004–85 называется **технологической системой** (ТС). Различают **специальные ТС**, используемые для изготовления или ремонта изделия одного наименования и типоразмера, **специализированные ТС** – для изготовления или ремонта изделий с общими конструктивными и технологическими признаками и **универсальные ТС** – для изготовления или ремонта изделий с различными конструктивными и технологическими признаками. При расчетах точности обработки под технологической системой часто понимают совокупность станка, приспособления, инструмента и заготовки.

§ 1.2. Предметы производства

К предметам производства относятся материалы, заготовки, полуфабрикаты и изделия. Терминология по предметам производства устанавливается ГОСТ 2.101–68, ГОСТ 3.1109–82, ГОСТ 14.004–83.

В частности, по ГОСТ 2.101–68 **изделие** – любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Например, изделиями станкостроительного завода могут быть фрезерные станки, а у предприятий, специализирующихся на выпуске запасных частей, – детали автомобилей, тракторов, мотоциклов и других машин. Для моторного завода изделиями являются двигатели автомобилей, самолетов, танков и т. д., для подшипникового завода – собранные подшипники качения, а также их отдельные детали, например, ролики или шарики.

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. Основным конструкторским документом для детали служит ее чертеж.

Предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь, называется **заготовкой**, а заготовка перед первой технологической операцией называется **исходной заготовкой**. Например, на токарном автомате можно выполнить обработку резанием всех поверхностей винта с шестигранной головкой, используя в качестве исходной заготовки шестигранный пруток. При изготовлении первичного вала мотороллера исходной заготовкой служит круглый пруток, который разрезают на части, а затем подвергают обработке давлением и резанием.

Изделия или заготовки, полученные технологическим методом литья, называют **отливками**. Отливки служат, например, исходными заготовками при изготовлении корпусов вентилялей и кранов, тройников, рукояток и других подобных изделий. Аналогично изделия или заготовки, полученные технологическим

методомковки или штамповки, называют соответственно **кованными** или **штампованными поковками**.

Отливки станин, поковки шпинделей, штампованные заготовки зубчатых колес, изготовленные на литейном или кузнечно-прессовом заводе, для станкостроительной фирмы, выполняющей их последующую обработку, являются **полуфабрикатами**, т. е. предметами труда, подлежащими дальнейшей обработке на предприятии-потребителе. Для специализированного зубообрабатывающего производства полуфабрикатом может быть заготовка зубчатого колеса, прошедшая токарную обработку, а изделием – заготовка с нарезанными зубьями.

Производственная партия – предметы труда одного наименования и типоразмера, запускаемые в обработку в течение определенного интервала времени при одном и том же подготовительно-заключительном времени на операцию. При этом под **подготовительно-заключительным временем** согласно ГОСТ 3.1109–82 понимается интервал времени, затрачиваемый на подготовку исполнителя или исполнителей и средств технологического оснащения к выполнению технологической операции и приведение последних в порядок после окончания смены и (или) выполнения этой операции для партии предметов труда. Подготовительно-заключительное время расходуется, в частности, на получение задания, технологической документации и оснастки, наладку станка, сдачу работы, приспособлений и инструментов.

Операционная партия – производственная партия или её часть, поступающая на рабочее место для выполнения технологической операции. Если, например, на предшествующей операции размер партии составлял 200 заготовок, а на рассматриваемой операции параллельно работают два одинаковых станка, то для обслуживающих эти станки рабочих норма времени устанавливается в зависимости от операционной партии из 100 заготовок. При этом не имеет значения, когда передаются заготовки – после обработки всей партии на предшествующей операции или после обработки очередной заготовки, после окончания смены или заполнения тары, в которую укладываются, например, 20 заготовок.

Серия изделия – все изделия, изготовленные по конструкторской и технологической документации без изменения её обозначения.

§ 1.3. Характеристики производственного и технологического процессов

Под **технологической готовностью производства** понимают наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями. Совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства, называют **технологической подготовкой производства** (ТПП). В ходе ТПП используют или определяют ряд характеристик производственного и технологического процессов, таких как производственный цикл, объем и программа выпуска продукции, коэффициент закрепления

операций и т. д. Далее приводятся определения этих характеристик в соответствии ГОСТ 3.1109–82, ГОСТ 14.004–83, ГОСТ 27.004–85.

Производственный цикл – интервал времени от начала до окончания производственного процесса изготовления или ремонта изделия.

Объём выпуска продукции, или объём выпуска, – количество изделий определенных наименований, типоразмеров и исполнений, изготавливаемых или ремонтируемых предприятием или его подразделением в течение планируемого периода времени. **Производственная мощность** – расчетный максимально возможный в определенных условиях объём выпуска изделий в единицу времени. **Программа выпуска продукции**, или программа выпуска, – установленный для данного предприятия перечень изготавливаемых или ремонтируемых изделий с указанием объёма выпуска по каждому наименованию на планируемый период времени.

Цикл технологической операции – интервал календарного времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно изготавливаемых или ремонтируемых изделий.

Такт выпуска – интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий или заготовок определенных наименования, типоразмера и исполнения.

Трудоемкость изготовления изделия – суммарные затраты труда на выполнение технологических процессов изготовления изделия.

Ритм выпуска – количество изделий или заготовок определенных наименований, типоразмеров и исполнений, выпускаемых в единицу времени. Например, если за 6 мин. на фрезерном станке обрабатывают три одновременно установленные заготовки, то цикл технологической операции равен 6 мин., такт выпуска – 2 мин., а ритм выпуска – 30 заготовок в час.

Коэффициент закрепления операций – отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.

Технологический режим – совокупность значений параметров ТП в определенном интервале времени. Например, режим резания – совокупность значений скорости резания, подачи или скорости движения подачи и глубины резания.

Припуск – слой материала, который необходимо удалить с поверхности заготовки в целях обеспечения заданных свойств обработанной поверхности.

§ 1.4. Структура технологической операции

Технологические операции могут включать установовы, позиции, переходы и приемы.

Установ – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы. Например, обтачивание двух ступеней вала может производиться не за две операции, а за одну, имеющую два установа (рис. 1.2). Главное движение ДГ сообщается валу, движение подачи DS-резцу или двум резцам при обработке на настроенном оборудовании с поворотным резцедержателем. Отметим, что для

упрощения схемы в ней использованы стандартные обозначения (ГОСТ 3.110 –81) неподвижного переднего и вращающегося заднего центров, а также поводкового патрона, заставляющего вращаться заготовку вместе со шпинделем.

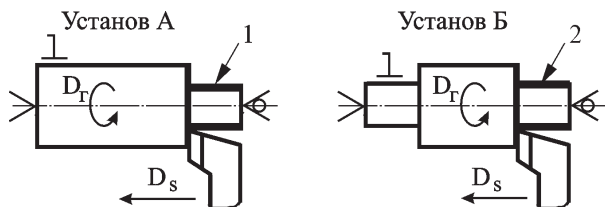


Рис. 1.2. Схема обработки поверхностей 1 и 2 вала за два установа

Позиция – фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции. Например, операция фрезерования четырех сторон квадрата содержит четыре позиции (рис. 1.3, а).

Многопозиционная обработка характерна для агрегатных станков, многошпиндельных токарных автоматов и полуавтоматов. Например, обработка отверстий корпусной детали может производиться на агрегатном станке и включать четыре позиции (рис. 1.3, б): загрузка 1; сверление 2; зенкерование 3; развертывание 4.

Замена установов позициями сокращает время на установку заготовки и обычно обеспечивает повышение производительности.

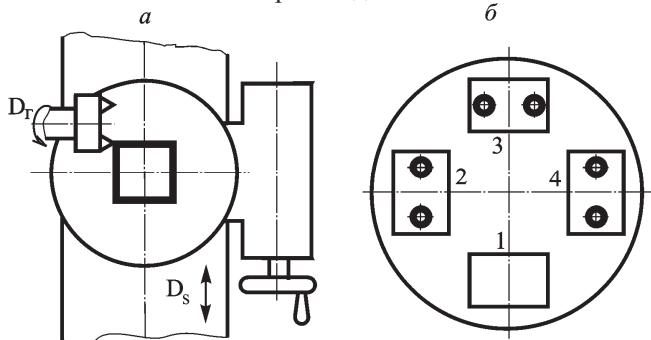


Рис. 1.3. Четырехпозиционная обработка сторон квадрата (а) и отверстий корпуса (б)

Технологическим переходом называется законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке. Например, обтачивание трех ступеней вала может выполняться на операции, включающей три перехода. На практике встречаются переходы, при выполнении которых параметры технологического режима изменяются.

При обработке конической поверхности 1 (рис. 1.4, а) скорость резания возрастает при постоянной частоте вращения шпинделя прямо пропорционально изменяющемуся диаметру D обрабатываемой поверхности A .

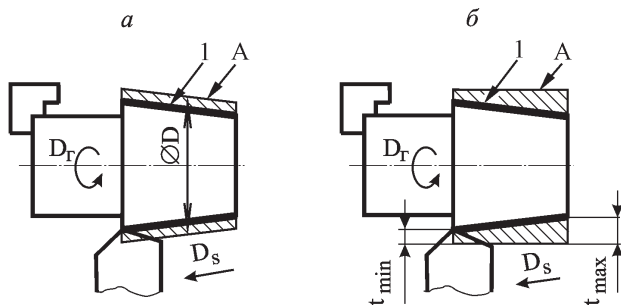


Рис. 1.4. Схемы обтачивания конической поверхности 1 при конической (а) и цилиндрической (б) форме обрабатываемой поверхности A

В случае цилиндрической обрабатываемой поверхности (рис. 1.4, б) скорость резания постоянна, но глубина резания изменяется в пределах интервала t_{max}, t_{min} .

Вспомогательным переходом называется законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предмета труда, но необходимы для выполнения технологического перехода. Примерами вспомогательных переходов являются закрепление заготовки, смена инструмента и т. д.

Рабочий ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки. Обработка за несколько рабочих ходов без изменения параметров режима резания применяется при удалении больших припусков на фрезерных, строгальных и других станках.

При шлифовании цилиндрических поверхностей с продольной подачей за несколько рабочих ходов (рис. 1.5) часть операции, выполняемую с одной и той поперечной подачей круга после очередного хода, рассматривают как один переход, пренебрегая небольшим изменением окружной скорости заготовки при уменьшении ее диаметра.

Если же параметры режима при различных ходах существенно отличаются, то соответствующие операции следует рассматривать как состоящие из нескольких одноходовых переходов. Например, на рис. 1.6 показана форма заготовки 1 после срезания первого слоя металла резцом 2 при нарезании резьбы 3. Для удаления трех заштрихованных слоев необходимы дополнительные перемещения инструмента. Такой параметр технологического режима, как глубина резания, для каждого перемещения, будет иметь свое значение. Поэтому даже при одинаковой подаче резца в поперечном направлении перед началом очередного хода,

для обработки резьбы на рассматриваемой операции требуются четыре одноходовых перехода.

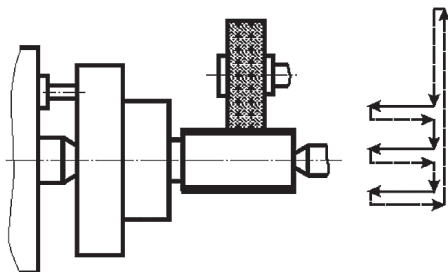


Рис. 1.5. Схема многоходового шлифования шейки вала

Вспомогательный ход – законченная часть *технологического* перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода. На схемах обработки вспомогательный ход условимся изображать штриховой линией (см. рис. 1.5), а рабочий ход – сплошной.

Прием – законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части и объединенных одним целевым назначением. Например, прием установить заготовку может включать такие действия, как взять заготовку, переместить, установить в патрон, взять ключ и закрепить.

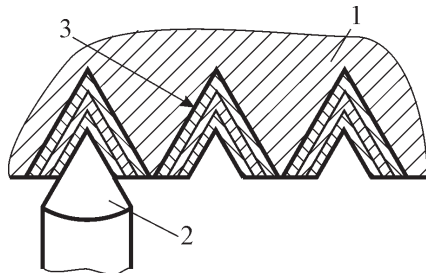


Рис. 1.6. Схема нарезания резьбы резцом

§ 1.5. Виды и типы производства

Машиностроительное производство – производство с преимущественным применением методов технологии машиностроения при выпуске изделий. Различают *основное производство*, т. е. производство товарной продукции, и *вспомогательное производство*, т. е. производство средств, необходимых для функционирования основного производства. Например, подача сжатого воздуха, тепла, изготовление оснастки, ремонт механических и электрических устройств, зданий, сооружений и т. д.

В зависимости от методов изготовления иногда выделяют литейное, сварочное, сборочное и т. п. **виды производства**. **Различают** также **установившееся производство** изделий по окончательно отработанной конструкторской и технологической документации и **опытное производство** изделий для проведения исследовательских работ или разработки конструкторской и технологической документации для установившегося производства.

По организационным признакам выделяют **поточное производство**, характеризующееся расположением средств технологического оснащения в последовательности операций ТП и определенным интервалом выпуска изделий, и **групповое производство**, характеризующееся совместным изготовлением или ремонтом группы изделий с **разными** конструктивными, но общими технологическими признаками.

В зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска изделий различают три **типа производства** – единичное, серийное и массовое.

Единичное производство – производство, характеризующееся малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматриваются. Примерами изделий, изготавливаемых в единичном производстве, являются уникальные станки, крупные турбины, экспериментальные образцы машин, которые предназначаются для исследований, сопоставлений, выставок и не планируются к серийному изготовлению.

Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций (таблица 1.1) различают мелко-, средне- и крупносерийное производства.

Таблица 1.1
Коэффициенты закрепления операций

Производство	Коэффициент закрепления операций	
	свыше	до
Мелкосерийное	20	40
Среднесерийное	10	20
Крупносерийное	1	10

Примером серийной продукции являются универсальные станки, некоторые насосы и электродвигатели.

Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция. Коэффициент закрепления операций для массового производства принимают равным единице. Так изготавливаются многие виды оружия и подшипников качения, тракторы, автомашины, часы и другие изделия.

Для различных типов производства характерны различные глубина разработки технологических процессов, документация, методы изготовления заготовок,

порядок размещения оборудования, себестоимость изделий, производительность и т. д. В частности, в массовом производстве, применяются самые точные заготовки, разрабатывается подробная документация, широко применяются специальные оборудование и технологическая оснастка, используется поточная организация работы, обеспечивается наибольшая производительность труда и наименьшая себестоимость продукции и т. д.

На одном и том же заводе или цехе можно встретить различные типы производства. Поэтому отнесение производства завода или цеха к одному типу является часто условным и определяется основной по объему продукцией.

§ 1.6. Виды и способы описания технологических процессов

Различают единичные, типовые и групповые технологические процессы.

Единичный ТП – ТП изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства.

Типовой ТП – ТП изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой ТП – ТП изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Технологические процессы и операции описывают в технологических документах, например, в маршрутной и операционной карте. Формы и правила оформления документов установлены стандартами ЕСТД, стандартами предприятий (СТП), а в учебных работах методическими указаниями кафедры. При этом используют три способа описания:

- маршрутное описание ТП – сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов;
- операционное описание ТП – полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов;
- маршрутно-операционное описание ТП – сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте согласно последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах.

В единичном и мелкосерийном производствах в основном применяют маршрутное и маршрутно-операционное описание ТП. В последнем случае полностью описывают опасные работы и операции, влияющие на надежность изделия, такие как ковка, штамповка, сварка, пайка, термическая обработка и т. д. Например, подготовка частей изделия под сварку описывается в маршрутной карте, а операции, связанные со сваркой, – в операционной карте. Для остальных операций предполагается, что используются высококвалифицированные рабочие, которые самостоятельно установят рациональный режим работы оборудования. В крупносерийном и массовом производствах обычно используют операционное описание ТП.

ГЛАВА 2. ТЕОРИЯ БАЗИРОВАНИЯ

§ 2.1. Основные термины и определения

Исходя из служебного назначения и условий использования, обслуживания и ремонта изделий, конструкторы устанавливают требования к относительному расположению деталей и сборочных единиц проектируемого объекта. Например, ось зубчатого колеса должна совпадать с осью вращения вала, на котором установлено колесо, для того чтобы обеспечить нормальные условия работы зубчатой передачи. Ось шпинделя 1 (рис. 2.1) вертикально-сверлильного станка должна быть перпендикулярна верхней плоскости стола 2, для того чтобы ось обработанного отверстия заготовки (см. рис. 1.1) была перпендикулярна или параллельна ее соответствующим плоскостям.

Подобные требования отражаются в стандартах, технических условиях, чертежах и других документах и выполняются при сборке изделий.

Заготовки при обработке и контроле также должны занимать определенное положение относительно станка, режущего инструмента и (или) средства измерения. Например, при контроле параллельности плоскости *A* (рис. 2.2, *a*) относительно базы *B* заготовка 1 устанавливается на контрольную плиту 2, по которой перемещается стойка с индикатором 3. С точки зрения механики заготовка при контроле должна быть лишена трех степеней свободы – возможности перемещения в вертикальном направлении и вращения вокруг двух взаимно перпендикулярных осей, параллельных верхней плоскости плиты.

Аналогично для фрезерования или шлифования верхней плоскости корпуса 4 (рис. 2.2, *б*) рабочий должен лишить заготовку трех степеней свободы, установив её, например, на стол вертикально – фрезерного станка или на магнитную плиту, закрепленную на столе плоскошлифовального станка. Это позволит при обработке выдержать заданное расстояние *a* между плоскостями и обеспечить параллельность обработанной поверхности нижней плоскости. Для исключения смещения под действием сил резания необходимо с помощью прижимных планок 5 или магнита плиты закрепить заготовку, лишая её дополнительно трех степеней свободы – возможности смещения

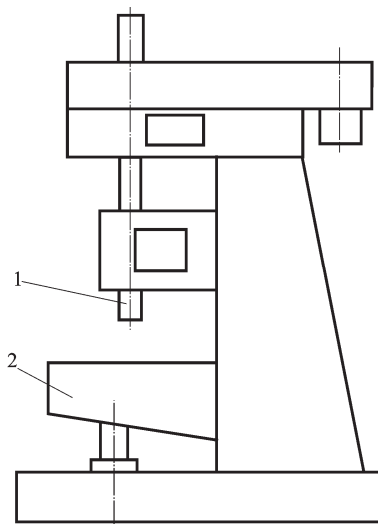


Рис. 2.1. Вертикально-сверлильный станок

в двух направлениях по поверхности стола или плиты и поворота вокруг вертикальной оси.

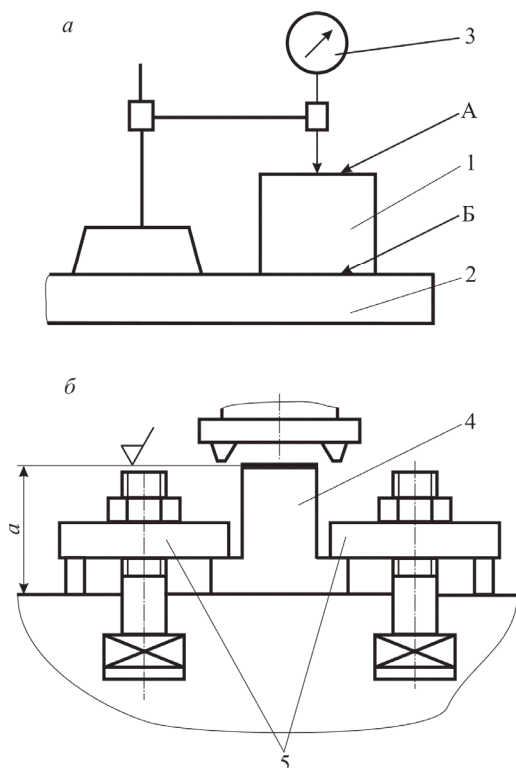


Рис. 2.2. Схемы контроля заготовки 1 (а) и обработки корпуса 4 (б)

При обработке уступа заготовки 1 (рис. 2.3) фрезой 2 на горизонтально-фрезерном станке необходимо выдержать размеры a и b . Для этого, располагая заготовку в приспособлении 3, нужно лишить ее, как минимум, пяти степеней свободы – возможности перемещений в вертикальном и поперечном (параллельно оси шпинделя) направлениях и поворотов вокруг трех взаимно перпендикулярных осей. Для исключения смещения заготовки в продольном направлении необходимо зажать ее с помощью специальных механических, пневматических и т. п. устройств.

При обработке в партии заготовок пазов 1 (рис. 2.4) заготовки до приведения в действие этих устройств должны быть лишены всех шести степеней свободы.

Придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат называется **базированием**, а приложение сил и пар сил к заготовке или изделию для обеспечения постоянства их положения, достигнутого при базировании, – **закреплением**.

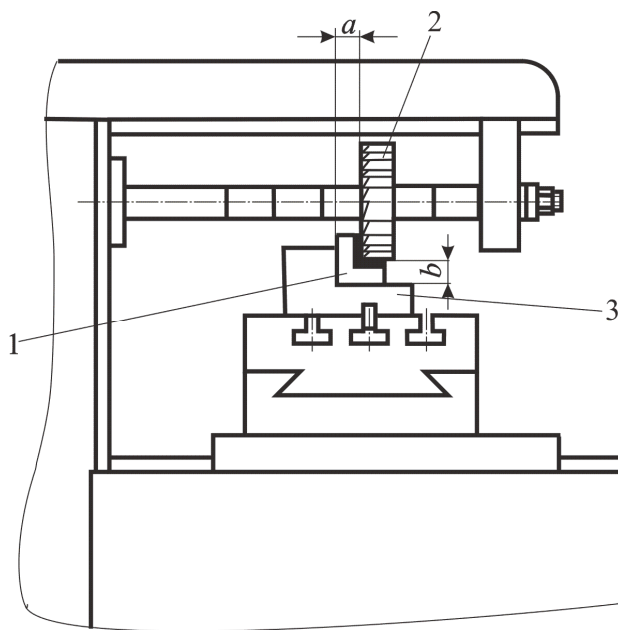


Рис. 2.3. Положение заготовки 1 при обработке уступа на горизонтально-фрезерном станке

Правильное решение задач по ориентации предметов труда является одним из условий обеспечения качества обработки, сборки и работы изделий машиностроения. Способы устранения или уменьшения ошибок ориентации рассматриваются в теории установок. При этом под *установкой* понимается базирование и закрепление заготовки или изделия.

Поверхности или выполняющие ту же функцию сочетания поверхностей, оси, точки, принадлежащие заготовке или изделию и используемые для базирования, называются *базами*. Совокупность трех баз, образующих систему координат заготовки или изделия, называют *комплексом баз*.

В станочных приспособлениях для установки заготовок предусматриваются соответствующие опоры и зажимы. *Опора* – составная часть станочного приспособления с несущими поверхностями, которые сопрягаются с базами установленной заготовки. *Зажим* – механизм станочного приспособления для закрепления заготовки.

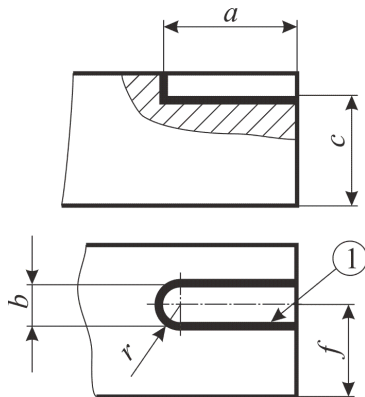


Рис. 2.4. Заготовка с пазом

§ 2.2. Правило шести точек

Из курса механики известно, что положение любого свободного абсолютно твердого тела полностью определяется шестью независимыми величинами, например, шестью координатами шести точек, заданными относительно трех взаимно перпендикулярных плоскостей.

Пусть, в частности, заготовка имеет форму прямой призмы (рис. 2.5, а) и координаты z точек 1, 2 и 3, расположенных на нижней плоскости и не лежащих на одной прямой, одинаковы и равны h . В этом случае нижняя плоскость заготовки должна быть параллельна плоскости XOY и удалена от нее на расстояние h . Это означает, что, зафиксировав три координаты указанных точек, мы лишим заготовку трех степеней свободы – возможности перемещения вдоль оси Z и вращения относительно осей X и Y .

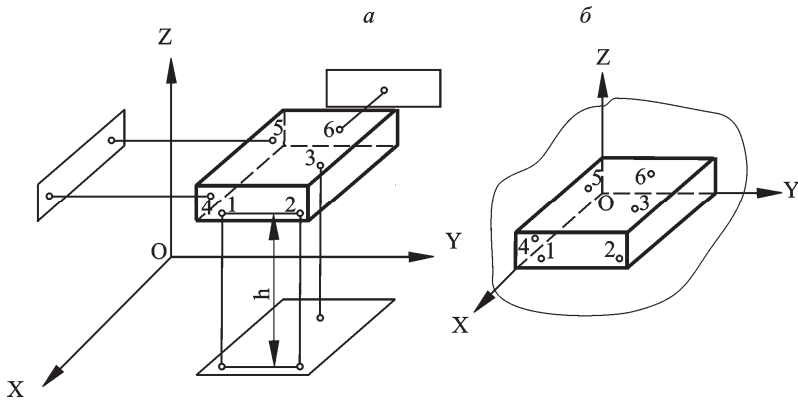


Рис. 2.5. Базирование прямой призмы в системе координат $OXYZ$ (а) и приспособлении (б)

Аналогично, задаваясь одинаковыми координатами у точек 4 и 5, мы лишим заготовку еще двух степеней свободы – возможности перемещения вдоль оси Y и вращения вокруг оси Z . Последней шестой степени свободы – возможности перемещения вдоль оси X заготовка будет лишена, если задать координату x точки 6.

Каждой координате и каждой степени свободы, которой лишается заготовка или изделие, в реальных условиях соответствует одна наложенная двухсторонняя связь, а на технологических эскизах – одна опорная точка. Таким образом, **опорная точка** – точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат. На основании изложенного формулируется так называемое **правило шести точек**: для обеспечения неподвижности заготовки или изделия в выбранной системе координат на них необходимо наложить шесть двухсторонних геометрических связей, для создания которых необходим комплект баз и которым соответствуют шесть опорных точек.

Предположим, что все шесть координат указанных точек равны нулю (см. рис. 2.5, б) и что координатные плоскости представляют собой поверхности,

Оглавление

Введение	3
ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	6
§ 1.1. Производственный и технологический процессы	6
§ 1.2. Предметы производства	9
§ 1.3. Характеристики производственного и технологического процессов	10
§ 1.4. Структура технологической операции	11
§ 1.5. Виды и типы производства	14
§ 1.6. Виды и способы описания технологических процессов	16
ГЛАВА 2. ТЕОРИЯ БАЗИРОВАНИЯ	17
§ 2.1. Основные термины и определения	17
§ 2.2. Правило шести точек	20
§ 2.3. Базирование с помощью подвижных опор, зажимов и режущих инструментов	23
§ 2.4. Виды баз	31
§ 2.5. Погрешности базирования	34
2.5.1. Основные понятия и определения	34
2.5.2. Установка валов в призму	40
2.5.3. Установки в призму ступенчатых валов	44
2.5.4. Установка заготовки по плоскости и цилиндрическому отверстию на пальцы и оправки с зазором	46
2.5.5. Установка заготовки по двум плоскостям и отверстию	50
2.5.6. Установка заготовки по плоскости и двум отверстиям	55
2.5.7. Установка заготовки по плоскости и коническому отверстию	58
2.5.8. Установка валов в центрах	62
2.5.9. Обработка двух поверхностей на одной операции	65
2.5.10. Погрешности базирования при обработке двух отверстий в рычаге	70
2.5.11. Влияние отклонений угловых размеров заготовок на погрешность базирования	74
§ 2.6. Погрешности закрепления	76
§ 2.7. Погрешности установки	78
ГЛАВА 3. ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК	81
§ 3.1. Основные направления обеспечения точности	81
3.1.1. Погрешности обработки, вызванные изменением основной кинематической схемы формообразования	83
3.1.2. Погрешности обработки, вызванные неточностью изготовления оборудования	84
3.1.2.1. Станки токарной группы	84
3.1.2.2. Станки расточной группы	90
3.1.3. Погрешности обработки, вызываемые неточностью изготовления режущего инструмента	92
3.1.4. Погрешности обработки, вызываемые неточностью изготовления приспособлений	95
3.1.5. Погрешности обработки, вносимые изменением величины деформаций технологической системы под действием сил резания	97
3.1.5.1. Жесткость и податливость технологической упругой системы	100
3.1.5.2. Влияние геометрических погрешностей заготовки на точность обрабатываемой детали	110
3.1.5.3. Влияние жесткости приспособлений на точность обрабатываемой детали	114

3.1.6. Погрешности обработки, вызванные тепловыми деформациями	116
3.1.7. Погрешности обработки, вызванные структурными изменениями материала заготовки	122
3.1.7.1. Погрешности, вызываемые перераспределением остаточных напряжений	122
3.1.7.2. Особенности построения технологического маршрута механической обработки в случае применения специальных видов термообработки	126
3.1.8. Погрешности обработки, вызванные размерным износом инструмента	127
§ 3.2. Суммарная погрешность обработки	130
3.2.1. Построение точечных диаграмм	133
3.2.2. Диаграммы точности, их построение и анализ	135
3.2.3. О возможности построения проектных диаграмм точности	140
§ 3.3. Точность настройки оборудования на размер	143
3.3.1. Настройка оборудования методом пробных проходов	143
3.3.2. Настройка на размер на неработающем оборудовании (статическая настройка)	148
3.3.3. Настройка на размер при работе по промерам	150
3.3.4. Взаимозаменяемые настройки (бесподналадочная смена инструмента)	151
ГЛАВА 4. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	154
§ 4.1. Основные характеристики качества деталей машин	156
4.1.1. Геометрические характеристики качества поверхности	156
4.1.2. Шероховатость поверхности. Нормирование шероховатости поверхности	158
4.1.3. Физико-механические характеристики поверхностного слоя	163
4.1.4. Остаточные напряжения металла поверхностного слоя. Механизм возникновения напряжений	166
§ 4.2. Влияние качества поверхностного слоя на эксплуатационные качества деталей машин	167
4.2.1. Связь эксплуатационных свойств деталей и машин с микрогеометрией их поверхностей	167
4.2.2. Связь эксплуатационных характеристик деталей машин с физико-механическими свойствами поверхностного слоя	175
4.2.2.1. Влияние деформационного упрочнения (наклепа) металла поверхностного слоя на основные эксплуатационные характеристики деталей машин	175
4.2.2.2. Влияние остаточных напряжений поверхностного слоя на эксплуатационные свойства деталей	177
4.2.2.3. Влияние структурных изменений металла поверхностного слоя	178
§ 4.3. Влияние технологии механической обработки резанием на формирование поверхностного слоя деталей машин	179
4.3.1. Влияние условий обработки на геометрические параметры поверхностностей деталей машин	179
4.3.1.1. Механизм возникновения поперечной шероховатости	181
4.3.1.2. Влияние пластических и упругих деформаций металла в поверхностном слое на формирование продольной шероховатости	184
4.3.1.3. Влияние вибрации в технологической системе на образование микронеровностей поверхностного слоя	189

4.3.2. Влияние условий абразивной обработки на формирование поверхностного слоя деталей машин	190
4.3.2.1. Шероховатость поверхности при обработке абразивными инструментами	190
4.3.2.2. Пластические деформации металла поверхностного слоя при шлифовании	194
4.3.2.3. Вибрации технологической системы при абразивной обработке	195
4.3.2.4. Образование шероховатости при доводке	196
4.3.3. Влияние технологии на физико-механические свойства поверхностного слоя	197
4.3.3.1. Зависимость степени и глубины деформационного упрочнения от условий обработки	197
4.3.3.2. Влияние условий обработки на возникновение остаточных напряжений	198
§ 4.4. Повышение эксплуатационных свойств деталей машин технологическими методами	198
4.4.1. Сущность, особенности и классификация процессов обработки деталей машин поверхностным пластическим деформированием	199
4.4.1.1. Обкатка роликами и шариками	200
4.4.1.2. Вибрационное обкатывание	202
4.4.1.3. Алмазное выглаживание	207
4.4.1.4. Дорнование	208
4.4.1.5. Дробеструйный наклеп	209
ГЛАВА 5. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	
§ 5.1. Пути сокращения основного (технологического) времени	212
5.1.1. Возможности увеличения подач	212
5.1.2. Возможности уменьшения длины пути резания	215
5.1.3. Возможности увеличения скорости резания	222
§ 5.2. Пути сокращения вспомогательного времени	226
§ 5.3. Множественная обработка как фактор повышения производительности технологических процессов	230
§ 5.4. Пути сокращения подготовительно-заключительного времени, приходящегося на обработку одной детали	232
§ 5.5. Основные направления комплексного повышения производительности технологических процессов	234
Список литературы	245