

А. Г. ХОЛОДКОВА

ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Допущено
Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебного пособия для образовательных учреждений
начального профессионального образования*

2-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2009

УДК 621(075.32)
ББК 34.5я722
Х71

Рецензент —
преподаватель Московского автомобильного колледжа
при АМО «ЗИЛ» *Т.А. Багдасарова*

Холодкова А. Г.

Х71 **Общая технология машиностроения : учеб. пособие для
нач. проф. образования / А. Г. Холодкова. — 2-е изд., стер. —
М. : Издательский центр «Академия», 2009. — 224 с.
ISBN 978-5-7695-6571-7**

Изложены общие положения технологии машиностроения: понятия о технологическом процессе, операции и ее элементах, точности изготовления деталей и изделий, технологичности конструкции. Рассмотрены особенности и сравнительные характеристики различных методов получения заготовок, их обработки, применяемое для этих целей технологическое оборудование. Приведены способы выполнения сборки различных соединений и типовых сборочных единиц изделий.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования. Может быть полезно для студентов среднего профессионального образования, учащихся УПК машиностроительных предприятий.

УДК 621(075.32)
ББК 34.5я722

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Холодкова А. Г., 2005
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2009
ISBN 978-5-7695-6571-7 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2009

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является главной отраслью народного хозяйства, которая определяет возможность развития других отраслей и обеспечивает изготовление новых и совершенствование имеющихся машин. Отличительной особенностью современного машиностроения является существенное изменение эксплуатационных характеристик машин: увеличение скорости, мощности, температуры, уменьшение массы, объема, вибраций, снижение шума и т. п. В XX в. машиностроение сделало в своем развитии невиданный скачок: от первых автомобилей со скоростью движения 8... 15 км/ч в конце XIX в. до современных со скоростью 330... 340 км/ч; от самолетов типа «Фарман», поднимавшихся на 400... 500 м над землей, до современных сверхзвуковых лайнеров, летающих на высоте 8... 11 тыс. м со скоростью 900 км/ч, и ракет со скоростью полета более 11 км/с. Турбины начала XX в. мощностью 100... 400 кВт сменили в конце века турбины в несколько сотен тысяч киловатт. Если в 1920—30-е гг. в механических цехах заводов стояли универсальные токарные, сверлильные, фрезерные станки с ременными приводами, то в настоящее время станочный парк имеет станки-автоматы, станки с ЧПУ, многоцелевые станки, работающие по программе ЭВМ, выполняющие несколько десятков операций, оснащенные многоинструментальными магазинами (32—40 инструментов и более).

Технический прогресс в машиностроении характеризуется не только улучшением конструкций машин, но и совершенствованием технологии их производства. Слово «технология», образованное из двух греческих слов: *téchnē* — искусство, мастерство, умение и *lógos* — слова, учение, означает науку, систематизирующую совокупность приемов и способов обработки сырья, материалов, полуфабрикатов соответствующими орудиями производства в целях получения готовой продукции. Важно качественно, экономично и в заданные сроки с минимальными затратами труда изготовить машину. В условиях рыночных отношений быстрота реализации принятых решений играет главенствующую роль.

Развитие новых, прогрессивных технологических процессов способствует созданию более совершенных машин и снижению их себестоимости. Актуальна задача повышения качества выпускаемых машин, в первую очередь их точности изготовления. В XX в.

точность деталей машин возросла почти в 2000 раз. Такого увеличения не наблюдается ни по одному показателю служебных характеристик машин. В ряде производств уже становится нормой изготовление деталей с микрометрической и долемикрометрической точностью.

Основные направления развития современной технологии следующие: переход к автоматизированным технологическим процессам, обеспечивающим требуемое качество продукции; внедрение безотходной и малоотходной технологии для наиболее полного использования материалов, энергии, топлива; создание гибких производственных систем; широкое использование промышленных роботов и робототехнологических комплексов.

Бурный рост развития машиностроительного производства обусловил предпосылки появления технологии машиностроения, основой которой были заложены в 1930-х гг. В эти же годы были созданы кафедры «Технологии машиностроения» в различных вузах страны и началась успешная подготовка инженерных кадров. К первым трудам по технологии машиностроения относятся работы А. П. Соколовского, А. И. Каширина, В. М. Кована, Б. С. Балакшина. Для развития теоретических основ технологии машиностроения большое значение имели работы Н. А. Бородачева, А. Б. Яхина, В. С. Корсакова, С. П. Митрофанова, А. А. Маталина, М. П. Новикова и многих других ученых.

Теоретические основы технологии машиностроения базируются на положениях и закономерностях таких фундаментальных дисциплин, как физика, химия, теоретическая механика, сопротивление материалов, теория вероятностей, математическая статистика, и смежных технических дисциплин: технология конструкционных материалов, материаловедение, теория резания и др. Технология машиностроения развивалась и развивается по многим направлениям, возглавляемым видными учеными, работниками промышленных предприятий и исследовательских институтов.

Материал учебного пособия «Общая технология машиностроения» представлен таким образом, чтобы учащиеся могли ознакомиться с основными понятиями, положениями и закономерностями основ технологии машиностроения, сравнительными характеристиками, особенностями и технологическими возможностями различных технологических методов заготовительного производства (литье,ковка,штамповка), механической и термической обработки, сборочного производства. В соответствии с общей тенденцией развития машиностроения в учебном пособии большое внимание уделяется качеству изготовления деталей и машин в целом. Читатели должны быть хорошо подготовлены в области технологии конструкционных материалов, материаловедения, метрологии, стандартизации.

1.1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ (ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ)

Производственным процессом называют совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых для изготовления и ремонта изделий. Производственный процесс включает в себя подготовку и обслуживание средств производства; получение материалов, полуфабрикатов, заготовок (если на предприятии отсутствует заготовительное производство) и их хранение; изготовление заготовок, различные методы их обработки (механические, термические и др.); сборку изделий и испытание; контроль качества на всех стадиях производства; отделку, окраску, упаковывание, транспортирование и хранение готовой продукции.

Технологический процесс — это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению состояния предмета производства. Организацию производства и характер технологического процесса изменяют в соответствии с количеством выпускаемых изделий, их сложностью и трудоемкостью. Производство делят на единичное, серийное и массовое.

Единичное производство характеризуется выпуском изделий широкой номенклатуры в малом количестве экземпляров, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается, например изготовление экспериментальных образцов машин, уникального оборудования и т. п.

Серийное производство характеризуется изготовлением изделий партиями или сериями, периодически повторяющимися через определенные промежутки времени. В зависимости от числа изделий в серии производство разделяют на мелко-, средне- и крупносерийное. Серийно выпускают различные станки, редукторы, компрессоры и т. п. В серийном производстве используют универсальное, специализированное и специальное оборудование, в том числе станки с числовым программным управлением (ЧПУ), многоцелевые станки, гибкие производственные системы (ГПС). На большинстве рабочих мест выполняют периодически повторяющиеся операции.

Массовое производство характеризуется выпуском большого числа изделий одного и того же типа в течение длительного времени.

Изделиями массового производства являются легковые автомобили, шариковые подшипники и т. п. В массовом производстве широко используют специальное высокопроизводительное оборудование, автоматические линии, специальные инструменты и приспособления, средства автоматизации при транспортировании и контроле. Оборудование располагают в соответствии с последовательностью выполняемых технологических операций. На большинстве рабочих мест выполняется одна, постоянно закрепленная за ними технологическая операция.

Основным критерием, определяющим тип производства, является коэффициент закрепления операций

$$K_{з.о} = Q/P,$$

где Q — число операций, выполняемых в течение месяца; P — число рабочих мест.

В массовом производстве $K_{з.о}$ равен 1, крупносерийном — от 2 до 10, среднесерийном — от 10 до 20, мелкосерийном — от 20 до 40, единичном — свыше 40, т. е. практически не регламентируется.

Наиболее совершенной формой массового производства является поточное производство.

Поточным называют производство, характеризуемое расстановкой оборудования в полном соответствии с технологическим процессом и определенным интервалом выпуска изделий — тактом выпуска. Для организации непрерывного потока необходимо, чтобы время выполнения операций было равно или кратно такту.

Такт t , мин/шт., — равномерно повторяющийся промежуток времени, затрачиваемый на выпуск единицы продукции в процессе производства. Такт выпуска не зависит от трудоемкости изготовления изделия, его величина определяется программой выпуска изделия и фондом времени для выполнения этой программы:

$$t = \Phi \cdot 60/N,$$

где Φ — фонд времени, ч (год, мес, сут, смена); N — производственная программа за тот же период, шт.

При поточном производстве сокращаются цикл изготовления продукции и межоперационные заделы, снижается трудоемкость изготовления изделия и повышается производительность. Достоинства поточного производства настолько очевидны, что в серийном производстве при изготовлении изделий, близких по служебному назначению, сходных по размерам, конфигурации и технологическому процессу, создают переменное-поточное и групповое поточное производство. В первом случае при переходе на обработку (или сборку) нового изделия поточную линию переналаживают, во втором — линию оснащают приспособлениями и инструментами, позволяющими обрабатывать (или собирать) всю группу изделий без переналадки линии.

Технологический процесс подразделяют на технологические операции.

Технологической операцией называют законченную часть технологического процесса, выполняемую на одном рабочем месте. Технологическая операция включает в себя все действия оборудования и рабочих над одним (несколькими) обрабатываемым или собираемым объектом производства.

Рабочее место — элементарная единица структуры предприятия, где размещаются исполнители работы, обслуживаемое ими технологическое оборудование и предметы производства.

Технологическая операция является основным элементом производственного планирования и учета. От количества операций и времени их выполнения зависят трудоемкость технологического процесса, число рабочих, занятых в нем, применяемое оборудование, инструмент и оснастка. В свою очередь технологическую операцию подразделяют на технологические и вспомогательные переходы.

Технологический переход — законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством обрабатываемой (или сопрягаемой) поверхности, применяемого инструмента и режимов обработки (сборки). К режимам обработки относят глубину резания t , величину подачи S и скорость резания v ; к режимам сборки — величину сборочной силы $P_{сб}$, скорость v , момент затяжки $M_{зат}$, частоту вращения n резьбозавертывающего инструмента и т. п. Если один из вышеперечисленных параметров меняется, начинается выполнение нового перехода. Так, обработка наружной поверхности вала одним и тем же резцом выполняется за два перехода: черновое и чистовое обтачивание, отличающиеся режимами обработки. Обработка точного отверстия выполняется за три перехода последовательно работающими инструментами: сверлом, зенкером, разверткой с соответствующими режимами обработки.

Вспомогательный переход — законченная часть технологической операции, состоящая из действий рабочего и (или) оборудования, не связанных с изменением размеров, формы и качества поверхностей заготовки, но необходимых для выполнения технологической операции. К вспомогательным переходам относят установку и закрепление заготовки на станке, включение и выключение станка, подвод и отвод режущего инструмента, смену инструмента, перемещение заготовки на другую позицию, измерение размеров в процессе обработки заготовки.

При большой глубине резания технологический переход выполняется за несколько рабочих ходов (проходов).

Рабочий ход — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, при котором с поверхности снимается один слой материала.

При ручной сборке трудно разделить технологические и вспомогательные переходы, поэтому сборочную операцию разделяют на ряд приемов, выполняемых рабочим.

Прием — законченная совокупность движений рабочего в процессе выполнения операции.

Установ — часть технологической операции, выполняемой при неизменном закреплении заготовки или собираемой сборочной единицы. Технологическая операция может выполняться за один или несколько установов.

Позиция — фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной заготовкой или сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или оборудования при выполнении определенной части операции.

1.2. ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Одним из важнейших показателей качества изделия является точность его изготовления, от которой зависят его эксплуатационные качества, долговечность и надежность, трудоемкость в изготовлении и эксплуатации.

Под **точностью** в технологии машиностроения понимают степень соответствия производимых изделий их заранее установленному прототипу или образцу.

Стандартами ИСО и ГОСТами установлены следующие показатели точности:

- точность размеров — расстояний между различными элементами деталей и сборочных единиц;
- точность формы — отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от номинальных;
- точность расположения поверхностей деталей и деталей в сборочной единице — отклонение реального положения рассматриваемого элемента от номинального расположения.

Точность размеров характеризуют допуском T , который определяют как разность двух предельных (наибольшего и наименьшего) допустимых размеров. По ГОСТ 25346—82 установлено 19 квалитетов от $IT01$ до $IT17$, где IT — международный допуск по системе ИСО. Точность размеров на чертежах представляют условными обозначениями поля допуска ($\varnothing 50K6$, $\varnothing 50H7$) или предельными отклонениями в мм ($\varnothing 50_{0,002}^{0,018}$), иногда указываются оба обозначения ($\varnothing 50H7^{(+0,021)}$). Точность размеров грубее 13-го квалитета оговаривают в технических требованиях, например: «Неуказанные предельные отклонения размеров: валов $h14$, отверстий $H14$, линейных $\pm IT14/2$ ».

Точность формы характеризуют отклонениями Δ от заданной геометрической формы. По ГОСТ 24643—81 определены отклоне-

ния двух форм поверхностей: цилиндрических и плоских. Количественно отклонение формы оценивают наибольшим расстоянием от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к последней.

Допуск формы — наибольшее допустимое значение отклонения формы. По ГОСТ 24643—81 установлены три уровня относительной точности, которая зависит от соотношения между допуском размера и допуском формы и расположения: А — нормальная, В — повышенная и С — высокая относительная точность. Соответственно допуск формы и расположения составляет 60, 40 и 25 % допуска на размер, а для отклонений формы цилиндрических поверхностей — 30, 20 и 12 %. Если точность формы поверхности на чертеже не оговаривается, допуск должен находиться в пределах допуска на размер: $\Delta \leq T$.

Отклонения формы плоских и цилиндрических поверхностей представлены на рис. 1.1.

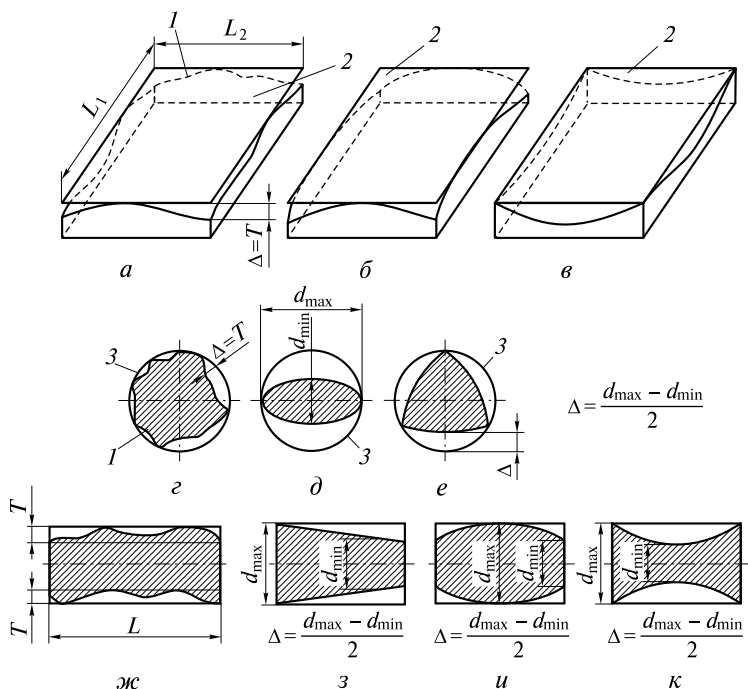


Рис. 1.1. Отклонения формы плоских (а—в) и цилиндрических (г—к) поверхностей:

а — реальный профиль; б — выпуклость; в — вогнутость; г — некруглость; д — овальность; е — огранка; ж — отклонение от прямолинейности образующей цилиндра; з — конусность; и — бочкообразность; к — седлообразность; 1 — реальный профиль; 2 — прилегающая плоскость; 3 — прилегающая окружность; d , L — размеры; T — допуск на размер; Δ — величина погрешности формы

Точность расположения характеризуется отклонениями расположения поверхностей и осей. При оценке отклонений расположения исключают из рассмотрения отклонения формы рассматриваемых элементов. Для этого реальные поверхности (их оси, плоскости симметрии и центры) заменяют соответствующими прилегающими поверхностями.

Допуск расположения — предел, ограничивающий допустимое отклонение Δ расположения.

К погрешностям расположения относят отклонения от параллельности, перпендикулярности поверхностей и осей; отклонение от соосности цилиндрических поверхностей; отклонение от симметричности, позиционное отклонение, отклонения от пересечения осей; радиальное и торцевое биение поверхностей.

Отклонение от параллельности поверхностей (рис. 1.2, *а*) — угол между плоскостями, выраженный разностью наибольшего и наименьшего расстояния между плоскостями в пределах длины нормируемого участка.

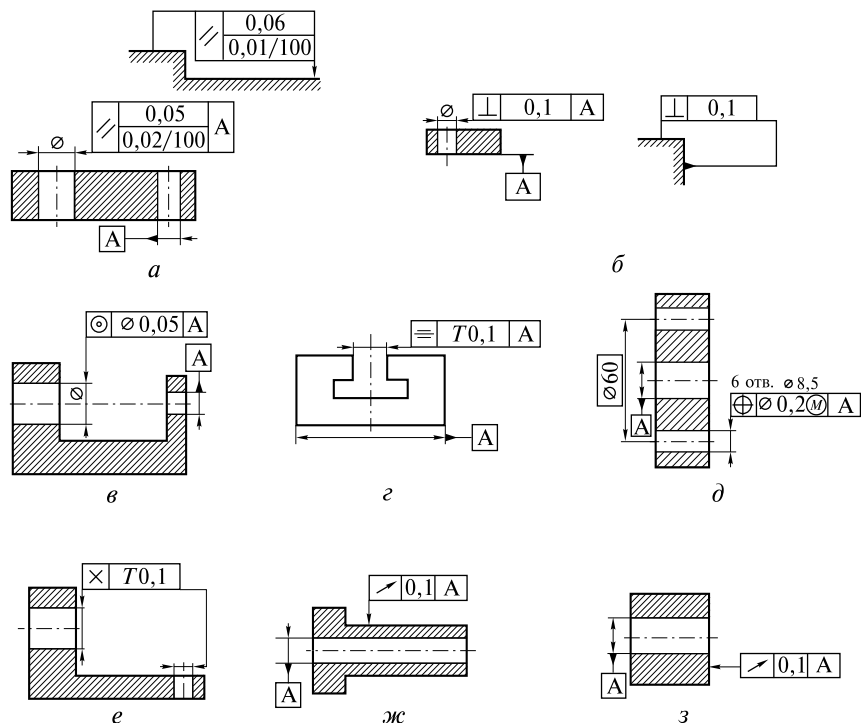


Рис. 1.2. Отклонение расположения поверхностей:

а — от параллельности; *б* — от перпендикулярности; *в* — от соосности; *г* — от симметричности; *д* — позиционное; *е* — от пересечения осей; *ж* — радиальное биение; *з* — торцевое биение

Отклонение от перпендикулярности поверхностей — отклонение от прямого угла (90°) между поверхностями, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка (рис. 1.2, б).

Отклонение от соосности цилиндрических поверхностей (эксцентриситет) — наибольшее расстояние между осями вращения двух или нескольких поверхностей вращения (рис. 1.2, в).

Отклонение от симметричности — наибольшее расстояние между плоскостями (осями) симметрии рассматриваемого и базового элементов в пределах длины нормируемого участка (рис. 1.2, г).

Позиционное отклонение — наибольшее расстояние между реальным расположением элемента (его оси, центра или плоскости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка (рис. 1.2, д).

Отклонение от пересечения осей — наименьшее расстояние между номинально пересекающимися осями (рис. 1.2, е).

Радиальное биение цилиндрической поверхности — разность наибольшего и наименьшего расстояния реального профиля от базовой оси поверхности А в сечении, перпендикулярном этой оси (рис. 1.2, ж).

Радиальное биение — результат совместного влияния отклонения от круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра от базовой оси; измеряется в нескольких точках по окружности.

Торцевое биение — разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси поверхности А (рис. 1.2, з). Обычно торцевое биение по окружности измеряется на крайних точках торца.

Вид допуска формы или расположения должен быть указан на чертеже условными знаками, приведенными в табл. 1.1. Пример простановки условных знаков на чертеже детали показан на рис. 1.3.

Точность механической обработки и методы ее обеспечения. Под точностью обработки понимают степень соответствия обработанной детали техническим требованиям чертежа в отношении точности размеров, формы и расположения поверхностей. Если все параметры детали находятся в пределах указанных на чертеже допусков, деталь считается годной для сборки и дальнейшей работы.

Существуют два метода обеспечения заданной точности обработки.

При методе индивидуального получения размера точность обработки обеспечивается выверкой положения заготовки на станке и настройкой инструмента на заданный размер по нанесенным рискам на заготовке, полученным разметкой, или по лимбу пробным проходом инструмента с соответствующими измерениями. Этот метод характерен для мелкосерийного и единичного производства.

Допуски формы и расположения поверхностей

Группа допуска	Допуск	Условное обозначение
Допуск формы	Прямолинейности	
	Плоскостности	
	Круглости	
	Цилиндричности	
	Профиля профильного сечения	
Допуск расположения	Параллельности	
	Перпендикулярности	
	Наклона	
	Соосности	
	Симметричности	
	Позиционный	
	Пересечения осей	
Суммарный допуск формы и расположения	Радиального и торцевого биения, биения в заданном направлении	
	Полного радиального и торцевого биения	
	Формы заданного профиля	
	Формы заданной поверхности	

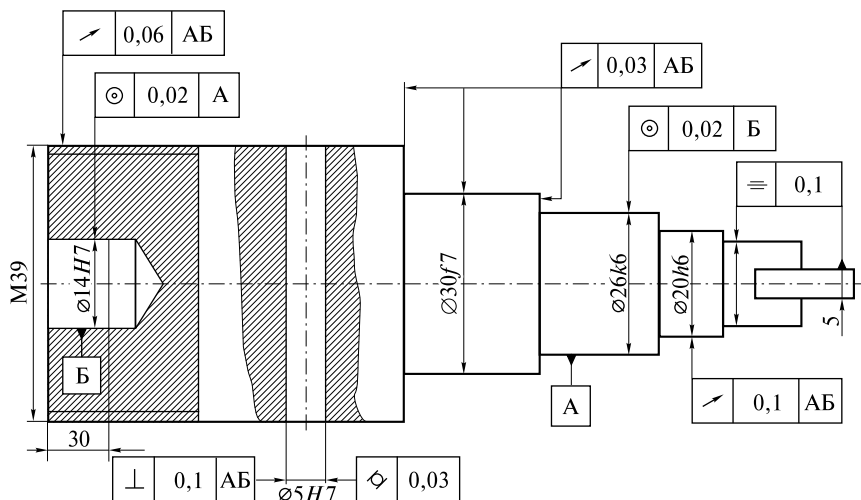


Рис. 1.3. Допуски формы и расположения поверхностей на детали типа «вал»

Метод автоматического получения размеров применяют, когда заготовки обрабатывают на станке в приспособлениях. При этом вся партия заготовок обрабатывается инструментом, предварительно настроенным на заданный размер. Этот метод характерен для серийного и массового производства.

На точность обработки влияет много факторов: погрешность установки заготовки на станке; погрешности, обусловленные упругими отжатыми технологической системы станок — приспособление — инструмент — заготовка под действием сил резания; погрешности, вызванные неточностью изготовления и износом режущего инструмента; погрешности, вызываемые установкой инструмента на заданный размер; погрешности станка и износ его элементов; погрешности, вызванные температурными деформациями технологической системы под воздействием теплоты, выделяемой при обработке; деформации заготовки из-за перераспределения внутренних напряжений.

Погрешность установки заготовки на станке при обработке в приспособлениях зависит от выбора установочных технологических баз (поверхностей, линий, точек), которые обеспечивают определенное положение заготовки на станке, сохраняемое в процессе обработки.

Каждая из установочных баз (рис. 1.4) контактирует с установочными элементами, рассматриваемыми как жесткие опорные точки, лишаящие заготовку соответствующего числа степеней свободы. Для повышения точности обработки следует выдерживае-

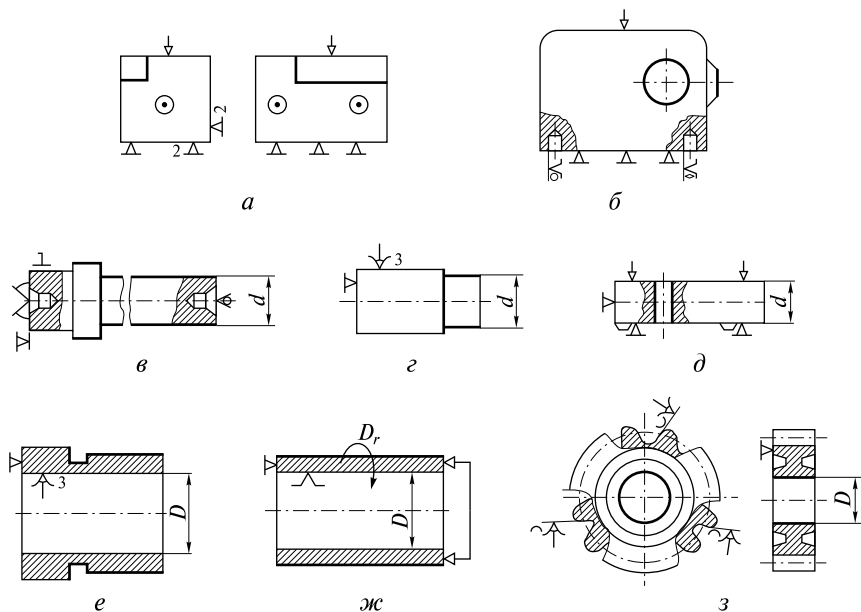


Рис. 1.4. Примеры установочных баз заготовок:

а — по трем взаимно-перпендикулярным плоскостям; *б* — по плоскости и двум перпендикулярным к ней отверстиям; *в* — по двум центровым отверстиям и торцу; *г, д* — по наружной цилиндрической поверхности и перпендикулярному к ней торцу в трехкулачковом патроне и призмам соответственно; *е, ж* — по внутренней цилиндрической поверхности и перпендикулярному к ней торцу в трехкулачковом патроне и на оправке соответственно; *з* — по зубчатой поверхности и перпендикулярному к ней торцу; *d, D* — параметры баз

мые размеры проставлять от установочных баз. Точность обработки зависит также от точности изготовления и установки приспособления на станке, причем со временем она снижается из-за износа элементов приспособления. При обработке заготовок без приспособлений точность их установки будет зависеть от точности выверки положения заготовки на станке, которая обусловлена методами и средствами контроля и квалификацией рабочего. Для обеспечения стабильного положения заготовки в процессе обработки к ней прикладывают силы, закрепляющие заготовку. Под действием сил зажима происходит деформация заготовки, которая также вносит свою погрешность в точность обработки.

Технологическая система станок — приспособление — инструмент — заготовка не является абсолютно жесткой; жесткость различных узлов станка может отличаться в 1,5—2 раза (например, жесткость шпинделя и центра задней бабки). Сама заготовка имеет различную жесткость в разных сечениях. Все это приводит к тому, что под действием сил и моментов резания элементы тех-

нологической системы изменяют свое относительное пространственное положение из-за наличия стыков и зазоров между элементами системы и их упругих деформаций. Колебания силы резания и неравномерная жесткость заготовки в разных сечениях приводят к погрешности размеров в партии деталей и погрешности формы обрабатываемой поверхности. Следовательно, для уменьшения этих погрешностей следует стабилизировать силу резания в процессе обработки, повышать жесткость технологической системы и выравнять жесткость заготовки в различных сечениях. Так, при обработке длинных нежестких валов применяют дополнительные опоры — подвижные и неподвижные люнеты.

Погрешности, вызванные неточностью изготовления режущего инструмента, предопределяют погрешности обработки, а его износ сказывается на ее точности, причем необходимо учитывать только тот износ инструмента, который влияет на размер обработки, — размерный износ. На рис. 1.5, *a* показано, как износ по задней грани резца влияет на увеличение настроечного размера C , что увеличивает размер d при обработке партии деталей, а при обработке длинных валов это приращение размера создает погрешность формы — конусность. Кроме того, затупление инструмента повышает силу резания, что увеличивает упругие отжатия технологической системы и тем самым еще больше снижает точность обработки. Уменьшить влияние размерного износа можно при помощи устройств активного контроля, которые измеряют заготовку в процессе обработки. По достижении верхнего предела поля допуска дается команда на подналадку режущего инструмента. Эта же цель достигается путем оснащения станка системами адаптивного управления процессом обработки.

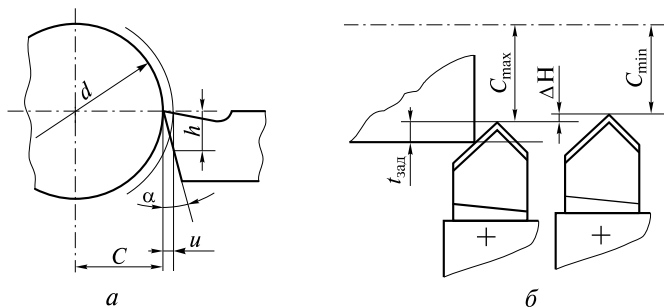


Рис. 1.5. Погрешности механической обработки заготовки:

a — от размерного износа инструмента: d — диаметр детали; C — настроечный размер инструмента; h — износ по задней грани резца; u — размерный износ резца; α — задний угол резца; *б* — от погрешности настройки режущего инструмента на заданный размер: C_{\max} , C_{\min} — максимальный и минимальный настроечные размеры; $t_{\text{зад}}$ — заданная глубина резания; ΔH — погрешность настройки резца