

Введение

Технология конструкционных материалов — учебная дисциплина, предметом изучения которой являются технологические методы получения заготовок и их обработки. Технологический метод реализуется в рамках определенной технологической системы, под которой понимают совокупность материальных элементов, обеспечивающих достижение поставленной цели. Таким образом, объектами, изучаемыми в «Технологии конструкционных материалов», являются: технологические методы получения и обработки заготовок, оборудование, инструмент, приспособления и их характеристики.

«Технология конструкционных материалов» является общепрофессиональной учебной дисциплиной, входящей в базовую часть профессионального цикла учебных планов для большинства направлений подготовки бакалавров и специальностей образовательных областей, относящихся к технике и технологиям. Это определяет её важную роль в подготовке выпускников вузов технической направленности.

Дисциплина «Технология конструкционных материалов» дает выпускникам:

- *компетентность* в области машиностроительных материалов, их характеристик и областей применения, технологических методов получения и обработки заготовок, используемого с этими целями технологического оснащения;
- *знания* машиностроительных материалов и их свойств; технологических методов получения заготовок литьем, обработкой давлением, сваркой и методами порошковой металлургии; методов обработки заготовок резанием, электрохимическими и электрофизическими способами; оборудования и другой технологической оснастки, используемой для реализации технологических методов получения и обработки заготовок;
- *умения* осуществлять выбор технологических методов получения и обработки заготовок в зависимости от условий процесса получения предмета труда.

Базой изучения технологических методов являются физико-химические основы процессов получения и обработки заготовок. Это позволяет прогнозировать формирование у выпускника вуза способностей к самостоятельному овладению новыми знаниями и умениями в области технологии конструкционных материалов с использованием современных компьютерных и информационных технологий.

Первая глава учебника содержит основные термины и понятия, используемые в дисциплине «Технология конструкционных материалов». Остальные главы построены так, чтобы изучение технологических методов происходило последовательно: от материалов и их свойств к получению заготовок, а затем к методам их обработки. Большое количество иллюстраций позволяет облегчить изучение дисциплины «Технология конструкционных материалов».

Глава 1. Основные понятия и термины, используемые в дисциплине «Технология конструкционных материалов»

1.1. Продукция, её состав и элементы

Деятельность металлообрабатывающих предприятий направлена на получение дохода путём изготовления той или иной промышленной продукции.

Продукция. Под *продукцией* понимают результат процесса трудовой деятельности, обладающий полезными свойствами, полученный в определённом месте, за определённый интервал времени и предназначенный для использования потребителями в целях удовлетворения их потребностей как общественного, так и личного характера. Продукция машиностроительного предприятия состоит из разнообразных изделий, выпускаемых в заданном количестве и требуемого качества.

Изделием называют любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Изделиями металлообрабатывающих отраслей промышленности являются машины различного назначения, агрегаты, приборы, механизмы и отдельные детали. Большинство изделий состоит из сборочных единиц, которые, в свою очередь, собирают (свинчивают, сваривают, склеивают и т. д.) из отдельных деталей.

Номенклатура изделий. Этим термином обозначают перечень наименований изделий, отличающихся конструкцией или размерами и подлежащих изготовлению в определённый календарный промежуток времени.

Программа выпуска — количество изделий одного наименования, планируемое к производству в определённый календарный промежуток времени.

Деталь. Это первичная сборочная единица, изготовленная из одного материала без применения сборочных операций. Деталь характеризуется комплексом свойств, к числу которых относятся: свойства материала, конструкция, размеры, точность размеров и формы, качество поверхностей, себестоимость.

Заготовка — представляет собой предмет труда, из которого изменением формы, размеров и свойств материала или его поверхностей изготавливают деталь. Термин «заготовка» правильно использовать на всём протяжении её превращения в деталь. Термин «деталь» правильно применять к предмету производства, поступающему на сборку.

Припуском называют материал, предназначенный для удаления или пластического перемещения в процессе превращения заготовки в деталь.

Партия заготовок. Так называют заготовки одного наименования и типоразмера, одновременно запускаемые в обработку.

Размер партии заготовок. Количество заготовок в партии называют *размером партии*.

1.2. Производственный и технологический процессы

1.2.1. Производственный процесс

Производственным процессом называют совокупность работ, направленных на превращение исходных материалов в готовую продукцию. Исходными материалами в машиностроении могут быть природные материалы, металлы и другие конструкционные материалы, готовые детали либо их полуфабрикаты, готовые собранные узлы (модули) конечной продукции.

Производственный процесс составляют работы, которые могут быть непосредственно задействованы в превращениях исходных материалов в готовую продукцию, и сопутствующие работы, без которых производство не может осуществляться (рис. 1.1).

На конкретном предприятии не всегда осуществляется полный перечень непосредственных работ. Чаще эти работы выполняются поэтапно на разных специализированных предприятиях, между которыми заключаются договоры о кооперации.

Содержание большей части сопутствующих работ понятно из их названий. К учебной дисциплине «Технология конструкционных материалов» более близкими являются такие виды работ, как подготовка производства, конструкторское и технологическое сопровождение изготовления изделий.

Подготовка производства начинается с момента получения конструкторской документации на изделие, запланированное к производству. Детализированные и сборочные чертежи изделия передаются в службу главного технолога, где разрабатывают технологические процессы изготовления специальных (не имеющих в продаже) деталей, технологические процессы изготовления заготовок,

технологические процессы термической обработки, технологические процессы сборки узлов изделия и генеральной сборки изделия в целом. Здесь же создают технологическую документацию на технологические маршруты и операции. По перечисленным документам определяют потребности предприятия в материалах, оборудовании, инструментах. Выявляются потребности в покупных комплектующих деталях, узлах, режущих и измерительных инструментах. Технологи-программисты разрабатывают управляющие программы для технологических операций, выполняемых на автоматическом оборудовании с числовым программным управлением.



Рис. 1.1. Состав производственного процесса

Параллельно с технологами в подготовку производства включаются конструкторы службы главного технолога. Они проектируют специальное оборудование, специальную технологическую оснастку и инструменты.

Вслед за этим начинается этап установки и отладки нового специального оборудования, изготовления специальной технологической оснастки и инструментов. Следующий этап — изготовление пробных экземпляров изделий, где проверяются технологические решения, производится отладка всех технологических операций и при необходимости корректируется технологическая документация. Производится проверка точности изготовленной оснастки.

Когда все упомянутые этапы подготовки выполнены, приступают к серийному производству запланированного изделия. Из описания работ, выполняемых на этапе подготовки производства, следует, что это трудоёмкие, дорогие и ответственные

работы. От длительности этого этапа зависит, как скоро предприятие сможет выйти на рынок с новым изделием. В условиях конкуренции очень важно опередить конкурентов с выпуском новых изделий. Кроме того, стоимость работ по подготовке производства ложится на себестоимость будущих изделий и удорожает их. Затраты труда на подготовку производства зависят от типа производства. В единичном и мелкосерийном производствах доля этих затрат велика (о типах производства рассказано в разд. 1.6).

Сократить сроки и стоимость подготовки производства стремятся машиностроители во всём мире. Главное направление решения этой проблемы — создание и использование на основе ЭВМ систем автоматического проектирования конструкторской и технологической документации, оборудования, позволяющего производить его переналадку с одной технологической операции на другую с помощью управляющих программ в автоматическом режиме.

Конструкторское и технологическое сопровождение осуществляется инженерами-конструкторами и инженерами-технологами как на стадии подготовки производства, так и во время серийного выпуска изделия. Необходимость такого сопровождения возникает, поскольку многие частные вопросы изготовления не удаётся решить на этапе подготовки технологической и конструкторской документации. Нередко в ходе производства приходится сталкиваться с поставкой изменённых конструкционных материалов, покупных комплектующих деталей, с совершенствованием конструкции изделия и другими вопросами, требующими вмешательства технологов и конструкторов.

1.2.2. Технологический процесс и его структура

Технологический процесс — это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. В машиностроительном производстве это последовательное изменение формы, размеров, внешнего вида и свойств предметов производства, их контроль. Технологический процесс всегда относится к изготовлению конкретного предмета производства (конкретной заготовки на этапе производства заготовок, конкретной детали на этапе превращения заготовки в деталь), к сборке конкретного узла или конкретного изделия. Например, технологических процессов по изготовлению деталей столько, сколько наименований специальных деталей насчитывается в конструкции одного изделия.

Каждый технологический процесс представляет собой последовательность технологических операций, при выполнении которых в определённой очерёдности изменяются форма, размеры и качество поверхностей заготовки по мере её превращения в деталь.

Технологическая операция — это часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте непрерывно. Технологические операции именуют по названию используемого при их выполнении оборудования. На каждой технологической операции воспроизводится тот или иной технологический метод обработки. Технологическая операция может состоять из одного или нескольких установов, из одного или нескольких переходов.

Установ — это часть технологической операции, выполняемая при однократном закреплении заготовки.

Технологический переход — часть технологической операции, заключающаяся в обработке на заготовке одной поверхности одним инструментом. В том случае, когда при обработке одной поверхности требуется удалить большой припуск, технологический переход подразделяют на несколько рабочих ходов.

Рабочий ход — это часть технологической операции, выполняемая при однократном перемещении инструмента относительно заготовки.

1.3. Точность, качество поверхности

Точность и погрешность. Точностью в машиностроении называют степень соответствия реального предмета производства его некоторому идеальному прототипу, изображённому конструктором на чертеже. Изготовить что-либо абсолютно точно не представляется возможным из-за действия объективных физических явлений, неточности оборудования, инструментов и субъективных причин («человеческий фактор»), вызывающих появление погрешностей.

Погрешность обработки — это отклонение полученного при обработке заготовки значения геометрического или другого параметра от заданного. Конструктор изделия, зная об объективном характере погрешностей, указывает на чертежах, в каких пределах изготовитель имеет право на погрешность.

Различают три категории точности: точность размеров, точность формы поверхности, точность взаимного расположения поверхностей.

Точность размеров. Размеры на чертеже могут быть линейными, обозначающими величину поверхностей или расстояния между ними, либо угловыми, обозначающими форму поверхностей либо угловое расположение одних поверхностей относительно других (рис. 1.2, а).

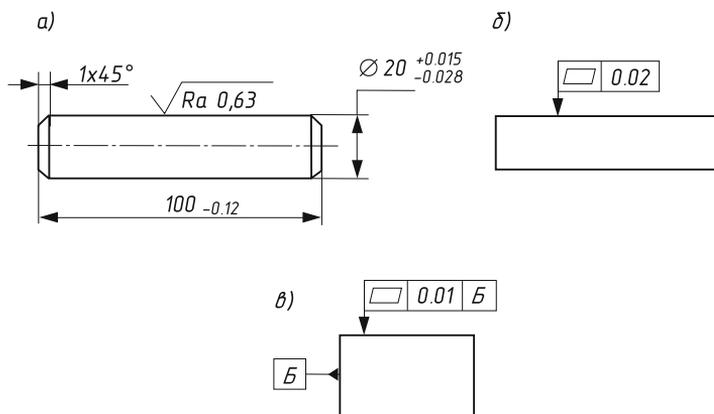


Рис. 1.2. Простановка на чертеже требуемой точности размеров (а), формы (б) и взаимного расположения (в)

Размер, определённый конструктором из условий прочности или по другим конструктивным соображениям, называют *номинальным размером*. Наряду с номинальным размером $D_{\text{ном}}$ назначаются предельно допустимые максимальный D_{max} и минимальный D_{min} размеры в виде верхнего (ВО) и нижнего (НО) отклонений:

$$\text{ВО} = D_{\text{max}} - D_{\text{ном}}; \quad (1.1)$$

$$\text{НО} = D_{\text{min}} - D_{\text{ном}}. \quad (1.2)$$

В примере на рис. 1.2 номинальный диаметр оси равен 20 мм, верхнее отклонение — +0,015 мм, нижнее отклонение — -0,028 мм. Чтобы не загромождать чертёж множеством размеров, обозначают только номинальный размер и допустимые верхнее и нижнее предельные отклонения. Назначая те или иные отклонения, конструктор не только учитывает возможность появления погрешности, но и задаёт определённый характер сопряжения (подвижного или неподвижного) в соединении данной детали с другой деталью в конструкции изделия. С этой целью предельные отклонения могут иметь положительные или отрицательные значения, односторонние (оба с плюсом либо оба с минусом) и двухсторонние (с разными знаками). Нулевые отклонения на чертеже не проставляют.

Разность между верхним и нижним предельными отклонениями называют *допуском на выполнение размера*:

$$T = \text{ВО} - \text{НО}. \quad (1.3)$$

С уменьшением допуска на один и тот же размер требование к точности размера повышается и наоборот. Различные технологические методы получения и обработки заготовок обладают определённой экономически достижимой точностью. В соответствии с ГОСТ 25346–89 установлены ряды допусков, называемые *квалитетами*. Сокращённо допуск по одному из квалитетов обозначается латинскими буквами *IT* и номером. *IT* — сокращение английского ISO Tolerance (допуск ИСО). Всего предусмотрено 20 квалитетов точности, обозначаемых порядковым номером, возрастающим с увеличением допуска: 0; 1; 0; 1; 2; ...; 18. В машиностроении обычно используют 5–17-й квалитеты точности.

Каждому технологическому методу обработки свойственны определённые диапазоны квалитетов точности и шероховатости обработанных поверхностей (табл. 1.1). Большие значения номеров квалитетов и параметра шероховатости *Ra* соответствуют результатам черновой обработки, меньшие — результатам чистовой обработки.

Точность формы поверхности. Это требование регламентирует возможные отклонения формы обработанной поверхности от её геометрического образа. На чертежах деталей требование точности формы отражают флажком со стрелкой, направленной к соответствующей поверхности. Внутри флажка указывают, какой вид погрешности лимитируется (неплоскостность, нецилиндричность, некруглость и др.), и численное значение предельной погрешности. На рис. 1.2, б обозначено, что неплоскостность поверхности, к которой обращён флажок, не должна превышать 0,02 мм.

Таблица 1.1. Точность размеров и шероховатость поверхности, получаемые при различных методах изготовления и обработки заготовок

Методы изготовления и обработки заготовок	Диапазон качественных точности	Диапазон параметра шероховатости поверхности Ra , мкм
Литье	18–12	80–0,8
Ковка	20–16	100–3,2
Объёмная горячая штамповка	18–14	80–1,6
Волочение	14–10	12,5–0,16
Точение	14–7	50–12,6
Точение тонкое	8–6	1,6–0,4
Фрезерование	13–8	12,5–0,8
Фрезерование тонкое	8–6	1,6–0,2
Стругание и долбление	13–8	25–1,6
Протягивание	11–6	12,5–0,2
Сверление	14–10	25–1,6
Зенкерование	12–9	25–0,8
Развертывание	11–5	12,5–0,1
Шлифование	9–6	6,3–0,4
Шлифование тонкое	6–5	1,6–0,1
Хонингование	5–4	0,4–0,08
Суперфиниширование	5–3	0,1–0,01
Электроэрозионная обработка	11–6	0,1–25
Электрохимическая размерная обработка	11–9	3,2–0,8
Электрохимическое полирование	9–6	0,4–0,02
Анодно-механическая обработка	10–6	1,6–0,025
Лазерная обработка	11–10	2,5–0,32
Электронно-лучевая обработка	10–9	3,2–0,8
Ультразвуковая обработка	9–6	1,6–0,025

Точность расположения поверхностей. Это требование регламентирует погрешности взаимного расположения поверхностей: неперпендикулярность, непараллельность, несимметричность и др. На рис. 1.2, в показано требование взаимной перпендикулярности двух плоскостей, одна из которых (базовая) отмечена какой-либо буквой. Флажок у второй поверхности содержит информацию о виде регламентируемой погрешности (в данном случае неперпендикулярность), её предельно допустимое значение и обозначение поверхности, по отношению к которой должно быть выполнено данное требование.

Шероховатость поверхности. Реальные поверхности не бывают абсолютно гладкими. Шероховатостью поверхности называют совокупность неровностей на базовой (определённой стандартом) длине l . Шероховатость может быть следом от реза или другого режущего инструмента, копией неровностей литейных форм или штампов, может возникать вследствие вибраций при резании, а также в результате действия других факторов.

Шероховатость является важным свойством, влияющим на многие эксплуатационные характеристики детали. Шероховатость поверхности может нарушать характер сопряжения деталей в конструкции изделия во время его работы из-за смятия либо интенсивного износа выступов профиля. Шероховатость поверхности валов разрушает различного рода уплотнения, контактирующие с ними. Впадины неровностей, являясь концентраторами внутренних напряжений, снижают усталостную прочность деталей при знакопеременных нагрузках.

Шероховатость влияет на герметичность соединений, прочность сцепления гальванических и других покрытий с основным материалом детали. Коррозия металла возникает и быстрее распространяется на грубо обработанных поверхностях и т. д.

На рис. 1.3 показано сечение поверхности, её микропрофиль в увеличенном масштабе и величины, позволяющие численно оценивать шероховатость.

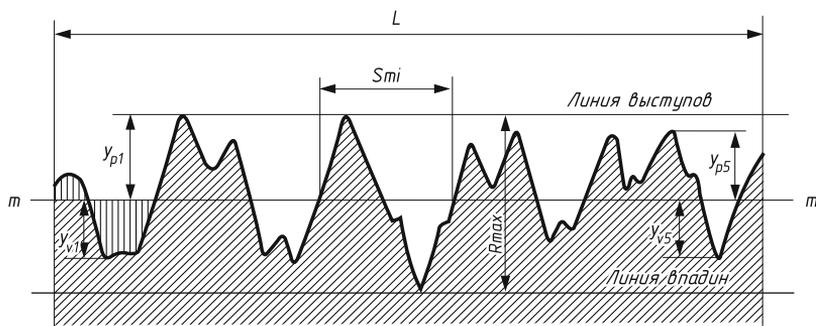


Рис. 1.3. Микропрофиль реальной поверхности и его численные характеристики

Количественными оценками высоты микронеровностей являются:

- среднее арифметическое отклонение профиля Ra :

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| \cdot dx; \quad (1.4)$$

- высота неровностей профиля по десяти точкам Rz :

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^{i=5} |y_{pi}| + \sum_{i=1}^{i=5} |y_{vi}|}{5}. \quad (1.5)$$