**Методические рекомендации**

**для выполнения практической работы**

***1. Отработка конструкции изделия на технологичность***

Под технологичностью конструкции изделия понимают совокупность свойств конструкции, которые обеспечивают изготовление, ремонт и техническое обслуживание изделия по наиболее эффективной технологии в сравнении с аналогичными конструкциями при одинаковых условиях их изготовления, эксплуатации, при одних и тех же показателях качества.

Применение эффективной технологии предполагает оптимальные затраты труда, материалов, средств, времени, при технологической подготовке производства, в процессе изготовления, эксплуатации и ремонта.

От условий, в которых изготавливается изделие – тип производства, его организации, специализации, программа, повторяемость выпуска – зависят возможности отработки технологичности конструкции, направленной на снижение трудоемкости изготовления, себестоимости изделия, удобства его ремонта в процессе эксплуатации.

Состав работ по обеспечению технологичности конструкции изделий на всех стадиях их создания устанавливается Единой системой технологической подготовки производства – ЕСТПП.

Для каждого понятия технологичности установлены термины и определения по ГОСТ 14.201-83 и ГОСТ 14.205-83.

При отработке на технологичность конструкции изделия необходимо анализировать общие требования к технологичности конструкции:

1. Конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом.
2. Детали должны изготовляться из стандартных или унифицированных заготовок.
3. Размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные параметры точности (оптимальная точность поверхности – экономически и конструктивно обоснованные).
4. Физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления, хранения и транспортировки.
5. Показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля.
6. Конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологический процессов ее изготовления.

Цель обеспечения технологичности конструкции детали – повышение производительности труда и качества изделия при максимальном снижении затрат времени и средств на разработку, технологическую подготовку производства, изготовление, эксплуатацию и ремонт.

***2. Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления***

Выбор заготовки и ее конструирование – ответственный этап подготовки производства, выполняемый на начальной стадии проектирования технологического процесса изготовления детали.

При выборе заготовки необходимо стремиться к тому, чтобы форма и размеры ее были максимально приближены к форме и размерам готовой детали. Для обработки такой заготовки понадобится минимальное число операций, минимальным будет и расход металла в стружку.

Для изготовления деталей в машиностроении используют следующие виды исходных заготовок: отливки (литьё в земляные формы, в металлические формы, под давлением, по выплавляемым моделям, центробежное литье); поковки (штамповка на молоте, прессе, в открытых или закрытых штампах, свободная ковка); комбинированные заготовки (сварнолитые, штампосварные); прокат (периодический, профильный, листовой).

Основными факторами, определяющими вид исходной заготовки, являются материал детали, ее конфигурация и габаритные размеры. Во многих случаях заданный по чертежу материал уже определяет вид исходной заготовки: если это литейный сплав, то исходной заготовкой будет являться отливка, если деформируемый сплав – прокат или поковка. В последнем случае определяющим фактором будет конфигурации детали.

Большое значение при выборе вида исходной заготовки имеет объем выпуска деталей или тип производства. Если видом исходной заготовки является отливка, то при малом объеме выпуска выгодным будет получение исходной заготовки путем литья в земляные формы. По мере роста объема выпуска станет экономически целесообразным применение более совершенных способов: литья в металлические формы (кокиль); литья по выплавляемым моделям; литья под давлением. Аналогично и для исходных заготовок, получаемых деформированием. При малом объеме выпуска оптимальным по себестоимости будет способ свободной ковки. С увеличением объема – использование более прогрессивных методов деформирования: штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе в закрытых штампах (безоблойная штамповка); штамповки на горизонтально-ковочной машине и т.д.

Выбор вида заготовки и метода ее изготовления должен заканчиваться указанием точности заготовки (квалитета точности размеров, шероховатости поверхности и величины дефектного слоя) [1, стр. 234…321], а также необходимо на рисунке показать форму заготовки.

***3. Формирование технологического маршрута обработки деталей***

Для формирования технологического маршрута обработки деталей необходимо последовательно выполнить три этапа.

1. Установление последовательности обработки поверхностей детали.
2. Выбор способов обработки и назначение необходимого количества переходов для обработки поверхностей детали.
3. Формирование операций.

***I. Установление последовательности обработки поверхностей детали***

Установление последовательности обработки поверхностей детали тесно связано с правильным выбором технологических баз. Поэтому, первоначально необходимо по чертежу узла, в который входит деталь, выявить основные и вспомогательные базовые поверхности.

Основные базовые поверхности относятся к сопрягающим поверхностям и служат для присоединения данной детали к другим деталям.

Вспомогательные базовые поверхности также относятся к сопрягающим поверхностям и служат для присоединения к данной детали других деталей.

При установлении последовательности обработки поверхностей детали необходимо предусматривать этапы предварительной, промежуточной и окончательной обработки поверхностей детали, что позволит наиболее экономичным путем обеспечить достижение заданной точности формы, размеров и качества поверхности.

Это объясняется следующими обстоятельствами.

1. Если какую-либо поверхность высокой точности обработать сразу окончательно, то в результате перераспределения внутренних напряжении, вызванных предварительной (черновой) обработкой других поверхностей, заготовка неизбежно потеряет свою точность. Кроме того, эта поверхность может быть повреждена при транспортировки и закреплении детали на последующих операциях.

2. При снятии больших припусков при предварительной (черновой) обработке происходит значительный нагрев детали. Если ее в этой же операции обработать окончательно, то после завершения обработки (после возвращения к нормальной температуре) она будет иметь погрешности формы и размеров.

3. Разделение технологического процесса на этапы целесообразно с точки зрения рационального использования технологического оборудования. На операциях предварительной (черновой) обработки используются мощные, повышенной жесткости станки, для промежуточной обработки – станки нормальной точности, а для окончательной обработки применяются менее мощные, но более точные станки.

При выполнении предварительной обработки, на первых операциях рекомендуется базироваться, по возможности, за основные базовые поверхности и обрабатывать вспомогательные базовые поверхности. При дальнейшей обработки поверхностей детали необходимо базироваться за обработанные поверхности. Черновые базы используются только однократно.

Если в качестве заготовки принята отливка, то рекомендуется в самую первую очередь обрабатывать поверхности, на которых возможны литейные раковины, трещины и другие дефекты, с целью скорейшего отсеивания возможного брака или устранение обнаруженных дефектов заваркой, наплавлением металла и т.д.

Наиболее легко повреждаемые поверхности – наружные резьбы, с жесткими требованиями по шероховатости обрабатываются в заключительной стадии.

***II. Выбор способов обработки и назначение необходимого***

***количества переходов для обработки поверхностей детали***

После установления последовательности обработки поверхностей детали выбирают способы обработки каждой поверхности и назначают количество переходов, необходимых для превращения заготовки в готовую деталь.

На выбор способов обработки и количество переходов оказывают влияние следующие основные факторы.

1. Требуемые величины уточнения (ε), которые необходимо обеспечить в результате обработки каждой из поверхностей детали.
2. Количество поверхностей подлежащих обработке и их относительное расположение на детали (требование по соосности, перпендикулярности и т.д.).
3. Величина уточнений (εi), даваемых различными технологическими системами при обработке детали.
4. Технико-экономические показатели, характеризующие каждый способ обработки.
5. Программа и величина серии, подлежащих изготовлению деталей.

Учитывая изложенные факторы, при выборе способов обработки каждой из поверхностей детали следует найти такой способ, который позволил бы экономично осуществить непосредственный переход от заготовки к готовой детали при обработке каждой из поверхностей, т.е. обеспечить получение требуемой величины уточнения (ε). При этом желательно, чтобы одним и тем же способом обрабатывалось возможно большее количество поверхностей заготовки. Это даст возможность разработать высокопроизводительные концентрированные операции с максимальным совмещением обработки отдельных поверхностей, сократить общее количество операций и установов, длительность цикла обработки.

Если такого способа обработки и оборудования подобрать нельзя, тогда приходится выбрать ряд способов, произведение уточнений которых давал бы наибольшую из требуемых величин уточнения (ε) обрабатываемых поверхностей деталей.

В связи с тем, что одинаковые точности обработки и качество обработанных поверхностей могут быть обеспечены различными способами, после предварительного выбора нескольких возможных технически подходящих видов обработки следует произвести их сопоставление по производительности и экономичности.

Для предварительного выбора способа обработки отдельных поверхностей заготовки используют данные справочных таблиц экономической точности обработки различными способами и на различных станках, которые приводятся в учебной и справочной литературе [1, стр. 13…23].

Существует расчетный и табличный метод выбора способов обработки.

Расчетный метод (использовать для самой точной поверхности)

Выбор способов обработки и установление их количества, необходимого для обработки каждой поверхности детали можно осуществлять в следующей последовательности:

1. Первоначально определяют величину уточнения, которую необходимо обеспечить при обработке поверхности детали заданного квалитета точности и заданной шероховатости поверхности:

; ,

где *Т*заг – допуск заготовки принятого квалитета точности, мм;

*Т*дет – допуск поверхности детали заданного квалитета точности, мм;

– шероховатость поверхности заготовки;

– шероховатость поверхности детали.

1. Выбирают способ окончательной обработки поверхности и определяют его возможное уточнение

,

где – допуск предшествующего способа обработки, т.е. с таким допуском деталь должна поступать на окончательную обработку.

При ориентировочных расчетах

,

где – номинальный операционный припуск, при снятии которого выбранный способ окончательной обработки может быть экономичным.

Значение допуска  принимают ближайшее большее, которое соответствует квалитету для номинального размера обрабатываемой поверхности.

3. Выбирают способ обработки для первого перехода (операции) и определяют его возможное уточнение

,

где  – допуск, обеспечиваемый способом обработки на первом переходе (операции).

4. Выполняют проверку, в результате которой должно обеспечиваться условие

,

где – произведение рассчитанных уточнений

.

Если условие не выполняется, необходимо назначить промежуточные методы обработки, начиная от окончательного способа обработки с учетом принятого значения .

При выполнении условия (п. 4) далее необходимо аналогично выполнить проверку по обеспечению шероховатости поверхности.

Табличный метод

В данном случае, используя справочные таблицы экономической точности, учитывая заданную точность поверхностей детали, необходимо составить элементарный технологический маршрут для обработки всех поверхностей детали.

1. ***Формирование операций***

Наметив последовательность обработки поверхностей детали, количество переходов, способы их выполнения, приступают к формированию операций технологического процесса обработки детали.

Проектируя любой вариант операции, технолог должен стремиться к снижению нормы времени, что достигается уменьшением основного () и вспомогательное () времени. Время технического и организационного обслуживания рабочего места, а также время регламентированных перерывов берутся в процентах от оперативного времени () и, таким образом, от построения операций они непосредственно не зависят.

Возможность сокращения основного времени () связано с:

– совершенствованием конструкций режущего инструмента;

– качеством инструментальных материалов;

– правильным подбором СОЖ;

– хорошей обрабатываемостью материала детали;

– уменьшением припусков на обработку и уменьшением числа рабочих ходов за счет повышения точности заготовок, поступающих для изготовления деталей.

Вспомогательное время () уменьшают с помощью:

– приспособлений с быстродействующими зажимами;

– путем повышения скорости перемещения суппортов, головки, столов станков;

– уменьшением числа рабочих и вспомогательных ходов при более рациональном построении технологического процесса.

Основным источником снижения норм времени является такое построение операций, при котором возможно одновременно (совмещение во времени) выполнение нескольких технологических переходов и совмещение во времени выполнения вспомогательных переходов с технологическими. При одновременном выполнении тех или иных переходов в норму времени входят лишь наиболее продолжительные (лимитирующие) переходы из числа всех совмещенных.

Возможность совмещения элементов оперативного времени при выполнении станочных операций зависит от схемы построения операции.

Схема построения операции характеризуется:

– числом заготовок, устанавливаемых для обработки;

– числом инструментов, участвующих в обработке;

– порядком обработки поверхности заготовок инструментами.

По числу устанавливаемых заготовок схемы обработки можно разделить на: одноместные и многоместные.

По числу инструментов, участвующих в выполнении операции, схемы обработки могут быть: одноинструментальными и многоинструментальными.

В зависимости от порядка выполнения технологических переходов операции могут быть: последовательного, параллельного и последовательно-параллельного выполнения.

Одноместные схемы обработки позволяют совмещать технологические переходы, но отсутствует возможность совмещения вспомогательного времени с основным.

Структура основного и вспомогательного времени для одноместных схем обработки приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Структура времени  для одноместных схем обработки

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Схема обработки | Основное время  () | Вспомогательное время () |
| Последовательная: одноинструментальная  по копиру  многоинструментальная | n – число технологических переходов | ,  где *tу*с – время установки и снятия заготовки;  *tуп* – время управления станком. |
|  | +,  где *tинд* – время индикации поворотных передвижных столов, головок или смены инструмента |
| Параллельная многоинструментальная | – лимитирующий (наиболее продолжительный переход) |  |
| Параллельно-последовательная многоинструментальная (обрабатывается несколько поверхностей одновременно и в нескольких позициях последовательно) | основное время последовательно выполняемых в позициях лимитирующих переходов | + |

Многоместные схемы обработки позволяют совмещать вспомогательные и технологические переходы (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Структура времени  для многоместных схем обработки

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Схема обработки | Основное время  () | Вспомогательное время () |
| Последовательная с одновременным закреплением заготовок:  одноинструментальная    многоинструментальная | N – число заготовок в операционной партии |  |
| Параллельная с раздельным закреплением заготовок  одноинструментальная    Многоинструментальная |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Продолжение таблицы 1.2 | | |
| Схема обработки | Основное время  () | Вспомогательное время () |
| Параллельно-последовательная с раздельным закреплением заготовки, многоинструментальная |  |  |
| Параллельно-последовательная с непрерывной рабочей подачей    Обработка на двухшпиндельном фрезерном станке с карусельным столом |  |  |

При формировании операций необходимо решать вопросы о степени концентрации или дифференциации технологических переходов и о выборе технологического оборудования.

Принцип концентрации технологических переходов характеризуется тенденцией сосредоточения в одной операции обработку возможно большого числа поверхностей. При использовании принципа концентрации: упрощается организация производства; сокращается номенклатура приспособлений, необходимых для установки заготовок; уменьшается число установок заготовок, что весьма важно при обработке тяжелых и крупногабаритных деталей.

Второе направление – принцип дифференциации. Он предусматривает разукрупнение обработки и упрощение каждой операции за счет увеличения их числа. При применении принципа дифференциации: упрощаются приспособления, инструменты, упрощается наладка станков; уменьшается время на подготовку производства.

Основными факторами, влияющими на выбор оборудования, являются:

– конфигурация и габаритные размеры детали;

– требуемая по характеру операции точность обработки;

– объем выпуска изделий и размер партии деталей;

– вид исходной заготовки (штучная заготовка, из прутка).

Для единичного и мелкосерийного производства рекомендуется использовать универсальное оборудование: токарно-винторезные станки, вертикально-сверлильные, консольно-фрезерные станки.

Для крупносерийного и массового производства предпочтение необходимо давать оборудованию с повышенной производительностью: токарно-револьверные станки, токарные автомат и полуавтоматы, бесцентрово-шлифовальные и т. п.) [2, стр. 9…95].

При формировании операций их наименование и код необходимо принимать по классификатору [3].

После формирования операций и технологического маршрута изготовления деталей необходимо оформить маршрутные карты [4].

Рекомендуемая литература

1 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова, 5-е изд., исправ. – М.: Машиностроение-1, 2013. – 912 с.

2 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова, 5-е изд., исправ. – М.: Машиностроение-1, 2013. – 944 с.

3 Классификатор технологических операций машиностроения и прибо-ростроения. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 73 с.

4 ГОСТ 3.1118-82 Формы и правила оформления маршрутных карт. – М.: Стандартинформ, 2012. – 23 с.