

ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В.В. Ахлюстина, И.С. Власов

В статье рассмотрены вопросы влияния на точность геометрической формы и взаимного расположения поверхностей деталей от выбора заготовки, оборудования и режущего инструмента.

Ключевые слова: точность, погрешность обработки, станок, инструмент.

Одним из параметров, обеспечивающих высокое качество и надежность машин, является точность их изготовления. Точность изготовления деталей – это степень соответствия ее параметров параметрам, заданным конструктором в рабочем чертеже, техническим условиям, стандартам детали. Соответствие реальной и заданной конструктором деталей определяется факторами: определяемым шероховатостью и физико-механическими свойствами (материалом, термообработкой).

На всех этапах технологического процесса изготовления деталей и сборки узлов и машин неизбежны погрешности, поэтому достижение абсолютной точности невозможно. На практике для определения точности пользуются качествами точности, которые устанавливаются на отдельные параметры деталей и на изделия в целом. В зависимости от предъявляемых к машине (прибору) требований, а также условий работы деталей в узле и узлов в машине назначают точность изготовления деталей. Различают: точность формы (степень соответствия поверхностей детали определенным геометрическим телам); точность размеров детали; точность взаимно-

го расположения поверхностей детали. Точность детали определяется отклонениями от заданных форм и размеров. Погрешности формы деталей в виде тел вращения выражаются в овальности, огранке, бочкообразности и седлообразности, конусности, изогнутости. Для деталей, имеющих плоские поверхности, отклонениями формы являются непрямолинейность и неплоскостность, о которых можно судить по выпуклости или вогнутости поверхностей. Погрешности размеров деталей регламентируются предельными отклонениями в соответствии с системой допусков и посадок. Отклонения взаимного расположения поверхностей характеризуются непараллельностью и неперпендикулярностью осей и плоскостей, отклонениями от симметричности, соосности и биения поверхностей. Точность деталей машин определяет технологию их изготовления, сборки и влияет на выбор измерительных средств [1].

Повышение точности изготовления деталей сокращает трудоемкость сборки машин способствует достижению взаимозаменяемости элементов машин и обеспечивает возможность поточной сборки и сокращения срока ремонта машин, находящихся в эксплуатации.

Достижение требуемой точности обработки заготовок, деталей и готовых машин связано с затратами средств. Чем меньше допуск, тем больше необходимо затратить средств на оборудование, инструмент и создание соответствующей производственной обстановки. Проблема соотношения точности и стоимости обработки является одной из основных при разработке технологических процессов.

Точность характеризует наряду с геометрическими параметрами изделия и единообразие качественных показателей, таких как мощность, производительность, КПД и др. Более точно изготовленные машины имеют более узкое поле разброса этих показателей и более высокие эксплуатационные качества. Точность изготовления детали зависит от комплекса технологических процессов, применяемых в данном производстве. Повышение точности изготовления первичных заготовок позволяет снизить припуски на обработку, что определяет структуру процесса обработки, снижает его стоимость и объем сборочных работ. Часть размеров детали должна быть выполнена с гарантированной точностью (в пределах заданных допусков), а остальные размеры выполняют без заданных чертежом пределов отклонений. При изготовлении таких деталей на «свободные размеры» устанавливают допуски по 12-му или 14-му качеству.

Точность взаимного расположения поверхностей определяется различными факторами технологического процесса. При обработке детали в несколько операций, точность взаимного расположения поверхностей зависит от ошибок установки этой детали на различных операциях. При обработке деталей сложной формы можно одновременно обработать все поверхности одним фасонным инструментом, в этом случае точность взаимного расположения поверхностей определяется точностью инструмента.

При изготовлении точных деталей допустимое отклонение формы задается в более жестких пределах, чем точность размера и обозначается на чертеже соответствующим условным обозначением.

Например: обозначение допуска полного радиального биения диаметра $20p6$ относительно образующей конуса рис. 1.

Пределы отклонения формы для плоских и цилиндрических поверхностей установлены ГОСТом. Точность формы поверхности, как правило, выше точности взаимного расположения поверхностей, а эта точность выше точности размеров, связывающих поверхности [1, 2, 3, 4].

Обозначение допуска соосности отверстия диаметром $20H7$ относительно отверстия с диаметром $12H7$ рис. 2.

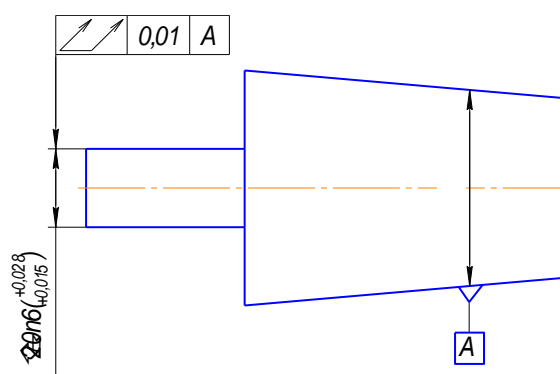


Рис. 1. Обозначение допуска полного радиального биения

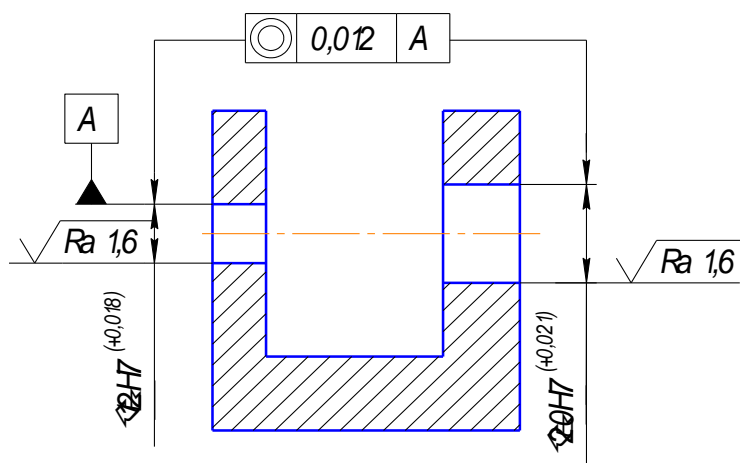


Рис. 2. Обозначение допуска соосности отверстий

Если требования к отклонениям формы или взаимного расположения поверхностей не указаны условным обозначением на чертеже или в технических требованиях, точность их исполнения должна быть в пределах допуска на размер детали [2, 3, 4].

На точность обработки влияют следующие факторы:

- неточность и износ станка;
- неточность и износ приспособлений и инструментов;
- погрешность установки детали на станке;
- жесткость системы СПИД (станок-приспособление-инструмент-деталь);
- температурные деформации;
- остаточные напряжения обрабатываемой детали;
- копирование погрешностей предшествующей обработки;
- неточность средств и методов измерения.

Градации точностей в машиностроении определяются 17 квалитетами точности: 1, 2, 3...16, 17. Квалитет в переводе означает «степень точности» (точнее «степень качества»).

От точности обработки деталей зависит качество машины: чем выше точность, тем долговечнее и надежнее машина. С усложнением конструкций современных машин и увеличением интенсивности нагрузки непрерывно повышаются требования к точности обработки их деталей. Но чем выше точность, тем сложнее технологический процесс изготовления деталей и тем больше затраты труда на изготовление.

Понятие точности обработки тесно связано с понятием о погрешности обработки. На образование погрешности влияют многие причины. В большинстве случаев в процессе резания они возникают одновременно, определяя суммарную погрешность обработки.

Точность станков. Металлорежущие станки, как и все изделия, изготавливают с определенной степенью точности. Точность станка в ненагруженном состоянии называют геометрической точностью. В процессе эксплуатации отдельные детали и узлы станка изнашиваются. Вследствие износа, например, подшипников качения вала шпинделя токарного станка появляется биение обрабатываемой детали и образование неточности ее геометрической формы. Биение вращающихся центров станка также приводит к биению обрабатываемых поверхностей заготовки относительно оси центральных отверстий. Кроме того, возникают упругие деформации отдельных частей станка от действия сил резания. Величина упругой деформации тем больше, чем больше силы резания и меньше жесткость узлов станка.

Точность инструмента. Точность обработки в значительной степени зависит от точности изготовления режущего инструмента [5]. Инструмент изготавливается с определенными погрешностями размеров, формы и взаимного положения его отдельных элементов. Погрешности инструментов (зенкеров, разверток, протяжек, фрез и др.) влияют впоследствии на точность формы или размера обработанной поверхности. Поэтому чем точнее изготовлен инструмент, тем точнее и размеры деталей, полученные после обработки этим инструментом. В процессе резания инструмент изнашива-

ется. Точность инструмента в процессе изнашивания снижается, что приводит к искажению его формы и размеров. Инструмент изнашивается быстрее, чем детали станка. Интенсивность изнашивания инструмента в значительной степени зависит от режимов обработки, вида инструмента, геометрии его режущей части, материала инструмента.

Деформация обрабатываемой заготовки. При обработке заготовок на металлорежущих станках силы зажатия и силы резания могут значительно деформировать заготовку, вследствие чего размеры обработанной детали изменяются и появляются отклонения от правильной геометрической формы.

Температурные деформации. В процессе резания механическая энергия расходуется на деформирование срезаемого слоя металла и на преодоление сил трения, возникающих при контакте сходящей стружки и изделия с режущим инструментом. В результате превращения механической энергии в тепловую выделяется большое количество тепла, поглощаемого стружкой, обрабатываемой заготовкой, режущим инструментом и окружающей средой. При этом температура рабочей поверхности резцов в зоне резания составляет 800–1000 °С и выше.

Повышение температуры обрабатываемой заготовки и инструмента приводит к температурным деформациям, вызывающим соответствующие погрешности обработки. Например, нагрев проходного резца средней величины на 200 °С приводит к увеличению его длины на 0,01 мм, что вызывает уменьшение диаметра обрабатываемой заготовки на 0,02 мм. Тонкостенные заготовки нагреваются при обработке в большей степени, чем массивные, что обуславливает более значительную их деформацию. Поскольку наиболее теплонапряженным процессом чистовой обработки является шлифование, очень важно обеспечивать бесприжоговую обработку деталей на этой стадии. Одним из путей решения этого вопроса является учет интенсивности затупления абразивных зерен в процессе их работы [6, 7, 8].

Обработка заготовок на станках с ЧПУ обеспечивает высокую степень автоматизации и широкую универсальность выполняемой обработки, требует меньших затрат времени на перестройку станка с одной операции на другую.

При использовании станков с ЧПУ повышается точность обработки вследствие исключения влияния ошибок, вызванных недостаточной квалификацией рабочих.

Системы управления программными станками выполняются дискретными, смешанными и непрерывными. Системы автоматического регулирования обеспечивают высокую точность обработки. Это достигается за счет компенсации влияния на точность не только силовых упругих деформаций, но и износа инструмента, увеличения производительности, обработки путем поддержания оптимальной скорости износа инструмента, расширения диапазона регулирования скорости резания, в котором точность работы не снижается.

На станках с ЧПУ и типа «Обрабатывающий центр» с автоматической сменой инструментальных блоков, состоящих из режущего и вспомогательного инструмента, применяют инструментальную оснастку.

Режущий инструмент применяют стандартный и специальный, к которому предъявляются повышенные требования по точности, жесткости, скорости смены и наладки на размер, стойкости, стабильному стружкоотводу, надежности. Вспомогательный инструмент в основном используют сборный, который хотя и имеет немного меньшую жесткость по сравнению со сплошным, но хорошо гасит возникшие при обработке вибрации.

Стойкость инструмента, в частности размерная стойкость, является комплексной характеристикой технологического процесса, учитывающей не только конструкцию, геометрию, материал режущей части, точность, жесткость системы СПИД, допуски на обработку. Размерная стойкость инструмента составляющая долю его общей стойкости при обработке деталей на станках с ЧПУ и типа «обрабатывающий центр», должна обеспечивать полную обработку одной или партии деталей в пределах установленного поля допуска.

На станках с ЧПУ при обработке нежелательно образование длинной сливной, и мелко дробленой стружки. Наиболее рациональной формой является завитая в короткие спирали (200–300 мм) стружка. Поэтому на инструменте для станков с ЧПУ делают стружкозавивающие канавки или порошки, а также накладные регулируемые и нерегулируемые стружкозавиватели. Широкое распространение получили неплетачиваемые твердосплавные пластины со стружкозавивающими канавками на передней поверхности.

В последнее время появились трех и четырехгранные пластины со сложной формой передней поверхности. Такие пластины расширяют диапазон эффективного дробления и завивания стружки на область малых глубин резания (0,5–0,8 мм) и более широкий интервал подач (0,25–0,3 мм/об). Применяется инструмент со стружколомом, жестко закрепленным на неподвижной оси чашечного резца [5].

Для исключения торцового биения на оси чашечного резца выполнен направляющий пояс, диаметр которого не превышает диаметр рабочей части оси.

Фрезы рекомендуется применять торцовые насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали твердого сплава. Такая конструкция исключает напайку и заточку пластин твердого сплава, тем самым обеспечивая повышенную стойкость режущих кромок.

Инструмент для обработки отверстий – отверстия могут быть получены сверлением, растачиванием, зенкерованием, фрезерованием. Литые отверстия сначала растачивают, т.к. уменьшается увод оси отверстия. При зенкерование используют инструмент с главным углом в плане равным или близким 90 градусам. При этом осевые силы меньше деформируют стержень инструмента.

Расточной инструмент – состоит из оправки и режущих элементов в виде резца или резцовой вставки. Он должен иметь небольшой допускаяемый размерами отверстия диаметр, и наименьшую длину. Увеличение длины уменьшает жесткость и понижает производительность и качество поверхности.

Библиографический список

1. Ахлюстина, В.В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / В.В. Ахлюстина, Э.Р. Логунова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 207 с.
2. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для ВУЗов / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. – М.: Высш. шк., 2004. – 767 с.
3. Сергеев, А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация / А.Г. Сергеев, М.В. Латышев, В.В. Терегей. – М.: «Логос», 2001. – 525 с.
4. Димов, Ю.В. Метрология. Стандартизация и сертификация / Ю.В. Димов. – СПб: «Питер», 2006. – 432 с.
5. Гречичников, В.А. Инструментальное обеспечение автоматизированного производства: учеб. для машиностроительных специальностей вузов / В.А. Гречичников, А.Р. Маслов, Ю.М. Соломенцев и др., под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высшая школа, 2001. – 271 с.
6. Ардашев, Д.В. Определение величины механического износа абразивных зерен при шлифовании / Д.В. Ардашев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение». – 2014. – № 4. – С. 55–65.
7. Ардашев, Д.В. Прогнозирование величины износа абразивного зерна в результате физико-химического взаимодействия с обрабатываемым материалом / Д.В. Ардашев // СТИН. – 2014. – № 11. – С. 33–37.
8. Ардашев, Д.В. Определение износостойкости абразивного зерна при шлифовании на основе кинетической теории прочности / Д.В. Ардашев // Технологическое обеспечение машиностроительных производств: сб. трудов I Межд. заочн. научно-техн. конф. – 2013. – С. 260–267.

[К содержанию](#)