УДК 658.562.0127.7

Гусейнов Р.В., Султанова Л.М.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ ТОЧНОСТИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Guseynov R.V., Sultanova L.M.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE THEORY OF PRECISION IN MECHANICAL ENGINEERING

Дано определение точности в машиностроении, ее принципов, методов и закономерностей.

Ключевые слова: *точность, законы распределения, погрешности.*

Definition of accuracy in mechanical engineering, its principles, methods and regularities is given.

Key words: *accuracy, laws of distribution, errors.*

В машиностроении показатели качества изделий весьма тесно связаны с точностью обработки деталей.

Теория точности включает в себя анализ и синтез точности при проектировании; анализ и синтез точности в процессе производства; проблемы и задачи прикладной метрологии, а также методы их решения; проблемы и расчет изменения показателей точности при эксплуатации.

Все параметры точности деталей, изделий, как и параметры, участвующие в процессе формирования размеров последних, а именно, качество оборудования и инструмента, физико-химические, механические и другие свойства исходных материалов и заготовок, совершенство разработанного технологического процесса и качество выполнения обработки и контроля, всегда обладают некоторой степенью неопределенности. Такой мерой неопределенности является погрешность.

Под погрешностью обработки понимают отклонения полученного при обработке значения геометрического или другого параметра от заданного. Абсолютную погрешность выражают в единицах рассматриваемого параметра $\Delta x = x_d - x_n$, где x_d и x_n – соответственно действительное (полученное) и номинальное значение параметра. Отношение абсолютной погрешности к заданному значению параметра называют относительной погрешностью.

Под точностью изготовления детали понимается степень соответствия или приближения действительных значений параметров изделия номинальным (нормативным). Поскольку повышение точности связано с увеличением производственных затрат, то необходимо назначать не предельно допустимую точность, а экономически целесообразную.

Суммарная погрешность, возникающая от совместного воздействия факторов, должна учитывать следующие погрешности: погрешность обработки от размерного износа режущего инструмента $\Delta_{из}$; погрешность обработки, вызываемую температурными деформациями технологической системы Δ_T ; погрешность обработки из-за геометрических погрешностей станка Δ_r ; погрешность обработки, возникающую в результате упругих деформаций технологической системы под влиянием нагрузок и переменности жесткости системы Δ_d ; погрешность установки заготовки в приспособлении Δ_y ; погрешность настройки станка на заданный размер $\Delta_{ст}$.

Погрешности $\Delta_{из}, \Delta_T, \Delta_r$ являются систематическими. Что касается погрешности Δ_d , то необходимо отметить следующее.

При обработке деталей на станке под действием сил резания, воздействующих на упругую систему, происходит смещение элементов системы СПИД. Но наблюдается и обратное воздействие. Например, при смещении инструмента и заготовки изменяется глубина и сила резания. Это заставляет при анализе точности обработки рассматривать технологическую систему, как динамическую. В динамических системах встречаются вынужденные колебания, возникающие при работе многолезвийного инструмента, обработке изделий с неравномерным припуском и т.д., а также автоколебания. Автоколебания возбуждаются в отсутствие внешнего периодического воздействия и определяются устройством самой системы, при этом источник энергии является частью замкнутой системы.

Автоколебания в сильной степени влияют на точность и качество обработанной поверхности. С увеличением амплитуд автоколебаний пропорционально ухудшаются параметры точности и шероховатости обработанной поверхности. Во всех типовых процессах механической обработки (различных видах фрезерования, точения, сверления, развертывания, резьбонарезания и др.) параметры качества обработанной поверхности полностью определяется величиной амплитуды вибраций.

Анализ литературных источников и собственные исследования показывают существенное влияние на точность жесткости системы СПИД [1-4].

При изготовлении деталей из труднообрабатываемых материалов размерный износ инструмента является одним из доминирующих факторов. Погрешность $\Delta_{из}$ возникает вследствие того, что размерный износ закономерно вызывает увеличение расстояния от центральной линии станка до вершины режущего инструмента. Размерный износ может быть подсчитан по известному относительному износу и величине начального износа, или по полученным экспериментальным формулам.

В общей погрешности обработки учитывается и геометрическая неточность станка. Геометрическая точность характеризуется точностью размеров, точностью геометрической формы поверхностей (прямолинейности, плоскостностью), точностью взаимного расположения поверхностей, осей отверстий, показателями шероховатости и др. Допуски размеров регламентируются ГОСТ 25316-82, допуски формы и расположения – ГОСТ 24643-81.

При анализе точности достаточное время необходимо уделить точности оборудования (станка). Необходимо иметь в виду, что точность станка в работе, полученная на заводе-изготовителе и отраженная в акте приемки не соответствует и не может соответствовать точности, получаемой при эксплуатации станка у потребителя. Дело в том, что до настоящего времени общепринятыми являются методы оценки точности станков, основанные на проверке точности станка в ненагруженном состоянии. Обработка образцов (пробной детали) по данным методам (например, метод Шлезингера) производится при чистовых режимах со снятием очень тонкой стружки. Поэтому полученные результаты не отражают влияния усилий резания и их можно рассматривать как показатель суммарной геометрической точности станка.

К тому же, ГОСТом регламентируется проверка только геометрической точности станка. При этом, в ГОСТе не оговариваются режимы резания, состояние заготовки и инструмента, количество обрабатываемых образцов, т.е. никак не нормируются условия испытаний. Поэтому результаты, полученные при обработке образцов изделий, являются весьма условными. Критерием точности станка в виду того, что оценка точности производится в основном по одной детали, являются в значительной мере случайными и не воспроизводимыми при повторных испытаниях.

Таким образом, оценка точности станка только по результатам проверки геометрической точности не является достаточной, т.к. эти проверки не дают возможности оценить поля рассеивания размеров партии обрабатываемых деталей.

Погрешность Δ_T обуславливается деформациями заготовок инструмента и элементов станка вследствие их нагрева.

При рассмотрении температурных деформаций детали необходимо учитывать количество теплоты, переданное детали при резании, при трении ее об установочные элементы, а также поступившее из внешней среды и потерянное за тот же период времени. Во многих случаях температурные деформации обрабатываемой детали влияют только на погрешности получаемых размеров и могут быть учтены во время установки инструмента на заданный размер. Для несимметричных деталей, когда возможен неравномерный нагрев и, как следствие, появление погрешностей геометрических форм, можно применить специальную поправку, учитывающую действительную форму температурного поля.

Погрешность Δ_y возникает из-за не совмещения измерительной и технологической баз заготовки, колебания сил закрепления, неточности изготовления приспособления и износа его установочных элементов.

Погрешность $\Delta_{ст}$. Настройка станка на размер имеет важное значение для обеспечения, прежде всего, заданной точности размера обработки. При настройке станков требуется определить настроенный размер и установить с заданным допуском инструмент на данный размер. Методы настройки определяются типом производства. В крупносерийном и массовом производствах

заданная точность достигается методом автоматического получения размеров.

В зависимости от качеств допусков размеров и уровней относительной геометрической точности задаются параметры шероховатости поверхности детали. Шероховатость поверхности в значительной степени, чем другие показатели точности зависят от условий проведения испытаний (материала и состояния режущего инструмента, заготовки, вибрации и др.).

Анализ процесса формирования производственных погрешностей обработки или сборки реального технологического процесса показывает, что он носит вероятностный характер. Непосредственное исследование кривых распределения для самых разнообразных операций механической обработки, выполняемых на настроенных станках, показывает, что при отсутствии влияния факторов нарушающих правильное течение операции, распределение размеров удовлетворительно описывается нормальным законом распределения с параметрами m и σ

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

где m – математическое ожидание входной величины;

σ – среднеквадратическое отклонение.

Это может быть объяснено центральной теоремой Ляпунова, которая показывает, что, если случайная величина может быть представлена как сумма достаточно большого числа независимых случайных величин, и среди них нет таких, которые превосходят остальные в такой степени, что каждая из них оказывает незначительное влияние на сумму, то случайная величина подчиняется нормальному закону распределения.

В реальности эти условия не всегда выполняются, и мы имеем деформированные законы нормального распределения.

В этом случае закон распределения погрешности размеров x партии деталей во всем заданном промежутке времени $t(0, T)$ будет иметь вид

$$f(x) = \frac{1}{T\sqrt{2\pi}} \int_0^T \frac{1}{\sigma_x(t)} \exp\left(-\frac{[x-m_x(t)]^2}{2\sigma_x^2(t)}\right) dt, \quad (2)$$

где $m_x(t)$, $\sigma_x(t)$ – функции времени.

Причинами изменения $m_x(t)$ являются затупление инструмента, нестабильность режимов обработки, колебания припуска и твердости обрабатываемого материала и т.д.

Проведенные исследования точности показали, что последний тип распределения характерен для условий относительно большой протяженности обрабатываемой поверхности, а также для массового производства.

Так, например, анализ размеров партии деталей в количестве 500 шт., обработанных твердосплавными резцами (Т15К6) при обработке партии деталей из стали 40Х диаметром 10 мм и малой длины 10мм показал, что они не подчиняются полностью закону Гаусса.

При решении проблем теории точности широко используется аналитический аппарат и методы таких разделов математики, механики, как дифференциальное и интегральное исчисление, нелинейный и стохастический анализ, вероятностное моделирование, математическая статистика и др. [1-4].

Наиболее эффективными являются методы статистического моделирования на ЭВМ, в частности, метод статистических испытаний (метод Монте-Карло).

Алгоритм решения задачи по методу статистических испытаний позволяет решать поставленную задачу при любых исходных данных. Кроме того он составляет основу ряда других алгоритмов, позволяющих решать более сложные задачи. Конечной целью решения поставленной задачи является получение законов распределения действительных размеров изделий. Моделирующий алгоритм может быть составлен для произвольных законов распределения размеров контролируемых изделий и погрешностей измерений. Для получения случайных чисел можно использовать «датчик» случайных чисел или программный путь их получения с помощью некоторого рекуррентного соотношения. Сущность последнего заключается в том, что каждое последующее число образуется из предыдущего путем применения некоторого алгоритма, состоящего из арифметических и логических операций.

Расчет точности при контроле должен учитывать влияние случайных погрешностей измерений на точность приемочного контроля, причем способы контроля могут быть одно-, двух- и многоступенчатый.

Для анализа точности необходимо знать законы распределения действительных размеров изделий.

Учитывать влияние случайных погрешностей измерений на суммарную погрешность с учетом закона распределения действительных размеров изделий довольно трудная задача.

Пусть $f_1(x)$ – закон распределения действительных размеров изделия, $f_2(x)$ – закон распределения случайных погрешностей измерений.

Допуск на размер пусть ограничен значениями $[a, b]$.

Распределение результатов измерений размеров изделий будет следовать закону:

$$f_3(z) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x) f_2(z-x) dx. \quad (3)$$

Вероятность получения результата измерения в интервале $[a, b]$ составит:

$$P_{ab} = \int_a^b f_3(z) dz. \quad (4)$$

Вероятность получения результата измерения вне зоны допуска равна:

$$P_{out} = \int_{-\infty}^a f_3(z) dz + \int_b^{\infty} f_3(z) dz. \quad (5)$$

Однако вследствие погрешностей измерений в число изделий, изготовленных в пределах допуска, попадет некоторая часть негодных изделий, а некоторая часть годных, будет ошибочно забракована.

Распределение действительных размеров изделий, признанных годными, составит:

$$f_4(x) = f_1(x) \int_{a-x}^{b-x} f_2(y) dy. \quad (6)$$

Вероятность ошибочного отнесения негодных изделий к категории годных равна:

$$P_o = \int_{-\infty}^a f_4(x) dx + \int_0^{\infty} f_4(x) dx. \quad (7)$$

Распределение действительных размеров забракованных изделий подчиняется закону:

$$f_5(x) = f_1(x) [\int_{-\infty}^{a-x} f_2(y) dy + \int_{b-x}^{\infty} f_2(y) dy]. \quad (8)$$

Вероятность ошибочного забракования изделий составит:

$$P_{oz} = \int_a^b f_3(z) dz. \quad (9)$$

Вывод. Как видим, задача довольно сложная. Для анализа точности необходимо знать законы распределения действительных размеров изделий.

Для решения таких задач часто используется численное интегрирование и методы статистического моделирования на ЭВМ.

Расчет точности в процессе эксплуатации должен учитывать все многообразие эксплуатации изделия. Объем выборки в этом случае, как правило, недостаточный для статического анализа и может быть равен единице. Применение в этих случаях методов классической математической статистики невозможно. Хорошие результаты дает применение непараметрической статистики.

Учитывая центральную предельную теорему теории вероятностей, согласно которой сумма большого числа слагаемых при выполнении достаточно общих условий имеет асимптотически нормальное распределение, для распределения случайных погрешностей измерений достаточно использовать нормальный закон распределения.

Анализ точности можно начинать с нормального закона, но, не ограничиваясь только этим.

Библиографический список:

1. Гусейнов Р.В. Интенсификация технологических процессов обработки труднообрабатываемых материалов путем управления динамическими параметрами системы: Автореф. дис. докт. техн. наук: 05.02.08; 05.03.01/ Гусей-

нов Расул Вагидович; Санкт-Петербургский государственный морской технический университет. – СПб., 1998.

2. Гусейнов Р.В. Математическая модель процесса обработки отверстий сверлами на основе нелинейной динамики. Ч.1. Постановка задачи/ Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р.// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - № 22.- 2011.- С.64-68.

3. Гусейнов Р.В. Совершенствование обработки отверстий небольшого диаметра/ Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р. // Вестник машиностроения. - №9.- 2012.- С. 50-52.

4. Гусейнов Р.В. Обоснование базы данных для исследования динамических процессов при резании / Гусейнова М. Р., Гусейнов Р.В. // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки.- №4 (35).-2014.- С.36-44.

УДК 621.362

Исмаилов Т.А., Ахмедова Л.М., Евдулов Д.В., Евдулов О.В., Челушкин Д.А.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АВТОМОБИЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА

Ismailov T.A., Ahmedova L.M., Evdulov D.V., Evdulov O.V., Chelushkin D.A.

CONVERTER SOLAR RADIATION INTO ELECTRICITY TO SUPPLY THE AUTOMOTIVE SEMICONDUCTOR THERMOELECTRIC AIR CONDITIONING

В статье рассмотрена возможность повышения эффективности преобразователей солнечной радиации в электроэнергию за счет конструктивного совмещения фотоэффекта, термоэффекта Зеебека и полупроводниковых солнечных батарей, что позволит создать интегральное устройство для обеспечения электропитания полупроводникового термоэлектрического автомобильного кондиционера.

Ключевые слова: преобразователь солнечной радиации, электроэнергия, автомобильный кондиционер, полупроводниковые термоэлектрические устройства.

The article considers the possibility to increase the efficiency of converters of solar radiation into electricity by combining constructive photoelectric effect, See-