

В целом полученные результаты говорят о значительном влиянии инерционных свойств датчика на динамику САР. Поэтому пренебрежение инерционными свойствами (представление датчика пропорциональным звеном) в ряде случаев может привести к существенным ошибкам при расчете регуляторов. Целесообразно при выборе датчика для известного объекта определить соотношение T_d/T_0 и руководствоваться приведенными выше выводами и рекомендациями при выборе типа регулятора и расчете его параметров. Анализ системы методами математического моделирования позволяет в каждом конкретном случае найти оптимальные настройки регулятора и соответствующие значения показателей качества.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левшина, Е.С. Электрические измерения физических величин: (Измерительные преобразователи): учеб. пособие для вузов / Е.С. Левшина, П.В. Новицкий – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
2. Анхимюк, В.П. Теория автоматического управления / В.П. Анхимюк, О.Ф. Опейко, Н.Н. Михеев. – Минск: Дизайн ПРО, 2002. – 352 с.

УДК 621.91.002

Ксенда И.В.

Научный руководитель: доцент Медведев О.А.

ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ УГЛОВЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Проектирование надежных и точных машин, эффективных техпроцессов сборки и механической обработки их комплектующих деталей невозможно без комплексного размерного анализа объектов проектирования на основе выявления и решения конструкторских и технологических размерных цепей. На основе проектных расчетов размерных цепей можно определить технически обоснованные требования к точности размеров комплектующих деталей, исходя из требуемой точности важных функциональных геометрических параметров машины, формирующихся при ее сборке, а также определить точность выполнения технологических размеров исходя из точности чертежных размеров детали при ее механической обработке.

Методика проектных расчетов линейных размерных цепей достаточно подробно разработана и описана в учебной и специальной технической литературе [2 и др.]. В то же время вопросом выявления и решения угловых размерных цепей уделяется неоправданно мало внимания, несмотря на ряд объективных факторов, определяющих их важность:

- в большинстве случаев требуемый уровень точности размеров, определяющих угловое положение поверхностей деталей сборочных единиц (отклонение от перпендикулярности, параллельности, наклона поверхностей, торцевого биения и др.) значительно выше уровня точности линейных размеров, связывающих указанные поверхности. В соответствии с ГОСТ 24643-81, допуски формы и расположения не должны превышать определенной доли допуска соответствующего линейного размера (от 25 до 60%);
- для достижения высокой точности угловых замыкающих размеров при сборке, технически затруднительно использовать методы пригонки, регулирования, селективной сборки. Эта точность обычно достигается методами полной и неполной взаимозаменяемости, что предполагает достаточную высокую точность получения угловых размеров при изготовлении деталей;

- точность углового положения поверхностей деталей при механической обработке также обеспечивается методами полной и неполной взаимозаменяемости и зависит от точности угловых положений элементов станков, приспособлений, инструментов, так как на большинстве металлорежущих станков отсутствуют механизмы точной регулировки угловых положений рабочих органов.

Таким образом, во многих случаях проектные расчеты угловых размерных цепей имеют приоритетное значение для обеспечения точности сборки машин и изготовления деталей.

Несмотря на то, что основные положения теории линейных размерных цепей приемлемы и для угловых размерных цепей, расчеты последних не находят широкого применения в практике проектирования машин и техпроцессов. Это объясняется трудностями выявления, восприятия и изображения схем угловых размерных цепей, своеобразием построения системы допусков угловых размеров и отсутствием методики проектных расчетов, пригодных для практики.

Основой проектного расчета любой размерной цепи является способ распределения допуска замыкающего звена на составляющие звенья. По аналогии с линейными размерными цепями для угловых цепей целесообразно использовать способ равноточных допусков, то есть допуски всех составляющих звеньев принимать по одной степени точности. Используемые на практике способ подбора составляющих допусков и способ равных допусков имеют существенные недостатки. Бессистемный подбор допусков углов требует больших затрат времени. Принимая равные допуски на угловые размеры при разной длине границ углов, можно назначить на углы с длинными сторонами технически и экономически неприемлемый уровень точности. Более рационально допуск на составляющий угловой размер определять с учетом длин его границ, так же как допуски на составляющие звенья линейных цепей определяют с учетом их номиналов, ограничивая разнообразие допусков одним квалитетом.

Метод равноточных допусков может быть реализован для угловых размерных цепей при условии, что правила построения стандартной системы угловых допусков позволяют получить выражение для расчета номера степени точности (одинаковой для всех составляющих звеньев) в зависимости от допуска замыкающего звена, длин границ углов и параметров системы допусков.

Несмотря на то, что система допусков параллельности, перпендикулярности, наклона, торцевого биения и система допусков углов регламентируется разными стандартами (ГОСТ 24643-81 и ГОСТ 8908-81 соответственно), они построены по единым принципам, имеют одинаковые интервалы длин, набор степеней точности и значений допусков (при выражении допусков углов в линейных единицах в виде катета). Это позволяет использовать метод равноточных допусков для решения размерных цепей, имеющих в качестве составляющих звеньев как углы, так и отклонения от перпендикулярности, параллельности, торцевого биения и наклона.

Выражение для расчета номера степени точности разработано на основе принципов построения указанных систем допусков.

Значение указанных допусков изменяются в пределах одной степени точности, в зависимости от значения длины меньшей стороны угла по ряду предпочтительных чисел Ra_{10} с коэффициентом геометрической прогрессии $\lambda = \sqrt[10]{10} \approx 1,25$. В пределах одного интервала длин допуски изменяются в зависимости от степени точности по ряду предпочтительных чисел Ra_5 с коэффициентом геометрической прогрессии $\varphi = \sqrt[5]{10} \approx 1,6$. [1, 2].

С учетом указанных принципов построения системы допусков любое значение стандартного допуска можно выразить формулой:

$$AT_i = AT_1 \cdot \phi^{n-1} \cdot \lambda^{m-1}, \quad (1)$$

где $AT_1 = 0,4$ мкм – исходный минимальный допуск для первой степени точности и первого интервала длин;

n – номер степени точности допуска;

m – номер интервала минимальной длины стороны нормируемого угла.

В то же время границы интервалов длин в системе допусков сами являются членами геометрической прогрессии с коэффициентом $\varepsilon = \sqrt[3]{10} \approx 1,6$ в зависимости от номера интервала [1]. Тогда верхняя граница любого интервала длин может быть определена по формуле:

$$L_i = L_1 \cdot \varepsilon^{m-1}, \quad (2)$$

где L_1 – верхняя граница первого интервала длин.

После логарифмирования уравнения (2) найдем выражение для $m-1$

$$\ln L_i = \ln L_1 + (m-1) \cdot \ln \varepsilon;$$

$$m-1 = \frac{\ln L_i}{\ln \varepsilon} - \frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}.$$

Тогда

$$AT = AT_1 \cdot \phi^{n-1} \cdot \lambda^{\frac{\ln L_i}{\ln \varepsilon}} \cdot \left(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}} \right)^{\ln L_1} \quad (3)$$

При полной взаимозаменяемости составляющих звеньев сумма угловых допусков составляющих звеньев, приведенных к одинаковой базовой длине, должна быть равна угловому допуску замыкающего звена, приведенному к той же базовой длине.

Для упрощения последующих выражений принимаем значение базовой длины 1 мм и приведенные значения допусков получим разделив их на длину малой стороны соответствующего угла.

При этом соотношение приведенных допусков составляющих звеньев и замыкающего звена запишется следующим образом:

$$\frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta}} = \sum_{i=1}^k \frac{AT_i}{L_i} = \sum_{i=1}^k \frac{AT_1 \cdot \phi^{n-1} \cdot \lambda^{\frac{\ln L_i}{\ln \varepsilon}} \cdot \left(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}} \right)^{\ln L_1}}{L_i}, \quad (4)$$

где AT_{Δ} – заданный допуск замыкающего звена, мкм;

L_{Δ} – меньшая сторона замыкающего звена, мм;

i – номер составляющего углового звена;

k – число составляющих звеньев;

L_i – верхняя граница интервала длин, в который попадает меньшая сторона i -го звена, мм.

При условии, что n , одинаково для всех составляющих звеньев, первые три сомножителя выносим за знак суммы и после алгебраических преобразований и логарифмирования получим уравнение для определения номера степени точности составляющих звеньев

$$\frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta}} = AT_1 \cdot \varphi^{n-1} \cdot \lambda^{\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}})^{\ln L_i}}{L_i};$$

$$\varphi^{n-1} = \frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta} \cdot AT_1 \cdot \lambda^{\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}})^{\ln L_i}}{L_i}};$$

$$n = \frac{1}{\ln \varphi} \cdot \left(\ln \frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta} \cdot AT_1 \cdot \lambda^{\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{(\lambda^{\frac{1}{\ln \varepsilon}})^{\ln L_i}}{L_i}} \right) + 1. \quad (5)$$

С учетом численных значений постоянных параметров ($\varphi \approx 1,25$; $AT_1 = 0,4$ мкм; $\lambda = 1,25$; $L_1 = 10$ мм; $\varepsilon \approx 1,6$) получаем окончательное уравнение для определения номера степени точности.

$$n = 2,18 \cdot \left(\ln \frac{7,46 \cdot AT_{\Delta}}{L_{\Delta}} - \ln \sum_{i=1}^k \frac{1,6^{\ln L_i}}{L_i} \right) + 1. \quad (6)$$

В случае если допуск замыкающего звена задан в угловой мере $AT_{\alpha\Delta}$, формула (6) может использоваться в следующем виде:

$$n = 2,18 \cdot \left(\ln(7460 \cdot tg AT_{\alpha\Delta}) - \ln \sum_{i=1}^k \frac{1,6^{\ln L_i}}{L_i} \right) + 1. \quad (7)$$

При наличии в размерной цепи угловых звеньев, принадлежащих стандартным деталям, или звеньев, допуски которых определены из расчета других размерных цепей, расчет номера степени точности следует вести по остаточной величине допуска замыкающего звена AT'_{Δ} или $AT'_{\alpha\Delta}$

$$\frac{AT'_{\Delta}}{L_{\Delta}} = \frac{AT_{\Delta}}{L_{\Delta}} - \sum_{j=1}^p \frac{AT_j}{L_j}, \quad (8)$$

или

$$tg AT'_{\alpha\Delta} = tg AT_{\alpha\Delta} - \sum_{j=1}^p tg AT_{\alpha j}, \quad (9)$$

где p — число известных звеньев;

j — номер известного звена.

Найденное значение номера степени точности округляют до ближайшего меньшего целого значения и по нему назначают допуск на составляющие угловые звенья по таблицам допусков углов (по ГОСТ 8908-81) или допусков перпендикулярности, параллельности, торцевого биения и наклона (по ГОСТ 24643-81).

Сумма назначенных приведенных допусков не должна превышать приведенного допуска замыкающего звена.

Выражения, полученные для расчета номера степени точности, имеют достаточно компактный вид и вполне пригодны для практических расчетов. Они прошли апробацию при выполнении практических работ и курсовых проектов по дисциплине «Технология машиностроения».

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: справочник: в 2 т. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 220 с.
2. Точность и производственный контроль в машиностроении: справочник / Под общ. ред. А.К. Кутая. – М: Машиностроение, 1983. – 367 с.

УДК 621.9.025.7

Левданский И.А.

Научный руководитель: Левданский А.М.

ОБРАБОТКА РЕЗЦОМ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВО-КРЕМНИЕВЫХ СПЛАВОВ

В рамках студенческого клуба «Механик» была разработана конструкция резца с механическим креплением синтетического алмаза [1]. Это монокристаллы технического назначения, полученные по технологии НРПТ (в переводе: высокое давление, высокая температура). Алмазы вырастают при температуре порядка 20000С и при давлении 50 000 атмосфер в установке «БАРС». Технические алмазы могут иметь вкрапления в виде графита, никеля, железа. Пластинки, использовавшиеся в экспериментах, имели размеры 4*4*1 с фасками и были получены путем распилки медными напыленными дисками монокристаллов (с кубической решеткой в плоскости распилки) с последующим их шлифованием. Данные алмазы отвечают требованиям, предъявляемым к режущим материалам для лезвийной обработки. Производителем алмаза является отечественная фирма «Adamas BSU» из Минска [2].

Изготовленную ранее конструкцию сборного резца со вставками из искусственных алмазов опробовали на работоспособность. Испытания проводились в мастерских нашего университета. В качестве оборудования использовался румынский токарно-винторезный станок нормальной точности SN 501. Эксперименты проводились на алюминиевом сплаве системы Al-Mg-Si марки АК9ч в диапазоне скоростей главного движения от 100 до 400 м/мин, а также при минимальной подаче и глубине резания возможных на данном оборудовании, а именно S=0,05 мм/об и t=0,05 мм соответственно. Полученные образцы были исследованы на качество, так как область применения алмазного инструмента – финишная обработка вместо чистового шлифования. На полученной после обработки поверхности производили замеры шероховатости с помощью прибора TR-200. Портативный измеритель шероховатости TR200 был разработан компанией TimeGroupInc. и предназначен для точных работ в условиях производства для измерения шероховатости поверхности различных машиностроительных деталей.

Весь эксперимент был разделен на несколько опытов, каждый из которых проводился при определенных условиях. В первом опыте проводили сравнение качества шероховатости поверхности, полученное при обработке образца на одинаковых режимах резания, но различными материалами режущей части резца. Результаты измерения шероховатости поверхности при одинаковой частоте вращения (n=400 мин⁻¹) показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры полученной шероховатости

Материал режущей части резца	Ra, μm	Rq, μm	Rz, μm	Rt, μm	Rp, μm	Rv, μm	RS, mm	RSm, mm	Rsk
Твердый сплав	2.018	2.622	12.27	19.50	5.227	7.052	0.1000	0.1600	-0.430
Алмаз	1.144	1.406	5.784	7.559	3.095	2.687	0.0520	0.0595	0.144
Гексанит	1.782	2.119	8.375	10.03	3.907	4.467	0.0480	0.1136	-0.266