

Б. С. ЕВМЕНЕНКО, Ф. И. ДЕМИН

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ЦЕНТРИРУЮЩИХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

При обработке деталей на автоматических линиях особое значение приобретает точность и стабильность процесса, что, в основном, зависит от конструкции и технических условий, назначенных для исполнения приспособления. Качество приспособления складывается из характеристик его отдельных звеньев, а поскольку оно определяется величиной, вносимой в процесс погрешности, то очень важно уметь производить точностной анализ отдельных звеньев, составляющих это приспособление, и на этой основе судить о его точностном качестве.

По данным анализа точности приспособления можно определить возможно достижимые точностные параметры процесса или получить данные для разработки нормативных величин допустимых отклонений отдельных звеньев самого приспособления.

Погрешность любого звена приспособления является комплексной, т. е., представляет собой векторную сумму из геометрических ошибок изготовления элементов звена или узлов приспособления и группы так называемых динамических погрешностей, вызываемых силами, действующими при закреплении детали и связанных с изменением характера параметров сопрягаемых поверхностей: изменения расположения точек их совместного контакта, различной контактной жесткости и ряда других факторов.

$$\vec{c} = \vec{a}_r + \vec{a}_d, \quad (1)$$

где \vec{c} — вектор суммарной (комплексной) погрешности приспособления;



Фиг. 1. Треугольник векторных ошибок.

a_1 — вектор геометрической погрешности;

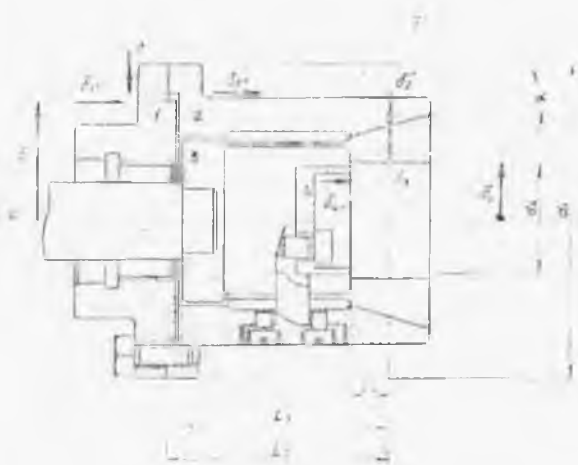
a_2 — вектор динамической погрешности приспособления.

Угол φ может принимать любые значения от 0 до 2π .

В статье предлагается метод определения качества точности приспособлений на основе анализа точностных характеристик звеньев, составляющих эти приспособления.

При изготовлении оснастки для автоматического производства на специализированных инструментальных заводах необходимо обеспечивать определенные точностные технические условия изготавливаемых приспособлений, причем назначение этих условий должно производиться со знанием их характеристик и закона распределения погрешностей составляющих звеньев и узлов.

При определении качества точности приспособления по предлагаемой методике, на примере цапгового зажимного патрона,



Фиг. 2. Размерная цепь геометрических погрешностей цапгового патрона.

как наиболее распространенного зажимного центрирующего приспособления, применяемого на большинстве металлообрабатывающих автоматических линиях, требуется определить размерную цепь для суммирования погрешностей звеньев, составляющих приспособление.

На фиг. 2 изображена схема цапгового патрона и составлена размерная цепь для суммирования геометрических погрешностей, участвующих в расчете звеньев всего приспособления.

Деталь 1 — планшайба, ее точность определяется радиальным и торцовым биениями соответственно δ_1' и δ_1'' (при условии проточки на месте или непоширности совместно с шпинделем).

Деталь 2 — корпус патрона, также определяется радиальным и торцовым биениями δ_2' и δ_2'' .

Рассматривая таким образом все детали, входящие в узел, и принимая составные погрешности каждого звена как u_i , получим суммарную погрешность узла

$$\bar{u}_\Sigma = \sum_{i=1}^n \bar{u}_i. \quad (2)$$

В связи с тем, что величина суммарной погрешности зависит не только от радиальных погрешностей, а и торцовых, ее величина будет разной для различных плоскостей, перпендикулярных оси приспособления, поэтому рационально выбрать одну характерную предпочтительную плоскость, в которой и должна определяться суммарная погрешность приспособления. Такой плоскостью, видимо, следует принять сечение I—I (фиг. 2) — среднюю плоскость зажимной поверхности приспособления, так как, зная в дальнейшем величину вылета (фиг. 2) $L_{\text{выл.}}$ конкретной детали и диаметр ее опорной поверхности, легко привести суммарную погрешность приспособления к интересующему сечению закрепляемой детали.

Принимая выше указанное, решается уравнение размерной цепи, где замыкающее звено δ_0 (фиг. 2) и представляет собой суммарную геометрическую погрешность приспособления, приведенную к среднему сечению зажима (фиг. 2, сечение I—I)

$$\delta_0 = \delta_1' + \delta_{1T} \frac{L_2'}{d_1} + \delta_{2T} + \delta_{2T} \frac{L_2''}{d_1} + \delta_2'' + \delta_3' + \delta_{4T}' \frac{L_4'}{d_1}. \quad (3)$$

Определение суммарной геометрической погрешности (4) ведется по предельным значениям составляющих, с учетом действия нормального закона распределения составных погрешностей на плоскости (в свою очередь, состоящих из случайных и систематических погрешностей $\bar{u}_i = a_i + r_i$), (4) что учитывается через коэффициент суммирования K_Σ .

Для нахождения значения коэффициента суммирования рассмотрим формулу, определяющую производственный риск [1]:

$$P_0 = 100e^{-\frac{6.4817 \zeta^2 \left(\sum_{i=1}^n r_i \right)^2}{\sum_{i=1}^n \left[6.4817 r_i^2 + (1-\gamma_i)^2 \right] r_i^2}}, \quad (5)$$

где K_Σ — коэффициент суммирования;

r_i — выражение допустимых значений δ_i , модуля u_i (максимальное значение вероятной погрешности) в долях δ_1 (допустимое значение первого модуля u_1) или $C_i = \frac{\delta_i}{\delta_1}$;

γ_i — отношение систематической погрешности a_i к допустимому значению δ_i модуля u_i ;

n — число звеньев, входящих в узел.

Однако рассматривая комплексную погрешность приспособления как векторную сумму геометрической и динамической по-

грешностей (1), в конечное определение характеристики приспособления необходимо ввести динамический коэффициент K_d , который определяется как отношение $\frac{a_d}{a_r}$.

Из формулы (5), задавая допустимым процентом производственного риска, определяется коэффициент суммирования погрешностей K_c .

$$K_c = 0,393 \sqrt{\ln \frac{100}{P_0}} \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n [6,48r_i^2 (1-r_i)^2] C_i^2}}{\sum_{i=1}^n C_i}$$

В связи с определенными трудностями и отсутствием в настоящее время четко разработанной теории контактной жесткости — a_d определяется экспериментальным путем.

Проведенные эксперименты показывают, что для наиболее распространенных видов зажимных приспособлений $K_d = \frac{a_d}{a_r}$ является величиной стабильной и может быть четко определено для каждой типовой группы приспособлений. Так для нормализованных цанговых патронов $K_d = 1,6$ с достаточной для расчетов точностью и не зависит от их габаритов.

Основываясь на вышеизложенном, можно записать окончательную характеристику приспособления по приведенному сечению (фиг. 2, сеч. 1—1) в виде:

$$\delta_0'' = K_c \delta_0 (K_d + 1). \quad (7)$$

В практическом использовании предлагаемый метод удобен тем, что для определения точностной характеристики приспособления достаточно знать только технические условия на изготовление составляющих его деталей.

Как пример практического применения, ниже приводится определение точностной характеристики нормализованного цангового патрона для токарных работ, изготовленного по действующим машиностроительным техническим условиям. Схема патрона и обозначения рассматриваются по фиг. 2.

Допустимые значения погрешностей деталей, входящих в приспособление, обозначены индексом δ .

δ_1' — биение посадочного пояса планшайбы 1 относительно оси шпинделя;

δ_{1r}' — биение (неперпендикулярности) посадочного торца планшайбы 1 относительно оси шпинделя;

$\delta_{2в}$ — погрешность установки корпуса патрона 2 относительно планшайбы 1, вызывается наличием зазора и зависит от принятой посадки соединения;

δ_{2r}' — торцовое биение корпуса 2 относительно своей оси;

δ_2'' — биение конусной поверхности корпуса 2 относительно посадочного пояса;

δ_3' — биение оси конусной поверхности цанги относительно ее зажимной поверхности;

δ_4' — торцовое биение упора относительно оси шпинделя (торец обрабатывается в сборе).

Рассматривая конкретно применяемую конструкцию патрона и технические условия на изготовление его деталей, получаем величины предельно допустимых значений указанных погрешностей δ , которые сведены в нижеприведенную таблицу.

Таблица 1

Погрешность	Предельное допустимое значение	Погрешность	Предельное допустимое значение
δ_1'	0,01	δ_2''	0,03
δ_{1T}'	0,01	δ_3'	0,03
δ_{y2}	0,047*	δ_{4T}'	0,01
δ_{2T}'	0,01		

Величина предельных значений δ_{y2} назначена из условий плотной посадки 2 класса точности.

Для приведенных допустимых значений δ максимальные значения случайных величин r (4) и C_i (5) соответственно будут:

$$\begin{array}{ll}
 r_1' = 0,005; & C_1' = 1; \\
 r_{1T}' = 0,005; & C_{1T}' = 1; \\
 r_{y2} = 0,0235; & C_{y2} = 4,7; \\
 r_{2T}' = 0,01; & C_{2T}' = 1; \\
 r_3'' = 0,015; & C_3'' = 3; \\
 r_3' = 0,015; & C_3' = 3; \\
 r_{4T}' = 0,005; & C_{4T}' = 1.
 \end{array}$$

Из условий допустимых значений δ_i и наибольших значений систематической погрешности $a_i = \delta_i - r_i$ определяется $\gamma_i = \frac{a_i}{\delta_i}$, которое для рассматриваемого случая, равно 0,5 (при условии действия закона нормального распределения).

Решая уравнение (3) по заданным значениям допустимых погрешностей деталей приспособления, определяем величину δ_0 .

$$\begin{aligned}
 \delta_0 &= 0,01 + 0,01 \frac{124}{80} + 0,047 + 0,01 \frac{124}{80} + 0,03 + 0,03 + 0,01 \frac{6}{40} = \\
 &= 0,149 \text{ мм.}
 \end{aligned}$$

Это значение и будет предельной геометрической величиной погрешности цапгового патрона в приведенном сечении I—I.

Для проведения вероятностного суммирования погрешностей деталей патрона из формулы (6) определяется K_c подстановкой ранее найденных значений C_i и τ_i и заданной величиной допустимого производственного риска P_0 (в рассматриваемом примере принято $P_0=2$).

$$K_c = 0,393 \sqrt{\ln \frac{100}{2}} \cdot \frac{1}{14,7} \sqrt{\frac{82,14}{14,7}} = 0,48.$$

Таким образом, вероятная геометрическая погрешность цапгового патрона δ_0' в исходном сечении будет определяться из формулы:

$$\delta_0' = K_c \delta_0,$$

и для примера расчета в сечении I—I $\delta_0' = 0,48 \times 0,149 = 0,071$ мм.

Для определения полной погрешности цапгового патрона δ_0'' с учетом динамических влияний a_d решается уравнение (7), и для сечения I—I она принимает значение $\delta_0'' = 0,48 \times 0,149(1,6+1) = 0,1846$ мм.

ВЫВОДЫ

Все выше перечисленное позволяет сделать следующие выводы:

1. Характеристика точности центрирования любого зажимного приспособления всегда будет выше, чем меньшее число звеньев оно содержит и чем выше предъявляются к ним технические условия на изготовление.

2. Правильное определение характеристики точности центрирования приспособления создает возможность заблаговременно определить степень его применимости для обеспечения конкретной точности обрабатываемой в нем детали.

3. Решение обратной задачи — от заданных технических условий на обрабатываемую деталь, расчет и назначение технических условий как на приспособление в целом, так и на отдельные его составляющие детали.

4. Для резкого повышения точности центрирования приспособления (1,5—2 раза) необходимо выполнять беззазорную посадку корпуса патрона на планшайбу, чему в большей мере отвечает коническая форма центрирующего пояса.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. Шевелев, Г. П. Федорченко. «Суммирование производственных погрешностей по предельным значениям их параметров». ИВУЗ, серия «Авиационная техника», № 1, г. Казань, 1963.

2. Г. П. Федорченко. «Суммирование векторных погрешностей». ИВУЗ, серия «Авиационная техника», № 1, г. Казань, 1962.