УДК 621.

В. Ю. Новиков, А. А Костенко, МГТУ «Станкин»

5. Моделирование баз при автоматизированном проектировании станочных приспособлений.

Создание эффективной системы автоматизированного проектирования станочных приспособлений (САПР СП) определяет необходимость разработки методики и соответствующих программ, обеспечивающих возможность компьютерного моделирования процесса базирования устанавливаемых заготовок с целью выявления оптимальной схемы их установки и закрепления.

Если с комплектом технологических баз заготовки связать координатную систему (X,Y,Z), а с исполнительными поверхностями приспособления координатную систему (x,y,z), то установку заготовки можно рассматривать как совмещение координатной системы (X,Y,Z) баз заготовки с координатной системой (x,y,z) исполнительных поверхностей приспособления:

$$\begin{array}{l}(X,Y,Z)\Rightarrow(x,y,z)\\ \quad\quad\;\;\Downarrow\\ \quad\quad\;\;\omega_y.\end{array}$$

Отклонение одной координатной системы относительно другой характеризует погрешность установки заготовки ω_y, которая определяется вектором:

$$\omega_y=(a_y,b_y,c_y,\lambda_y,\beta_y,\gamma_y),$$

где a_y,b_y,c_y – параметры смещения, $\lambda_y,\beta_y,\gamma_y$ – параметры поворот одной координатной системы относительно другой.

Аналогично при автоматизированном проектировании приспособлений с использованием САПР СП следует рассматривать также и процесс сборки приспособления, т.е. процесс соединения его конструктивных элементов.

Для однозначного математического описания трех типовых схем базирования используем принцип идентификации баз [1], согласно которому координаты шести опорных точек, определяющих положение заготовки в системе (x,y,z) делят на две группы:

- плановые координаты (x_i, y_i, z_i) , определяющие расположение опорных на базирующих поверхностях при вид в плане;

- нормальные координаты (Δx_i,Δy_i,Δz_i), определяющие отклонения опорных точек по нормали к базирующим поверхностям.

Если нормальные координаты опорных точек сгруппировать по базам и записать в последовательности уменьшения точек на базовых поверхностях, то получим матрицу-столбец *T* нормальных координат, которая однозначно определяет схему базирования и расположение базовых точек на координатных плоскостях. Так, например, для базирования заготовки по трем плоскостям матрица *T* имеет вид:

$$T = (\underline{\Delta z_1 , \Delta z_2 , \Delta z_3}, \quad \underline{\Delta y_4 , \Delta y_5}, \quad \underline{\Delta x_6}) \qquad (1).$$

установочная база плоскость *XOY* — направляющая база плоскость *XOZ* — опорная база плоскость *YOZ*

Присутствие в (1) трех одноименных нормальных координат Δz_1, Δz_2 , Δz_3 свидетельствует о наличии установочной базы, роль которой выполняет координатная плоскость *XOY*, а наличие двух одноименных координат

Δy_4 , Δy_5 показывает, что направляющей базой является плоскость *XOZ*. Одна опорная точка, представленная координатой Δx_6, показывает, что опорной базой является плоскость *YOZ*.

При базировании заготовки по двум базовым отверстиям с использованием двойной опорной базы матрица *T* принимает вид:

$$T = (\underline{\Delta z_1 , \Delta z_2 , \Delta z_3}, \ \underline{\Delta x_4 , \Delta y_5} \ , \ \underline{\Delta x_6}) \qquad (2).$$

установочная база плоскость *XOY* — двойная опорная база - отверстие под цельный палец — опорная база - отверстие под срезанный палец

Две разноименные координаты Δx_4 , Δy_5 определяют двойную опорную базу – отверстие под цельный палец, ось которого располагается по нормали к плоскости *XOY*, выполняющей роль установочной базы.

Для базирования с двойной направляющей базой матрицу T *запишем:*

$$T = (\underline{\Delta z_1, \Delta z_2 , \Delta y_3, \Delta y_4}, \quad \underline{\Delta y_5}, \quad \underline{\Delta x_6}) \qquad (3).$$

Двойная направляющая база ось *X* — опорная база плоскость *XOZ* — опорная база плоскость *YOZ*

Наличие двух пар разных координат (Δz_1 , Δz_2 , Δy_3, Δy_4) свидетельствует о наличии двойной направляющей базы, роль которой выполняет ось *X*.

Если в матричные выражения (1-3) подставить численные значения отклонений, то представляется возможным математически оценить геометрическую точность соответствующих базовых поверхностей.

Таким образом, идентификации баз, основанная на построение матриц нормальных координат, позволяет:

- однозначно определить схему базирования и выявить базовые поверхности, определяющие структуру рассматриваемого комплекта баз;

- определить расположение базовых опорных точек на соответствующих координатных плоскостях;

- установить значения нормальных координат в соответствии с геометрической точностью базирующих поверхностей, что позволяет рассчитать составляющие погрешности установки заготовки.

Если для определенной схемы базирования известны численные значения плановых (x_i, y_i, z_i) и нормальных координат (Δx_i,Δy_i,Δz_i) опорных точек, то составляющие погрешности установки заготовки $\omega_y = \left(a_y, b_y, c_y, \lambda_y, \beta_y, \gamma_y\right)$ можно рассчитать по матричной формуле:

$$\omega_y = Q \cdot T, \qquad (4)$$

где Q - матрица налагаемых связей, получаемая в соответствии с принятой схемой базирования; T матрица нормальных координат, определяющая рассматриваемую схему базирования.

Для схемы базирования, представленной матрицей (1), выражение (4) в развернутой форме записи имеет вид:

$$\begin{bmatrix} a_y \\ b_y \\ c_y \\ \lambda_y \\ \beta_y \\ \gamma_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & q_{16} \\ 0 & 0 & 0 & q_{24} & q_{25} & 0 \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} & 0 & 0 & 0 \\ q_{41} & q_{42} & q_{43} & 0 & 0 & 0 \\ q_{51} & q_{52} & q_{53} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & q_{64} & q_{65} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta z_1 \\ \Delta z_2 \\ \Delta z_3 \\ \Delta y_4 \\ \Delta y_5 \\ \Delta x_6 \end{bmatrix} \quad (5),$$

где q_{ij} – элементы матрицы Q, являются линейными функциями плановых координат $q_{ij} = f(x_i, y_i, z_i)$, определяющих положение опорных точек на соответствующих базовых поверхностях.

Нормальные координаты опорных точек (Δx_i,Δy_i,Δz_i) являются случайными величинами, значения которых зависят от геометрической точности контактируемых базовых поверхностей, от контактных деформаций, от правильности приложения силового замыкания и возможной неорганизованной смене баз. В соответствие с этим составляющие вектора ω_y могут изменяться в пределах от верхнего

$$\omega_y^{в} = (a_y^{в}, b_y^{в}, c_y^{в}, \lambda_y^{в}, \beta_y^{в}, \gamma_y^{в}),$$

до нижнего $\omega_y^{н} = (a_y^{н}, b_y^{н}, c_y^{н}, \lambda_y^{н}, \beta_y^{н}, \gamma_y^{н})$ значения отклонений.

Наиболее вероятные отклонения определяют как математические ожидания [2]:

$$m\ (\omega_y\ ) = [\ m(a_у)\ ,\ m\ (b_у),\ m(\ c_у),\ \ m(\ \lambda_у),\ \ m(\beta_у),\ (\ \gamma_у)].$$

Для расчета наиболее вероятных отклонений $m\ (\omega_y\ )$ в выражении (5) матрицу T следует заменить матрицей $M_{(\Delta xyz)}$, определяющей наиболее вероятные значения нормальных координат ($m\Delta x_i$, $m\Delta y_i$, $m\ \Delta z_i$):

$$m\ (\omega_y\ ) = Q \cdot M_{(\Delta xyz)} \qquad (6).$$

Изложенная методика используется в расчетном модуле системы автоматизированного проектирования станочных приспособлений (САПР СП), что позволяет в процессе проектирования рассчитывать погрешность установки заготовок и моделировать различные варианты их базирования и закрепления.

Список литературы:

1. Проектирование технологии автоматизированного машиностроения. /Под ред. Соломенцева Ю.М. М.: Высшая школа, 1999. 416с.

2. **Тимирязев В.А.**, **Хазанова О.В**. Моделирование баз при расчете точности установки деталей. М. Машинострение, ж. Автоматизация и современные технологии. № 1, 2006г.