

Затем для принятых вариантов производится предварительный силовой расчет по известной методике [5]. Определяются габаритные размеры зубчатых колес и валов, вычисляются их удельные веса, а затем металлоемкость рассматриваемых вариантов: $M = \sum G_i$. Таким образом, на заключительном этапе производится оптимизация по металлоемкости.

В данной работе оптимизация рассматривается на следующем примере. Число скоростей для привода главного движения $Z = 7$, а для привода подач – $Z = 5$. Структура привода для данного числа скоростей может быть как смешанной, так и с наложенными частотами. Для этих структур существуют следующие виды компановок:

1. Объединение колес в двойные и тройные блоки.
2. Оптимальное разделение блоков на колеса.
3. Использование соосных валов.
4. Использование компановки с единым блоком на скользящей шпонке.

Далее производится анализ каждой компановки по всем пунктам оптимизации.

Оптимальными вариантами для привода главного движения является кинематическая схема, приведенная на рис. 1 б, для привода подач – рис. 1 г.

Литература

1. Беляев В.Г. Расчеты механической части привода подач станков с ЧПУ // Станки и инструменты. – 1982. – С. 11-14.
2. В помощь конструктору-станкостроителю / В.И. Калинин и др. – М.: Машиностроение, 1983. – 288 с.
3. Металлорежущие станки / Под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 585 с.
4. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник: В 3 т. / А.С. Пронников, О.И. Аверьянов, Ю.С. Апполонов и др. – М.: Машиностроение, 1994.
5. Кочергин А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. – Мн.: Высшая школа, 1991. – 382 с.

РАСЧЁТ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СМЕННЫХ ПЛАСТИН В КОРПУСЕ СБОРНОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Д.Н. Шариков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Михайлов М.И.

Для выполнения расчетов были измерены отклонения от плоскостности базовой грани пластины и паза державки. Полученные значения сформированы в расчетные файлы. Для этого предварительно была введена система координат $X_1Y_1Z_1$, связанная с установочной поверхностью пластины, и система координат $X_2Y_2Z_2$, связанная с установочной поверхностью державки. Поверхности пластины и державки были разбиты на квадратные участки площадью 1 мм^2 . Затем определяли точки касания базовых граней СМП. Первую точку определяли, вычислив сумму координат Z_1 и Z_2 :

$$Z_1 = \begin{pmatrix} Z_{1i,j} & Z_{1i,j} & Z_{1ij} \\ Z_{1i,j} & Z_{1i,j} & Z_{1i,j} \\ Z_{1i,j} & Z_{1i,j} & Z_{1i,j} \end{pmatrix}; \quad Z_2 = \begin{pmatrix} Z_{2i,j} & Z_{2i,j} & Z_{2i,j} \\ Z_{2i,j} & Z_{2i,j} & Z_{2i,j} \\ Z_{2i,j} & Z_{2i,j} & Z_{2i,j} \end{pmatrix};$$

при известных координатах X_1 и Y_1 участков

$$X_1 = \begin{pmatrix} X_{1i,j} & X_{1i,j} & X_{1i,j} \\ X_{1i,j} & X_{1i,j} & X_{1i,j} \\ X_{1i,j} & X_{1i,j} & X_{1i,j} \end{pmatrix}; \quad Y_1 = \begin{pmatrix} Y_{1i,j} & Y_{1i,j} & Y_{1i,j} \\ Y_{1i,j} & Y_{1i,j} & Y_{1i,j} \\ Y_{1i,j} & Y_{1i,j} & Y_{1i,j} \end{pmatrix}.$$

Координаты первой точки контакта обозначили через $X_{1,2}$ и $Y_{1,2}$. Затем переместили начала систем координат в первую точку контакта $X_1 Y_1 Z_1$ и $X_2 Y_2 Z_2$ и пересчитали координаты участков в новых системах координат по следующим выражениям:

$$\begin{aligned} X_3 &= X_1 - X_{1i,j} & Y_3 &= Y_1 - Y_{1i,j} \\ X_4 &= X_3 & Y_4 &= Y_3 \\ Z_3 &= Z_1 - Z_{1i,j} & Z_4 &= Z_2 - Z_{2i,j} \end{aligned}$$

Вторая точка контакта определялась поворотом пластины относительно первой точки контакта в направлении действия силы тяжести, приложенной в точке центра масс пластины. Для расчета координат второй точки контакта находили наименьший угол α между радиус-векторами R , проведенными из первой точки контакта в центры участков, принадлежащих пластине и державке, предварительно повернув системы координат на угол β :

$$\beta = \arctg \left(\frac{X_{3i,j}}{Y_{3i,j}} \right).$$

Модули перпендикуляров R_5 и R_6 пластины и державки:

$$R_{5i,j} = \sqrt{(Y_{5i,j})^2 + (Z_{5i,j})^2}; \quad R_{6i,j} = \sqrt{(Y_{6i,j})^2 + (Z_{6i,j})^2}.$$

Углы между радиус-векторами и плоскостью X_1, Y_1 и X_2, Y_2 для пластины и державки:

$$\alpha'_{5i,j} = \arccos \left(\frac{|Y_{5i,j}|}{R_{5i,j}} \right); \quad \alpha'_{6i,j} = \arccos \left(\frac{|Y_{6i,j}|}{R_{6i,j}} \right).$$

При определении третьей точки поворачивали системы координат вокруг осей Z_7 и Z_8 на угол γ :

$$\gamma = \arctg \left(\frac{X_{8i,j}}{Y_{8i,j}} \right).$$

Матрицы поворота систем координат относительно осей Z_3 и Z_4 на угол γ имеют вид:

$$\begin{pmatrix} X_9 \\ Y_9 \\ Z_9 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\cos \gamma \sin \gamma & 0 \\ -\sin \gamma & -\cos \gamma \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_7 \\ Y_7 \\ Z_7 \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} X_{10} \\ Y_{10} \\ Z_{10} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\cos \gamma \sin \gamma & 0 \\ -\sin \gamma & -\cos \gamma \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_8 \\ Y_8 \\ Z_8 \end{pmatrix}.$$

Модули перпендикуляров R_9 и R_{10} для пластины и державки:

$$R_{9i,j} = \sqrt{(X_{9i,j})^2 + (Z_{9i,j})^2}; \quad R_{10i,j} = \sqrt{(X_{10i,j})^2 + (Z_{10i,j})^2}.$$

Углы между радиус-векторами и плоскостью X_1, Y_1 и X_2, Y_2 для пластины и державки:

$$\phi'_{9i,j} = \arccos\left(\frac{|X_{9i,j}|}{R_{9i,j}}\right); \quad \phi'_{10i,j} = \arccos\left(\frac{|X_{10i,j}|}{R_{10i,j}}\right).$$

Третью точку контакта получили, определив минимальное значение суммарных углов $\phi' = \phi'_9 + \phi'_{10}$. Тогда матрицы поворота систем координат относительно осей Y_5 и Y_6 на углы ϕ_9 и ϕ_{10} :

$$\begin{pmatrix} X_{11} \\ Y_{11} \\ Z_{11} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi_9 & 0 & \sin \phi_9 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi_9 & 0 & \cos \phi_9 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_9 \\ Y_9 \\ Z_9 \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} X_{12} \\ Y_{12} \\ Z_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\cos \phi_{10} & 0 & \sin \phi_{10} \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi_{10} & 0 & -\cos \phi_{10} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_{10} \\ Y_{10} \\ Z_{10} \end{pmatrix}.$$

Зазоры между пластиной и державкой по установленной поверхности рассчитывали по выражению: $\Delta = Z_{11} + Z_{12}$. Для определения 4 и 5 точек вводим системы координат X_{21}, Y_{21}, Z_{21} и X_{22}, Y_{22}, Z_{22} :

$$Z_{21} = \begin{pmatrix} Z_{21i,j} & Z_{21i,j} & Z_{21i,j} \\ Z_{21i,j} & Z_{21i,j} & Z_{21i,j} \\ Z_{21i,j} & Z_{21i,j} & Z_{21i,j} \end{pmatrix}; \quad Z_{22} = \begin{pmatrix} Z_{22i,j} & Z_{22i,j} & Z_{22i,j} \\ Z_{22i,j} & Z_{22i,j} & Z_{22i,j} \\ Z_{22i,j} & Z_{22i,j} & Z_{22i,j} \end{pmatrix};$$

$$X_{21} = \begin{pmatrix} X_{21i,j} & X_{21i,j} & X_{21i,j} \\ X_{21i,j} & X_{21i,j} & X_{21i,j} \\ X_{21i,j} & X_{21i,j} & X_{21i,j} \end{pmatrix}; \quad Y_{21} = \begin{pmatrix} Y_{21i,j} & Y_{21i,j} & Y_{21i,j} \\ Y_{21i,j} & Y_{21i,j} & Y_{21i,j} \\ Y_{21i,j} & Y_{21i,j} & Y_{21i,j} \end{pmatrix}.$$

По результатам арифметического сложения $Z' = Z_{21} + Z_{22}$ и минимальному значению определили четвертую точку контакта. Произвели перемещение начала систем координат в четвертую точку контакта и пересчитали координаты X_{21} и Y_{21} участков:

$$\begin{aligned} X_{23} &= X_{21} - X_{21i,j}; & Y_{23} &= Y_{21} - Y_{21i,j}; \\ X_{24} &= X_{23}; & Y_{24} &= Y_{23}. \\ Z_{23} &= Z_{21} - Z_{21i,j}; & Z_{24} &= Z_{22} - Z_{22i,j}; \end{aligned}$$

Пятая точка контакта возникает при повороте пластины относительно четвертой точки контакта под действием силы тяжести, приложенной в точке центра масс пластины. Определили модули радиус-векторов, направленных из четвертой точки контакта в центры участков, принадлежащих пластине.

$$R_{23i,j} = \sqrt{(Y_{23i,j})^2 + (Z_{23i,j})^2}; \quad R_{24i,j} = \sqrt{(Y_{24i,j})^2 + (Z_{24i,j})^2}.$$

Углы между радиус-векторами и плоскостью X_1, Y_1 и X_2, Y_2 для пластины и державки:

$$\mu'_{23i,j} = \arccos\left(\frac{|Y_{23i,j}|}{R_{23i,j}}\right); \quad \mu'_{24i,j} = \arccos\left(\frac{|Y_{24i,j}|}{R_{24i,j}}\right).$$

В контакт войдут точки с минимальным суммарным углом $\mu' = \mu'_{23} + \mu'_{24}$.

Записываем матрицы поворота систем координат относительно осей X_{25} на угол μ :

$$\begin{pmatrix} X_{25} \\ Y_{25} \\ Z_{25} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 100 \\ 0 \cos \mu - \sin \mu \\ 0 \sin \mu \cos \mu \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_{23} \\ Y_{23} \\ Z_{23} \end{pmatrix}.$$

Тогда зазоры между пластиной и державкой по установочной поверхности

$$\Delta' = Z_{24} + Z_{25}.$$

Для определения шестой точки вводим системы координат X_{31}, Y_{31}, Z_{31} и X_{32}, Y_{32}, Z_{32} , а расчёт производим аналогично первой точке:

$$Z_{31} = \begin{pmatrix} Z_{31i,j} Z_{31i,j} Z_{31i,j} \\ Z_{31i,j} Z_{31i,j} Z_{31i,j} \\ Z_{31i,j} Z_{31i,j} Z_{31i,j} \end{pmatrix}; \quad Z_{32} = \begin{pmatrix} Z_{32i,j} Z_{32i,j} Z_{32i,j} \\ Z_{32i,j} Z_{32i,j} Z_{32i,j} \\ Z_{32i,j} Z_{32i,j} Z_{32i,j} \end{pmatrix};$$

$$X_{31} = \begin{pmatrix} X_{31i,j} X_{31i,j} X_{31i,j} \\ X_{31i,j} X_{31i,j} X_{31i,j} \\ X_{31i,j} X_{31i,j} X_{31i,j} \end{pmatrix}; \quad X_{32} = X_{31};$$

$$Y_{31} = \begin{pmatrix} Y_{31i,j} Y_{31i,j} Y_{31i,j} \\ Y_{31i,j} Y_{31i,j} Y_{31i,j} \\ Y_{31i,j} Y_{31i,j} Y_{31i,j} \end{pmatrix}; \quad Y_{32} = Y_{31}.$$

В результате арифметического сложения $Z'' = Z_{31} + Z_{32}$, с использованием минимального значения, определили шестую точку контакта. Произвели перемещение систем координат в шестую точку контакта:

$$X_{33} = X_{31} - X_{31i,j}; \quad Y_{33} = Y_{31} - Y_{31i,j};$$

$$X_{34} = X_{33}; \quad Y_{34} = Y_{33}.$$

Пересчитываем зазоры между пластиной и плоскостью Z_{33} и державкой и плоскостью Z_{34} .

В результате расчетов были проанализированы условия контакта для пластин различных классов допусков. Так, например, максимальное значение зазора в контакте четырехгранной пластины с нешлифованными гранями составил соответственно 41,8; 18,6 и 16 мкм.