

УДК 621.9.06-229.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВКИ НА ПЛАНКИ

В.С. Петровский, М.А. Тихомиров

Разработана математическая модель, позволяющая определять погрешность установки, вызванную погрешностью формы базовой поверхности. Рассмотрены два случая: контакт абсолютно твердых тел, контакт упругих тел.

Рассмотрим установку заготовки с номинально плоской установочной базой на приспособление, оснащенное двумя параллельно расположенными планками (рис. 1). Выберем две системы координат: XYZ – подвижную, связанную с деталью, и $X_0Y_0Z_0$ – неподвижную, связанную с приспособле-

нием. Начало неподвижной системы координат совместим с осью симметрии одной из планок, направление осей подвижной системы координат, связанное с номинальным положением базовой плоскости заготовки, в исходном состоянии совместим с направлением неподвижной системы.

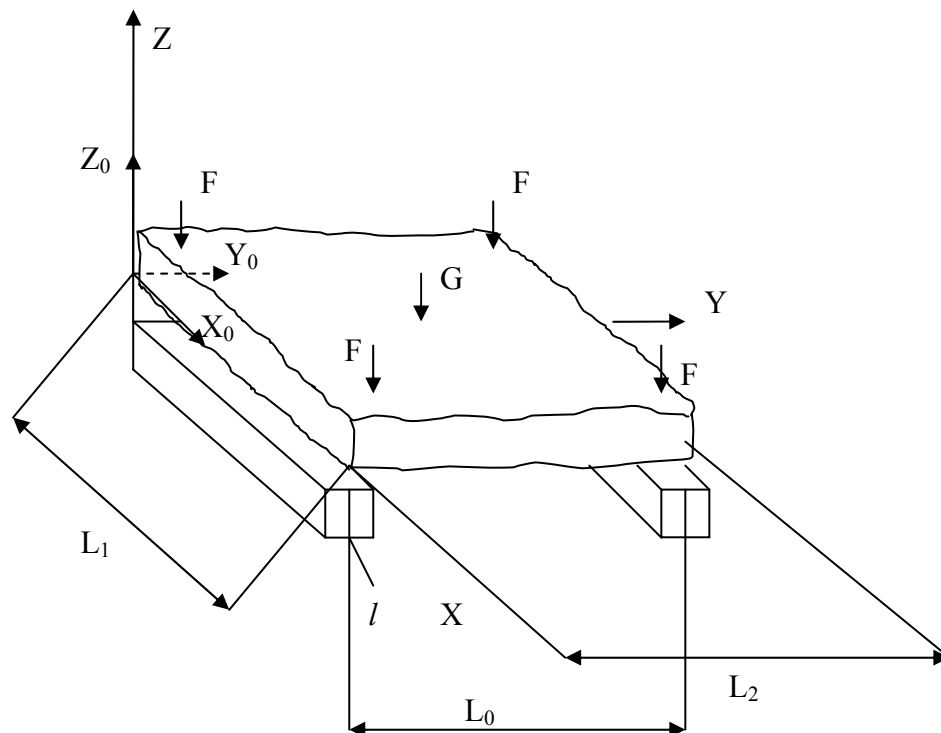


Рис. 1. Схема базирования заготовки на планки

Погрешность базовой поверхности представим в виде суммы двух независимых функций, каждая из которых состоит из погрешности размера, погрешности расположения и погрешности формы, представленной усеченным рядом Фурье

$$f(x, y) = A_0 + B_1x + \sum_{k=1}^n a \sin\left(\frac{2\pi k}{L_1}x + \psi_{1k}\right) + B_2y + \sum_{k=1}^n b \sin\left(\frac{2\pi k}{L_2}y + \psi_{2k}\right), \quad (1)$$

где A_0 – погрешность размера;

B_1, B_2 – погрешности расположения;

a, b – амплитуды погрешности формы в продольном и поперечном направлениях;

n – число гармоник погрешности формы;

ψ_1, ψ_2 – начальные фазы гармоник;

L_1, L_2 – размеры заготовки.

Амплитуды и фазы гармоник моделировались случайными величинами.

Примем, что ширина планки l значительно меньше длины L и расстояния между планками L_0 , а погрешность заготовки много меньше её размеров. При этих допущениях можно принять, что контакт заготовки с приспособлением будет происходить вдоль кривых $c(x) = f(x, 0)$ и $d(x) = f(x, L_0)$, расположенных вдоль оси симметрии планок. Кроме того, малые повороты заготовки вокруг осей, расположенных в плоскости XYZ вызовут изменение координат x_0, y_0 , величина которых второго порядка малости по сравнению с изменениями координаты z_0 , поэтому изменением размеров и координат по осям x_0, y_0 можно пренебречь.

Пусть первоначальный контакт детали с планками произойдет в точках $P_1(x_1, 0), P_2(x_2, L_0)$ (рис. 2), соответствующих минимуму кривых c и d . Тогда новое положение кривых будет равно

$$\begin{aligned} c_1(x) &= c(x) - c(x_1), \\ d_1(x) &= d(x) - d(x_2). \end{aligned} \quad (2)$$

Уравнение прямой, проходящей через точки контакта, примет вид

$$a_1x + a_2y + a_3 = 0,$$

$$\text{где } a_1 = \frac{1}{x_2 - x_1}; \quad a_2 = -\frac{1}{L_0}; \quad a_3 = -\frac{x_1}{x_2 - x_1}.$$

Для определения третьей точки найдем углы поворота детали вокруг прямой P_1P_2 до соприкосновения с планками.

$$\alpha_{1i} = \arctg(c_1(x)/h),$$

$$\alpha_{2i} = \arctg(d_1(x)/h),$$

$$\text{где } h = \frac{a_1x + a_2y + a_3}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2}} - \text{расстояние от произ-}$$

вольной точки $P(x, y)$ до прямой P_1P_2 .

Угол поворота заготовки может быть как по часовой, так и против часовой стрелки. Для каждого из положений найдем минимальный угол поворота, соответствующий действительному положению детали.

$$\alpha = \min(\alpha_1, \alpha_2).$$

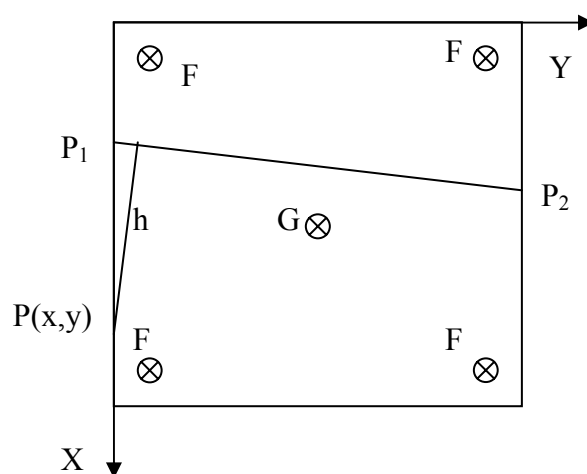


Рис. 2. Схема определения точек контакта

Устойчивым будет положение, при котором знак угла поворота совпадает со знаком суммарного момента сил M_Σ относительно прямой P_1P_2 .

$$M_\Sigma = \sum F_i(x, y)h_i + M,$$

где $F_i(x, y)$ – проекция активных сил на ось Z , приложенных в точке с координатами x, y ;

M – момент от сил резания

Окончательно кривые c и d примут вид

$$c_2(x) = c_1(x) + htg\alpha,$$

$$d_2(x) = d_1(x) + htg\alpha.$$

Тогда смещение точек от номинального положения равно

$$\Delta c(x) = c_2(x) - c(x),$$

$$\Delta d(x) = d_2(x) - d(x).$$

На рис. 3 приведены результаты расчета по приведенной методике, выполненные в системе MathCad. Положение заготовки зависит от знака суммарного момента. Как видно из графиков, погрешности формы оказывают значительное влияние на смещение и поворот заготовки.

Оценка влияния деформаций на точность базирования проводилась методом конечных элементов с помощью программы **ANSYS**. На рисунке 1 показана схема базирования и закрепления заготовки на планки четырьмя прихватами, силы резания не учитывались.

Случайные поверхности заготовки (верхняя и нижняя) были построены при помощи средств CAD-систем. Номинальные размеры заготовки $90 \times 90 \times 10$ мм, неровность поверхностей находилась в пределах $\pm 0,2$ мм. Материал заготовки сталь, $\sigma_t = 240$ МПа, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, $\mu = 0,3$. Для исключения контакта в исходном положении с планками заготовка была смещена по оси Z на 0,5 мм. Прихваты, двигаясь под постоянным усилием F, производят прижим заготовки к планкам. Для расчета использовались сила $F = 1000$ Н на прихват (сила, необходимая для удержания заготовки при обработке) и единичная сила $F = 1$ Н на прихват (для исключения значительных деформаций в заготовке).

На рис. 3 построены диаграммы, характеризующие смещение точек нижней поверхности заготовки, взятых вдоль осей X и Y. Из диаграмм видно, что при нагрузке единичной силой происходит лишь наклон заготовки в плоскости XOZ. Об этом говорит линейное расположение точек. Результаты расчета практически не отличаются от расчетов, выполненных ранее. При нагрузке в 1000 Н происходит незначительное искривление заготовки, а также поворот и смещение заготовки, что свидетельствует не только о деформации заготовки, но и о перераспределении зон контакта заготовки с планками. Разница в данном случае достигает до 0,4 мм, что составляет значительную величину.

Таким образом, при зажиме нежестких деталей, как показывает пример, конечный результат при учете деформаций может значительно отличаться от результатов, полученных при моделировании заготовки как абсолютно твердого тела.

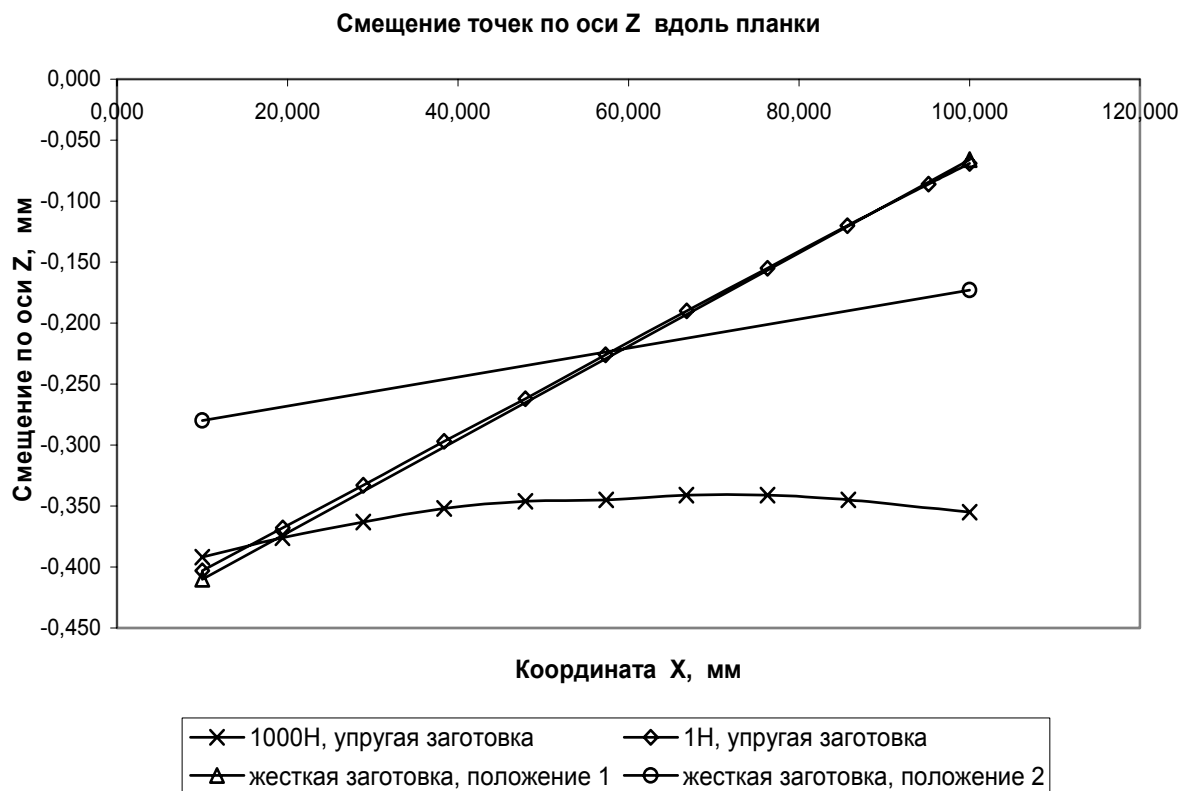


Рис. 3. Смещение точек, взятых вдоль оси X