

АНАЛИЗ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА МНОГОЦЕЛЕВОМ СТАНКЕ

Т. В. Герасимова

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

Научный руководитель М. И. Михайлов

Погрешность может быть представлена в виде полной вариации функции, описывающей основное служебное назначение устройства. Для металлорежущих станков такой функцией является функция формообразования.

Код формообразования представляет собой упорядоченный перечень номеров обобщенных координат перемещения звеньев формообразующей системы при движении относительно соседнего звена. Далее на места каждого элемента кода подставляется одна из шести матриц обобщенных перемещений. Перемножая эти матрицы, получаем векторную модель формообразующей системы [1].

Известно, что на многоцелевом станке можно обработать различные виды поверхностей. Для более общего случая составлена схема обработки конической поверхности шаровой фрезой на многоцелевом станке с вертикальным расположением шпинделя. Схема представлена на рис. 1.

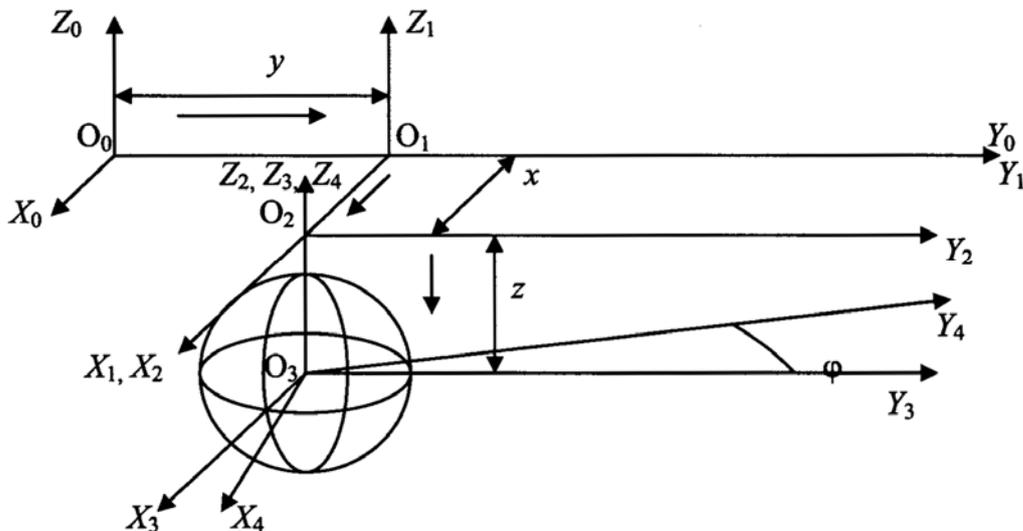


Рис. 1. Схема обработки фасонной поверхности шаровой фрезой

В данном случае функция формообразования имеет вид:

$$r_0 = A^2(y) \cdot A^1(x) \cdot A^3(z) \cdot A^6(\varphi) \cdot r_4,$$

где $A^2(y)$ – матрица передвижения системы координат S_1 вдоль оси Y_0 на величину y ; $A^1(x)$ – матрица передвижения системы координат S_2 вдоль оси X_1 на величину x ; $A^3(z)$ – матрица передвижения системы координат S_3 вдоль оси Z_2 на величину z ; $A^6(\varphi)$ – матрица поворота системы координат S_4 вокруг оси Z_3 на угол φ ; r_4 – радиус-вектор формообразующих точек фрезы в системе координат S_4 .

Радиус-вектор формообразующих точек фрезы в системе координат S_4 может быть представлен через радиус фрезы R , долготу ψ , полярный угол θ (рис. 2), в виде:

$$r_4 = A^6(\psi) \cdot A^5(\theta) \cdot A^1(R) \cdot e^4,$$

где e^4 – радиус-вектор начала координат.

Подставив r_4 в функцию формообразования, получаем функцию образования поверхности:

$$r_0 = A^2(y) A^1(x) A^3(z) A^6(\varphi) A^6(\psi) A^5(\theta) A^1(R) e^4.$$

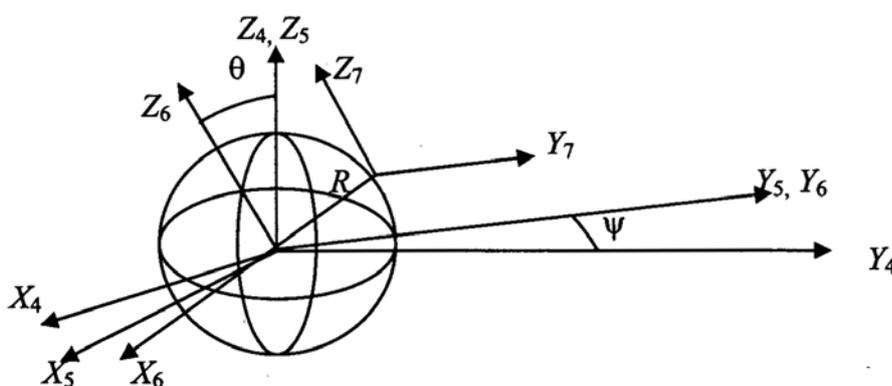


Рис. 2. Схема расположения формообразующих точек фрезы

Перемножив матрицы, получаем следующее векторное уравнение:

$$r_0 = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x + R \cdot \cos(\theta) \cdot \cos(\varphi + \psi) \\ y + R \cdot \cos(\theta) \cdot \sin(\varphi + \psi) \\ z - R \cdot \sin(\theta) \\ 1 \end{bmatrix},$$

где x, y, z – координаты центра фрезы.

Учитывая функциональную связь $f(x, y, z) = 0$, получаем:

$$x^2 + y^2 = r^2; \quad z = (r - r_1) / \operatorname{tg} \alpha,$$

где r – радиус конуса в сечении плоскостью $z = \text{const}$; α – угол конусности; r_1 – радиус конуса в сечении $z = 0$.

В результате получаем уравнения:

$$x_0 = x + R \cdot \cos \theta \cdot \cos(\varphi + \psi);$$

$$y_0 = \sqrt{r^2 - x^2} + R \cdot \cos(\theta) \cdot \sin(\varphi + \psi);$$

$$z_0 = (r - r_1) / \operatorname{tg}(\alpha) - R \cdot \sin(\theta).$$

Подставляем в полученные уравнения известные величины (число зубьев фрезы ($z = 17$), величина подачи на зуб ($s_z = 0,2$ мм/об), радиус фрезы ($R = 40$ мм), радиус конуса в сечении плоскостью $z = \text{const}$ ($r_1 = 80$ мм)) и изменяющиеся параметры (текущие координаты центра фрезы (изменяются непрерывно в интервалах x от r до $-r$, y от r до $-r$, а координата z изменяется дискретно от r_1 до 100 мм с интервалом 0,5 мм), долгота зубьев (ψ) изменяется дискретно в интервале от 0 до 2π с интервалом 0,37 рад, полярный угол точек фрезы (θ) изменяется непрерывно в интервале от 0 до 2π получаем траекторию движения одного зуба инструмента (рис. 3).

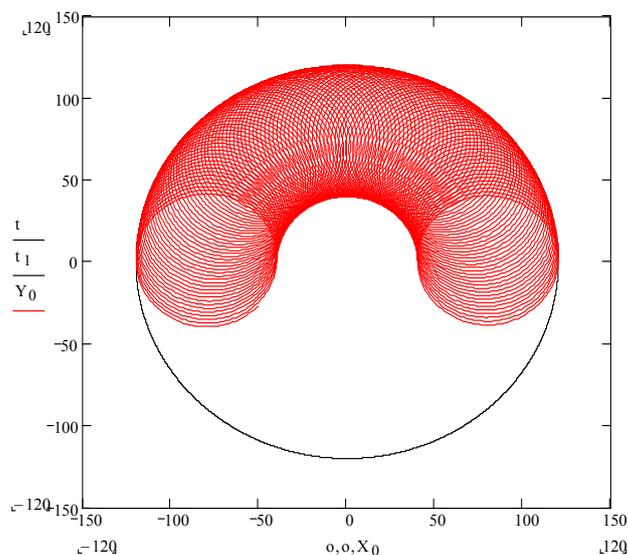


Рис. 3. Траектория движения одного зуба фрезы.

Траектории движения двух соседних зубьев представлены на рис. 4. Погрешность определяем как разность между номинальной обрабатываемой поверхностью и точкой пересечения траекторий двух соседних зубьев. Погрешность составляет 0,09 мкм, а погрешность, рассчитанная по известным формулам [2], равна 0,125 мкм. Таким образом, реальная погрешность ниже.

Однако надо учитывать, что при обработке имеет место радиальное биение зубьев, которое также следует учитывать при определении погрешности. Графическое представление погрешности с учетом радиального биения изображено на рис. 5; численно она равна 1,3 мкм.

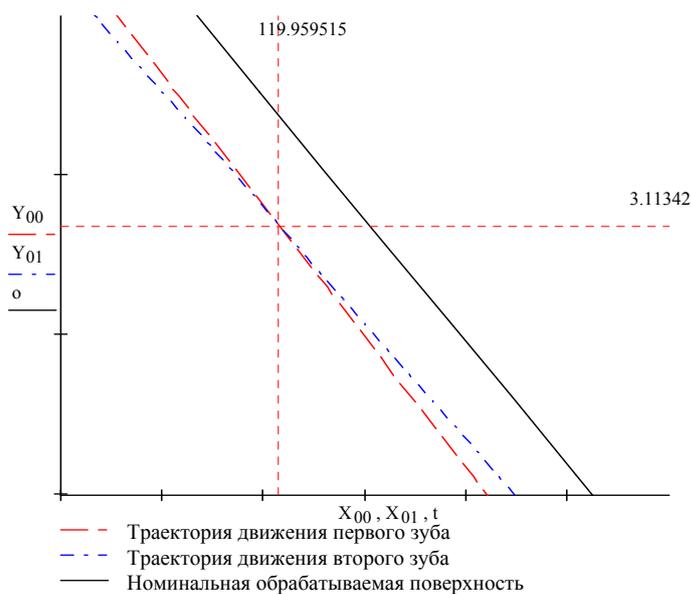


Рис. 4. Траектория движения двух соседних зубьев фрезы

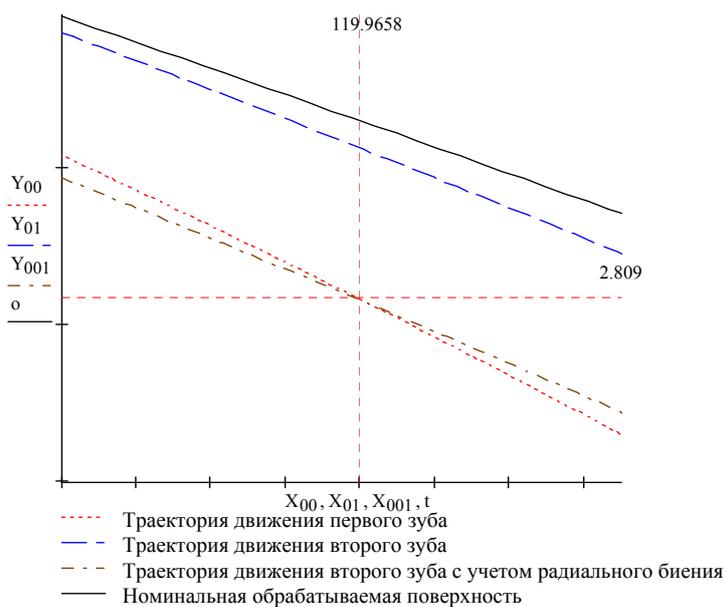


Рис. 5. Траектория движения зубьев с учетом радиального биения

Л и т е р а т у р а

1. Решетов, Д. Н. Точность металлорежущих станков / Д. Н. Решетов, В. С. Портман. – Москва : Машиностроение, 1986.
2. Бобров, В. Ф. Основы теории резания металлов / В. Ф. Бобров. –Москва : Машиностроение, 1975.