

# АНАЛИЗ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Е. В. Рыбаченко

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 станка. Для токарных станков такой функцией является функция формообразования.

Код формообразования представляет собой упорядоченный перечень номеров обобщенных координат перемещений и поворотов звеньев формообразующей системы при движении относительно соседнего звена. Эти перемещения и повороты моделировались системами координат.

Известно, что на токарном станке с ЧПУ можно обработать различные виды поверхностей. В качестве обобщенной поверхности обработки рассматривался радиусный участок вала при контурном точении. Данная схема представлена на рис. 1.

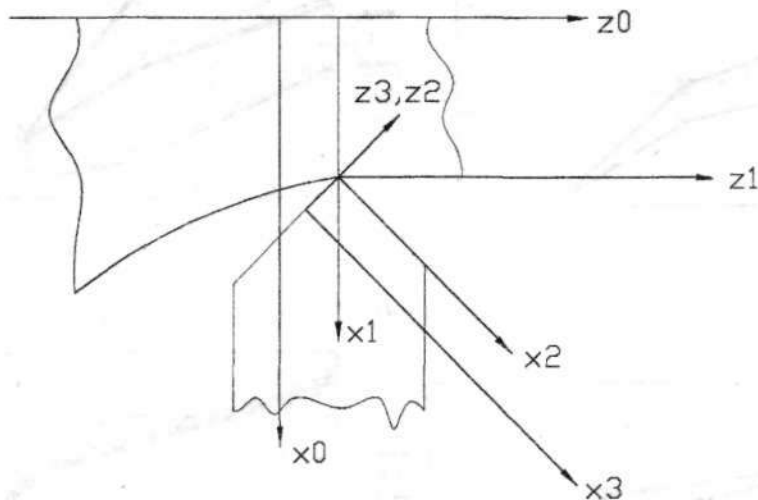


Рис. 1. Расчетная схема для формообразующих точек резца

Тогда уравнение для радиус-вектора формообразующих точек резца примет вид:

$$\bar{r}_u = [A5(\varphi)] \cdot [A3(z)] \cdot \bar{e}, \quad (1)$$

где  $[A5(\varphi)]$  – матрица, которая учитывает поворот системы координат вокруг оси  $Oy$  на угол в плане  $\varphi$ ;  $[A3(z)]$  – матрица, которая учитывает перемещение системы координат вдоль режущей кромки (оси  $Oz$ );  $\bar{e}$  – вектор начала координат.

Представим модель формообразования в виде радиус-вектора обрабатываемой поверхности:

$$\bar{r}_o = [A6(\psi)] \cdot [A3(zz)] \cdot [A1(xx)] \cdot \bar{r}_и, \quad (2)$$

где  $[A6(\psi)]$  – матрица, которая учитывает главное движение (поворот системы координат вокруг оси  $Oz$ );  $[A3(zz)]$  – матрица, которая учитывает продольную подачу (движение вдоль оси  $Oz$ );  $[A1(xx)]$  – матрица, которая учитывает поперечную подачу (движение вдоль оси  $Ox$ ).

Подставив уравнение (1) в уравнение (2) получили:

$$\bar{r}_o = \begin{bmatrix} \cos(\psi) \cdot \sin(\varphi) \cdot z + \cos(\psi) \cdot xx \\ -\sin(\psi) \cdot \sin(\varphi) \cdot z - \sin(\psi) \cdot xx \\ \cos(\psi) \cdot z + zz \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где  $zz = zz0 + ZZ_{\text{подачи}}$ ;  $xx = xx0 + XX_{\text{подачи}}$ , здесь  $(xx0; zz0)$  – начальная точка радиусного участка.

Чтобы уменьшить количество параметров в уравнении (3) необходимо в уравнение учесть функциональную связь:

$$XX_{\text{подачи}} = AA + (-ZZ_{\text{подачи}}^2 + 2 \cdot ZZ_{\text{подачи}} \cdot B - B^2 + RR^2)^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

где  $AA, B$  – координаты центра окружности описываемой радиусной поверхности;  $XX_{\text{подачи}}$  и  $ZZ_{\text{подачи}}$  – перемещения, соответствующие поперечной и продольной подачам. Выразим их через угол поворота  $\psi$

$$ZZ_{\text{подачи}} = S_{\text{прод}} \cdot \psi; \quad XX_{\text{подачи}} = S_{\text{попер}} \cdot \psi, \quad (5)$$

где  $S_{\text{прод}}$  – величина продольной подачи, мм/рад;  $S_{\text{попер}}$  – величина поперечной подачи, мм/рад.

В результате получим радиус-вектор обработанной поверхности:

$$\bar{r}_o = \begin{bmatrix} \cos(\psi) \cdot \sin(\varphi) \cdot z + \cos(\psi) \cdot (xx0 + AA - (S_{\text{прод}} \cdot \psi)^2 + 2 \cdot (S_{\text{прод}} \cdot \psi) \cdot B - B^2 + RR^2)^{\frac{1}{2}} \\ -\sin(\psi) \cdot \sin(\varphi) \cdot z - \sin(\psi) \cdot (xx0 + AA - (S_{\text{прод}} \cdot \psi)^2 + 2 \cdot (S_{\text{прод}} \cdot \psi) \cdot B - B^2 + RR^2)^{\frac{1}{2}} \\ \cos(\varphi) \cdot z + (zz0 + S_{\text{прод}} \cdot \psi) \\ 1 \end{bmatrix} \cdot (6)$$

Для построения топографии обработанной поверхности задавали исходные данные (рис. 2):  $z = 1$  мм,  $S_{\text{прод}} = 0,02$  мм/рад (или 0,13 мм/об);  $\varphi = 65^\circ$ ;  $RR = 15$  мм;  $AA = 25$  мм;  $B = 15$  мм.

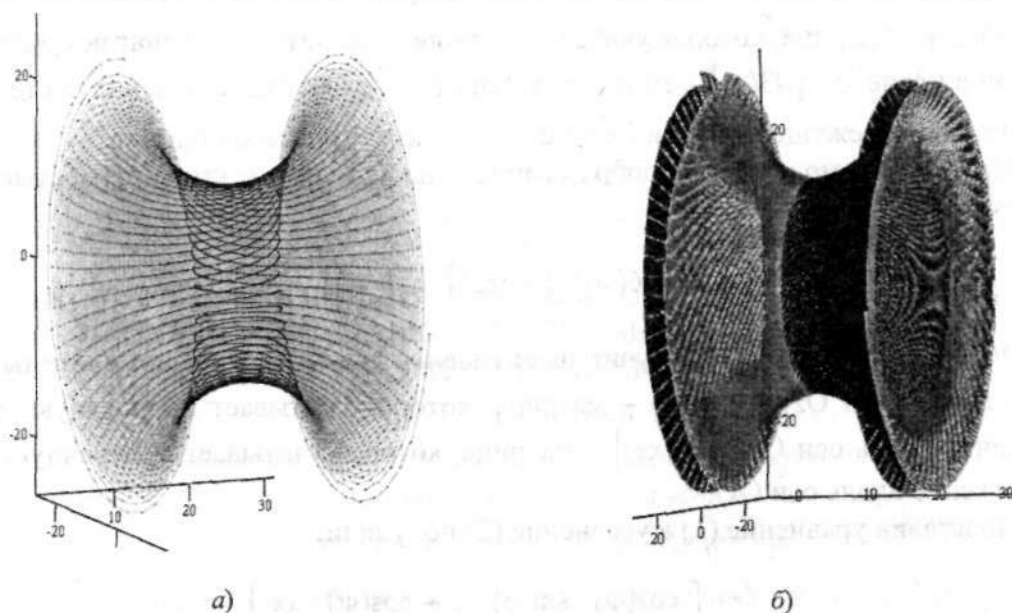


Рис. 2. Траектория движения точки режущей кромки резца (а); топография обработанной поверхности (б)

Определим зависимость величины шероховатости от радиуса обрабатываемого участка. Для этого строим графически топографию поверхностей радиусами 15, 25 и 40 мм, получаемых после обработки (рис. 3).

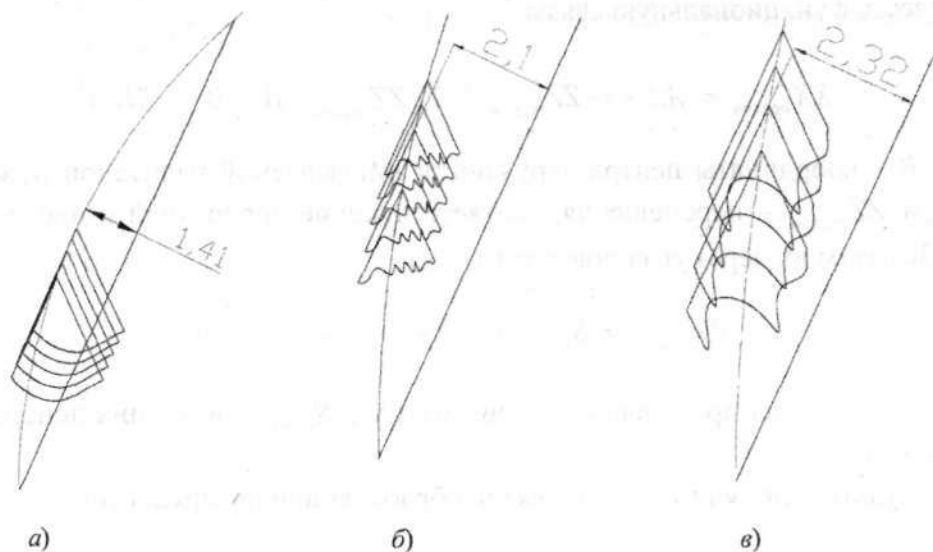


Рис. 3. Положения резца при обработке поверхности для радиусов: а – 15 мм; б – 25 мм; в – 40 мм

Определим зависимость величины шероховатости от продольной подачи. Для этого строим графически топографию поверхностей обработанных с подачами 0,02, 0,04 и 0,06 мм/рад.

Строим графики зависимости шероховатости от радиуса кривизны поверхности и величины подачи (рис. 4).

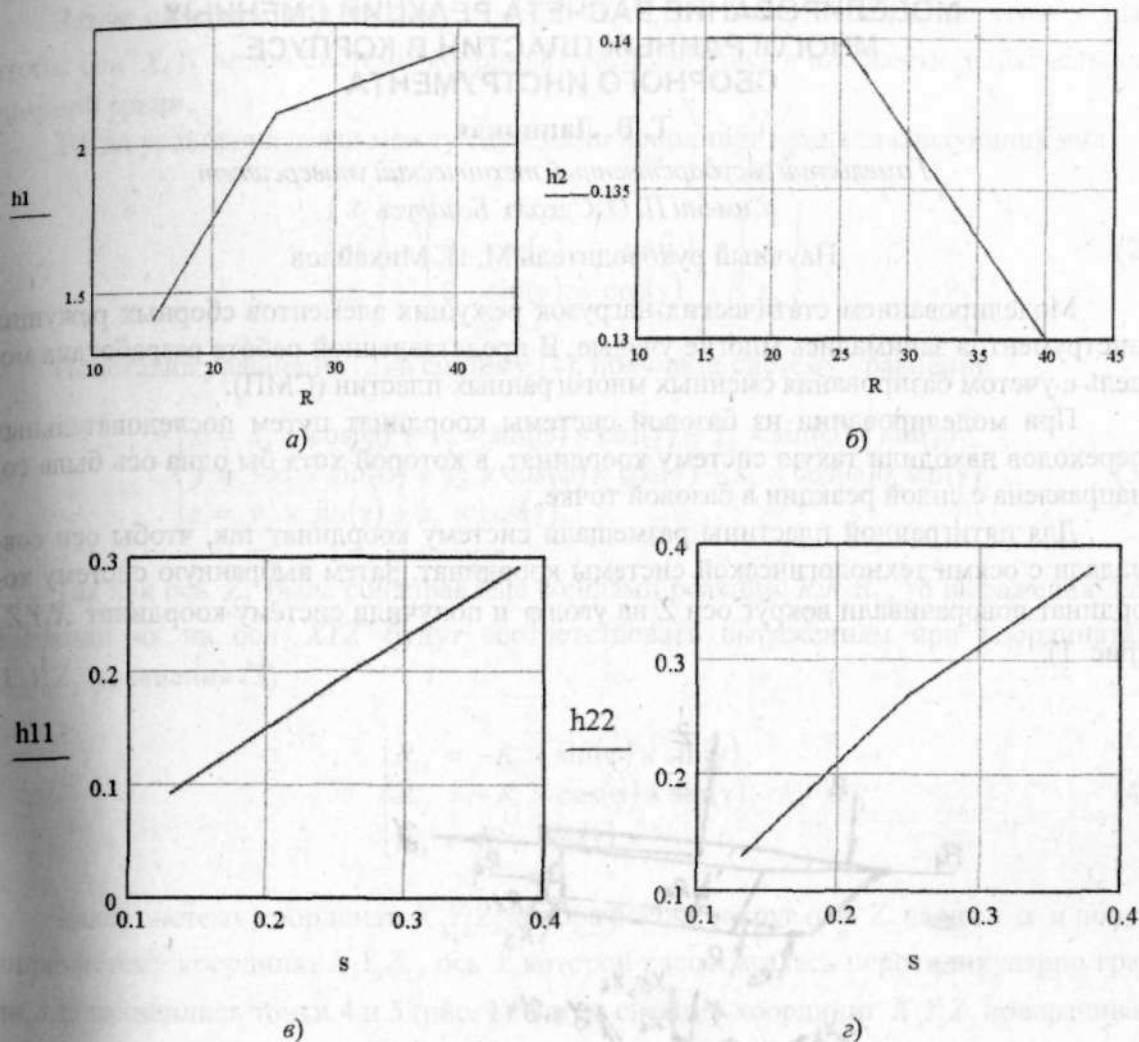


Рис. 4. Графики влияния радиуса поверхности и подачи на величину шероховатости:  
а, в – на периферии; б, г – в центре

Из графиков видно, что при увеличении радиуса фасонной поверхности шероховатость по центру фасонной поверхности незначительно уменьшается, а на боковых поверхностях увеличивается.

С увеличением подачи шероховатость на двух участках увеличивается по закону прямой пропорциональности.

При увеличении радиуса в 1,67 раза шероховатость на периферии участка увеличилась в 1,49 раза, а в центре осталась такой же. При дальнейшем увеличении радиуса в 2,67 раз шероховатость на периферии возросла в 1,65 раз, а в центре уменьшилась в 0,93 раза.

Увеличивая подачу в 2 раза, шероховатость на периферии участка возрастает в 2,11 раз, а в центре в 2,08 раз. Если увеличить подачу в 2,92 раза, то шероховатость на периферии увеличится в 3,22 раза, а в центре – в 2,92 раза.