

**Першина Д.В.**

Алтайский государственный технический университет  
Научный руководитель – В.Д. Гончаров, к.т.н., профессор

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ В ТРЁХ КООРДИНАТНОМ ИЗМЕРЕНИИ

Подготовка микропрофиля поверхности детали-основы перед напылением относится к числу важнейших факторов, определяющих прочность сцепления покрытия с основным металлом. Адгезия покрытия возникает под действием ряда механизмов, из которых определяющее значение для многих покрытий имеет механическое сцепление напыляемого материала с поверхностью детали-основы. Разработку методики управления процессом образования микропрофиля шероховатости поверхности проводилось на примере операции фрезерования. Известно, что при отсутствии нароста на обрабатываемой поверхности заготовки воспроизводится профиль инструмента. Причём чем выше скорость резания, тем более превалирует эффект геометрического копирования. Форма микронеровностей обработанной поверхности, образующихся при фрезеровании, определяется геометрической формой вершины зуба. На рисунке 1 нами представлены несколько видов геометрических профилей микронеровностей обработанной поверхности после фрезерной обработки.

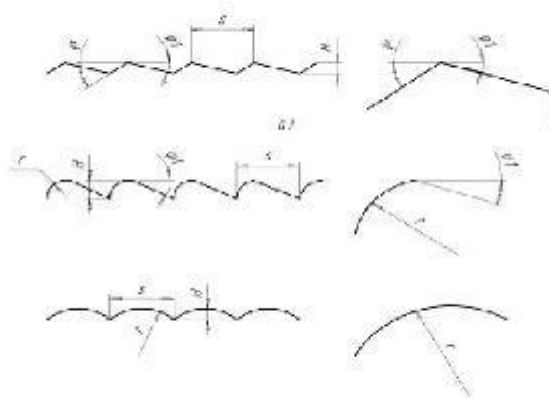


Рисунок 1. Виды геометрических профилей микронеровностей

При геометрическом копировании параметры шероховатости определяются профилем одиночной риски. Поэтому вместо базовой длины можно использовать величину подачи  $S$ . Алгоритм расчёта профиля риски заключается в следующем:

- 1) исходными данными является геометрия инструмента (углы в плане  $\varphi$  и  $\varphi_1$ , радиус закругления вершины зуба  $r$ ) и подача на один оборот фрезы  $S$ ;
- 2) задаётся шаг изменения координаты  $h$  вдоль оси детали  $x$ ;

- 3) рассчитываются координаты сопряжения профиля;  
 4) определяется вариант профиля и рассчитывается сам профиль.  
 Точки сопряжения микропрофиля определяются по формулам:

$$x_b = \frac{r}{\sqrt{1+1/\operatorname{tg}^2 \varphi_1}}; \quad (1)$$

$$y_b = r - \sqrt{r^2 - x_b^2}; \quad (2)$$

$$x_d = S - \frac{r}{\sqrt{1+1/\operatorname{tg}^2 \varphi}}; \quad (3)$$

$$y_d = r - \sqrt{r^2 - (x_d - S)^2}; \quad (4)$$

$$x_c = (y_d - y_b + x_d \operatorname{tg} \varphi + x_b \operatorname{tg} \varphi_1) / (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1). \quad (5)$$

где  $x_b$ ,  $y_b$ ,  $x_d$ ,  $y_d$ ,  $x_c$  – точки сопряжения микропрофиля поверхности при фрезеровании.

Для построения математической модели принято допущение, что покрытие гомогенно, контакт покрытия и профиля поверхности полный с равномерно распределённой толщиной напылённого слоя. Далее переходим на топографические схемы рельефа микропрофиля поверхности детали, и математическая модель строится в 3D. Изменяя подачу режущего инструмента и другие параметры режимы резания, можно значительно влиять на качество поверхностного слоя микропрофиля детали-основы. Получены аналитические выражения объёма и площади напыляемого слоя для микропрофиля поверхности детали в трёх координатном измерении в соответствии с формулами (6), (7), (8), (9), (10), (11).

1. После математических расчётов выведены аналитические выражения нахождения объёма и площади напыляемого слоя на микропрофиль детали-основы для полного профиля риски, которые имеют следующий вид:

$$S_n = \int_{x_c}^{x_{c1}} (y_d - (x - x_d) \times \operatorname{tg} \varphi + 2r - \sqrt{r^2 - (x - S)^2} - \sqrt{r^2 - x^2} + y_b + (x - x_b) \times \operatorname{tg} \varphi_1) dx; \quad (6)$$

$$V_n = \left( \int_{x_c}^{x_{c1}} (y_d - (x - x_d) \times \operatorname{tg} \varphi + 2r - \sqrt{r^2 - (x - S)^2} - \sqrt{r^2 - x^2} + y_b + (x - x_b) \times \operatorname{tg} \varphi_1) dx \right) \times L \times H. \quad (7)$$

где  $r$  – радиус при вершине резца, мм;  $\varphi$ ,  $\varphi_1$  – главные и вспомогательные углы в плане, рад;  $H$  – высота микропрофиля поверхности, мкм;  $L$  – длина рассматриваемого участка детали, мм.

2. Получены аналитические выражения площади и объёма напыляемого слоя на микропрофиль детали-основы для рисок, образованных в виде двух радиусных участков.

$$S_n = \int_{x_c}^{x_{c1}} (2r - \sqrt{r^2 - (x - S)^2} - \sqrt{r^2 - x^2}) dx; \quad (8)$$

$$V_n = \left( \int_{x_c}^{x_{c1}} (2r - \sqrt{r^2 - (x - S)^2} - \sqrt{r^2 - x^2}) dx \right) \times L \times H \quad (9)$$

3. Окончательные формулы для нахождения площади и объёма напыляемого слоя на микропрофиль детали-основы для рисок, образованных в виде двух радиусных и одного линейного участков.

$$S_n = \int_{x_c}^{x_{c1}} (2r - \sqrt{r^2 - x^2} + y_c + (x - x_c) \times \operatorname{tg} \varphi - \sqrt{r^2 - (x - S)^2}); \quad (10)$$

$$V_n = \left( \int_{x_c}^{x_{c1}} (2r - \sqrt{r^2 - x^2} + y_c + (x - x_c) \times \operatorname{tg} \varphi - \sqrt{r^2 - (x - S)^2}) \times L \times H \right). \quad (11)$$

В результате применения математического моделирования микропрофиля поверхности детали в трёх координатном измерении было установлено, что с помощью математической модели можно рассчитать объём и площадь напыляемого слоя покрытия на микропрофиль поверхности детали-основы. Параметры режимы резания оказывают существенное влияние на объём и площадь напыляемого слоя покрытия.