

С. Н. ЛАВРИНЕНКО, канд. техн. наук,

Г. В. КУЛИНИЧ, Харьков, Украина

М. С. САЗОНОВА, канд. физ.-мат наук, Днепропетровск, Украина

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОЩАДИ СРЕЗА РЕЖУЩИМИ КРОМКАМИ ЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ПОДАЧИ, ГЛУБИНЫ РЕЗАНИЯ И ГЕОМЕТРИИ ЛЕЗВИЯ

У статті представлено моделювання площі зрізу ріжучими кромками лезового інструменту залежно від величини подачі, глибини різання й геометрії леза.

В статье представлено моделирование площади среза режущими кромками лезвийного инструмента в зависимости от величины подачи, глубины резания и геометрии лезвия.

The increasing of contact length of cutting tool edges with change of its cutting part geometry and parameters of cutting essentially influence growth of deformation loadings and size of friction force, and also on increase in a level of arising temperatures accompanying these phenomenon in various points of a contact zone. This article is devoted to modelling and calculation area of cut by the cutting edges for single-point and radius tools depending on feed value and cutting depth.

Величина площади среза режущей кромкой лезвийного инструмента в значительной мере влияет на деформационные напряжения и силы, возникающие в процессе резания [1]. Правильный выбор материала режущего инструмента и его геометрии, а так же таких параметров режима резания, как подача и глубина, позволяют получать стружку с заранее прогнозируемыми параметрами [2, 3, 4], что особенно важно при обработке живой костной ткани. Также появляется возможность более точного анализа пространственного расположения точек приложения нагрузок, действующих на режущую кромку, что важно для проектирования прецизионного лезвийного инструмента.

Целью данной работы является сравнение различных моделей формообразования микропрофиля обработанной поверхности в зависимости от геометрической формы проекций режущей кромки инструмента на основную плоскость. В упрощенной модели рассматриваются две схемы формирования сечения среза. Первая схема предполагает наличие криволинейной режущей кромки с радиусом

различной величины (радиусный инструмент). Вторая схема рассматривает режущий клин, радиус закругления вершины которого настолько мал, что им можно пренебречь (островершинный инструмент). На рис. 1 изображена расчетная схема для определения площади среза радиусной режущей кромкой лезвийного инструмента.

Приведенная расчетная схема соответствует обработке при торцевом фрезеровании фрезой или резцовой головкой оснащенной вставными ножами с криволинейной режущей кромкой. При этом изображены два последовательных положения контура режущей кромки.

Помещаем начало координат в центр первой проекции зуба, то есть в точку O.

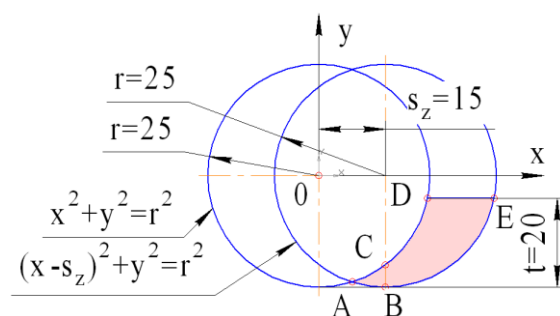


Рисунок 1 – Расчетная схема для определения площади среза радиусной режущей кромкой инструмента

Окружность, которая соответствует криволинейной режущей кромке зуба, находящегося в данном положении, описывается уравнением:

$$x^2 + y^2 = r^2, \quad (1)$$

где: r – радиус кривизны режущей кромки (радиус при вершине), мкм.

Уравнение окружности, соответствующее режущей кромке следующей проекции зуба, может быть записано с учетом подачи на зуб:

$$(x - s_z)^2 + y^2 = r^2, \quad (2)$$

где: s_z – подача на зуб, мкм/зуб; r – радиус кривизны режущей кромки (радиус при вершине), мкм.

Расстояние между центрами окружностей равно величине подачи на зуб. Значение подачи на зуб, радиуса кривизны режущей кромки и глубины резания принимаем произвольно: $s_z=15$ мкм/зуб; $t=20$ мкм; $r=25$ мкм.

Исходя из расчетной схемы, координаты характерных точек будут следующими:

$$A\left(\frac{s_z}{2}; -\sqrt{r^2 - \frac{s_z^2}{4}}\right); B(s_z; -r); C\left(s_z; -\sqrt{r^2 - s_z^2}\right)$$

$$D\left(\sqrt{r^2 - (t-r)^2}; t-r\right); E\left(s_z + \sqrt{r^2 - (t-r)^2}; t-r\right).$$

Для определения площади среза необходимо проинтегрировать уравнения (1) и (2) вдоль оси OX, разбивая область интегрирования на две части: от точки А до точки D и от точки D до точки E. Таким образом, получим выражение:

$$\int_{x_A}^{x_D} (y_{AD} - y_{AE}) dx + \int_{x_D}^{x_E} (t - r - y_{AE}) dx = S_{Cp} \quad (3)$$

Проинтегрировав выражение (3), получаем возможность точного определения значения площади среза в зависимости от подачи, глубины резания и радиуса кривизны режущей кромки. На рис. 2 изображен график зависимости площади среза от величины подачи на зуб, глубины резания и величины радиуса режущей кромки.

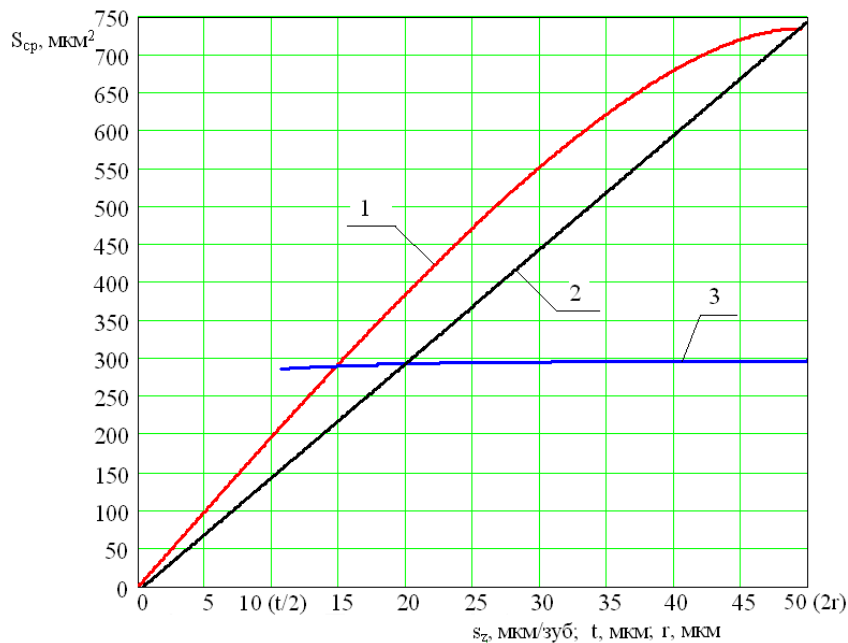


Рисунок 2 – Зависимость площади сечения среза для радиусного инструмента от подачи на зуб, глубины резания и величины радиуса режущей кромки:

1 – Зависимость площади сечения среза от подачи на зуб; 2 – зависимость площади сечения среза от глубины резания; 3 – зависимость площади сечения от величины радиуса режущей кромки.

На начальном участке кривая 1 близка к прямой линии, что указывает на прямопропорциональную зависимость площади среза от

величины подачи, а далее влияние подачи на зуб постепенно снижается. При достижении значения величины подачи $s_z=2r$, площадь среза радиусной режущей кромкой достигает своего максимума и при дальнейшем увеличении подачи не изменяется. При этом глубина впадин достигает значения глубины резания, что является приемлемым во время нарезания круглой резьбы радиусным резцом или при обработке других сложных криволинейных поверхностей.

График зависимости площади среза от глубины резания представляет собой прямопропорциональную зависимость. Глубина резания, при которой площадь среза равна нулю, численно равна высоте микронеровностей. Площадь среза достигает своего максимума при значении глубины резания $t=2r$.

Кривая, описывающая зависимость площади среза от величины радиуса кривизны режущей кромки, начинается в точке, в которой значение радиуса закругления режущей кромки достигает величины, равной половине значения глубины резания.

На рис. 3 изображена расчетная схема для определения площади среза островершинным резцом. Эта схема предполагает отсутствие радиуса при вершине резца или такую его величину, которой можно пренебречь.

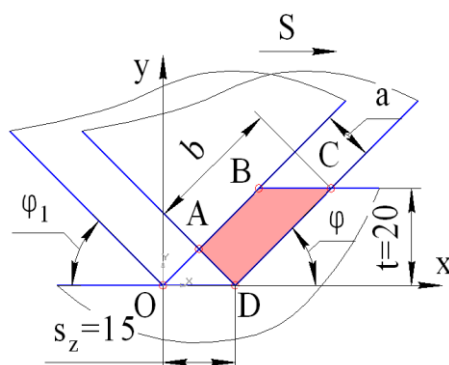


Рисунок 3 – Расчетная схема для определения площади сечения среза островершинным резцом

Контур, замкнутый точками OBCDO, образован наложением на плоскость чертежа двух последовательных положений первого и второго зуба фрезы и представляет собой номинальное поперечное сечение среза S_n . Контур OAD не срезается и остается на поверхности детали в виде гребешков микронеровностей. Этот контур называется остаточным сечением стружки S_Δ [1,3].

Площадь номинального сечения среза рассчитывается по формуле:

$$S_H = s_Z \cdot t \quad \text{мкм}^2 \quad (4)$$

Исходя из расчетной схемы, представленной на рис. 3, площадь остаточного сечения определяется по формуле:

$$S_{\Delta} = \frac{a \cdot OA}{2} = \frac{s_Z^2 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{2} \quad \text{мкм}^2, \quad (5)$$

где: a – толщина среза, мкм; φ – главный угол в плане, град.; φ_1 – вспомогательный угол в плане, град.

Графики зависимостей площади остаточного и действительного сечения среза от подачи на зуб и глубины резания изображены на рис. 4. Действительная площадь среза, соответствующая контуру ABCD и рассчитывается по формуле:

$$S_D = S_H - S_{\Delta} = s_Z \cdot t - \frac{s_Z^2 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{2} \quad \text{мкм}^2 \quad (6)$$

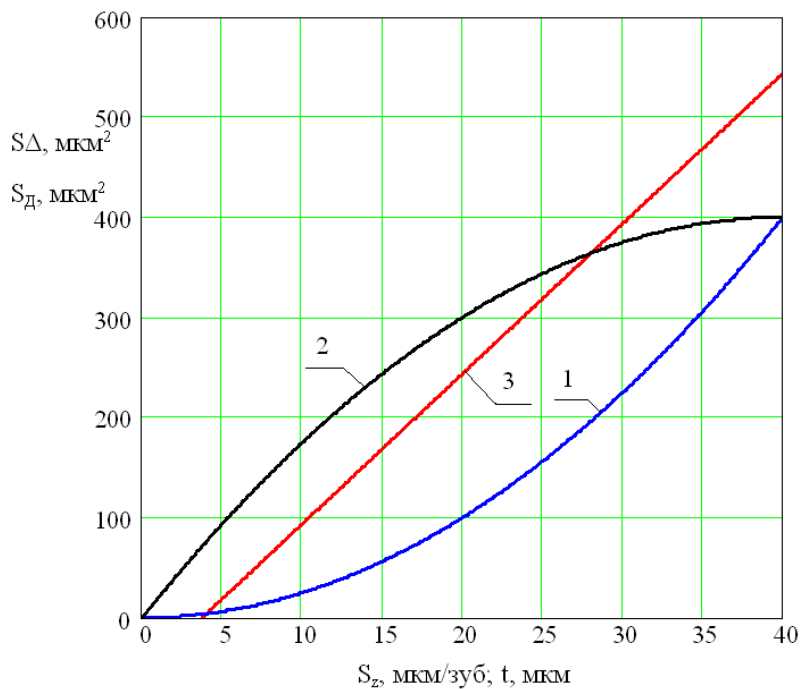


Рисунок 4 – Зависимость площади сечения среза от параметров резания:

- 1 – зависимость площади остаточного сечения среза от подачи на зуб;
- 2 – зависимость площади действительного сечения среза от подачи на зуб;
- 3 – зависимость площади действительного сечения среза от глубины резания.

Кривые 1 и 2 на рис. 4 выходят из начала системы координат и совпадают в конечных точках. При этом подача на зуб достигает такого

значения, при котором площадь остаточного и действительного сечения среза становятся численно равными между собой. При этом глубина впадин, которые оставляет режущий инструмент, будет равной величине глубины резания. Очевидно, что это происходит при нарезании резьбы резьбовым резцом или при обработке других сложных фасонных поверхностей. Как видно из кривой 3 графика, представленного на рис. 4, действительное сечение среза равно нулю при таком значении величины глубины резания, при котором площадь номинального сечения среза будет равна площади остаточного сечения среза.

Выводы:

1. Создана модель для расчета площади сечения среза режущими кромками лезвийного инструмента в зависимости от величины подачи на зуб, глубины резания и геометрии лезвия, которая позволяет количественно оценивать степень влияния параметров режима резания и геометрическую форму режущей кромки на величину площади сечения среза, определять положение точек приложения силы резания и прогнозировать параметры формируемой стружки.

2. Следует отметить, что при одинаковых постоянных заданных параметрах режима резания площадь действительного сечения среза для радиусного инструмента будет заметно больше площади действительного сечения среза для островершинного инструмента.

3. На величину площади сечения среза в большей степени влияет изменение параметров режима резания, а величина радиуса закругления режущей кромки влияет в меньшей степени.

Список литературы: 1. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с. 2. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. М.: «Машиностроение», 1975.- 457 с. 3. Штур Г., Штеферле Т. Справочник по технологии резания металлов в 2-х том./ Пер. с нем. В. Ф. Колотенкова и др.; Под ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1985. – 616 с. 4. Кундрак Я. Интенсивность износа и стойкость резцов из ПСТМ при растачивании закаленных сталей // Резание и инструмент в технологических системах. Сб. научн. тр. Вып. 53, С. 93-99, 1999. 5. Кувшинский В.В. Фрезерование. М.: «Машиностроение», 1977. – 240 с.