

УДК: 621.9.011: 536.24

ПЛОЩАДЬ СЕЧЕНИЯ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ФРЕЗОЙ С ВОЛНИСТОЙ ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Ли Кай

*Магистрант кафедры МТ2 «Инструментальная техника и технологии» МГТУ им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Виноградов Д.В., кандидат технических наук, доцент кафедры «Инструментальная техника и технологии». МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Концевые фрезы применяются на горизонтально-фрезерных станках при обработке плоскостей. Они могут быть с винтовыми и прямыми зубьями. Фрезы с винтовыми зубьями работают плавно, и они широко применяются на производстве. Фрезы с прямыми зубьями используются лишь для обработки узких плоскостей, где преимущества фрез с винтовым зубом не оказывают большого влияния на процесс резания. Фрезы с прямыми зубьями применяются при фрезеровании фасонных поверхностей и нешироких пазов. Их основной недостаток – низкая равномерность фрезерования вследствие того, что каждый зуб врезается в материал и выходит из него сразу по всей ширине; при небольшой глубине резания работа такой фрезы сопровождается вибрацией и низкой величиной равномерностью фрезерования.

Известны конструкции фрез, у которых режущая кромка наклонена на переменный угол ω . Это достигается за счет изготовления волнистой передней поверхности. Предполагается, что такие фрезы могут обеспечить повышение равномерности фрезерования концевыми фрезами. В научной литературе имеются сведения о сечении срезаемого слоя при встречном и попутном фрезеровании, например [1, 2], но работ про сечение срезаемого слоя для фрез с волнистой передней поверхностью автор не обнаружил. Решение вопроса о площади сечения слоя, срезаемого такими фрезами является актуальной поскольку позволит оптимизировать конструктивные параметры фрез и увеличить производительность фрезерования.

Волнистая режущая кромка была смоделирована как косинусоида, наклоненная к оси фрезы на базовый угол наклона ω . Важнейшими параметрами, влияющими на площадь сечения, является угла наклона ω , угол контакта ψ и уравнение винтовой линии (амплитуда и шаг). Они в наибольшей степени влияют на площадь сечения при фрезеровании фрезой с волнистой передней поверхностью.

Площадь поперечного сечения среза для фрез с винтовым зубом можно определить по выражению [3, 4].

$$F = \frac{d * s_z}{2 \sin(\omega)} (\cos(\psi_1) - \cos(\psi_2)),$$

где d – диаметр фрезы, мм; s_z – подача на зуб, мм/зуб; ψ_1 и ψ_2 – начальный и конечный углы контакта фрезы с заготовкой.

Уравнение косинусоиды:

$$y_i = A * \cos\left(\frac{4\pi^2 * \psi_2}{P * \sin(\omega) * 360^\circ} + \varphi\right)$$

где a – амплитуда изменения режущей кромки, P – шаг косинусоиды, φ – угол сдвига фазы косинусоид на соседних зубьях.

Окончательное выражение для расчета площади сечения срезаемого слоя:

$$F = \frac{d * s_z}{2 \sin(\omega)} \left(\cos\left(\psi_1 + \frac{A * \cos\left(\frac{4\pi^2 * \psi_2}{P * \sin(\omega)} + \varphi\right)}{\pi * d}\right) - \cos\left(\psi_2 + \frac{A * \cos\left(\frac{4\pi^2 * \psi_2}{P * \sin(\omega)} + \varphi\right)}{\pi * d}\right) \right)$$

Для расчета выбрали диаметр фрезы $d = 50 \text{ mm}$, глубину резания $t = d/2$, подачу $S_z = 0,3 \text{ мм/зуб}$, длину обработки $ap = 100 \text{ mm}$, базовый угол наклона $\omega = 30^\circ$.

При помощи пакета Mathcad рассчитали площадь и построили зависимость площади угла контакта (при повороте фрезы) при $\omega = 30^\circ$ и винтовой передней поверхностью для одного зуба (рис. 1.)

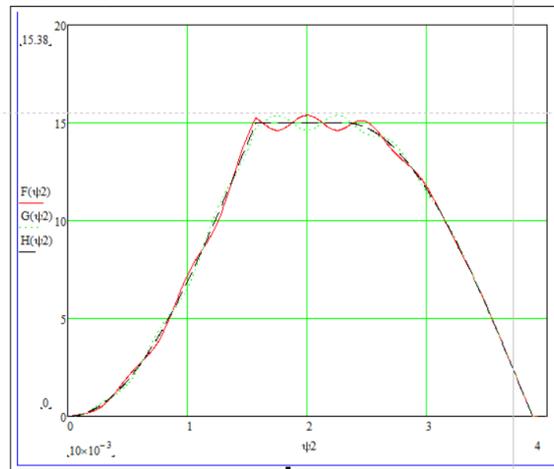


Рис. 1. Зависимость площади от угла контакта для однозубой фрезы

Затем построили зависимость площади от угла контакта для 6 зубьев и суммарной площади (рис. 2.).

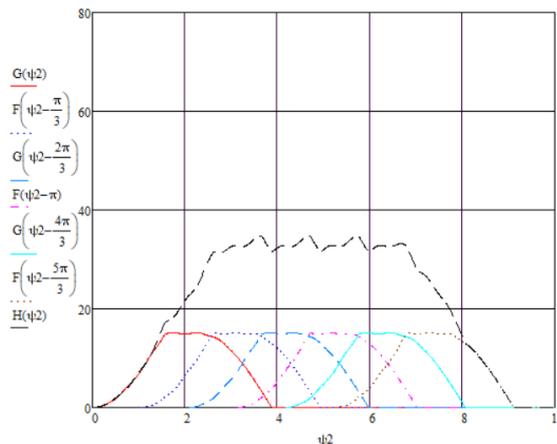


Рис. 2. Зависимость суммарной площади от угла контакта для 6 зубьев

Полученные результаты были проверены с использованием 3-D модели фрезы и модели срезаемого слоя. Проверка показала адекватность использованных формул.

Вывод. Разработан математический аппарат для расчета площади сечения срезаемого слоя, что позволит в дальнейшем определить оптимальные конструктивные параметры фрез с волнистой передней поверхностью.

Литература:

1. Матасова Е.Ю., Виноградов Д.В. Корректировка подачи при фрезеровании криволинейных поверхностей / Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2019. № 10 (715). С. 14-24.
2. Тихонова А.А., Виноградов Д.В. Геометрическая шероховатость при попутном и встречном фрезеровании / Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2011. № 11. С. 68-71.
3. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов.—М.: Высш. шк., 1985,— 304 с, ил.