

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ ПРИ ВИХРЕВОЙ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Д. В. Никитенко

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

Научный руководитель М. И. Михайлов, д-р техн. наук, доцент

Основные параметры срезаемого слоя для любого вида лезвийной обработки – его толщина, ширина и длина. Анализу длины срезаемого слоя при вихревой обработке посвящены отдельные работы [1], [2]. При этом формулы для вычисления длины срезаемого слоя, предлагаемые в этих работах, являются приближенными, так как при выводе формул реальную пространственную траекторию движения точки режущей кромки заменяли плоской кривой. Так, в работе [1] в качестве траектории результирующего движения резания принята дуга окружности, а в работе [2] – удлиненная эпициклоида при встречном фрезеровании и удлиненная гипоциклоида – при попутном фрезеровании.

Используя данные работы [3], параметрические уравнения, описывающие траекторию движения точки вершины резца (верхние знаки соответствуют встречному фрезерованию, нижние попутному), имеют вид

$$\begin{aligned}x(\omega) &= \pm R_a (\sin m\omega \sin \omega \cos \varepsilon - \cos m\omega \cos \omega) - a \cos \omega; \\y(\omega) &= \pm R_a (\sin m\omega \cos \omega \cos \varepsilon \pm \cos m\omega \cos \omega) - a \sin \omega; \\z(\omega) &= R_a \sin m\omega \sin \varepsilon - \omega p,\end{aligned}\tag{1}$$

где R_a – радиус вершин зубьев инструментальной головки; ε – угол наклона инструментальной головки; a – кратчайшее расстояние между осями заготовки и инструментальной головки; p – винтовой параметр поверхности с шагом P ; ω – угол поворота заготовки; m – относительная частота вращения.

Длина дуги между точками 1 и 2 при встречном фрезеровании (рис. 1, а) и точками 3 и 1 при попутном фрезеровании (рис. 1, б) является длиной срезаемого слоя, которая определяется по формуле

$$L = \int_{\omega_n}^{\omega_k} \sqrt{\frac{dx^2}{d\omega} + \frac{dy^2}{d\omega} + \frac{dz^2}{d\omega}} d\omega = \int_{\omega_n}^{\omega_k} \sqrt{A \cos^2 m\omega + B \cos m\omega + C} d\omega;\tag{2}$$

$$A = R_a^2 \sin^2 \varepsilon;$$

$$B = 2R_a (a(1 \pm m \cos \varepsilon) - m p \sin \varepsilon);$$

$$C = R_a^2 (\cos \varepsilon (\cos \varepsilon \pm 2m) + m^2) + a^2 + p^2.$$

Для практических целей удобно не вычислять интеграл (2), а воспользоваться первой теоремой о среднем. Тогда длина срезаемого слоя равна:

$$L = \frac{F(\omega_k) + F(\omega_n)}{2} (\omega_k - \omega_n);\tag{3}$$

где $F(\omega) = \sqrt{A \cos^2 m\omega + B \cos m\omega + C}$.

Для вычисления начального (попутное фрезерование) и конечного (встречное фрезерование) значений параметра ω в точках 3 и 2 запишем уравнение

$$x(\omega)^2 + y(\omega)^2 = r^2, \quad (4)$$

где r – радиус наружной поверхности детали.

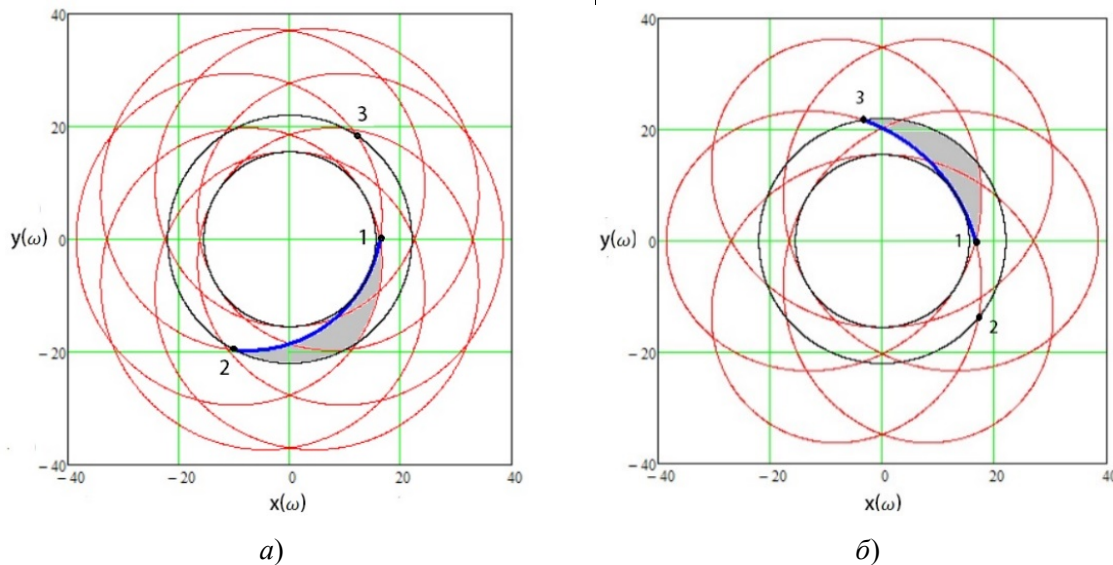


Рис. 1. Срезаемый слой при вихревом фрезеровании:
 а – встречное фрезерование; б – попутное фрезерование

После подстановки в формулу (4) уравнений из (1) и упрощения выражения для встречного и попутного фрезерования получаем:

$$R_a^2 \sin^2 \epsilon \cos^2 m\omega + 2aR_a \cos m\omega + a^2 + R_a^2 \cos^2 \epsilon = r^2. \quad (5)$$

При $\epsilon = 0$ получаем:

$$\omega = \frac{1}{m} \left(\pm \arccos \left(\frac{a^2 + R_a^2 - r^2}{2aR_a} \right) + \pi(2k+1) \right), \quad k \in Z. \quad (6)$$

При $\epsilon \neq 0$ получаем:

$$\omega = \frac{1}{m} \left(\pm \arccos \left(\frac{a - \sqrt{\cos^2 \epsilon (a^2 - R_a^2 \sin^2 \epsilon) + r^2 \sin^2 \epsilon}}{R_a \sin^2 \epsilon} \right) + \pi(2k+1) \right), \quad k \in Z. \quad (7)$$

Уравнение (5) имеет еще два корня, однако у них комплексные значения. В уравнениях (6) и (7) знак минус соответствует входу рассматриваемой точки режущей кромки инструмента в обрабатываемой детали (точка 3), знак плюс – выходу (точка 2). Параметр k определяет номер прохода (оборота) инструмента и может

принимать любые значения из ряда целых чисел, однако каждое из уравнений (1) имеет только m различных решений, столько же значений принимает параметр k .

Для вычисления начального (встречное фрезерование) и конечного (попутное фрезерование) значений параметра ω в точке l необходимо решить трансцендентное уравнение $Y(\omega) = 0$, или воспользоваться приближенным его решением из работы [4] (верхние знаки соответствуют встречному фрезерованию, нижние попутному):

$$\omega = \omega_0 - R;$$

$$\omega_0 = \frac{\pi(2m \mp 1)}{2m^2}, \quad D = \cos^2 \frac{\varepsilon}{2}, \quad E = \sin^2 \frac{\varepsilon}{2}.$$

Так, например, при вихревом фрезеровании резьбы ходового винта токарного станка с шагом 12 мм ($r = 22$ мм, $R_a = 27$ мм, $m = 60$, $\varepsilon = 7^\circ$, $a = 11,5$ мм, $k = 0$) длина срезаемого слоя, рассчитанная по формуле (2), составляет: для встречного фрезерования $L = 26,2$ мм; для попутного фрезерования $L = 25,7$ мм.

Литература

1. Виксман, Е. С. Скоростное нарезание резьб и червяков: (вихревое нарезание вращающимися резцами) / Е. С. Виксман. – М. : Машиностроение, 1966. – 91 с.
2. Емелик, М. И. Кинематика охватывающего фрезерования / М. И. Емелик // Вестн. машиностроения. – 1958. – № 8. – С. 47–50.
3. Никитенко, Д. В. Толщина срезаемого слоя при внутреннем фрезеровании винтовых поверхностей трапецеидального профиля / Д. В. Никитенко, М. И. Михайлов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2021. – № 1. – С. 25–32.
4. Михайлов, М. И. Расчет величины огранки при вихревом фрезеровании цилиндрических поверхностей / М. И. Михайлов, Д. В. Никитенко, В. И. Кузьмич // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2017. – № 4. – С. 3–9.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЧНОСТЬ

О. А. Лапко

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

Научный руководитель М. И. Михайлов, д-р техн. наук, профессор

Полимеры в машиностроении играют важную роль. Применение полимеров в узлах машин дает снижение себестоимости, повышение долговечности, особенно, когда в узлах используются дорогостоящие материалы. Изучению свойств полимеров и композиций на их основе с целью определения путей их оптимального использования в качестве покрытий посвящен целый ряд научных исследований [1]–[3].

Анализ работ [1]–[3], посвященных исследованию свойств полимеров, показывает, что значительная часть полимеров при определенных условиях эксплуатации может быть применена для создания материалов различного назначения. При этом для каждого конкретного случая эксплуатации требуются полимерные материалы с заданными физико-механическими и технологическими свойствами.

Эпоксидные смолы обладают спектром высоких физико-механических свойств, однако некоторые их свойства далеки от требуемых. В частности, эпоксидные смолы хрупки и недостаточно эластичны. Чтобы решить эту проблему, был получен композиционный материал из модифицированной эпоксидной смолы с добавлением наполнителя.