

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА АППРОКСИМАЦИИ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Савельев К.Э., Якуняшин К.В.

*Самарский национально исследовательский университета
имени академика С.П. Королёва, г. Самара*

Ключевые слова: режимы резания, сплайн, аппроксимация, траектория, усилия резания, моделирование.

Аннотация. В статье рассмотрено влияние способа задания движения на процесс механической обработки. Были проведены расчёты методом конечных элементов по влиянию типа аппроксимации на усилия резания.

В современном машиностроении обработка криволинейных и скульптурных поверхностей осуществляется при помощи двух принципиально разных подходов к построению траектории движения инструмента – линейному и сплайновому.

Сплайн – функция, разбитая на конечное количество сегментов, на каждом из которых она совпадает с полиномом порядка n . Степенью сплайна называется максимальная степень полинома, т.е. сплайн является кусочно заданной функцией.

При линейной интерполяции траектория движения инструмента преобразуется в кусочно-ломанную кривую, внутри каждого прямолинейного сегмента которой размещены участки разгона, движения с постоянной скоростью и торможения, вследствие чего система ЧПУ снижает фактическую подачу инструмента. При сплайновой аппроксимации за счет более гладкого профиля траектории, станок осуществляет перемещение инструмента без существенного уменьшения подачи, за счет чего достигается более высокая скорость обработки и гладкость результирующей поверхности в сравнении с линейной аппроксимацией той же степени точности отклонения от номинального контура. Также при линейной интерполяции во время механической обработки глубина резания переменная. При сплайновой аппроксимации, напротив, снимается равномерный припуск.

Каждая составляющая режима резания (подача, глубина и скорость резания) оказывает влияние на усилия резания. А усилия резания, в свою очередь, влияют на возникновение остаточных напряжений и изменение их величины, глубины залегания и знака [1]. Поэтому необходимо обеспечить постоянство режимов резания во время обработки.

В данном исследовании рассматривается влияние типа аппроксимации на распределение, величину и флуктуации составляющих сил резания.

Сплайновые траектории движения

В данном исследовании сплайновая траектория движения инструмента, полученная в САМ системе, была преобразована в параметрические полиномы 3-го порядка (1)(2)(3).

$$x(t) = A_x \times t^3 + B_x \times t^2 + C_x \times t + D_x, \quad (1)$$

$$y(t) = A_y \times t^3 + B_y \times t^2 + C_y \times t + D_y, \quad (2)$$

$$z(t) = A_z \times t^3 + B_z \times t^2 + C_z \times t + D_z, \quad (3)$$

где D_x, D_y, D_z – координаты последней точки сплайна $A_x, B_x, C_x, A_y, B_y, C_y, A_z, B_z, C_z$; t – параметр, $0 < t < 1$

Расчёт коэффициентов основан на упрощенном алгоритме расчёта коэффициентов полиномов пример для оси X (4)-(7). Аппроксимируемая кривая разбивается на сегменты (рисунок 1), которые в свою очередь разбиваются на 3 равных участка. Подставляя в (4)-(7) координаты этих точек, рассчитываются соответствующие коэффициенты.

$$X(0) = D_x, \quad (4)$$

$$X(1) = D_x + A_x + B_x + C_x, \quad (5)$$

$$X(2/3) = D_x + (2/3)^2 A_x + (2/3)^2 B_x + (2/3) C_x, \quad (6)$$

$$X(1/3) = D_x + (1/3)^2 A_x + (1/3)^2 B_x + (1/3) C_x. \quad (7)$$

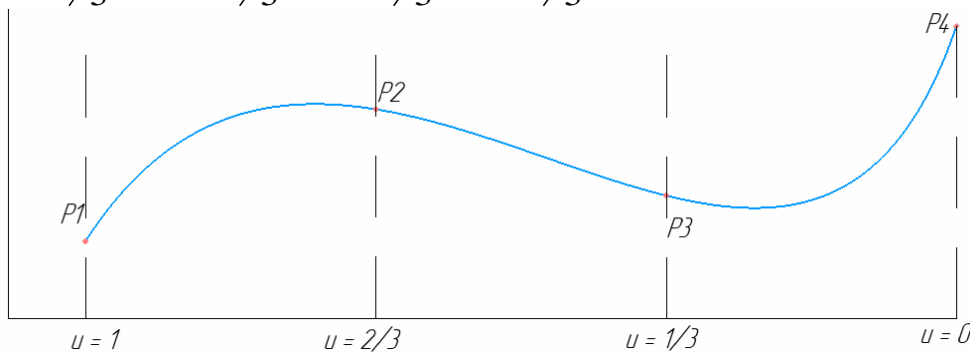


Рис. 1. Участок аппроксимируемой кривой

Моделирование процессов резания приобретает всё большее значение в последнее время. Численные модели важны для понимания процессов, сопровождающих процесс резания, сокращения экспериментальных испытаний, проводимых для оптимизации процесса резания посредством подбора оптимальных параметров, таких как геометрия инструмента, режимы резания, материал инструмента и др. Это позволяет спрогнозировать деформации, напряжения, силы резания, качество обрабатываемой поверхности при обработке.

Моделирование процесса резания проводилось в программном обеспечении DEFORM. Моделировались два способа задания движения – сплайновая аппроксимация и линейная. Модели заготовки и инструмента представлены на рисунке 2. Модель инструмента рассматривается как жёсткое тело, а заготовки – пластичное. В качестве инструмента была использована монолитная сферическая фреза $\varnothing 10$ мм. Заготовка имеет форму сегмента вала $\varnothing 35$ мм.

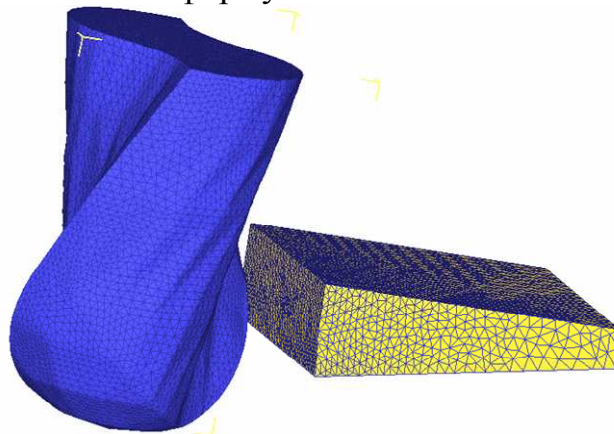


Рис. 2. Конечноэлементная модель процесса резания

Режимы резания принимались $S=0,075$ мм/зуб, $n=4000$ об/мин, $t=0,5$ мм. В качестве критерия разрушения материала принят критерий разрушения Кокрофта – Лейтема. Особенностью задания данного критерия является выбор его критической величины, при достижении которой происходит разрушение [2]. Температура инструмента и заготовки принята равной 20°C . Постоянный коэффициент трения между инструментом и заготовкой - 0,12. Теплообмен с окружающей средой не учитывается. Были получены графики изменения силы резания (рисунок 3).

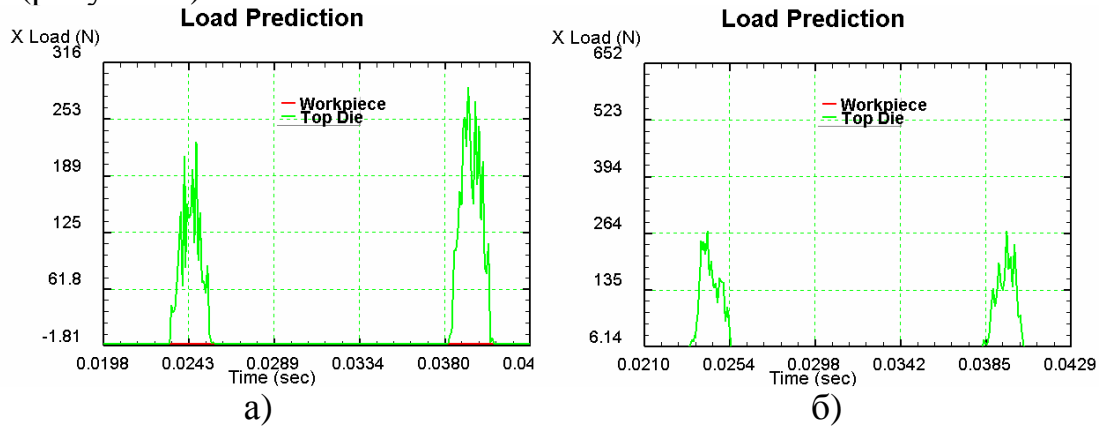


Рис. 3. Зависимость составляющей усилий резания по оси X: а – силы резания при линейной аппроксимации, б – при сплайновой траектории движения

Результаты моделирования позволяют сделать следующие выводы. При изменении способа задания движения изменяются усилия резания при обработке. Это происходит из-за того, что при линейной аппроксимации обработка криволинейных поверхностей происходит по линейной траектории. Глубина резания в таком случае переменна. При каждом врезании зуба при линейной аппроксимации усилия резания непостоянны, а их максимальная величина больше величины усилий резания при сплайновой аппроксимации, при которой глубина резания постоянна. Соответственно, усилия резания при сплайновой аппроксимации также будут постоянны при каждом врезании зуба.

Список литературы

1. Кравченко Б.А. Силы, остаточные напряжения и трение при резании металлов. – Куйбышев: Изд-во Куйбышевское книжное издательство, 1962. – 179 с.
2. Понятов, Д.С. Исследование и моделирование процессов фрезерования титановых сплавов с применением специальных критериев разрушения материала. – Самара: Самарский национальный исследовательский университет, 2017.

Сведения об авторах:

Савельев Константин Эдуардович – магистрант, Самарский университет, г.Самара;

Якунышин Константин Владимирович – магистрант, Самарский университет, г.Самара.

INFLUENCE OF THE TOOL PATH APPROXIMATION METHOD ON THE DISTRIBUTION OF FORCES DURING MILLING

Savelyev K.E., Yakunyashin K.V.

Keywords: cutting conditions, spline, approximation, trajectory, cutting forces, modeling.

Abstract. The article describes the influence of the method of setting the movement on the process of machining. Finite element calculations were carried out on the effect of the type of approximation on cutting forces.