

ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОСЛЕ ФРЕЗЕРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАДРАТИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СЕРЕНДИПОВА СЕМЕЙСТВА И Z-БУФЕРА

Куц М.С., Чиркин А.В.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

Ключевые слова: шероховатость, моделирование поверхности.

Аннотация. В статье рассмотрен подход к моделированию шероховатой поверхности, который позволяет получить математическое описание поверхности после фрезерования. Подход предполагает разделение следа инструмента на квадратичные элементы серендипова семейства, с дальнейшим определением координаты z поверхности с помощью аппроксимации по элементу. Далее координата заносится в буфер глубины (z -буфер), после чего полученную фрезерованную поверхность можно описать линейными элементами. Предлагаемый подход позволяет уменьшить количество используемых элементов при сохранении точности аппроксимации.

AN APPROACH FOR MODELLING OF ROUGH SURFACE AFTER MILLING USING QUADRATIC SERENDIPITY ELEMENTS AND Z-BUFFER

Kuts M.S., Chirkin A.V.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Keywords: roughness, surface modeling.

Abstract. The article considers an approach to modeling a rough surface, which allows to obtain a mathematical description of the surface after milling. The approach involves dividing the tool trace into quadratic elements of the Serendipity family, with further determination of the z coordinate of the surface using element approximation. Then, the coordinate is entered into the depth buffer (z -buffer), after which the surface obtained by milling can be described by linear elements. The proposed approach makes it possible to reduce the number of elements used while maintaining the accuracy of the approximation.

В настоящее время повышаются требования к точности технологических машин: станков, промышленных роботов, контрольно-измерительных машин. Для удовлетворения этих требований зачастую необходимо моделировать эти машины на этапе проектирования. Одна из задач при моделировании технологических машин – это моделирование поведения стыков её деталей (например, при решении задач динамики, см. [1]).

Для моделирования поведения стыков существует много методов, один из которых – создание репрезентативной ячейки контактного слоя [2]. Для использования этого метода необходимо задать геометрию соприкасающихся поверхностей с учётом микронеровностей.

В данной статье рассматривается подход к моделированию фрезерованной поверхности с помощью квадратичных элементов серендипова

семейства [3], которые используются в методе конечных элементов. Данный подход можно отнести к имитационным, использующим буфер глубины. Основное его отличие от существующих заключается в том, что он задействует не линейные, а квадратичные элементы для описания поверхности. При этом квадратичные элементы используются для вычисления координаты Z следа режущей кромки.

Блок-схема алгоритма, применённого в методе, представлена на рисунке 1.

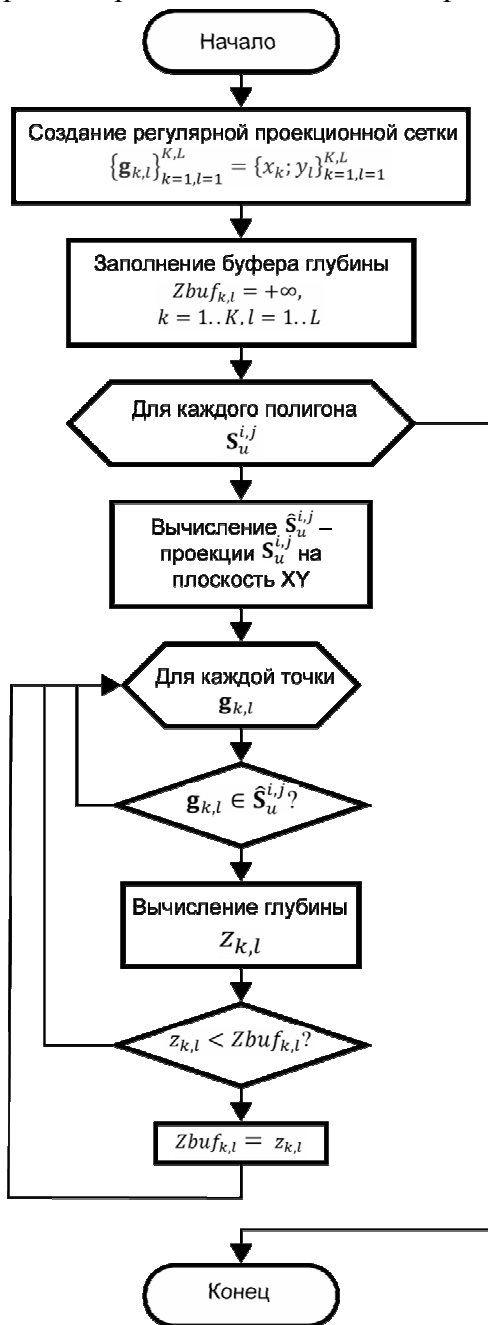


Рис. 1. Блок-схема алгоритма моделирования поверхности

В схеме применены следующие обозначения: g – вектор, содержащий координаты точки проекционной сетки; k, l – номера точек вдоль осей x, y соответственно; K, L – количество точек сетки вдоль осей x, y соответственно; Z_{buf} – матрица, содержащая координату z проекционных точек; $S_u^{i,j}$ – матрица, состоящая из координат точек, которые входят в полигон (след инструмента разбит на полигоны). Каждый полигон описывается 8 точками, благодаря чему его можно описать как квадратичный элемент серендипова семейства.

Основная идея алгоритма следующая: для каждой точки проекционной сетки находим полигоны, которым она принадлежит, и вычисляем координату z точки в этих полигонах с помощью функции формы. Наименьшая координата и будет высотой искомой точки поверхности.

Поверхность фрезерования, построенная этим методом, представлена на рисунке 2. Для моделирования были заданы следующие параметры: скорость фрезы – 500 мм/мин; частота вращения – 120 об/мин; шаг винтовой линии на фрезе – 30 мм; длина фрезы – 15 мм, диаметр фрезы – 20 мм.

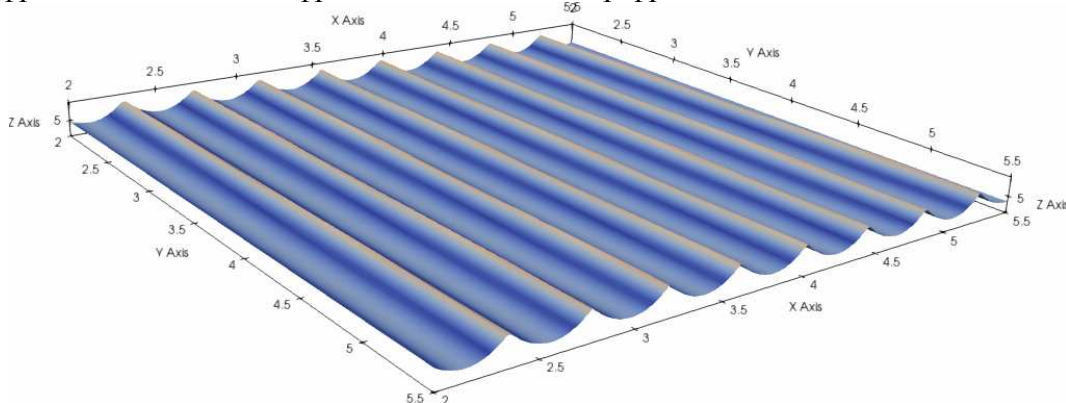


Рис. 2. Результат моделирования участка поверхности размером 3,5х3,5 мм (масштаб по оси Z×20)

Заключение

В предложенном методе при описании полигонов поверхности следа инструмента были использованы 8-ми узловые элементы серендипова семейства. Преимущество данных полигонов заключается в использовании полиномов второй степени в качестве функций формы, что позволяет снизить погрешность аппроксимации при использовании элементов большого размера.

Список литературы / References

1. Gilardi G., Sharf I. Literature survey of contact dynamics modeling // Mechanism and Machine Theory. 2002, vol. 37, no. 10, pp. 1213-1239. doi.org/10.1016/S0094-114X(02)00045-9.
2. Zakharov M.N., Kuts M.S. The approach to determine the elastic characteristic of the contact of rough surfaces // International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. 2020, vol. 9, no. 7, pp. 937-942.

3. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., Zhu J.Z. The finite element method: its basis and fundamentals. – Elsevier, 2005.

Куц Михаил Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Основы конструирования машин»	Kuts Mikhail Sergeevich – candidate of technical sciences, associate professor of the Department "Fundamentals of machine design"
Чиркин Александр Вадимович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Основы конструирования машин» alchirkin@bmstu.ru	Chirkin Alexander Vadimovich – candidate of technical sciences, associate professor of the Department "Fundamentals of machine design"

Received 19.12.2022