

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ГЕНЕРАЦИИ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ШНЕКА ДЛЯ СТАНКА С ЧПУ

С. И. Петрушин, И. И. Оголь, А. В. Мухолзоев

Томский политехнический университет, 634050, Томск, Россия

УДК 621.9.042

Описан способ построения траекторий движения инструмента и генерации программы для обработки винтовой поверхности шнека на четырехкоординатном станке с ЧПУ. Представлена реализация предложенных подходов в виде прикладной библиотеки для САПР КОМПАС 3D.

Ключевые слова: шнек, ЧПУ, управляющая программа, САПР, обработка.

Paper describes a method for creating tool paths and NC program generation to handle screw surface machining using 4-axis CNC milling machine. Implementation of the proposed approach is presented as an КОМПАС 3D CAD application library.

Key words: screw, CNC, NC program, CAD, CAM.

Введение. Обычно при изготовлении шнеков различного назначения с винтовой канавкой сложного профиля для получения канавки используется фасонная фреза. Однако при мелкосерийном производстве такой подход представляется нецелесообразным вследствие высоких затрат на разработку и изготовление специализированного инструмента.

В данном случае можно использовать обработку канавки на станке с ЧПУ с помощью типового набора инструментов [1]. При реализации этой обработки возникает необходимость составления управляющей программы для станка с ЧПУ.

При разработке программы для обработки винтовой канавки шнека машины для грануляции полимеров (рис. 1) использование типовых ходов дало неудовлетворительные результаты. Управляющие программы (УП), созданные с помощью типовых стратегий для ротационной обработки в САМ-системах (computer aided manufacturing), являются неоптимальными. Они содержат большое количество холостых ходов и "лишних" перемещений, кроме того, структура программ не приспособлена к дальнейшему редактированию непосредственно на станке, так как винтовые ходы канавки подвергаются интерполяции и разбиваются на короткие участки. При изготовлении даже небольших партий указанные выше недостатки приводят к значительному увеличению общего времени обработки. Кроме того, не обеспечивается равномерность толщины фрезеруемого слоя в течение одного винтового хода, что вызывает ухудшение качества поверхности и снижение производительности [2].

Создание УП путем "ручного" программирования неэкономично, так как требует большого объема математических вычислений и геометрических построений.

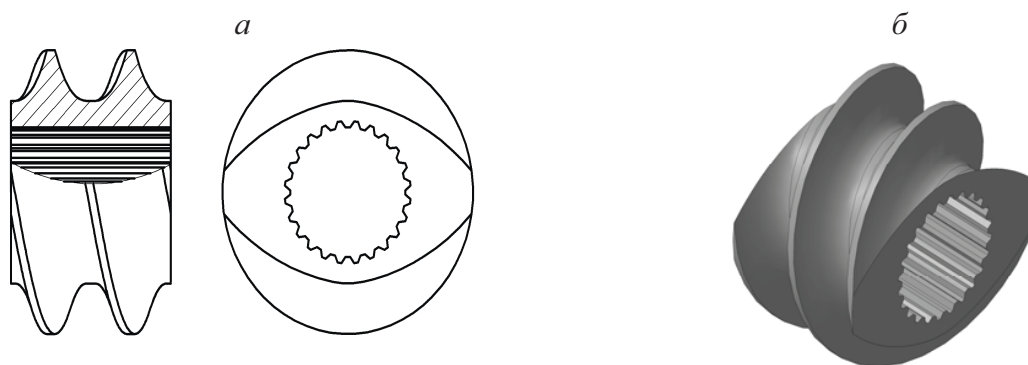


Рис. 1. Эскиз (а) и трехмерная модель (б) шнека для переработки пластмасс

Целью работы являются разработка и реализация алгоритма формирования УП обработки винтовой поверхности шнека для станка с ЧПУ по заданному сечению, профилю канавки, числу заходов и ходу винта.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработка алгоритма выбора оптимального инструмента для черновой и чистовой обработки.
2. Разработка алгоритма расчета траекторий движения инструмента при черновой и чистовой обработке.
3. Реализация разработанных алгоритмов, обеспечивающая взаимодействие с системами САПР, применяемыми в машиностроении.

1. Алгоритмы построения траекторий движения и выбора инструмента. Обработка винтовой поверхности шнека осуществляется на четырехкоординатном фрезерном станке следующим образом:

1. Фреза позиционируется в плоскости XZ (далее профиль винтовой канавки определяется сечением плоскости XZ) станка в координатах, смещенных за пределы заготовки. Данное смещение необходимо для обеспечения плавного врезания фрезы.
2. Совершается вращение поворотной осью A , согласованное с перемещением фрезы. При этом происходит удаление материала заготовки и формирование поверхности шнека. Поворот оси осуществляется с перебегом для обеспечения выхода инструмента из зоны резания.
3. Инструмент перемещается в точку профиля на противоположной стенке канавки, и совершается обратный поворот.

Путем линейных преобразований можно получить программу для четырехкоординатного станка с любой другой схемой расположения осей.

Процесс обработки включает два этапа: 1) черновая, в результате которой удаляются основные объемы материала; 2) чистовая, в результате которой окончательно формируются необходимые форма и качество поверхности.

1.1. *Черновая обработка.* При расчете траектории движения чернового инструмента необходимо дополнительно задать максимально допустимую высоту неровности профиля и припуск на чистовую обработку (рис. 2). Неровность возникает вследствие использования при черновой обработке концевых фрез, имеющих прямоугольный профиль сечения. Необходимо контроли-

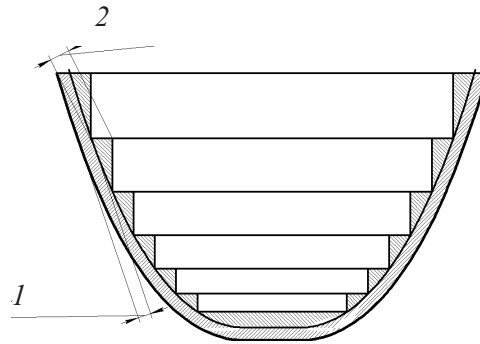


Рис. 2. Схема расположения припуска (1) и максимально допустимых неровностей профиля (2)

ровать высоту неровностей, так как при чистовой обработке они могут приводить к увеличению возникающих в процессе обработки вибраций, которые окажут негативное влияние на качество поверхности и стойкость инструмента.

Для нахождения опорных точек положения фрезы при черновой обработке предлагается использовать следующий алгоритм (рис. 3):

1. В качестве текущей точки принимается начальная точка профиля.
2. Из текущей точки строится вертикальная прямая, отстоящая от профиля канавки на заданную высоту неровности h в направлении оси Z .
3. В точке пересечения вертикальной прямой и линии профиля (точка A) строится горизонтальная прямая.
4. В точке пересечения горизонтального отрезка и профиля (точка B) строится вторая вертикальная прямая.
5. Точки A и B сохраняются в массиве опорных точек.
6. В качестве текущей точки выбирается точка A . Пункты 2–5 повторяются до завершения построения контура.
7. По наименьшему расстоянию между последними опорными точками определяется максимально допустимый диаметр фрезы D_{\max} .

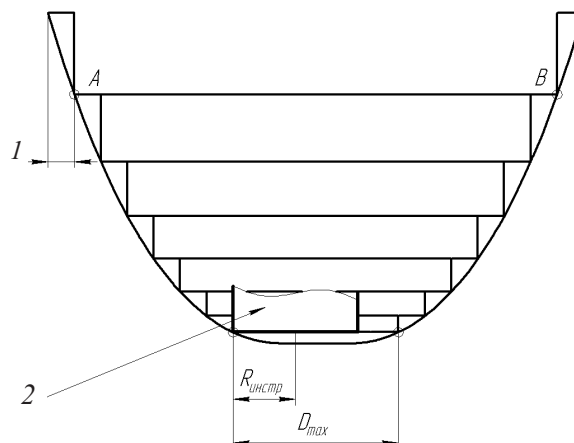


Рис. 3. Схема построения опорных точек положения фрезы при черновой обработке:
 1 – высота неровностей профиля; 2 – фреза

8. Из списка доступных инструментов выбирается фреза с наибольшим диаметром, не превышающим D_{\max} . Выбранная фреза устанавливается в качестве используемой для обработки. Обозначим ее радиус $R_{\text{инстр}}$.

9. На основе опорных точек путем смещения координат Y нечетных точек на положительное значение $R_{\text{инстр}}$, четных точек – на отрицательное значение вычисляется массив координат положений инструмента.

10. Если расстояние между точками A и B больше $4R_{\text{инстр}}$, возникает необходимость в дополнительных рабочих ходах. Координаты этих ходов рассчитываются следующим образом.

Пусть B – массив координат положений инструмента,

$$B_1 = A, B_n = B,$$

$$n = \left\lfloor (B_n - B_1) / R_{\text{инстр}} \right\rfloor,$$

$$B_2 = B_1 + (B_n - B_1 - 2R_{\text{инстр}}) / n, \dots, B_{n-1} = B_{n-2} + (B_n - B_1 - 2R_{\text{инстр}}) / n.$$

11. На основе координат формируется УП с использованием шаблона, включающего шапку программы и команды завершения. Тело программы создается путем дополнения команд перемещения инструмента в вычисленные координаты командами поворота оси A .

1.2. *Чистовая обработка.* Для чистовой обработки профиля используются радиусные фрезы, так как они позволяют обработать поверхность с меньшей высотой неровностей за меньшее число ходов. При чистовой обработке также возникает неровность профиля, обусловленная формой инструмента. Высота неровности может контролироваться, однако ее уменьшение приводит к увеличению числа ходов фрезы вдоль профиля и, следовательно, к увеличению времени обработки. Обозначим максимально допустимую высоту неровности профиля через h^* .

При определении используемого для обработки инструмента требуется найти фрезу с максимальным диаметром, способным обработать заданный профиль с указанной точностью без образования зарезов.

Для нахождения диаметра инструмента предлагается использовать следующий алгоритм:

1. Строится эквидистанта на расстоянии h^* (рис. 4,а).
2. Строятся эквидистанты соответствующие радиусам доступных фрез (рис. 4,б).
3. В точках перегибов контура строятся окружности с радиусами, равными радиусам доступных фрез (рис. 4,в).

4. По пересечениям эквидистанты максимально допустимой неровности профиля и окружностей выбираются радиусы фрез, подходящие для обработки данной канавки. При этом используется следующий критерий: окружность и эквидистанта максимально допустимой неровности профиля не должны пересекаться более двух раз, в противном случае это указывает на возникновение недореза при использовании инструмента с данным диаметром (рис. 4,д).

5. Среди возможных фрез, подобранных в п. 4, определяется фреза с наибольшим радиусом, которая принимается как используемая для обработки.

Для формирования УП чистовой обработки профиля винтовой канавки предлагается следующий алгоритм:

1. В качестве текущей точки принимается начальная точка эквидистанты к обрабатываемому профилю (обозначим этот контур d) на расстоянии, равном $R_{\text{инстр}}$ (рис. 4,е).

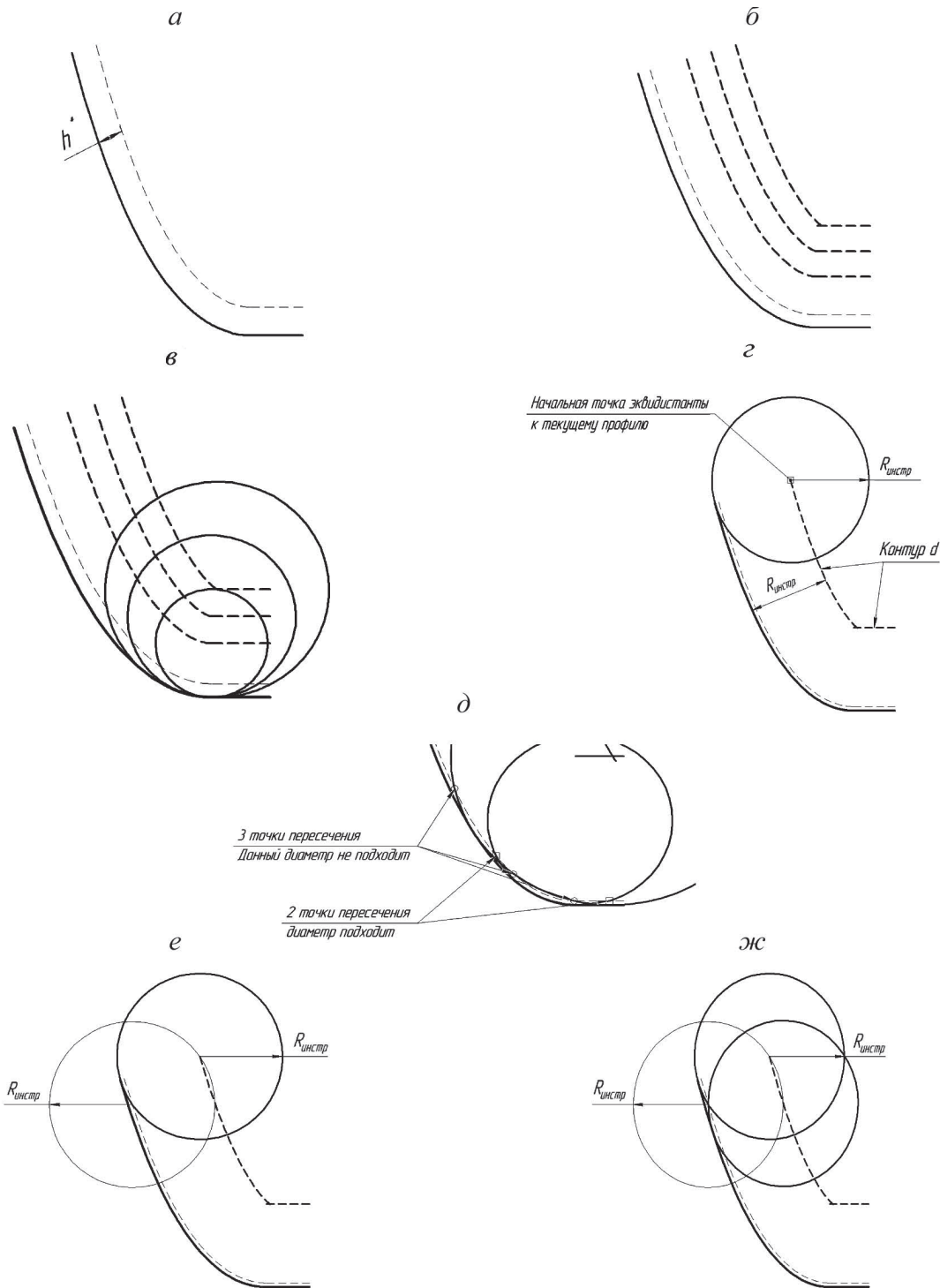


Рис. 4. Алгоритм чистовой обработки:

a – кривая допустимой погрешности профиля; *б, в* – эквидистанты, соответствующие доступным фрезам; *г* – схема определения начальной точки профиля; *д* – схема определения максимального диаметра фрезы; *е, жс* – схемы нахождения следующей точки профиля

2. Текущая точка заносится в массив опорных точек. В текущей точке строится окружность радиусом $R_{инстр}$ (см. рис. 4,*г*).

3. В точке пересечения окружности, построенной в п. 2, с эквидистантой профиля на расстоянии h формируется вспомогательная окружность радиусом $R_{инстр}$ (рис. 4,*е*).

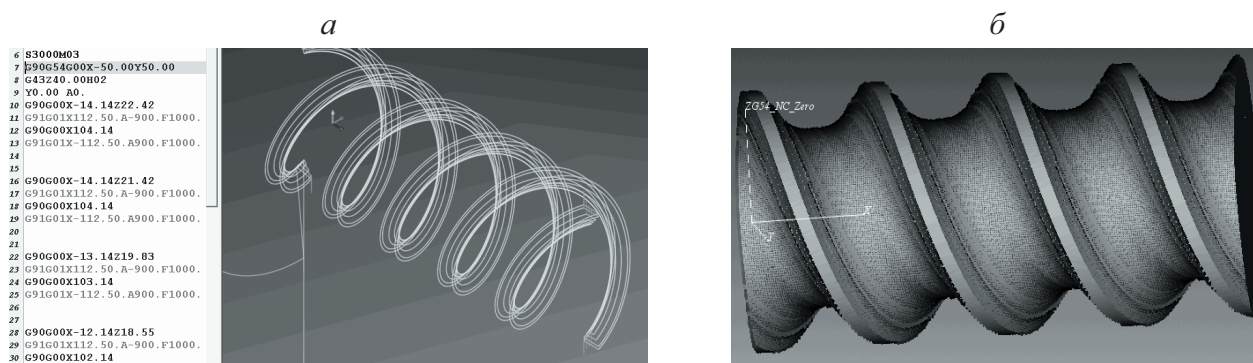


Рис. 5. Фрагмент сформированной управляющей программы для шнека и траектории движения инструмента (а) и результат симуляции обработки на станке Haas VF3 (б)

4. Точка пересечения вспомогательной окружности и кривой d является новой текущей точкой (рис. 4,ж).

5. Пункты 2–4 повторяются до завершения построения контура d .

6. На основе координат опорных точек формируется УП аналогично формированию УП для черновой обработки.

2. Реализация и пример использования. При реализации предложенных алгоритмов создана прикладная библиотека для системы трехмерного моделирования и черчения КОМПАС 3D (компании АСКОН). Библиотека создавалась в среде программирования Borland Delphi на языке Object Pascal с использованием функций API КОМПАС 3D.

Данный подход имеет большое количество преимуществ:

- отсутствует необходимость в импорте графической информации;
- используются функции геометрических построений системы КОМПАС;
- используется язык программирования высокого уровня для реализации алгоритма;
- используется графическая среда, привычная для пользователя-технолога.

На рис. 5 показаны фрагмент сформированной управляющей программы для шнека и траектории движения инструмента и результат симуляции обработки на станке Haas VF3. Выполненные измерения показывают правильность сгенерированной УП.

Список литературы

1. МАЛЬЦЕВ А. М., АВВАЗУМОВ А. А. Обработка шнеков на токарных станках с ЧПУ // САПР и графика. 2012. № 7. С. 39–41.
2. ДОМНИН П. В. Разработка процесса формообразования фасонных винтовых поверхностей инструментов на основе применения стандартных концевых и торцевых фрез: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МГТУ "СТАНКИН", 2012.

Петрушин Сергей Иванович – д-р техн. наук, проф. Томского политехнического университета; тел.: (382-2)41-96-25; e-mail: TMRI@tpu.ru;

Оголь Илья Игоревич – ассист. Томского политехнического университета; тел. (382-2) 41-96-25; e-mail: IlyaO@tpu.ru;

Мухолзоев Андрей Владимирович – магистрант Томского политехнического университета

Дата поступления – 11.10.12 г.