

## РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОСТАВЛЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ШНЕКА ДЛЯ МАШИНЫ ГРАНУЛЯЦИИ ПОЛИМЕРОВ НА СТАНКЕ С ЧПУ

Мухолзоев А.В., Оголь И.И.

Томский политехнический университет  
[Alien89.07@mail.ru](mailto:Alien89.07@mail.ru)

### Введение

При изготовлении шнеков различного назначения, имеющих винтовую канавку сложного профиля, типовым технологическим решением для изготовления канавки является использование фасонной фрезы. Однако при мелкосерийном производстве такой подход представляется нецелесообразным, из-за необходимости дорогостоящей разработки и изготовления нестандартного инструмента.

Выходом из этой ситуации может служить обработка канавки на станке с ЧПУ с использованием типового набора инструментов. Для реализации такого подхода встает задача в составлении управляющей программы для станка с ЧПУ.

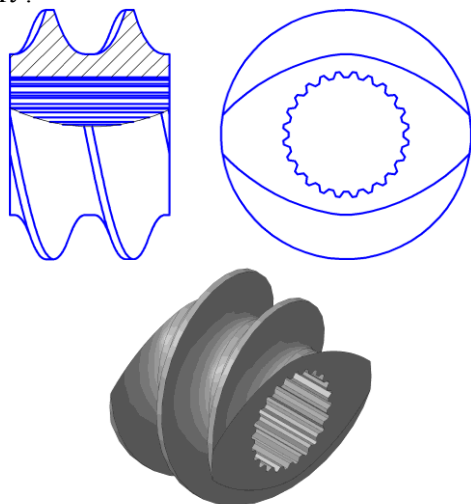


Рис. 1. 3D – модель шнека для переработки пластмасс

При разработке программы для обработки винтовой канавки шнека машины для грануляции полимеров (рис. 1), использование типовых подходов дало неудовлетворительные результаты. Управляющие программы (УП), созданные при помощи типовых стратегий для ротационной обработки в САМ системах, являются неоптимальными. Они содержат большое количество холостых ходов и «лишних» перемещений, кроме того структура программ не приспособлена к дальнейшему редактированию непосредственно на станке (а это зачастую требуется), так как винтовые ходы канавки подвергаются интерполяции и разбиваются на короткие участки. При изготовлении даже небольших партий в вышеуказанные недостатки приводят к значительному увеличению общего

времени обработки. Кроме того, не обеспечивается равномерность снятия материала на протяжении одного винтового прохода, что влечет за собой ухудшение качества поверхности и снижение производительности.

Создание УП путем «ручного» программирования нерационально, так как требует большого объема математических вычислений и геометрических построений

Цель работы состоит в разработке и реализации алгоритма формирования управляющей программы обработки винтовой поверхности шнека для станка с ЧПУ по заданному сечению и параметрам шнека (количество оборотов и шаг).

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

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

1.1 Алгоритмы построения траекторий движения и выбора инструмента.

Обработка винтовой поверхности шнека производится на четырех-координатном фрезерном станке следующим образом.

- Фреза позиционируется в плоскости XZ (далее в тексте профиль винтовой канавки определяется сечением плоскости XZ) станка в координатах, смещенных за пределы заготовки. Данное смещение необходимо для обеспечения врезания фрезы её боковой поверхностью.

- Совершается вращение поворотной осью А согласованное с перемещением фрезы. При этом происходит удаление материала заготовки и формирование поверхности шнека. Поворот оси осуществляется с перебором для обеспечения выхода инструмента из зоны резания.

- Инструмент перемещается в точку профиля, на противоположной стенке канавки и совершается обратный поворот.

Путем линейных преобразований можно получить программу для 4-х координатном станке любой другой схемы расположения осей.

Обработка происходит в два этапа: черновая обработка, в результате которой грубо удаляются большие объёмы материала, и чистовая, в

результате которой окончательно формируется необходимая форма поверхности.

### 1.2 Черновая обработка

При расчете траектории движения чернового инструмента необходимо дополнительно задать максимально допустимую высоту неровности профиля и припуск на чистовую обработку (рис. 3). Неровность возникает из-за использования при черновой обработке концевых фрез, имеющих прямоугольный профиль сечения. Важно контролировать высоту неровностей, так как при чистовой обработке они могут повлиять на стойкость инструмента и привести к его поломке.

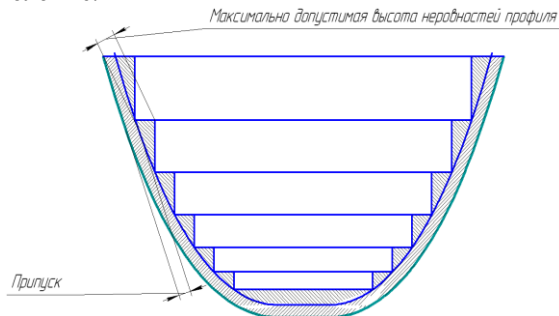


Рис. 2. Схема расположения припуска и максимально допустимых неровностей профиля

Для нахождения опорных точек положения фрезы при черновой обработке предлагается использовать следующий алгоритм (рис. 4):

1. В качестве текущей точки принимается начальная точка профиля

2. Из текущей точки строится вертикальная прямая, отстоящая от профиля канавки на заданную высоту неровности ( $h$ )

3. В точке пересечения вертикальной прямой и линии профиля (точка А) строится горизонтальная прямая

4. В точке пересечения горизонтальной отрезка и профиля (точка В) строится вторая вертикальная прямая

5. Точки А и В сохраняются в массиве опорных точек.

6. В качестве текущей точки принимается точка А. Пункты 2-5 повторяются до завершения контура

7. По наименьшему расстоянию между последними опорными точками определяется максимально допустимый диаметр фрезы  $D_{max}$

8. Из списка доступного инструмента выбирается фреза с наибольшим диаметром, не превышающим  $D_{max}$ . Выбранная фреза устанавливается в качестве используемой для обработки. Обозначим её радиус как  $R_{инстр}$

9. Вычисляется массив координат положений инструмента на основе опорных точек путём смещения координат  $Y$  нечетных точек на положительное значение  $R_{инстр}$ , нечетных точек на отрицательное значение.

10. Если расстояние между точками А и Б больше  $4 * R_{инстр}$ , тогда появляется необходимость в дополнительных проходах. Координаты этих проходов рассчитываются следующим образом:

- Пусть  $V$  – массив координат положений инструмента

- $V_1=A, V_n=B,$

- $n= (V_n - V_1) / R_{инстр}$ ,  $n$  округлить до меньшей целой

- $V_2= V_1 + ((V_n - V_1 - 2 * R_{инстр}) / n), \dots, V_{n-1}= V_{n-2} + ((V_n - V_1 - 2 * R_{инстр}) / n)$

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

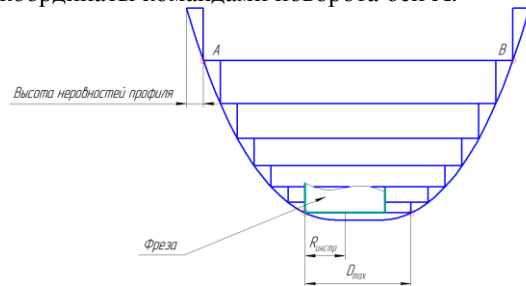


Рис. 4.

Для чистовой обработки профиля используются радиусные фрезы, так как они позволяют обработать поверхность с более низкой высотой неровностей, за меньшее число проходов. При чистовой обработке неизбежно возникает неровность профиля, обусловленная формой инструмента. Высота неровности может контролироваться, однако её уменьшение приводит к увеличению числа проходов фрезы вдоль профиля и, следовательно, к увеличению времени обработки. Обозначим максимально допустимую высоту неровности профиля как  $h^*$ .

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 5а).

2. Строятся эквидистанты соответствующие радиусам доступных фрез (рис 5б).

3. В точках перегибов контура строятся окружности с радиусами, равные радиусам доступных фрез (рис 5в).

4. По пересечениям эквидистанты максимально допустимой неровности профиля и окружностей, подбирается радиусы фрез, которые подходят 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 5д).

5. Из возможных фрез, подобранных в предыдущем пункте, определяется фреза с наибольшим радиусом, которая и принимается как используемая для обработки (Далее радиус выбранной фрезы будем обозначать как  $R_{инстр}$ ).

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 как  $d$ ) на расстоянии равном  $R_{инстр}$ . (рис 5г).

2. Текущая точка заносится в массив опорных точек. В текущей точке строится окружность с радиусом  $R_{инстр}$  (рис 5г).

3. В точке пересечения окружности, построенной в предыдущем пункте, с эквидистантой профиля, на расстоянии  $h$  формируется вспомогательная окружность радиуса  $R_{инстр}$  (рис 5е).

4. Точка пересечения вспомогательной окружности и кривой  $d$  является новой текущей точкой (рис 5ж).

5. Пункты 2-4 повторяется до завершения контура  $d$

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

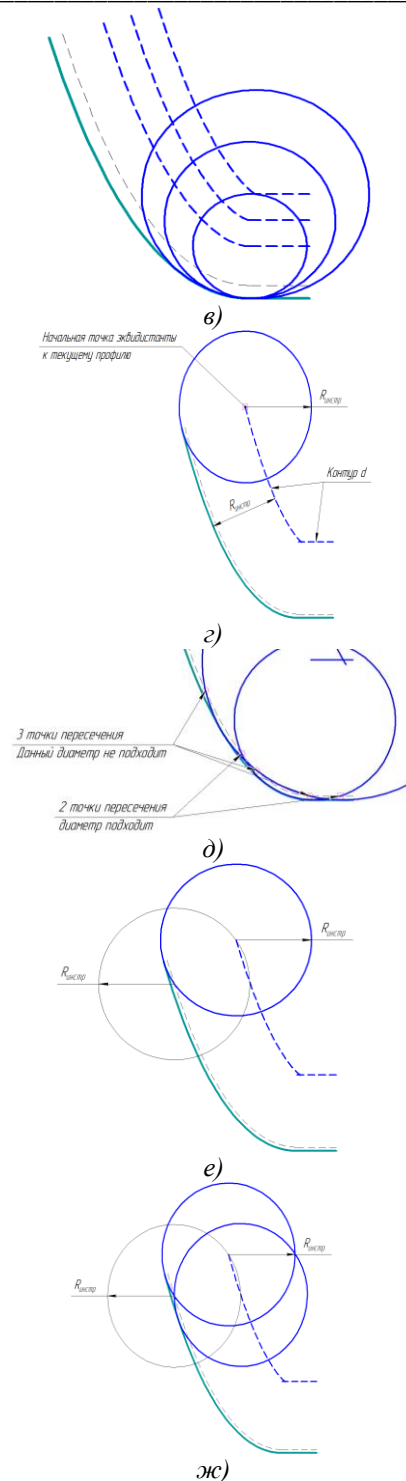
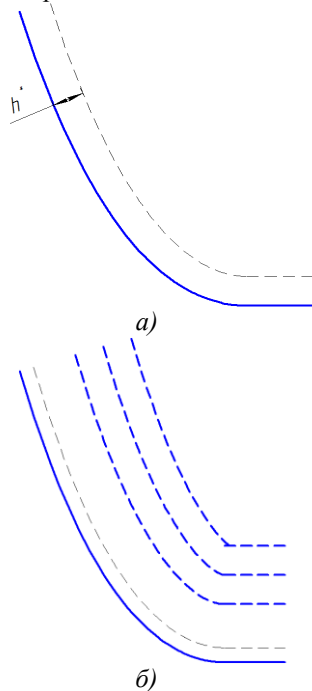


Рис. 5. Алгоритм чистовой обработки

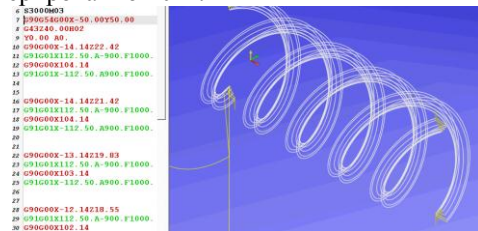
#### Реализация и пример использования

В рамках реализации предложенных алгоритмов была создана прикладная библиотека для системы трехмерного моделирования и черчения компании АСКОН КОМПАС 3D. Библиотека создавалась в среде программирования Borland Delphi на языке Object Pascal с использованием функций API КОМПАС 3D.

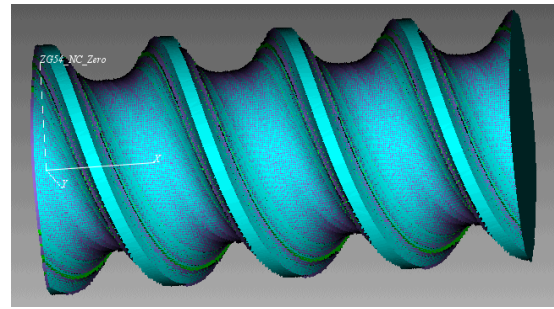
Данный подход даёт большое количество преимуществ:

- нет необходимости в импорте графической информации;
- используются функции геометрических построений системы КОМПАС;
- использование полноценного языка программирования высокого уровня для реализации алгоритма;
- привычная графическая среда для пользователя-технолога.

На рисунке 6 показан фрагмент сформированной УП для шнека и траектории движения инструмента (а), результат симуляции обработки (б) и результат отработки программы на станке Haas VF3 (в). Сделанные измерения детали показывают правильность сгенерированной УП.



а)



б)

Рис. 6.

При построении УП для шнеков различных типоразмеров была выявлена проблема возникновения зарезов на боковой стенке при малых значениях шага винта (рис. 7). Причиной является применяемая технология, а именно, расположение инструмента в плоскости ZX. В дальнейшем планируется решение данной проблемы путём смещение плоскости расположения фрезы.

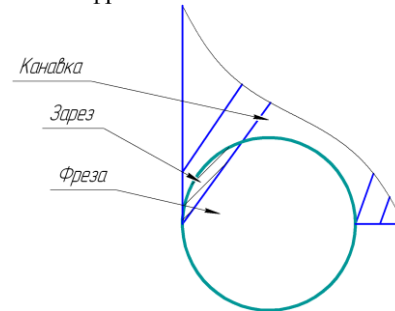


Рис. 7.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ С УПРАВЛЯЕМЫМ ПЕРЕНОСОМ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА

Павлов Н.В., Полищук В.А.

Руководитель: Крюков А.В.

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета

652050, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 5-09-06

E-mail: pavlin123@rambler.ru

В настоящее время важнейшим условием совершенствования и интенсификации сварочного производства является не только развитие теоретических основ сварки с использованием новейших достижений в различных областях фундаментальных и прикладных наук, но и создание компьютерных приложений позволяющих осуществлять моделирование сварочных процессов [1].

Применение данных приложений превратилось в мощный инструмент исследований и познания процессов, происходящих в сложных технологических системах, позволяющих не только получить формализованное описание их основных закономерностей, но и эффективно управлять ими. Использование компьютерного приложения

позволяет на стадии проектирования конструкции, оптимизировать условия протекания процесса образования сварного соединения, предотвратить появление недопустимых дефектов сварных швов, соединений, конструкций и одновременно повысить производительность сварочных операций.

Существующие в настоящий момент приложения в основном созданы для широко используемых и глубоко изученных способов сварки (ручная дуговая сварка, механизированная сварка и автоматизированная сварка под слоем флюса). Однако при производстве сварных металлоконструкций все более широкое применение находят способы сварки с