

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

### 1. Введение

При проектировании фасонных инструментов встает задача определения профиля исходной инструментальной поверхности и на ее основе оптимальной геометрии инструмента. Также необходимо решать обратную задачу определения профиля обрабатываемой поверхности известным инструментом при известной схеме формообразования.

При определении координат точек профиля фасонных инструментов разработаны и используются следующие графический и аналитический методы.

Графический метод, заключается в построении профиля инструмента в нужной секущей плоскости с использованием правил и методов двухмерного проекционного черчения [1]. Данный способ является неточным и достаточно трудоемким. Даже при использовании компьютерных средств двухмерного проектирования нельзя получить точный профиль инструмента. Это характерно для фасонных резцов, предназначенных для обработки криволинейных и конических участков профиля детали, а также для дисковых фрез для обработки винтовых поверхностей. При этом точность получаемого профиля зависит от числа участков, на которое разбивается исходный фасонный профиль детали.

Аналитический метод, заключается в использовании уравнений векторной алгебры и дифференциальной геометрии. Он позволяет с высокой точностью определить координаты точек профиля в выбранной системе координат. Созданы алгоритмы, состоящие из общей и специальной части как для расчета фасонных резцов [2], так и дисковых инструментов для обработки винтовых поверхностей [3]. Автоматизация этого алгоритма позволяет быстро и с высокой точностью определить параметры профиля инструмента. Существует ряд недостатков и в этом методе:

— отсутствие визуального контроля исходных данных и полученных результатов, что при ручном вычислении может привести к ошибкам, а при автоматизированном — к ошибкам при вводе данных и определении требуемой точности расчета. Это характерно для фасонных резцов, ведущих обработку криволинейных и конических участков, т.к. обычно расчет ведется для опорных точек профиля;

— необходимо осуществлять проверку геометрии и углов заточки инструмента по исходному графическому профилю;

— при получении заданного числа дискретных точек профиля инструмента для обработки винтовой поверхности или криволинейных и конических участков цилиндрической поверхности детали приходится прибегать к аппроксимации точного профиля дугами заменяющих окружностей. Причиной тому является невозможность изготовления точного инструмента на универсальном оборудовании и на станках с ЧПУ, где ввод программ будет осуществляться вручную. Существуют сложности с измерением такого профиля универсальными приборами.

В этой работе предложен метод проектирования инструмента с использованием компьютерных средств 3-х мерного твердотельного моделирования.

## 2. Методика

Использование данного метода рассмотрим на примерах проектирования фасонного призматического резца для обработки цилиндрической заготовки и дисковой фасонной фрезы для обработки винтовой канавки сверла.

### 2.1 Методика проектирования фасонного призматического резца

При проектировании фасонного резца необходимо создать твердотельную модель обрабатываемой детали и через ее тело провести секущую плоскость под углом равным переднему углу заточки резца. Образующая профиля детали в этой секущей плоскости представляет собой образующую профиля инструмента (рис.1, а). Используя этот профиль, можно создать твердотельную модель инструмента путем выдавливания вдоль линии расположенной под углом равным заднему углу заточки резца (рис.1, б).

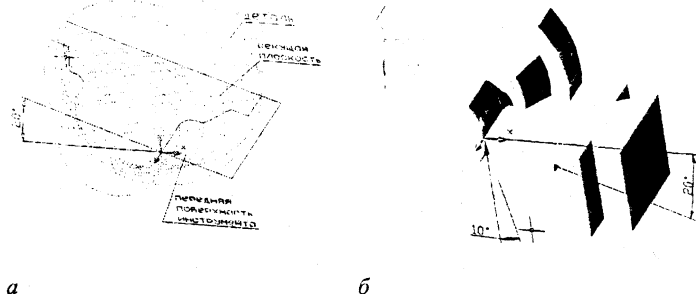


Рис.1 Фасонный призматический резец с креплением режущей пластины в корпусе за счет сил резания:

- а) Схема построения исходной инструментальной плоскости резца;
- б) Схема обработки вала смоделированным резцом

Одной из проблем при проектировании фасонных резцов является непостоянство геометрии режущей части инструмента на разных участках профиля, что может привести к отсутствию нормальных задних углов на лезвиях ведущих обработки, расположенных по нормали к оси детали (торцовые участки) или под углом близким к  $90^\circ$ .

Для создания нормальных задних углов  $\beta > 3^\circ$  существует несколько способов: разворот базы резца, боковой наклоне корпуса, создание винтовой задней поверхности у дисковых резцов, а при обработке закрытых областей делается выточка в виде фаски толщиной до 1 мм или вспомогательный угол в плане  $\varphi_1 = 3 \dots 4^\circ$  [2].

Недостатки конструкции, связанные с нерегулярной геометрией устранены на резце представленном на рис.2. Пластина имеет одинаковые передние и задние углы в нормальных секущих плоскостях вдоль всего профиля инструмента. При этом вся режущая кромка находится на оси обработки, что упрощает профилирование инструмента и повышает точность обработки. На поверхности корпуса создана стружколомающая канавка, позволяющая дробить и направлять стружку, что очень важно при эксплуатации инструмента в условиях автоматизированного производства.

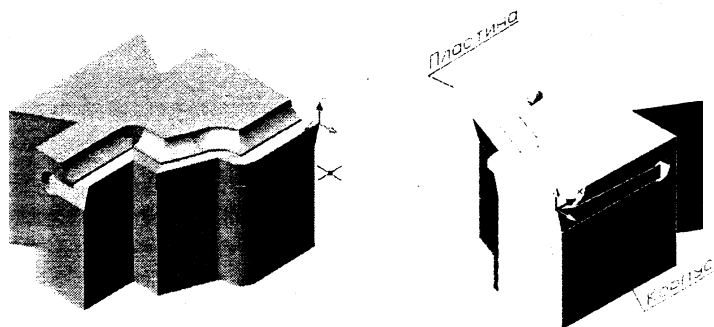


Рис.2 Фасонный призматический резец с пластиной, имеющей равные углы заточки вдоль режущей кромки

При создании модели этого фасонного резца был применен принцип поэлементного проектирования. Исходный профиль обрабатываемой детали разбивался на элементарные участки: отрезки, дуги окружностей. Для их обработки создавались режущие пластины с оптимальной геометрией. Затем они объединялись в одну режущую пластину или создавалась модель инструмента, состоящая из набора пластин закрепленных в общем корпусе. Последняя конструкция более универсальна. Может переназначаться на изделия имеющее другой профиль, в случае создания набора унифицированных пластин. Такой инструмент может оказаться более надежным и экономич-

ным, т. к. вышедшая из строя пластина может быть заменена независимо от других, либо ее конструкция (геометрия, форма, материал) может быть оптимизирована с целью достижения равной стойкости всех элементов режущей части инструмента.

2.1 Методика проектирования фасонной дисковой фрезы для обработки винтовой канавки сверла

Профилирование дисковых фрез для обработки винтовых поверхностей независимо от метода делится на следующие этапы [1,3]:

- определение координат точек профиля винтовой поверхности в нормальной или осевой (большой угол подъема винтовой линии) секущей плоскости изделия;
- определение положения фрезы относительно заготовки;
- определение профиля фрезы в соответствии с условиями формообразования.

Для создания трёхмерной модели сверла вначале необходимо построить профиль канавки в нормальной секущей плоскости. Параметры профиля в данном случае будут зависеть от:  $D$  — диаметра сверла;  $\varphi$  — угла наклона главной режущей кромки к оси сверла;  $\omega$  — угла наклона винтовой канавки;  $d_0$  — диаметра сердцевины сверла в исходной плоскости;  $v$  — центрального угла определяющего ширину канавки;  $g$  — величины понижения спинки относительно направляющей ленточки [2,3].

Следующим этапом является построение модели круглого стержня диаметром  $D$  и длиной  $L=(2..3)D$ . На цилиндрической поверхности стержня создаётся спиральная кривая с шагом равным шагу канавки сверла (необходимо учесть, что траектория канавки есть конусная спираль из-за увеличения диаметра сердцевины от режущей части к присоединительной). Строится вырез по траектории спирали с образующей в виде профиля канавки (рис. 3).

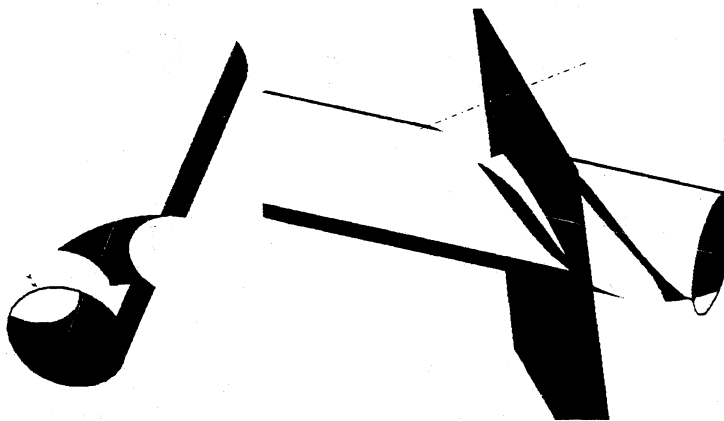


Рис. 3 Профилирование винтовой канавки сверла Рис.4 Определение положения оси фрезы

Этап определения положения оси фрезы является очень важным с точки зрения соблюдения условий формообразования и оптимизации конструкции инструмента. Ее положение определяется следующими параметрами:  $\mu$  — межосевым расстоянием;  $\varepsilon$  — углом скрещивания осей заготовки и инструмента;  $\psi$  — углом разворота профиля. В соответствии с существующими рекомендациями в первом приближении:

$$\varepsilon = 90^\circ - \omega - (1 \dots 2^\circ);$$

$$m \approx \frac{D + d_0}{2} \text{ — зависит от выбираемого диаметра фрезы;}$$

$\psi$  — принимается в пределах  $25^\circ \dots 45^\circ$ ;

Плоскость, проходящая через центр фрезы перпендикулярно оси вращения, должна пересекать тело сверла в центре канавки (рис.4). Параметры установки в процессе проектирования могут быть изменены с целью оптимизации конструкции инструмента.

Для определения образующей профиля фрезы необходимо отрезать часть модели сверла до выбранной секущей плоскости и построить из центра проектируемого инструмента окружность касательную к следу канавки сверла в данной секущей плоскости (рис.5).

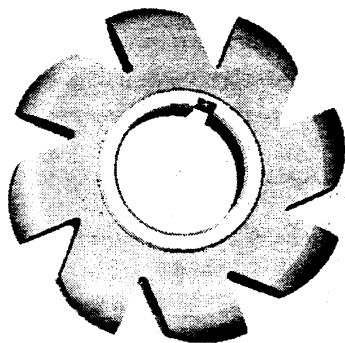
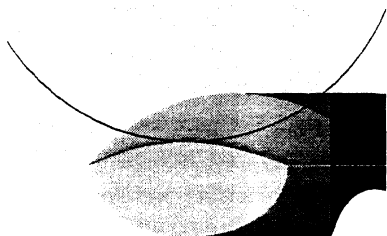


Рис. 5 Построение образующих профиля фрезы      Рис.6 Построение твердотельной модели фрезы по заданному профилю

Для нахождения других образующих профиля вдоль оси фрезы по ширине канавки сверла создаются секущие плоскости, в которых ведутся аналогичные построения. Число секущих плоскостей влияет на точность профилирования и выбирается максимально возможным.

По образующим строится тело инструмента и с помощью ряда преобразований готовая модель фрезы с заданным числом зубьев, углами заточки, присоединительными размерами (рис.6).

## Выводы

Кроме визуализации всего процесса проектирования данный метод позволяет следующее:

- с точностью необходимой для производства определять параметры профиля и геометрии фасонного инструмента;

- решать обратную задачу по определению точности обработки смоделированным инструментом;

- на основе разработанной создавать другие модели или использовать модель в комплексных системах СПИД (станок — приспособление — инструмент — деталь);

- анализировать геометрию модели и давать рекомендации по ее усовершенствованию;

- проводить анализ кинематики резания и снимаемого припуска;

- создавать на базе модели рабочие чертежи фасонного инструмента;

- с использованием постпроцессоров автоматически создавать программы для станков с ЧПУ для изготовления инструментов или пресс-форм для изготовления твердосплавных режущих пластин;

- путем импорта модели в пакеты конечно-элементного расчета осуществлять анализ прочностных, тепловых характеристик инструмента в условиях, приближенных к реальным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Семенченко И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. — М.: МАШГИЗ, 1962.-952с.
2. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование. Учебное пособие/ под. ред. Е.Э. Фельдштейна. — Мн.: Дизайн ПРО, 1997.-384с.
3. Лашнев С.И., Юликов М.И. Расчет и конструирование металлорежущих инструментов с применением ЭВМ. —М.: Машиностроение, 1975.—392с.