

та представлены на рисунке 2.

Таким образом, при делении зубьев плоскостями параллельными плоскостям движения, происходит существенное снижение скорости изнашивания. Если учесть, что именно она определяет ресурс передачи, то можно сделать вывод, что использование данной методики позволит добиться повышения износостойкости цилиндрических прямозубых зубчатых передач.

Литература

1. Биргер, И.А. Расчет на прочность деталей машин/ И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Г.Б. Иосилевич. - М.: Машиностроение, 1979. – 702 с.
2. Малинкович, М.Д. Исследование процесса зацепления цилиндрических зубчатых передач/ М.Д. Малинкович. - Вестн. БГТУ. – 2008. - №3. – С. 32-37.
3. Малинкович, М.Д. Динамика прямозубой цилиндрической передачи/ М.Д. Малинкович. - Вестн. БГТУ. – 2005. - №4. – С. 43-46.
4. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов/ Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. – К.: Наук. думка, 1988. – 736 с.
5. Проников, А.С. Надежность машин/ А.С. Проников, А.А. Смирнов. - М.: Машиностроение, 1978. - 592 с.

Проектирование сложнопрофильных инструментов на основе булевой алгебры

Емельянов П.И., д.т.н. проф. Максимов Ю.В.
Университет машиностроения
495 223-05-23, доб. 1327

Аннотация. Указан способ проектирования режущей части сложнопрофильных инструментов, опирающийся на положения булевой алгебры с возможностью создания виртуального аналога шлифовально-заточного оборудования, что позволяет на начальном этапе получить информацию о получаемом в дальнейшем изделии с возможностью изменения его параметров.

Ключевые слова: шлифовально-заточной станок с ЧПУ, инструмент, шлифовальный круг, профилирование, процессы формообразования

Использование в инструментальном производстве шлифовально-заточного оборудования с ЧПУ для изготовления и переточки режущих инструментов вызывает ряд трудностей из-за нехватки информации по вопросам его эксплуатации, тонкостях настройки, параметрах используемых шлифовальных кругов, и особенно программировании перемещений рабочих органов при профилировании различных режущих инструментов.

Для достижения целей необходимо разработать математический аппарат для поиска рациональных параметров взаимного расположения заготовки и шлифовального круга (так называемых параметров установки) при обработке всей режущей части инструмента. Не менее важно разработать и эффективный способ контроля полученных результатов еще до того, как будет выполнена обработка на реальном оборудовании.

Также необходимо решить так называемую кинематическую задачу – при заданной форме профиля шлифовального круга определить траекторию его перемещения относительно заготовки, рассчитать профиль зубьев инструмента, например в торцовых сечениях, и составить управляющую программу (УП) для станка с ЧПУ. Исходная информация, необходимая для определения траектории центра инструмента (шлифовального круга), зависит от выбора варианта для решения задач формообразования.

Профили винтовых поверхностей, применяемые в инструментальном производстве, весьма разнообразны (рисунок 1). Это связано как с типом инструмента, так и условиями его

эксплуатации и производства. [1] Большинство концевых фрез, имеющие сложный профиль, изготавливаются фасонными шлифовальными кругами. Однако использование фасонных шлифовальных кругов сопряжено с их невысокой стойкостью, необходимостью частой правки из-за повышенного изнашивания, что как следствие, ведет к увеличению трудоемкости и себестоимости процесса обработки. [2]

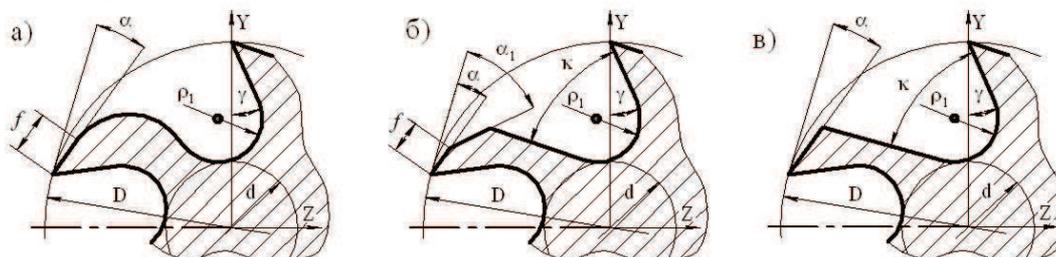


Рисунок 1. Профили концевых фрез: а) параболическая форма зуба, б) форма зуба с ломаной спинкой (форма зуба имеет спинку, выполненную под двумя углами: α – задний угол; α_1 – угол снятия спинки), в) трапецидальная форма зуба

Поэтому целесообразно изготовление цельного осевого инструмента со стружечными канавками, профиль которых позволит обеспечить обработку канавок шлифовальным кругом стандартной формы при его винтовом движении относительно заготовки. Сложность их применения затруднено из-за отсутствия математического аппарата, позволяющего спроектировать профиль винтовой канавки для обработки шлифовальным кругом стандартного профиля и определить технологические параметры установки шлифовального круга относительно заготовки

При изготовлении режущего инструмента наиболее эффективно обрабатывать весь профиль стружечных канавок за один проход, а затем по такой же схеме и задние поверхности зубьев.

Для решения данной задачи принципиально различаются два варианта:

- основанный на положениях булевой алгебры, рассматривающей области взаимного пересечения двух тел (3D-моделей инструмента и заготовки);
- использующий точки касания производящей поверхности шлифовального круга с поверхностями заготовки.

Оба варианта могут успешно использоваться в проектировании, но наилучшие результаты обеспечивает их сочетание, когда на первой стадии используется традиционная математика, а для оценки результатов – положения булевой алгебры в виде 3D-моделей процесса формообразования.

Вариант основанный на положениях булевой алгебры предполагает представлять траекторию движения центра шлифовального круга $Ou_1 \dots Ou_\Sigma$ в системе координат XYZ (рисунок 2) относительно заготовки как массив точек Ou_i или некоторую линию Ou_1Ou_Σ , имеющую математическую формулу, как начальная информация. Далее, ориентируясь на полученные результаты (профиль винтовой канавки, значения углов γ и α , угла подъема винтовой линии и т.д.), траектория Ou_1Ou_Σ корректируется до получения приемлемого результата. Все данные получают измерением 3D-модели инструмента в необходимых сечениях средствами ПК.

При профилировании режущей части инструмента шлифовальный круг и заготовка совершают сложные взаимосвязанные движения, вследствие которых в единичный момент времени вырезается некий объем материала. Совокупность вырезанных объемов и представляет собой результат формирования режущей части, т.е. 3D-модель, полученную в процессе профилирования.

Для создания 3D-модели инструмента вначале используется эскизное проектирование, когда сначала набрасываются контуры заготовки и шлифовального круга, уточняются размеры, геометрические формы и формируется их производящая поверхность. После этого шли-

фовальный круг и заготовка инструмента совершают взаимные движения, в результате чего в местах, где объем тела шлифовального круга пересекается с объемом тела заготовки, производится операция булевого исключения.

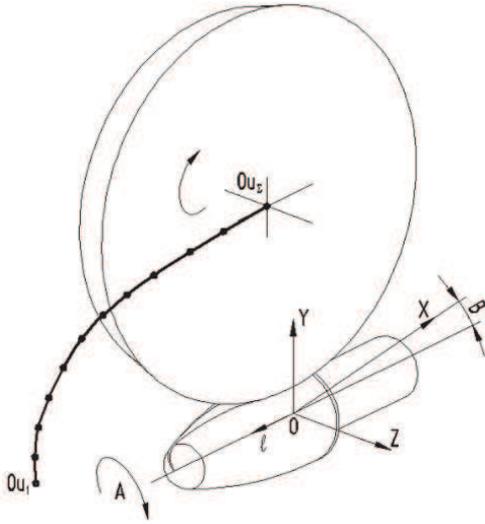


Рисунок 2. Назначение траектории движения центра инструмента O_{i1} O_{i2} по координатам X, Y, Z



Рисунок 3. Пример 3D моделей проектируемого инструмента

Построив 3D-модели заготовки и шлифовального круга, задав некоторое количество мгновенных положений контакта (МПК) и определив параметры установки для каждого из них, можно, выполнив последовательно процедуру вычитания объемов пересечения тел, т.е. оперируя функциями булевой алгебры, получить стружечную канавку. Выполняя копирование полученного результата с учетом окружного шага зубьев, получим 3D-модель проектируемого инструмента (рисунок 3). Ввиду того что полученная модель является виртуальным твердым телом, для нее справедливы все операции, которые можно проводить над твердыми телами, т.е. получать различные сечения, проводить измерения и т.п. при помощи стандартных процедур компьютерной графики [3].

Таким образом, используя вышеописанный способ проектирования режущей части сложнопрофильных инструментов, опирающийся на положения булевой алгебры, можно создать виртуальный аналог шлифовально-заточного оборудования, что позволяет на начальном этапе получить исчерпывающую информацию о получаемом в дальнейшем изделии с возможностью изменения его параметров.

Литература

1. Шаламов В.Г., Сметанин С.Д. Расчет и проектирование дисковой фрезы для обработки винтовых поверхностей. Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. Южно-Уральский государственный университет. – 2010. – С. 4.
2. Чемборисов Н.А., Фасхутдинов А.И. Формообразование винтовых канавок концевой инструмента // СТИН. – 2009. – № 3, – С. 13-15.
3. Протасьев В.Б., Истоцкий В.В. Проектирование фасонных инструментов, изготавливаемых с использованием шлифовально-заточных станков с ЧПУ. - 2011 - С. 110-115.