

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Емельянов С.Г., Чевычелов С.А., Хомутов Р.Н. (ЮЗГУ, г. Курск, Россия)  
Тел./Факс: +7 (4712) 587116; E-mail: [tchsa@yandex.ru](mailto:tchsa@yandex.ru)

**Abstract:** The analysis of methods of designing of cutting tools. Approaches to ensure functions of cutting, shaping and performance.

**Key words:** Design of cutting tools, cutting shaping, performance.

В настоящее время существует большое количество методов проектирования режущих инструментов, позволяющих решать как прямую, так и обратную задачи формообразования. Однако эти методы рассматривают в основном вопросы геометрического проектирования всех групп и типов инструментов [1], в которых отражен только один аспект качества обрабатываемых поверхностей – точность формы номинальной поверхности.

В процессе формирования поверхностей на заготовке режущий инструмент выполняет одновременно две функции:

- формообразования, придает поверхности требуемую форму и размеры;
- резания, послойно срезает припуск.

Первая функция рассматривает вопросы, связанные с контактом инструмента и формируемой поверхности, вторая – вопросы контакта инструмента и припуска (рис.1).

При этом спроектированный инструмент должен обеспечивать работоспособность, которая в общем случае зависит от температуры в зоне резания и напряженно-деформированного состояния инструмента в процессе резания.

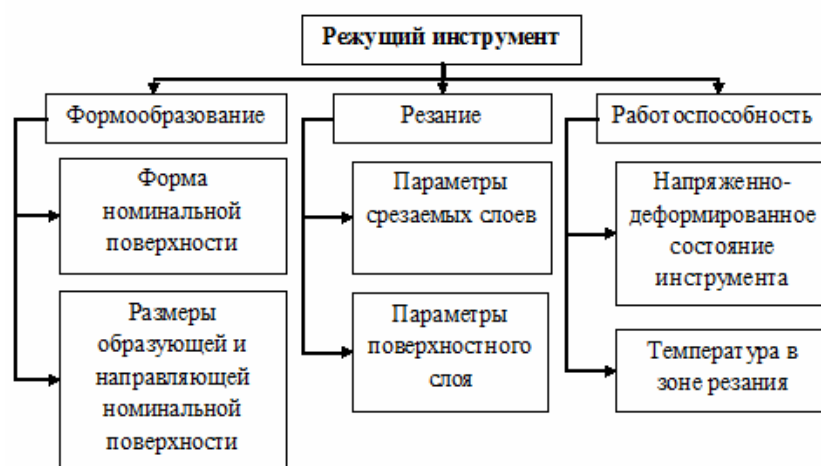


Рис. 1. Требования к режущему инструменту

Форма номинальной поверхности определяется совокупностью главного движения резания и движений подачи, а также типом и расположением производящих элементов на корпусе инструмента.

Развитие прикладной математики и вычислительной техники, разработка новых конструкционных и инструментальных материалов, металлообрабатывающего и контрольного оборудования, определили потребность в развитии теории формообразования на основе использования современного математического аппарата. Результатом чего стала разработка геометрической теории формирования поверхностей режущими инструментами [2], в которой ограниченным числом общих для всех режущих инструментов параметров можно описать все их виды, типы и конструкции, а

также все возможные способы формирования ими поверхностей. Каждый такой способ предусматривает контакт инструмента с формируемой на заготовке поверхностью, уравнение которого всегда содержит известные, зависимые и независимые друг от друга параметры. Система управления видами, типами и конструкциями режущих инструментов базируется на возможности в каждом конкретном случае формирования поверхности по усмотрению конструктора назначать: статус параметров в уравнении контакта инструмента с формируемой поверхностью; исполнение каждого независимого параметра; численные значения независимых параметров уравнения контакта и таким образом генерировать конструкцию инструмента на основе разработанной в рамках теории классификации режущих инструментов и приближать ее к оптимальному варианту, используя аналитический аппарат как базу для автоматизированного проектирования.

Анализ методов формообразования показывает, что в настоящее время их развитие происходит в сторону усложнения кинематики процесса формообразования, обусловленное соответствующими кинематическими возможностями новейшего современного оборудования [3].

Точность размеров образующей и направляющей номинальной поверхности (рис. 1) в общем случае определяется настройкой технологической системы, включающей этапы установки, статической и динамической настройки. При этом для профильных режущих инструментов, требующих решения прямой задачи формообразования, точность спроектированного режущего инструмента напрямую влияет на точность образующей номинальной поверхности. Требуемая точность размеров цельных режущих инструментов формируется на финишных операциях при их изготовлении, и достаточно легко поддается контролю т.к. требуемый размер можно измерить непосредственно от заданных баз инструмента. При изготовлении сборного режущего инструмента требуется решение пространственных размерных цепей для назначения допусков на элементы корпуса, используемые для установки сменных многогранных пластин (СМП) [4].

Одним из основных требований для создания полнофункциональной системы автоматизированного проектирования сборных режущих инструментов является представление допусков как неотъемлемой части их математической модели. Получаемая компьютерная модель инструмента, должна учитывать реальную геометрию, которая позволит осуществить интеграцию автоматизированных средств связанных с проектированием, изготовлением и контролем сборных режущих инструментов.

Традиционные методы расчета плоских размерных цепей предусматривают расчеты точности размеров и относительных поворотов на основе суммирования допусков, ограничивающих отклонения размеров и поворотов на составляющих звеньях. Однако допуск на размер представляет собой интегральный параметр, ограничивающий отклонения формы, поворота и расстояния, каждое из которых физически по-разному влияет на формирование отклонений размера замыкающего звена. Отклонения размера, проявляемое как параллельное смещение одной базировочной поверхности относительно другой, непосредственно прямым образом влияет на изменение размера замыкающего звена. В свою очередь, погрешность относительного поворота оказывает влияние на отклонение размера замыкающего звена через расстояние от начала координат базировочной поверхности детали до рассматриваемой поверхности замыкающего звена. Отклонения геометрической формы базировочных поверхностей определяют формирование погрешности установки присоединяемой детали и влияют на точность замыкающего звена.

Под пространственной размерной цепью понимается совокупность радиус-векторов, образующих замкнутый контур, где радиус-векторы соединяют начала систем координат и геометрических элементов, перемещение и повороты которых непосредственно участвуют в решении поставленных задач [5]. При расчете пространственных размерных цепей, так же как и линейных, решаются прямая и обратная задачи. При решении прямой задачи, исходя из установленных требований к точности исходного звена, определяют номинальные значения каждого из 6 параметров, поля допусков, координат середин полей допусков и предельные отклонения по каждому из параметров каждого составляющего звена. При решении обратной задачи, исходя из установленных номинальных значений, полей допусков и координат середин допусков, по каждому параметру каждого составляющего звена определяется номинальное значение, поле допуска, координаты середины поля допуска и предельные отклонения по каждому параметру замыкающего звена. Принципиальное отличие расчета пространственной размерной цепи от линейной и угловой заключается в том, что номиналы и допуски на линейные параметры  $(x, y, z)$  и угловые  $(\varphi, \psi, \theta)$  рассматриваются как взаимосвязанные величины.

Однако в работах по проектированию режущего инструмента вопросы размерной точности не рассматриваются. В геометрической теории формирования поверхностей режущими инструментами [2] вместо размерного анализа делается ряд допущений. Так как при формировании поверхностей режущими инструментами неизбежны погрешности технологической системы, номинальные значения параметров образующей и направляющей этой поверхности снабжаются допусками, что делает их неоднозначными. Чтобы внести в них однозначность, необходимую для последующего расчета, авторы вводят так называемую расчетную поверхность, которую обычно располагают в поле допуска на поверхность, и формируемой поверхностью считают расчетную поверхность.

Характеристикой процесса резания (рис. 1) является схема срезания припуска, которая полностью определяется системами режущих кромок инструмента и его движений и характеризуется формой и размерами срезаемых слоев.

При использовании генераторной схемы резания, режущие элементы располагаются дискретно. Вследствие этого после срезания припуска на поверхности детали остаются неровности в виде гребешков, каждый из которых характеризуется высотой, измеренной в направлении нормали к поверхности и шагами вдоль ее образующей и направляющей. Также к параметрам поверхностного слоя после обработки относятся степень упрочнения, глубина упрочненного слоя и эпюра внутренних остаточных напряжений, которые определяются напряженно-деформированным и тепловым состоянием в зоне резания.

Контакт формируемой поверхности с режущими кромками работающего инструмента происходит дискретно, поэтому припуск срезается режущими кромками не полностью. На формируемой поверхности остаются неровности в виде гребешков. При проектировании режущих инструментов обычно рассчитывают теоретические параметры отклонений получаемой поверхности от расчетной, считая материал детали абсолютно недеформируемым, технологическую систему абсолютно жесткой, а поверхности лезвия абсолютно гладкими [2]. Поэтому рекомендации по назначению углов резания, радиуса скругления режущих кромок и т.п. носят характер общих рекомендаций, полученных в результате экспериментальных исследований и производственного опыта [1].

В то же время в процессе резания формируется поверхностный слой детали, имеющий макро и микроотклонения от идеальной геометрической формы (шероховатости, волнистости, макроотклонения) и измененные физико-химические

свойства по сравнению со свойствами основного материала (степень упрочнения, глубина упрочненного слоя, эпюру внутренних остаточных напряжений) [6]. Полученный поверхностный слой является одним из основных факторов обеспечивающих работоспособность детали. Разработанная новая теория резания [7], позволяет определить параметры срезаемых слоев в зависимости от геометрических параметров режущего инструмента и физико-механических свойств обрабатываемой заготовки и может являться базой для расчета оценочных параметров спроектированных режущих инструментов.

Работоспособность режущего инструмента (рис. 1) – это такое его состояние, при котором он выполняет процесс резания с заданными техническими требованиями или условиями (требования по точности обработки, по качеству обработанной поверхности, по износу режущего инструмента и т.д.). Работоспособность инструмента определяется сложными, стохастично протекающими процессами контактного взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов. Это взаимодействие характеризуется большими контактными напряжениями и температурами, приводящими к макро- и микроразрушению контактных площадок инструмента. Факторы, влияющие на процессы контактного взаимодействия, оказывают влияние на работоспособность инструмента. К ним относятся условия контактирования, режимы обработки, конструкторско-геометрические параметры инструмента, свойства обрабатываемого и инструментального материалов.

Исследование напряженно-деформированного состояния инструмента, по сути, является одним из методов оценки качества спроектированного инструмента путем моделирования его работы. Результатом такой оценки должна стать оптимизация геометрических, конструктивных и технологических параметров процесса формообразования на этапе проектирования режущего инструмента. В настоящее время разработано достаточно большое количество методов, которые позволяют производить такую оценку сборных режущих инструментов, однако современные теории автоматизированного проектирования сборных режущих инструментов не уделяют достаточного внимания данному аспекту [2].

**Список литературы:** 1. Хандожко А.В., Шешков А.Е. Методология проектирования металлорежущих инструментов с учетом качества обрабатываемых поверхностей деталей // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2004. - № 1. - С. 59-67. 2. Лашнев С.И., Борисов А.Н., Емельянов С.Г. Геометрическая теория формирования поверхностей режущими инструментами.: Монография – Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 1997. - 391 с. 3. Емельянов С.Г., Чевычелов С.А., Чистяков П.П. Разработка САПР гиперболоидных фрез для обработки эвольвентных профилей // Справочник. Инженерный журнал с приложением. - 2014. - № 4. - С. 42-46. 4. Емельянов С.Г., Мочаев Ю.П., Чевычелов С.А., Бобрышев Д.А. Пространственный размерный анализ с использованием матричного представления графа размерных связей и многопараметрического отображения аффинного пространства // Известия ОрелГТУ. – 2008. - №3-4. - С. 51-55 5. Базров, Б.М. Расчет точности машин на ЭВМ. – М.: Машиностроение, 1984. - 296 с. 6. Суслов А.Г., Таратынов О.В., Болотина Е.М. Комплексное изучение качества поверхностного слоя деталей машин // Научно-технические технологии в машиностроении. - 2013. - № 9. - С. 40-43. 7. Воронцов А.Л. Разработка современной теории механической обработки металлов. Ч. 3. Определение кинематического и деформированного состояний обрабатываемой заготовки, нароста на резце и глубины упрочненного слоя металла изделия // Производство проката. - 2008. - № 3. - С. 1-10.