

УДК 621.9

Концепция проектирования системы универсальных сложнопрофильных токарных режущих пластин с расширенными технологическими возможностями.

Михайлов С. В. Михайлов А. С.

(Костромской государственный технологический университет)

Изложена концепция проектирования универсальных сложнопрофильных токарных пластин с расширенными технологическими возможностями.

Проектирование, токарные режущие пластины, стружкодробление

Совершенствование конструкций твердосплавного инструмента идет по пути усложнения рабочих поверхностей и, в первую очередь, передних поверхностей сменных режущих пластин (СРП). Оптимизация конструкций режущих пластин позволяет повысить стабильность и надежность механической обработки. В последние годы номенклатура СРП существенно расширилась. Лидируют в области совершенствования конструкций режущих пластин иностранные концерны и их филиалы. В настоящее время пластины со сложной формой передней поверхности рекомендуются для обработки всех групп материалов.

Основной тенденцией совершенствования СРП является универсализация геометрии с целью расширения диапазона стружкодробления, обеспечиваемого каждым типом пластин.

Опыт проектирования СМП ведущими зарубежными фирмами позволил выделить наиболее характерные элементы стружкозавивающих элементов и на этой основе создать группы универсальных режущих пластин. Например, фирма Sandvik Coromant для каждой из групп обрабатываемых материалов разработала гамму сменных токарных пластин, включающую в себя по три основных типа стружколомающих элементов: F, M и R, предназначенных для чистовой, получистовой и черновой обработки с глубинами и подачами соот-

ветственно $t = 0,2-2,0$ мм и $s = 0,05-0,3$ мм/об, $t = 1,5-6$ мм и $s = 0,2-0,5$ мм/об, $t = 3-12$ мм, $s = 0,35-1,5$ мм/об.

За счет оптимизации конструкций выступов и углублений по данным авторов на пластинах PR удалось уменьшить затраты мощности на 10% при выполнении большинства токарных операций. В целом гамма СРП, изготавливаемая из твердых сплавов позволила охватить до 80% всех операций точения сталей. По мнению специалистов, гамма пластин из трех основных типов стружколомающих геометрий позволила заменить 20-30 типов выпускавшихся ранее СРП. Вместе с тем в дополнение к основным типам стружкозавивающих поверхностей фирма Sandvik Coromant разработала промежуточные варианты СРП типов WF, WMX и WR.

Представляются интересными предложения токарных пластин фирм Kennametal, Mitsubishi с ограниченным числом типов стружколомающих геометрий. Пример конструкций пластин с однотипными рабочими поверхностями показан на рис.1

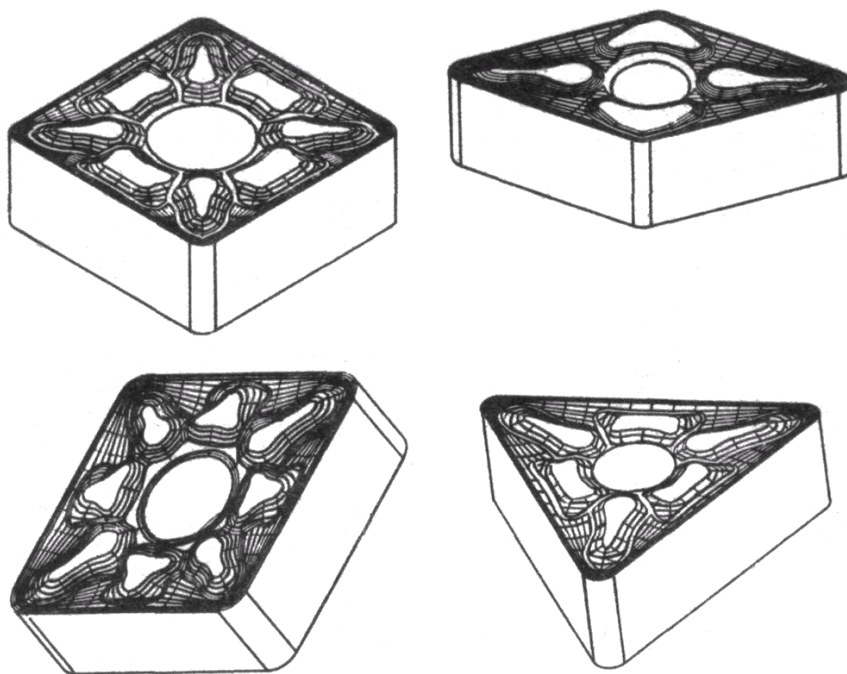


Рис. 1. Пример конструкций пластин с однотипными стружколомающими поверхностями

Наряду с универсализацией геометрии стружкоформирующих элементов наблюдается и противоположная тенденция – разработка СРП со специальной геометрией для сравнительно узких областей применения.

Оба направления базируются на общих принципах проектирования СРП со стружкозавивающей передней поверхностью, согласно которым определение геометрических параметров пластины осуществляется по критерию получения благоприятной формы стружки, учитывающему внешний вид стружки и механику резания.

Известные к настоящему времени конструкции инструментов со стружкозавивающими передними поверхностями можно разделить на три группы. Широкое распространение получили режущие пластины, обеспечивающие завивание стружки с помощью стружкозавивающих уступов, порожков, канавок или лунок, расположенных вдоль главной режущей кромки. Пластины предназначены для завивания стружки в нормальной к передней поверхности инструмента плоскости относительно оси, параллельной наибольшей стороне поперечного сечения стружки. При этом если стружка не дробится на части кольца, то формируется в виде цилиндрической спирали с осью, параллельной главной режущей кромки пластины.

Известны режущие пластины, обеспечивающие завивание стружки в плоскости передней поверхности инструмента. Конструктивной особенностью пластин является винтовая передняя поверхность с переменным передним углом, плавно изменяющимся по мере удаления от вершины пластины вдоль главной режущей кромки. При использовании таких режущих пластин стружка завивается в плоскости ее наибольшей жесткости, формируясь в виде спирали с осью, перпендикулярной передней поверхности инструмента.

В настоящее время задача расширения технологических возможностей СРП решается путем задания различных геометрических параметров передней поверхности и стружкоформирующих элементов в главных секущих плоскостях пластины вдоль режущей кромки.

Геометрические параметры пластины задаются таким образом, чтобы интенсифицировать завивание стружки одновременно в двух плоскостях – передней поверхности и нормальной к режущей кромке секущей плоскости. При сложении этих вращательных движений образуется спиралеобразная стружка, ось которой лежит в плоскости, параллельной плоскости резания.

Общими недостатками известных режущих пластин являются ограниченные возможности управления сходом стружки. При использовании таких пластин направление оси стружки можно регулировать лишь в одной плоскости, расположенной под углом φ (главным углом в плане) к направлению подачи инструмента, что в ряде случаев, например, на операциях обработки отверстий и расточки, затрудняет удаление стружки из зоны резания.

В результате изучения причинно-следственных связей процессов формирования, завивания и дробления спиральной стружки выявлены новые возможности получения благоприятной формы стружки путем целенаправленного воздействия на пластическую область зарождения стружки через оптимизацию условий ее схода с инструмента. При создании переменных вдоль режущей кромки условий схода стружки появляются дополнительные возможности управления процессом стружкообразования. Вследствие неоднородной деформации срезаемого слоя, вызванной изменяющимся профилем стружкозавивающей поверхности, происходит завивание стружки в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Целенаправленное, сознательное управление пространственным завиванием стружки позволяет расширить круг задач, решаемых за счет конструирования сложнопрофильных режущих инструментов.

Управление процессом дробления сливной стружки на части, удобные для транспортировки ее из зоны резания и от станка, является самостоятельной проблемой, тесно связанной с завиванием стружки. Протекающие одновременно процессы стружкозавивания и стружкодробления имеют разную физическую природу. Стружкозавивание – процесс, обусловленный неравномерностью пластической деформации по толщине и ширине срезаемого слоя. Стружкодробление – процесс разрушения уже сформированной стружки.

Разрушение стружки происходит в результате ее распрямления при взаимодействии с препятствиями. Анализ процесса стружкодробления показывает, что эффективность дробления стружки повышается с увеличением угла поворота поперечного сечения стружки θ , увеличением толщины стружки и отношения модуля упругости к пределу текучести стружки E/σ_T . В соответствии с классификатором стружек для операции точения оптимальной является схема завивания при соотношении вращательных движений $(\vec{\omega}_u, \vec{\omega}_s, \vec{\omega}_l) = 11(-1)$.

К числу наиболее значимых параметров управления стружкодроблением относятся: 1) форма и расположение стружкозавивающих элементов относительно режущей кромки инструмента; 2) изменение формы и расположения стружкозавивающих элементов вдоль режущей кромки инструмента; 3) передний угол и градиент его изменения вдоль режущей кромки инструмента; 4) угол наклона главной режущей кромки; 5) главный угол в плане и радиус при вершине инструмента. Влияние каждого из этих факторов на траекторию движения стружки осуществляется через изменение направления схода стружки и интенсивности завивания в трех взаимно перпендикулярных плоскостях.

Наиболее эффективное влияние на изменение степени неоднородности деформированного состояния зоны резания, определяющего параметры винтового движения стружки, оказывает сложнопрофильная геометрия. Максимальный эффект достигается за счет использования резцов с выпукловогнутой формой передней поверхности. Стружкозавивающая поверхность выполняется таким образом, что ее поперечные сечения при удалении от вершины пластины изменяются от выпуклой формы до вогнутой с центрами кривизны, расположенными соответственно ниже и выше передней поверхности инструмента. По мере удаления от вершин пластины кривизна стружкозавивающей поверхности на ее выпуклом участке уменьшается, а на вогнутом увеличивается, величина переднего угла γ уменьшается.

На основе моделирования пространственного стружкообразования при резании инструментом с криволинейной передней поверхностью разработана

методика проектирования сложнопрофильных сменных многогранных режущих пластин. Оптимизация геометрии инструмента осуществляется по критерию дробления стружки с учетом технических ограничений по силам, прочности лезвия и качеству обработанной поверхности. Повышение эффективности проектирования достигается за счет компьютерного прогнозирования пространственного завивания и дробления стружки.

В качестве исходных данных построения модели сложнопрофильной пластины используются физико-механические свойства обрабатываемого и инструментального материала, режимы резания, схема операции точения, начальные геометрические параметры пластины (φ , φ_1 , γ , α). Расчет рабочих поверхностей СРП осуществляется в следующей последовательности.

1. Рассчитываются параметры зоны резания: толщина a_1 и ширина b_1 срезаемого слоя, угол схода стружки η , длины пластического l_0 и полного l контакта стружки с передней поверхностью инструмента, угол наклона условной поверхности сдвига β_1 и коэффициент утолщения стружки k_a .

2. Зона резания рассекается на части параллельными плоскостями, расположенными вдоль направления начального схода стружки. С учетом требований к форме стружки выполняется профилирование передней поверхности СРП по сечениям.

3. Выполняется расчет минимально допустимого радиуса завивания в вертикальной плоскости R_u^{\min} . Проверяется условие $R_u \geq R_u^{\min}$.

4. Рассчитываются параметры схода стружки: внешний радиус витка стружки R_0 , шаг спирали стружки P_h , угол наклона оси спирали стружки θ .

5. Проверяется условие дробления стружки по величине критической кривизны стружки.

6. Определяется ширина упрочняющей фаски. На большей части длины активной режущей кромки ширина фаски не должна превышать толщину срезаемого слоя, т. е. $f < a_1$.

7. Рассчитывается радиус округления режущей кромки.

8. Определяются параметры дополнительных стружкодеформирующих

элементов передней поверхности.

9. Выполняется расчет сил резания и прочностной расчет сложнопрофильной режущей пластины.

С целью более полного учета совокупности функциональных и структурных свойств инструмента используется системный принцип проектирования, согласно которому сборный резец представляется как множество закономерно связанных друг с другом конструктивных и функциональных элементов, образующих единую целостность. Применение такого подхода дает возможность разделить задачу проектирования режущей пластины на части и принять наиболее рациональное решение для ее составляющих элементов.

Основные этапы проектирования режущего инструмента заключаются в следующем. На первой стадии исследуются особенности технологического процесса изготовления деталей. С учетом требований к качеству и условиям механической обработке разрабатываются различные варианты режущих пластин, подбираются технология изготовления и марка инструментального материала. Эффективность конструкций оценивается с помощью математических моделей работоспособности инструментов. Предложенные технические решения используются при создании 3D-моделей пластин. Оригинальные конструкции патентуются. Готовая трехмерная модель режущей пластины передается конструктору технологической оснастки для проектирования пресс-формы. После изготовления экспериментальной партии СРП проводятся лабораторные испытания. На основе полученных результатов принимается решение об уточнении конструкции или проведении серийных производственных испытаний. Производственные испытания опытной партии СРП должны подтвердить обоснованность решения о серийном производстве режущих пластин. На СРП разрабатывается полная конструкторско-технологическая документация, включающая рекомендации по эксплуатации.

Серийное изготовление режущих пластин осуществляется на профильных предприятиях при авторском контроле качества продукции.

Компьютерное прогнозирование работоспособности проектируемых пластин уменьшает число возвратов опытных пластин на доработку.

Выводы

Предложенная концепция проектирования сложнопрофильных режущих пластин позволяет учитывать особенности механики пространственного стружкообразования при обработке пластичных материалов. Реализация методики проектирования представляет возможности для создания новых оригинальных конструкций сборных инструментов с расширенными технологическими возможностями.

Mikhaylov S. V. Mikhaylov A. S.