

УДК 621.9.025

А.В. Чугункин¹, инж., А.П. Пичко¹, инж., В.А. Михайлов², аспирант,
Д.А. Михайлов², канд. техн. наук, А.Н. Михайлов², д-р техн. наук, проф.

¹ Филиал Ухтинского государственного технического университета в г. Усинске, Россия,

² Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, ДНР
Тел./Факс: +38 (062) 3050104; E-mail: tm@fimm.donntu.org

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ОСЕВЫХ ЛЕЗВИЙНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИХ СТОЙКОСТИ

В работе рассмотрены вопросы структурного обеспечения комбинированных осевых лезвийных инструментов для обработки отверстий и представлена их универсальная структурная схема. Показано, что комбинированный инструмент может состоять из множества ступеней, содержащих различные инструменты, которые в отдельности имеют свой особый механизм резания. Установлено, что комбинированный осевой лезвийный инструмент работает в сложных эксплуатационных условиях, характеризующихся изменяющимися условиями их работы по ступеням и длине режущих кромок. В работе разработан комплексный метод повышения стойкости комбинированного осевого лезвийного инструмента на базе функционально-ориентированного подхода.

Ключевые слова: комбинированный осевой инструмент, эксплуатация, стойкость, изменяющиеся режимы резания, технологические методы.

A.V. Chugunkin, A.P. Pichko, V.A. Mikhaylov, D.A. Mikhaylov, A.N. Mikhaylov

MAIN FEATURES OF OPERATION OF COMBINED AXLE BLADE TOOLS FOR HOLE PROCESSING AND METHODS OF INCREASING THEIR RESISTANCE

The paper considers the issues of structural support of combined axial blade tools for hole machining and presents their universal structural scheme. It is shown that a combined tool can consist of a number of steps containing various tools, which individually have their own special cutting mechanism. It is established that the combined axial blade tool operates under difficult operating conditions, characterized by changing conditions of their operation along the steps and the length of the cutting edges. A comprehensive method of increasing the stability of a combined axial blade tool on the basis of a functionally oriented approach has been developed.

Key words: combined axial tool, operation, stability, cutting modes, technological methods.

1. Введение

С развитием научно-технического прогресса непрерывно повышаются требования к качеству изготовления изделий и инструментальному обеспечению [1, 2, 3, 4]. Можно отметить, что в настоящее время, для повышения производительности обработки отверстий, с многостадийной обработкой, применяется комбинированные осевые лезвийные инструменты [5, 6]. Использование этих инструментов особенно эффективно в следующих случаях:

1. При обработке отверстий большого диаметра, выполняемой за несколько последовательных переходов, например, сверлами.

2. При обработке точных отверстий, требующих реализацию несколько переходов, например, сверлами, зенкерами и развертками.

3. При последовательной обработке отверстий, выполняемой различными видами осевых инструментов, например, сверлами, зенкерами, развертками, метчиками и тому подобными инструментами.

4. При обработке ступенчатых отверстий с различными параметрами качества отдельных поверхностей и для других особых случаев обработки.

В этом случае, повышение производительности обработки комбинированными осевыми лезвийными инструментами реализуется за счет сокращения вспомогательного времени обработки и других параметров технологического процесса. Это позволяет существенно повысить технико-экономические параметры обработки сложных по своей структуре отверстий.

Вместе с тем, применение комбинированных осевых лезвийных инструментов для обработки отверстий имеет определенные особенности. Это обусловлено тем, что эти инструменты имеют определенные особенности эксплуатации.

Целью данной работы является исследование конструктивных и эксплуатационных особенностей комбинированных осевых лезвийных инструментов для установления основных особенностей их работы для последующей разработки методов их повышения стойкости.

В соответствии с поставленной целью в работе планируется решение следующих основных задач: выполнить анализ структуры комбинированных осевых лезвийных инструментов; исследовать основные особенности работы комбинированных осевых лезвийных инструментов; предложить методы повышения стойкости инструментов.

2. Структура комбинированных осевых лезвийных инструментов

Выполненные исследования позволили установить, что комбинированные осевые лезвийные инструменты для обработки отверстий обычно имеют сложную структуру ступеней (рис. 1). При этом для каждого варианта структуры поверхностей отверстий детали составляется своя структура ступеней комбинированного инструмента [1, 2]. При этом структура поверхностей детали изоморфно отображается на структуру ступеней комбинированного осевого лезвийного инструмента. Изоморфное отображение структуры поверхностей детали, которые необходимо обработать, на структуру ступеней комбинированного осевого инструмента, математически можно представить следующим образом:

$$\varphi : Str \{X, A\} \rightarrow Str \{Y, B\}, \quad (1)$$

где φ - изоморфное отображение структуры поверхностей детали на структуру ступеней комбинированного инструмента;

$Str \{X, A\}$ - структура поверхностей детали, которые необходимо обработать;

$Str \{Y, B\}$ - структура ступеней комбинированного осевого лезвийного инструмента;

X – множество поверхностей детали;

Y – множество ступеней комбинированного инструмента;

A – множество отношений между поверхностями детали;

B - множество отношений между ступенями инструмента.

Здесь, множества поверхностей детали X и ступеней комбинированного инструмента Y имеют вид:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\};$$

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\},$$

где $x_j - j$ – я обрабатываемая поверхность детали;

$y_i - i$ – я ступень комбинированного инструмента;
 m и n – мощность множеств A и B , соответственно.

Для множеств отношений можно записать следующие выражения:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\};$$

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\},$$

где $a_j - j$ – е отношение между обрабатываемыми поверхностями детали;

$b_i - i$ – е отношение между ступенями комбинированного инструмента.

На рис. 1 показана универсальная схема комбинированного осевого лезвийного инструмента. Здесь показано, что инструмент имеет n различных ступеней инструмента.

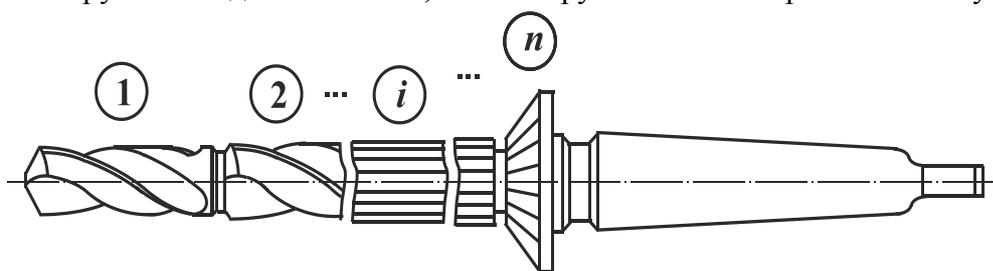


Рисунок 1. Универсальная схема комбинированного осевого лезвийного инструмента

На базе этой схемы и выражения (1) можно анализировать состав и структуру комбинированных осевых лезвийных инструментов, а также выполнять синтез различных вариантов их схем. В целом комбинированный осевой инструмент (рис. 1) можно представить в виде универсальной структурной схемы, представленной на рис 2.

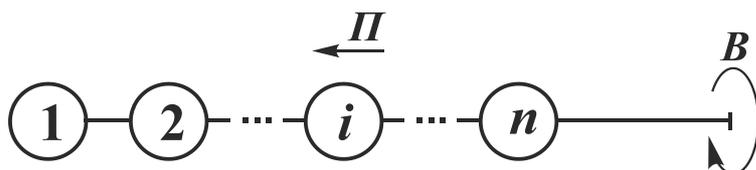


Рисунок 2. Универсальная структурная схема комбинированного осевого лезвийного инструмента

Здесь показано, что инструмент имеет n ступеней и связей между ними. При этом инструмент получает вращательное B и поступательное II движение.

3. Основные особенности работы комбинированных осевых лезвийных инструментов

Анализируя схему обработки поверхностей детали, с различными ступенями комбинированного осевого лезвийного инструмента [7], представленную на рис. 3, можно отметить, что процесс создания необходимой структуры инструмента может реализовываться в соответствии с выражением (1). При этом процесс проектирования комбинированного инструмента выполняется на базе изоморфного отображения множества поверхностей детали, которые необходимо обработать, и множества ступеней инструмента. А именно, структура поверхностей детали изоморфна структуре комбинированного инструмента.

Анализ структуры комбинированного осевого лезвийного инструмента и его конструктивных особенностей показывает, что этот инструмент имеет ряд особых эксплуатационных особенностей:

1. В связи с тем, что в целом структура комбинированного инструмента может состоять из различных по своей сущности лезвийных инструментов (сверло, зенкер, развертка, зенковка и тому подобное), в процессе резания образуются различные меха-

низмы резания материала заготовки по ступеням инструмента. При этом эти процессы могут реализовываться последовательно или мультипликативно.

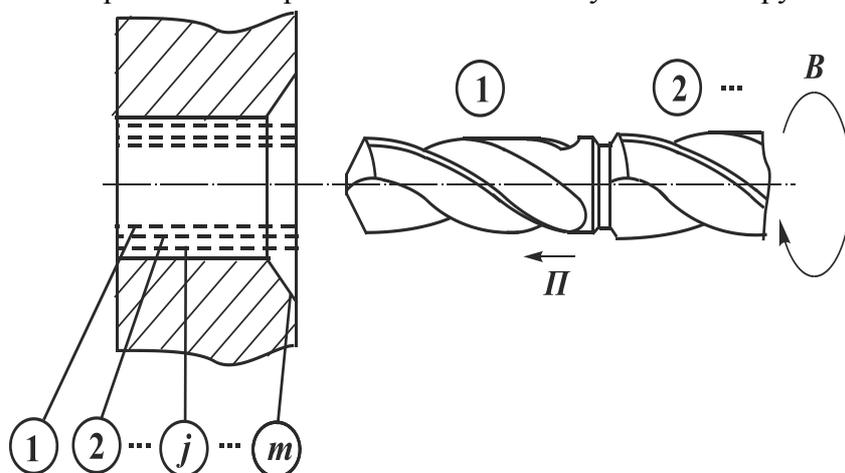


Рисунок 3. Схема обработка поверхностей детали ступенями комбинированного осевого лезвийного инструмента

2. По различным ступеням комбинированного осевого лезвийного инструмента реализуются различные скорости резания материала, зависящие от наружного диаметра инструмента каждой ступени.

3. Скорость резания по длине режущей кромки на ряде ступеней комбинированного инструмента может изменяться в зависимости от значения радиуса R_j до точки, лежащей на этой кромке (рис. 4).

На рис. 4 представлена схема одной из ступеней комбинированного инструмента (сверло). Здесь показано: 1 – тело ступени инструмента, 2 – режущая кромка инструмента. Можно отметить, что изменение скорости резания v_p по длине режущей кромки инструмента обусловлено различными параметрами радиуса R_j .

Зависимость скорости резания по длине режущей кромки инструмента от расстояния до точек R_j по режущей кромке представлена на рис. 5. Здесь данные приведены для частот вращения комбинированного осевого лезвийного инструмента: $n = 100$ об./мин, $n = 200$ об./мин, $n = 400$ об./мин.

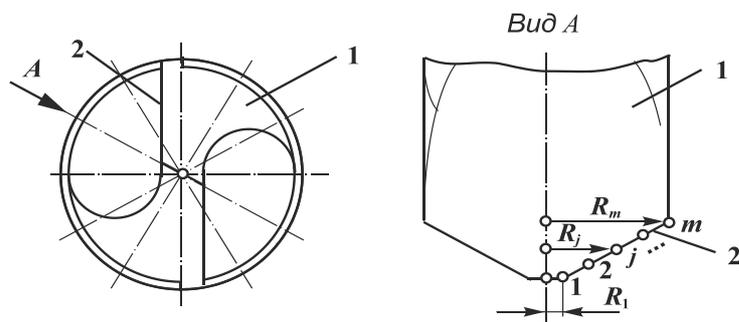


Рисунок 4. Схема одной из ступеней комбинированного инструмента (сверло): 1 – тело ступени инструмента, 2 – режущая кромка инструмента

Следует также отметить, что эксплуатация комбинированных осевых лезвийных инструментов характеризуется следующими особенностями:

1. Сложной структурой и составом элементов комбинированного осевого лезвийного инструмента.

2. Различным механизмом резания по ступеням инструмента при обработке однотипного и/или многотипного материала на различных поверхностях детали.

3. Различной структурой параметров точности и/или качества обрабатываемых поверхностей по ступеням отверстий в детали.

4. Различной структурой физико-механических свойств по ступеням обрабатываемой детали и инструмента.

5. Одновременной обработкой сразу нескольких поверхностей детали.

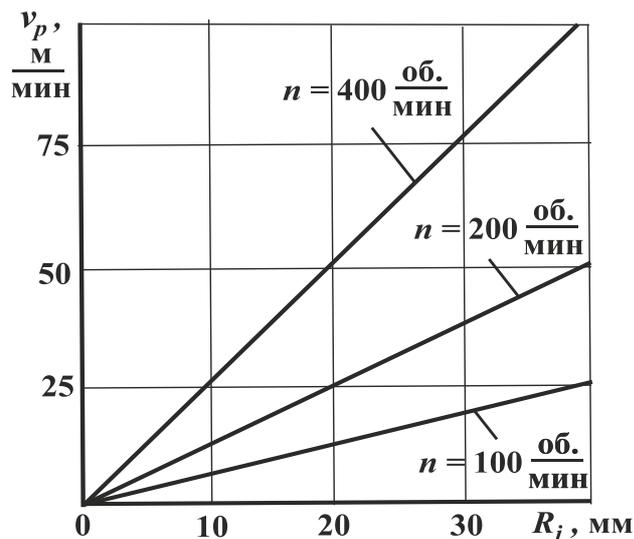


Рисунок 5. Зависимость скорости резания по длине режущей кромки инструмента от расстояния до точек R_j по режущей кромке

верхности, рис. 6, б – износ по уголкам. Представленные на рис. 6 позиции обозначают следующее: 1 – сверло; 2 – задняя поверхность; 3 – зона неравномерного износа по задней поверхности (рис. 5, а); 3 – зона износа по уголкам (рис. 6, б); 4 – ленточка сверла. Анализ особенностей износа элементов сверла показывает, что процесс изнашивания происходит неравномерно по всем элементам. Это обусловлено особенностями эксплуатации комбинированного инструмента и возникающими при этом неравномерными скоростями резания по длине режущей кромки инструмента.

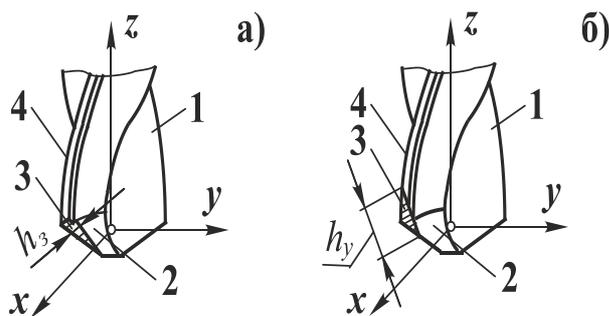


Рисунок 6. Особенности изнашивания элементов первой ступени (сверло) инструмента: а – износ по задней поверхности, б – износ по уголкам

верхности h_z по уголкам h_y (рис. 6). Износ по уголкам измеряется для контроля, так как в большинстве случаев ограничивающим является износ по задней поверхности. При наличии неравномерного износа измеряется место наибольшего износа (рис. 7, а), при равномерном износе по задней поверхности – на расстоянии $0,06d$ от уголка (рис. 7, б) [1].

6. Изменяющимися параметрами скорости резания по различным ступеням инструмента и по длине режущей кромки каждой его ступени и другими особенностями.

Эти особенности эксплуатации комбинированных осевых лезвийных инструментов снижают его потенциальные возможности в обеспечении стойкости.

В процессе эксплуатации сверл происходит из затупление (износ) по задней и передней поверхностям, уголкам в месте контакта режущего лезвия с ленточкой, по поперечному лезвию и ленточкам. На рис. 6 показаны особенности изнашивания элементов первой ступени (сверло) инструмента. Здесь показано: рис. 6, а – износ по задней поверхности, рис. 6, б – износ по уголкам. Представленные на рис. 6 позиции обозначают следующее: 1 – сверло; 2 – задняя поверхность; 3 – зона неравномерного износа по задней поверхности (рис. 5, а); 3 – зона износа по уголкам (рис. 6, б); 4 – ленточка сверла. Анализ особенностей износа элементов сверла показывает, что процесс изнашивания происходит неравномерно по всем элементам. Это обусловлено особенностями эксплуатации комбинированного инструмента и возникающими при этом неравномерными скоростями резания по длине режущей кромки инструмента. Подобные явления возникают и на других ступенях инструмента, в тех случаях, когда режущая кромка инструмента имеет радиальное ориентирование относительно продольной оси инструмента.

Можно отметить, что в процессе определения режимов резания для ступеней-сверл измеряется величина износа режущих кромок сверл по задней поверхности

Особенности неравномерного изнашивания элементов первой ступени (сверло) инструмента в процессе эксплуатации представлены на рис. 7. Здесь показано: рис. 7, а – неравномерное изнашивание задней поверхности, рис. 7, б – схема места замера наибольшего износа по задней поверхности

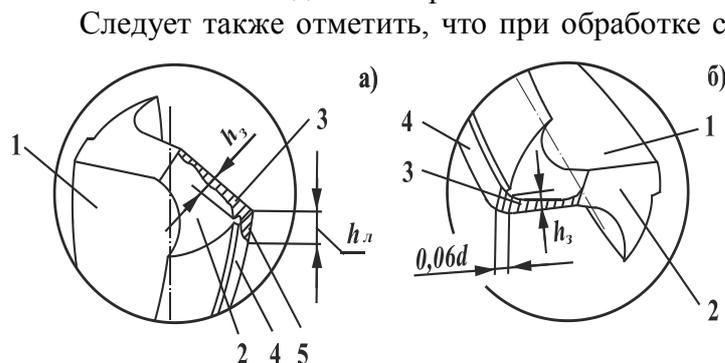


Рисунок 7. Схема неравномерного изнашивания элементов первой ступени (сверло) инструмента в процессе эксплуатации: а – неравномерное изнашивание задней поверхности, б – схема места замера наибольшего износа по задней поверхности

При обработке отверстий повышенной точности могут быть выбраны такие технологические факторы, как точность просверленного отверстия, шероховатость обработанной поверхности и тому подобное [2].

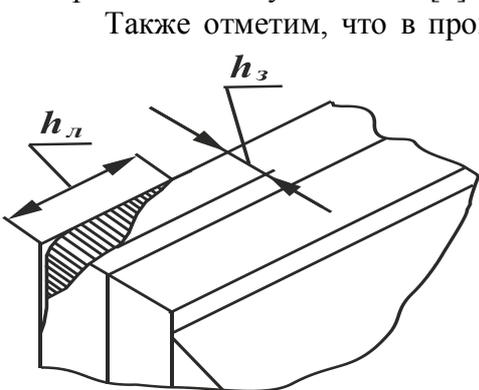


Рисунок 8. Схема изнашивания элементов ступеней с зенкерами и развертками при эксплуатации

Также отметим, что в процессе эксплуатации различных ступеней комбинированного инструмента зенкеры и развертки изнашиваются по задней и передней поверхностям и по ленточке (рис. 8). Лимитирующим износом быстрорежущих зенкеров при обработке стали является износ по ленточке h_n , а при обработке чугуна износ по задней поверхности - h_z . При этом лимитирующим износом зенкеров, оснащенных твердым сплавом, при обработке стали является износ по задней поверхности h_z , а при обработке чугуна – износ по ленточке h_n [1].

Для быстрорежущих разверток ориентировочная величина допустимого износа по задней поверхности составляет $h_z = 0,5 \dots 0,6$ мм. Для разверток, оснащенных твердым сплавом, критерием затупления при обработке чугуна является износ ленточек $h_n = 0,5 \dots 0,8$ мм, а при обработке закаленной стали – износ по задней поверхности $h_z = 0,3 \dots 0,35$ мм. Следует также контролировать затупление и износ разверток по диаметру калибрующей части, чтобы не допустить получение параметры отверстий меньше - нижнего предела допуска [1, 3].

При зенкероании выбор режимов резания заключается в определении глубины резания, подачи и скорости резания. Глубина резания определяется припуском на обработку. Подача назначается с учетом требований к чистоте и точности обработки, прочности инструмента и механизма подачи станка и установленной глубины резания [2].

ни-сверло принимается износ по задней поверхности $h_z = 0,8 \dots 1,0$ мм для диаметров отверстий $d \geq 20$ мм и $h_z = 0,4 \dots 0,8$ мм для диаметров отверстий $d < 20$ мм. При обработке чугуна без охлаждения в качестве ограничивающего принимается износ по уголкам $h_y = 0,8 \dots 1,2$ мм при работе сверлами для диаметров отверстий $d < 20$ мм. За критерий затупления сверла при

Таким образом, выполненный анализ особенностей эксплуатации комбинированных осевых лезвийных инструментов позволил установить следующее:

1. Комбинированный осевой лезвийный инструмент для обработки конкретных поверхностей отверстия имеет определенную структуру ступеней с различными лезвийными инструментами. При этом в процессе обработки поверхностей отверстия на каждой ступени инструмента необходим свой конкретный лезвийный инструмент и режимы обработки. Вследствие чего возникает по каждой ступени инструмента свой конкретный механизм резания, который может реализовываться последовательно, параллельно и/или последовательно-параллельно.

2. При обработке различных поверхностей отверстия для различных ступеней инструмента необходимо обеспечивать различные режимы резания.

3. Для ступеней инструмента, имеющих радиально изменяющиеся режущие кромки, по длине режущей кромки лезвия скорость резания изменяется в зависимости от изменения значения радиуса от оси вращения инструмента до каждой точки на лезвии.

4. Рабочее тело комбинированного осевого лезвийного инструмента имеет различные параметры напряженно-деформированного состояния по своей длине и соответственно различную стойкость ступеней инструмента, а также различную стойкость режущих кромок по своей длине по каждой ступени.

Для повышения стойкости комбинированных осевых лезвийных инструментов, работающих в описанных выше условиях, целесообразно обеспечение его свойств на базе функционально-ориентированного подхода [8].

4. Общий подход в обеспечении функционально-ориентированных свойств комбинированному осевому лезвийному инструменту

На рис. 9. представлена гипотетическая модель общего подхода в обеспечении функционально-ориентированных свойств структурным элементам комбинированного осевого лезвийного инструмента для обработки отверстий. Здесь, показана система, состоящая из объектов системы связанных функциями f_i^j , образующих замкнутую структуру. Объекты системы состоят из следующих множеств: множество C - эксплуатационных свойств инструмента, множество P , характеризующее режимы резания инструмента и множество T , определяющее необходимые технологические воздействия инструменту для обеспечения заданных его свойства. На базе этих связей реализуются функционально-ориентированные свойства. Здесь можно отметить, что структура связей между элементами модели имеет замкнутую форму, которая позволяет определять параметры свойств инструмента, режимов его работы и технологических воздействий. Все эти параметры определяются на базе группы особых принципов ориентации свойств и технологических воздействий [8]:

1. Функционального соответствия особенностей действия эксплуатационных функций, характеристик реализации технологических воздействий и параметров обеспечения необходимых свойств.

2. Топологического соответствия геометрических параметров функционального элемента детали, в котором действует элементарная функция при эксплуатации, геометрическим параметрам зоны реализации технологических воздействий на деталь и геометрических параметров зонного обеспечения необходимых свойств.

3. Количественного соответствия множества функциональных элементов, в которых действует множество различных элементарных функций при эксплуатации,

множеству реализации технологических воздействий и множеству элементов обеспечения необходимых свойств в функциональных элементах детали.

4. Адекватной зависимости пространственных особенностей действия элементарной функции при эксплуатации, технологических воздействий и эксплуатационных свойств в пространстве каждого функционального элемента детали.

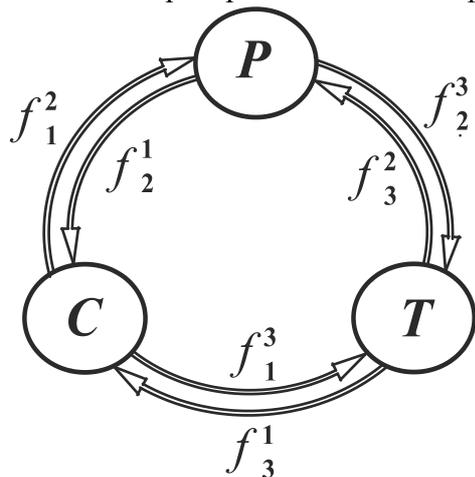


Рисунок 9. Модель общего подхода в обеспечении функционально-ориентированных свойств структурным элементам комбинированного инструмента

5. Адекватной зависимости временных особенностей действия элементарной функции при эксплуатации, временных или пространственных особенностей реализации технологических воздействий и временных эксплуатационных свойств в каждом функциональном элементе детали.

6. Структурного соответствия действия множества элементарных функций, реализации множества технологических воздействий и выполнения множества свойств в функциональных элементах детали из условия обеспечения заданных, требуемых или предельных свойств всей детали.

7. Адекватного структурно-функционального соответствия свойств в пространстве и во времени каждого функционального элемента заданному или предельному потенциалу общих свойств всей детали в целом.

8. Адекватного структурно-функционального соответствия свойств в окрестностях каждого функционального элемента в пространстве и во времени заданному, требуемому

или предельному потенциалу общих свойств всей детали в целом.

Можно отметить, что для комбинированного осевого инструмента множества свойств, режимов и технологических воздействий состоят из подмножеств этих параметров в зависимости изменяющихся параметров в осевом и радиальном направлениях, которые можно представить следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} C &= \{C^L, C^R\}; \\ P &= \{P^L, P^R\}; \\ T &= \{T^L, T^R\}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где C^L, P^L, T^L - подмножества свойств, режимов резания и технологических воздействий, соответственно, изменяющихся в осевом направлении L ;

C^R, P^R, T^R - подмножества свойств, режимов резания и технологических воздействий, соответственно, изменяющихся в радиальном направлении R .

Подмножества свойств, режимов резания и технологических воздействий, которые необходимо реализовать для обеспечения заданных свойств инструмента, можно представить следующими множествами элементов:

$$\left. \begin{aligned} C^L &= \{C_1^L, C_2^L, \dots, C_i^L, \dots, C_n^L\}; \\ P^L &= \{P_1^L, P_2^L, \dots, P_i^L, \dots, P_n^L\}; \\ T^L &= \{T_1^L, T_2^L, \dots, T_i^L, \dots, T_n^L\}, \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} C^R &= \{C_1^R, C_2^R, \dots, C_j^R, \dots, C_m^R\}; \\ P^R &= \{P_1^R, P_2^R, \dots, P_j^R, \dots, P_m^R\}; \\ T^R &= \{T_1^R, T_2^R, \dots, T_j^R, \dots, T_m^R\}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

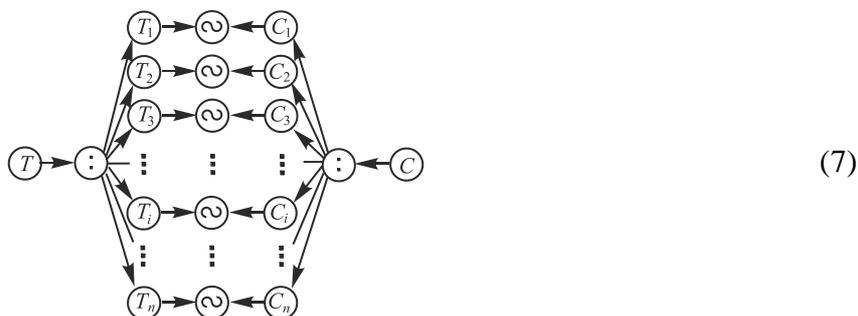
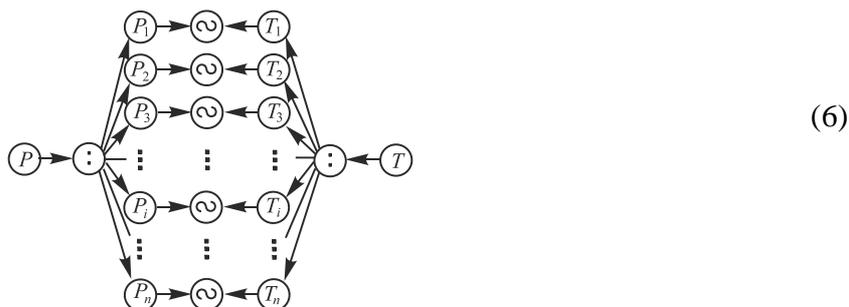
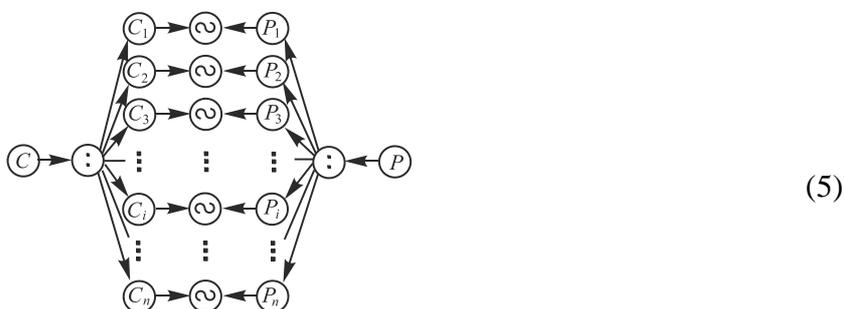
где C_i^L, P_i^L, T_i^L - i - е элементарное свойство, режим обработки и технологическое воздействие в осевом направлении комбинированного инструмента, соответственно;
 C_i^R, P_i^R, T_i^R - i - е элементарное свойство, режим обработки и технологическое воздействие в радиальном направлении комбинированного инструмента, соответственно;

Связи модели рис. 8 определяются на базе следующих систем уравнений:

$$\left. \begin{aligned} C &= f_1^2(P); \\ P &= f_2^3(T); \\ T &= f_3^1(C), \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} P &= f_2^1(C); \\ T &= f_3^2(P); \\ C &= f_1^3(T), \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где $Z = f_i^j(V)$ - функциональная зависимость f_i^j множества Z от множества V (рис. 8).

Функциональная зависимость множеств свойств, режимов резания и технологических воздействий могут определяться с использованием следующих бинарных соответствий, представленных следующими выражениями:



где ∞ - знак бинарного соответствия;

\cdot - знак декомпозиции множества элементов системы.

На базе выражений (5), (6) и (7) определяются значения функций f_i^j при реализации функционально-ориентированных свойств комбинированного осевого лезвийного инструмента для обработки отверстий.

Следует также заметить, что свойства, режимы резания и технологические воздействия (методы обеспечения свойств) комбинированного осевого лезвийного инструмента находятся в функциональной зависимости от скорости резания v_p на ступенях и по длине его режущих кромок. Поэтому эти параметры изменяются по ступеням и по длине режущих кромок. Эти зависимости можно записать следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} C^L &= f_1(v_p); \\ P^L &= f_2(v_p); \\ T^L &= f_3(v_p), \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} C^R &= f_1(v_p); \\ P^R &= f_2(v_p); \\ T^R &= f_3(v_p). \end{aligned} \right\}$$

Обеспечение комбинированному осевому лезвийному инструменту функционально-ориентированных свойств позволяет полностью адаптировать свойства ступеней инструмента и их режущих кромок к особенностям его эксплуатации в процессе обработки отверстий, повысить стойкость инструмента и реализовать его предельные эксплуатационные свойства.

5. Методика синтеза функционально ориентированных свойств комбинированного осевого инструмента

Синтез функционально-ориентированных свойств комбинированному осевому лезвийному инструменту следует выполнять в следующей последовательности:

1. В соответствии с рис. 8 назначаются свойства инструмента в зависимости от режимов обработки. При этом свойства инструмента и режимы резания назначаются на основе бинарных соответствий, определяемых выражением (5). Параметры свойств инструмента и режимы резания могут назначаться в соответствии со справочными данными [1, ..., 4]. Вследствие того, что скорость резания по ступеням и по длине режущих кромок инструмента, а также механизм резания по ступеням в комбинированном осевом инструменте изменяющиеся следует использовать группу особых принципов ориентации свойств в зависимости от режимов обработки инструмента. Здесь, во всех случаях необходимо использовать итерационно-рекуррентную последовательность проектирования, как при использовании общего подхода, представленного на рис. 8, так и при проектировании свойств инструмента на базе группы особых принципов [8].

2. Далее, на базе выражения (6) в соответствии с назначенными свойствами и определенными режимами резания находят множество технологических воздействий, которые могут быть выполнены различными методами обработки. Эти методы могут назначаться в соответствии с базой данных, представленных в справочной литературе [7], в соответствии с выражением (6). При этом также следует использовать группу особых принципов ориентации свойств в зависимости от режимов обработки инструмента. А также необходимо использовать итерационно-рекуррентную последовательность проектирования, как при использовании общего подхода, представленного на рис. 8, так и при проектировании свойств инструмента на базе группы особых принципов [8].

3. Затем, на основе выражения (7) определяются следующие бинарные соответствия на базе функционально-ориентированного подхода [8], и так далее.

На базе представленной методики выполняется создание функционально-ориентированных свойств комбинированному осевому лезвийному инструменту для обработки отверстий.

6. Заключение

Таким образом, в представленной работе выполнен анализ конструктивных и эксплуатационных особенностей комбинированных осевых лезвийных инструментов для обработки отверстий изделий. А также в статье эти инструменты представлены в виде универсальных структурных моделей и исследованы основные особенности их работы. При этом установлено, что комбинированный осевой лезвийный инструмент эксплуатируется в сложных условиях, характеризующихся изменяющимися режимами резания по ступеням и по длине режущих кромок каждой ступени. В работе показано, что при эксплуатации инструмента на его каждой ступени действует свой определенный механизм резания, свои режимы обработки и технологические особенности в зоне резания. Все это ведет к снижению стойкости данного инструмента при эксплуатации. Для дальнейшего повышения эксплуатационных свойств комбинированному осевому лезвийному инструменту необходимо обеспечение специальных свойств.

В работе предложено выполнять повышение эксплуатационных свойств комбинированного осевого лезвийного инструмента на базе функционально-ориентированного подхода. Разработан общий подход в обеспечении функционально-ориентированных свойств комбинированному осевому инструменту и представлена методика его проектирования.

Функционально-ориентированные свойства обеспечивают полную адаптацию свойств инструмента к особенностям его эксплуатации, существенно повышают стойкость инструмента и реализуют предельный эксплуатационный потенциал комбинированных осевых лезвийных инструментов при обработке отверстий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровский, Г. В. Справочник инструментальщика / Г. В. Боровский, С. Н. Григорьев, А. Р. Маслов; под общей редакцией А. Р. Маслова. – Москва: Машиностроение, 2005. – 464 с.
2. Григорьев, С. В. Методы повышения стойкости режущего инструмента: Учебник для студентов вузов / С. В. Григорьев – Москва: Машиностроение, 2009. – 368 с.
3. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н.В. Новикова. – Москва: Машиностроение, 2005. – 555 с.
4. Кирсанов, С. В. Инструменты для обработки точных отверстий. 2-е изд., исправл. и доп. / С. В. Кирсанов, В. А. Гречишников, А. Г. Схиртладзе, В. И. Кокарев. – Москва: Машиностроение, 2005. – 336 с.
5. Малышко, И. А. Основы теории проектирования осевых комбинированных инструментов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / И. А. Малышко – Киев, 1996. – 33 с.
6. Татьянченко, А. Г. Теоретические основы прогнозирования термоупругих деформаций осевого инструмента и детали и их влияние на точность обработки отверстий: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А. Г. Татьянченко. – Донецк, 2006. – 35 с.
7. Физико-технологические основы методов обработки / Под ред. А.П. Бабичева. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 409 с.
8. Михайлов, А. Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий / А. Н. Михайлов – Донецк: ДонНТУ. - 2009. – 346 с.

Поступила в редколлегию 18.05.2017 г.