

трудник, работающий с ней, не нуждался в дополнительных источниках информации. Данный подход характерен для современного развития общества. Подбор информационных ресурсов по тематике с учетом интересов каждого потребителя и формирование комплексной системы – стратегия, непрерывно доказывающая целесообразность своего применения.

### Литература

1. Сайт: <http://www.kodeks.ru/>

### **Комбинированные инструменты с пластинами, оснащёнными СМТ для обработки ступенчатых отверстий**

д.т.н. Гречишников В.А., к.т.н. Романов В.Б., Юнусов В.В.  
МГТУ «СТАНКИН», г. Москва  
[ittf.stankin@gmail.com](mailto:ittf.stankin@gmail.com)

*Аннотация.* Рассмотрены конструкции комбинированных инструментов с СМТ для обработки ступенчатых отверстий. Предложена новая конструкция ступенчатого сверла, обеспечивающая установку режущей пластины на любой угол.

*Ключевые слова:* комбинированный инструмент, ступенчатое отверстие, режущая пластина

Комбинированные инструменты применяются для обработки фасонных и профильных поверхностей деталей. Они позволяют осуществить отдельные методы обработки (черновое и чистовое точение, черновое и чистовое фрезерование) либо совместить несколько методов обработки (сверление и фрезерование, сверление, зенкерование и развертывание и т. п.).

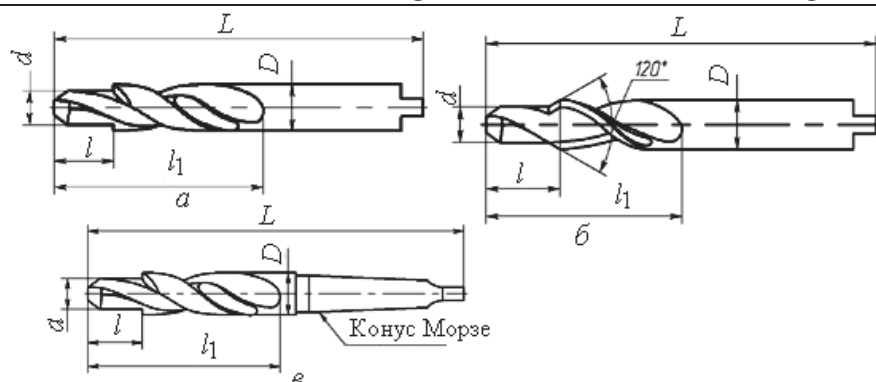
Применение комбинированных инструментов может быть обусловлено специальными техническими требованиями. Комбинированные инструменты позволяют выполнить несколько переходов обработки за один рабочий ход. Например, ступенчатый зенкер применяют для обработки в линию двух отверстий различных диаметров, сверло-цековку – для обеспечения перпендикулярности торца и отверстия.

Комбинированные инструменты, работающие по параллельной схеме, обладают рядом преимуществ по сравнению с инструментами, которые раздельно и последовательно друг за другом вступают в работу. Высокая производительность обеспечивается за счет уменьшения машинного времени обработки и в особенности резкого сокращения вспомогательного времени на установку и переналадку инструмента, а также на изменение скорости резания и подачи. Отклонение от соосности обрабатываемых поверхностей, которое является неизбежным при последовательной обработке разными инструментами и при нескольких установках детали на станках, почти не имеет места при использовании комбинированного инструмента. Это преимущество в одинаковой степени относится также и к соблюдению перпендикулярности торцовых поверхностей к оси отверстия, а также точности расстояния между двумя и более торцовыми поверхностями.

Число ступеней комбинированного инструмента для обработки фасонных отверстий (число групп зубьев) доходит до шести, а количество объединенных элементарных инструментов – до пяти. По конструкции эти инструменты могут быть цельными (рисунок 1), сварными, с напайными пластинками, с механическим креплением пластинок, со вставными ножами и сборными.

Некоторые разновидности данного инструмента имеют при этом направляющие части для работы по кондукторным втулкам.

Фирмой Sandvik Coromant (Швеция) разработана конструкция цельных твердосплавных сверл-зенкеров, которые обеспечивают лучшее центрирование в отверстиях. Инструмент выполняет функции сверла и зенкера и способен внедряться в сплошной металл, а также работать на больших подачах и обрабатывать отверстия с большей точностью, чем спиральное сверло. Диаметры сверл-зенкеров 3...13 мм, угол при вершине 150°. Точность позиционирования отверстия для плоской гладкой поверхности  $\pm 0,01$  мм, т.е. находится в пределах точности позиционирования станка с ЧПУ.



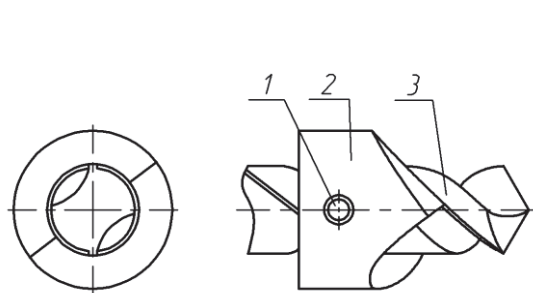
**Рисунок 1. Сверло: а - спиральное ступенчатое с цилиндрическим хвостовиком для обработки отверстий под винты с цилиндрической головкой; б - спиральное с цилиндрическим хвостовиком для обработки отверстий под резьбу с одновременным формированием фаски; в - спиральное ступенчатое с коническим хвостовиком для обработки отверстий под винты с цилиндрической головкой**

При использовании инструмента на станках с ЧПУ отпадает необходимость в центрировании или надсверлении. Сверло-зенкер работает при скоростях резания в 4-5 раз более высоких, чем скорости спиральных сверл из стали P6M5K5 при одинаковых значениях подач.

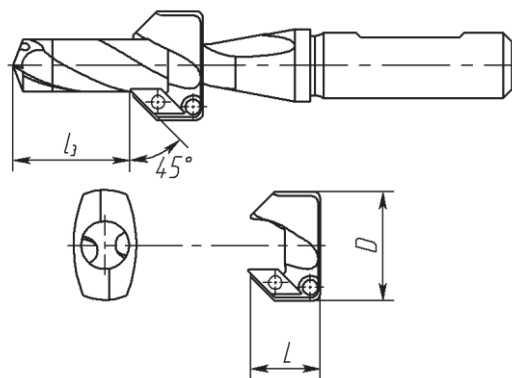
Ступенчатые сверла для станков с ЧПУ предназначены для обработки за один проход наиболее широко встречающихся в станкостроении типоразмеров опорных поверхностей под крепежные детали и крепежные резьбовые отверстия:

- отверстия с фаской для последующего нарезания резьбы;
- отверстие с конической зенковкой под винты и потайной и полупотайной головками;
- отверстие с цилиндрической зенковкой под винты с цилиндрической головкой и цилиндрической головкой и шестигранным углублением "под ключ".

Обработка указанных типов отверстий характеризуется, как правило, позиционными отклонениями отверстий в деталях, не превышающими  $\pm(0,1-0,2)$  мм. Детали с такими отверстиями в основном изготавливают из углеродистых, легированных и конструкционных сталей средней прочности и серых чугунов. Ступенчатые сверла предназначены для обработки деталей из этих материалов и обеспечивают высокую производительность и минимальную себестоимость обработки на станках с ЧПУ. Сверла поставляются также с износостойким покрытием нитридом титана, нанесенным методом КИБ.



**Рисунок 2. Сверло с насадкой фирмы Guhring**



**Рисунок 3. Сверло с наконечником из твердого сплава и фасочным модулем**

Для мелкосерийного производства разработаны сборные ступенчатые сверла (рисунок 2), обеспечивающие регулирование длины меньшей ступени в широких пределах. На рабочей части стандартного сверла 3 винтом 1 закрепляется специальная насадка 2.

Сверла с насадками применяют для обработки деталей из чугуна, так как более пластичные материалы забивают винтовые канавки сливной стружкой.

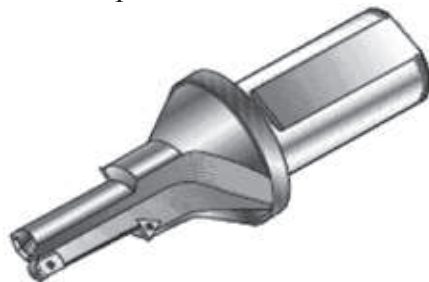
На рисунке 3. показана конструкция сверла фирмы Seco с наконечником из твердого

сплава и фасочным модулем.

Для сверления отверстий в сплошном материале разработаны сверла, которые оснащаются СМП. Возможен случай, когда из двух поворотных пластин одна будет треугольной, а другая - четырехугольной. СМП всегда располагают таким образом, чтобы одна режущая кромка (внутренняя) доходила до оси сверла, а вторая (наружная) - до периферии. При этом режущие кромки должны перекрывать одна другую. Сверла изготавливают стандартных диаметров от 18 до 80 мм. Наружная режущая кромка может быть использована также для дополнительного обтачивания наружных поверхностей и растачивания отверстий.

Сверла с СМП обычно используют для горизонтального сверления отверстий глубиной, равной 2,5 диаметров сверла, а при вертикальном сверлении - до 1,5 диаметров. По сравнению с быстрорежущими спиральными сверлами сверла, оснащенные СМП, обеспечивают увеличение скорости резания не менее чем в 5-10 раз (до 300 м/мин) при снижении подачи в 2-3 раза, а из-за отсутствия перемычки усилия подачи уменьшаются на 60%. Стойкость инструмента с механическим креплением пластин на 50% выше стойкости аналогичного цельнопопаянного инструмента.

Ступенчатые сверла с СМП выпускают многие инструментальные фирмы, например «Sandvik Coromant». Сверло *Coromant U* (рисунок 4), для обработки ступенчатых отверстий под головки винтов, содержащее корпус со стружечными канавками, сменные многогранные режущие пластины, установленные в выполненных в корпусе базирующих гнездах с опорными поверхностями, и винты для их крепления.



**Рисунок 4. Сверло *Coromant U* для обработки ступенчатых отверстий под головки винтов**

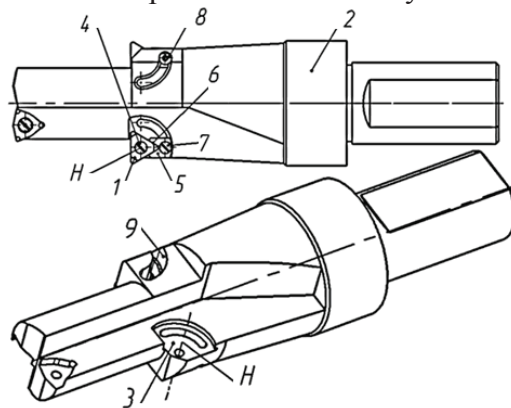
Основные характеристики: отверстия под головки стандартных винтов M12, M14, M16, M20; глубина сверления  $2 \times D$ ; цилиндрический хвостовик с лыской (ISO 9766); возможно исполнение ТМ (с ограниченными изменениями).

Сверла этой конструкции эффективно применяют при обработке отверстий в заготовках из разных металлов, в том числе из углеродистых и легированных сталей. Так, при обработке отверстий в заготовках из углеродистой стали с пределом прочности не более 800 МПа сверла работают при скорости 100 – 140 м/мин. Обладая высокой жесткостью и хорошей системой подачи СОТС в зону резания, эти сверла позволяют вести обработку с повышенными подачами по сравнению со спиральными сверлами из быстрорежущей стали. Основные преимущества применения сверл *Coromant U*: повышение производительности и сокращение номенклатуры инструмента на складе; ступенчатое отверстие с фаской обрабатывается за один проход; экономят место в инструментальном магазине и сокращают время на замену инструмента; современные сверла *Coromant U* и пластины *CoroTurn 107* улучшают формирование и удаление стружки и имеют повышенную стойкость.

Особенностью эксплуатации сверл с поворотными пластинами также являются необходимость подвода охлаждающей жидкости через внутренние каналы под давлением 0,15 МПа. Для вращающегося инструмента должны быть предусмотрены специальные устройства для подвода СОТС. В идеале они должны быть расположены вблизи периферии корпуса. Благодаря этому удастся уменьшить сердцевину корпуса сверла и тем самым увеличить канавки для отвода стружки.

На основе анализа конструкций ступенчатых сверл с СМП предлагается новая конструкция ступенчатого сверла, обеспечивающая возможность установки режущей пластины

по отношению к обрабатываемой поверхности на любой угол от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  (рисунок 5).



**Рисунок 5. Конструкция ступенчатого сверла, обеспечивающая установку СМП на любой угол**

Ступенчатое сверло состоит из твердосплавной пластины, оснащенной СМТ 1, державки 2 с пазом 3 на ступени, винта 4, крепящего режущую пластину 1 к державке 2, фиксирующего элемента 5 с профилированной выемкой 6, который связан с державкой 2 винтом 7 и зажимным элементом 8. Винт 7 и зажимной элемент 8 располагаются в пазу 9, выполненном в виде сегмента окружности.

Установка режущей пластины 1 осуществляется посредством ее фиксации в пазу 3 винтом 4, при этом указанная часть режущей пластины должна встать в идентичный профиль фиксирующего элемента 5. После чего фиксирующий элемент 5 прижимается винтом 7 и зажимным элементом 8, что исключает возможность поворота пластины 1 вокруг оси  $H$ . Винтом 4 пластина крепится к державке, что исключает ее перемещение в вертикальном направлении.

Таким образом, данная конструкция позволяет сократить время технологических операций за счет уменьшения холостого хода на смену инструмента, сокращение продолжительности переходов. Конструктив ступенчатого сверла позволяет устанавливать пластину под разными углами. Появляется возможность получать не только различные геометрии ступеней отверстий под головки винтов и фаски, но и повышение функциональности за счет установки пластины под требуемую геометрию отверстия не меняя инструмента. На предложенную конструкцию инструмента получен патент на полезную модель RU №133446 «Ступенчатое сверло» МПКВ23В 27/00 опубл. 20.10.2013 бюл. № 29.

Исходя из вышесказанного, можно выделить основные преимущества инструментов оснащенных СМП для обработки ступенчатых отверстий:

- 1) уменьшается расход державок и корпусов, так как их можно многократно использовать;
- 2) уменьшается расход абразивных материалов, так как нет необходимости затачивать державку, в связи с этим сокращается операция заточки;
- 3) уменьшается расход твердых сплавов, так как при пайке частично имеет место появление трещин на пластинках;
- 4) отпадает операция напайки пластинок, а следовательно, сокращается расход припоя, в связи с этим сокращаются также операции, предшествующие пайке (железнение и металлизация);
- 5) улучшается переработка отходов твердого сплава, образующихся при заточке, так как в отходах отсутствует металлическая пыль и уменьшается количество абразивной пыли.

Недостатком является повышенная трудоемкость изготовления державок и корпусов, которые более сложны по конструкции и имеют более высокий класс точности.

#### Литература

1. Численные модели режущего инструмента для обработки сложных поверхностей/ Ю.Е. Петухов, Н.В. Колесов: Вестник машиностроения, 2003. № 5. - с. 61.
2. Два типа компьютерных моделей режущего инструмента/ Ю.Е. Петухов, Н.В. Колесов: СТИН, 2007. № 8 - с. 23-26.



3. Профилирование режущих инструментов в среде *t-flexcad 3d*/ Петухов Ю.Е. :Вестник машиностроения. 2003, № 8. – с. 67.
4. Особенности проектирования фасонных фрез для обработки поверхностей с прямолинейными образующими/ Чулин И.В.: СТИН, 2011. № 12. - с. 13-16.
5. Проектирование сборных фасонных фрез для обработки боковой поверхности «остряка» стрелочных переводов/ Чулин И.В.: Вестник МГТУ Станкин, 2011. № 1. - с. 56-60.
6. Точность профилирования при обработке винтовой фасонной поверхности /Ю.Е.Петухов, П.В. Домнин: СТИН, №7-2011 - с. 14-17.
7. Способ формообразования фасонной винтовой поверхности стандартным инструментом прямого профиля/ Ю.Е.Петухов, П.В. Домнин: Вестник МГТУ “Станкин”, № 3 (15), 2011 - с.102-106.
8. Компьютерное моделирование обработки винтовой канавки на заготовке концевой фрезы/ Ю.Е.Петухов, П.В., Домнин: "Известия МГТУ МАМИ" №2 (12), 2011, - с. 156-164.
9. Решение обратной задачи профилирования на базе схемы численного метода заданных сечений /Ю.Е.Петухов, П.В., Домнин: "Инженерный журнал СПРАВОЧНИК", №11 2011 - с. 26-29.
10. Ступенчатое сверло/ Гречишников В.А., Романов В.Б., Юнусов В.В. патент на полезную модель *RUS 133446* 17.04.2013

### **Экспериментальное определение осевых остаточных напряжений в поверхностном слое впадин крупных резьб**

д.т.н. Овсенко А.Н.<sup>1</sup>, к.т.н., Клауч Д.Н.<sup>1</sup>, Носов Д.П.<sup>1</sup>, д.т.н. Кудинов А.А.<sup>1</sup>, Болотин Г.А.<sup>1</sup>,  
Котов И.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГНЦ РФ ОАО НПО «ЦНИИТМАШ», <sup>2</sup> ОАО «ЗиО - Подольск»  
8(495) 675-83-05, [dnklauch@cniitmash.ru](mailto:dnklauch@cniitmash.ru), 8(495) 747-10-25, [zio@eatom.ru](mailto:zio@eatom.ru)

**Аннотация.** В статье описана методика экспериментального определения осевых остаточных напряжений в поверхностном слое впадин (дна) крупных резьб и результаты определения напряжений в резьбе М64х6.

**Ключевые слова:** резьба, образец, поверхностный слой (ПС), деформации (перемещения), остаточные напряжения

Впадины резьбы являются сильными концентраторами напряжений, по которым при переменных нагрузках в основном происходят усталостные разрушения деталей с резьбой.

Наиболее важным показателем качества ПС, влияющим на сопротивление усталости, являются остаточные напряжения (их знак, величина и характер распределения). Определение и контроль остаточных напряжений в ПС резьбы связан с большими трудностями и наиболее надежно может проводиться механическими разрушающими методами. Для этого из деталей с крупной резьбой методами, не влияющими на остаточные напряжения (например электроэрозией), вырезаются продольные и кольцевые образцы требуемых размеров.

Осевые остаточные напряжения, т.е. напряжения, действующие в направлении продольной оси резьбы, определяются на продольном образце, размеры поперечного сечения которого должны быть такими, чтобы без большой погрешности его можно было считать прямоугольным. Для наружной резьбы (шпильки) М64х6 размеры и схема вырезки приведены на рисунке 1.

После вырезки определяется стрела прогиба  $f_0$  в середине образца, вершины резьбы удаляются фрезерованием с последующим травлением до общей толщины образца 3,2 мм и толщины в зоне дна резьбы  $\delta = 2,2$  мм (рисунок 2).

Остаточные напряжения в ПС дна резьбы на шпильке определяются как алгебраическая сумма напряжений, возникающих от деформаций образца при вырезке, и остаточных напряжений, рассчитанных по деформациям образца в процессе травления напряженного ПС.  $\sigma_0(a) = \sigma_0^e(a) + \sigma_0^0(a)$ ; где:  $\sigma_0^e(a)$  - линейная составляющая остаточных напряжений, определяемая по его относительному удлинению  $\varepsilon_e$  и изгибу ( $f_0$  – стреле прогиба в середине