

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ИНСТРУМЕНТОВ

Р.Б. Муканов¹, Т.М. Мендебаетов¹, д.т.н., проф., А.Ж. Касенов², к.т.н.

*¹Казахский Национальный Исследовательский Технический Университет имени К.И. Сатпаева
050013, г. Алматы ул. Сатпаева 22а, E-mail: ruslangr82@mail.ru*

*²Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова
140008, г. Павлодар ул. Ломова 64, тел. (7182)-67-36-30*

Актуальной проблемой является обработка поверхностей деталей машин, к которым предъявляются высокие требования по точности размера, формы и расположения. Для решения этой проблемы разработаны новые конструкции металлорежущих инструментов, обеспечивающие высокую эффективность и стабильность обработки, улучшение центрирования, снижение шероховатости обрабатываемых деталей, что способствует повышению точности и качества обработки.

The actual problem is the surface treatment of machine parts, to which high demands are placed on the accuracy of size, shape and location. To solve this problem, new designs of metal cutting tools have been developed, which ensure high efficiency and stability of machining, improve centering, reduce roughness of the machined parts, which increases the accuracy and quality of machining.

Машиностроение является одной из отраслей экономики любого индустриально развитого государства, и воспринимается, как показатель технологического уровня национальной промышленности.

Устойчивое развитие и надежное функционирование машиностроения во многом определяют энергоёмкость и материалоемкость экономики, производительность труда, уровень экологической безопасности промышленного производства и, в конечном итоге, экономическую безопасность.

Процесс обработки резанием занимает значительное место в технологических процессах, связанных с получением деталей необходимой формы, составляя около 30-40 % от общей трудоёмкости машин. При изготовлении деталей самых разнообразных форм и размеров встречаются точные отверстия, которые необходимо получить обработкой резанием.

Одним из основных направлений машиностроения является металлообработка. Обеспечение высокого качества обработки невозможно без применения прогрессивного высокопроизводительного оборудования. Как элемент технологической системы, режущий инструмент играет ведущую роль в достижении заданных экономических и технологических показателей процесса металлообработки. Без качественного инструмента обеспечить функционирование технологического процесса практически невозможно.

Качественный режущий инструмент предполагает экономичность, повышенную прочность, жёсткость, виброустойчивость, стойкость, точность и быстротъёмность. Эти показатели режущего инструмента формируются как на стадии проектирования, так и в процессе его изготовления

Наружные цилиндрические поверхности обрабатываются на станках токарной группы токарными проходными резцами. При обработке одним из недостатков является наличие вершины резца, которая формирует шероховатость обработанной поверхности. Для уменьшения шероховатости необходимо уменьшать подачу, что снижает производительность обработки. Кроме того, вершина резца является слабым местом инструмента. Через небольшое сечение резца от вершины проходит большой тепловой поток, что вызывает высокий нагрев и износ вершины резца.

Вершина как точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок источник повышенного износа как следствие увеличение теплового напряжения околостружочных участков, выражающегося в значительно большем нагреве и, вследствие этого, усиленном износе. Это приводит к уменьшению стойкости резца, увеличению количества переточек и снижению ресурса резца, уменьшению производительности и увеличению расхода резцов, повышению себестоимости обработки. Для устранения указанных недостатков предлагается токарная обработка наружных поверхностей валов безвершинным токарным проходным резцом [1-4].

Одной из актуальных проблем машиностроения является обработка отверстий, к которым предъявляются высокие требования по точности размера, формы и расположения. обработка отверстий осуществляется металлорежущими инструментами: свёрлами, зенкерами, развёртками, протяжками, расточными резцами, блоками и расточными головками. В зависимости от требований к точности отверстий применяются соответствующие инструменты [5].

Сверление происходит в тяжелых условиях резания: затруднён отвод стружки и подвод смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) из-за значительного трения стружки о поверхность канавок сверла и самого сверла об обработанную поверхность, передний угол на поперечной кромке составляет значение до минус 57°– 60°. Поэтому на поперечной кромке, которая воспринимает до 80% осевой силы, вместо резания имеет место смятие, выдавливание и скобление металла.

Создание благоприятных условий сверления привело к развитию направлений: совершенствование режущей части существующих свёрл; разработке новой, видоизменённой конструкции свёрл, имеющих другую форму поперечного сечения и разработке специальных режущих инструментов, имеющих принципиально новую конструкцию – двухвершинное спиральное сверло без поперечной кромки и двухвершинное перовое сверло без поперечной кромки. Поперечная кромка на указанных свёрлах срезается, прорезанием канавки, одна стенка которой совпадает с осью или несколько смещена относительно оси. Это позволило исключить силу, возникающую на поперечной кромке стандартного сверла, улучшить силовые отношения в зоне резания, уменьшить образование тепла, повысить качество обработки [6-8].

Специальный профиль в поперечном сечении в виде буквы «Z» имеет сверло «Зигзаг». Такая форма поперечного сечения позволяет расположить режущие кромки пера в одной осевой плоскости, исключить поперечную кромку, срезанием косой перемычки между перьями, повышенные износ, температуру и пониженную стойкость при использовании традиционных стандартных свёрл [9].

Операции зенкерования и разворачивания широко применяются при обработке отверстий в корпусных деталях, втулках, фланцах и т.п. Однако зенкер и развёртка имеют относительно короткую режущую часть и потому механически и термически тяжело нагруженной режущей частью имеет ограниченную по величине скорость резания и сравнительно низкую стойкость. Износ сосредотачивается в локальной области по небольшой длине режущей части. Кроме того, жёсткость шпиндельного узла сверлильных станков оказывается недостаточной. При большой длине обрабатываемого отверстия, большей длине режущего инструмента по этой причине снижается точность обработки и возрастает шероховатость.

Устранение вышеуказанных недостатков привели к разработке – зенкера-протяжки и развёртки-протяжки, которые конструктивно построены по следующему принципу: в осевом сечении они имеют конструктивные признаки, соответствующие протяжке, а в поперечном сечении признаки зенкера либо развёртки: форма и число зубьев, геометрию режущей части.

Предлагаемые инструменты позволяют значительно уменьшить разбивку отверстий, а также уменьшить шероховатость обработанной поверхности и повысить стойкость инструментов [10-14].

Анализ существующих конструкций и исследования обработки отверстий режущими инструментами привели к разработке – резцовой сборной развёртки с безвершинными зубьями – для разворачивания отверстий повышенного качества поверхности и точности диаметра. Безвершинные резцы-зубья разработанного инструмента лишены одного из недостатков – наличия вершины, наиболее слабой и изнашивающейся части режущей кромки обычных резцов.

Резцовая сборная развёртка с безвершинными зубьями имеет на режущей части четыре вставных зуба-резца развёртки, установленных в пазы со смещением друг относительно друга вдоль оси и закрепленных крепёжными винтами или прижимами непосредственно к корпусу. Вставные зубья-резцы имеют режущие кромки в форме окружности, плоскость которой расположена под углом к оси отверстия (оси развёртки), тем самым на круговом участке зубьев исключается вершина, и улучшаются условия резания. Все резцы имеют один размер по высоте, т.е. настроены на обработку одного диаметра D отверстия. При работе резания зуб-резец, воздействуя на заготовку, вызывает её отжатие силой резания, что приводит к изменению диаметра обработки. Последующие резцы работают как калибрующие и способствуют увеличению точности размера отверстия.

Резцы выполнены из быстрорежущей стали или оснащены пластинами твёрдого сплава. С целью увеличения срока службы предусмотрена пластина под основанием резца, меняемая при каждой переточке, для компенсации потери размера резца по высоте.

Конструктивные особенности и геометрия резцовой сборной развёртки обеспечивают высокую эффективность чистовой операции растачивания, повышение точности обработки и снижение шероховатости обрабатываемых деталей [15-16].

Разработана резцовая головка представляет собой новый высокопроизводительный металло-режущий инструмент для точения сплошных отверстий, режущая часть которого выполнена в виде резцов, расположение и конструкция которых позволяют заменить сверление торцовым точением с использованием всех преимуществ точения перед сверлением.

Инструмент имеет повышенную жесткость, не имеет поперечной кромки, работа резания распределена равномерно по длине лезвий, уменьшаются удельное давление и температура в зоне резания, что способствует повышению стойкости и улучшению качества обработки за счет выполнения на корпусе выглаживающих элементов, позволяющих уменьшить отклонения от круглости отверстия

и шероховатость, а точность обработки значительно выше в силу отсутствия дестабилизирующего влияния поперечной кромки [17].

Анализ конструкции резцовой головки показал, что применение твёрдосплавных пластин с креплением их к корпусу винтами упростит конструкцию и технологию изготовления.

Разработана конструкция сборной резцовой головки с креплением резцов, изготовленных из твердого сплава, к корпусу винтами, что даст возможность замены в результате износа и увеличит ресурс за счёт переточки и увеличит срок эксплуатации инструмента.

В сборной резцовой головке твёрдосплавные пластины расположены одна – к центру, другая – к периферии. Из-за этого крутящие моменты на левой и правой частях разной величины, что приводит к вибрации и неуравновешенности, а, следовательно, снижается качество и точность обработки [18].

Для уравнивания крутящих моментов разработана сборная резцовая головка с асимметрично расположенными твёрдосплавными пластинами разной ширины, закрепленными винтами на корпусе.

Режущая часть выполнена в виде твёрдосплавных пластин разной ширины, что способствует повышению стойкости и качества обработки отверстий при условии равновесия крутящих торцовых моментов за счёт свободного торцового течения в условиях резания, присущих точению, значительно более лёгких, чем при сверлении в условиях неблагоприятной геометрии, скобления и выдавливания поперечной кромкой материала вместо резания, повышенных температур, сил резания и повышенного износа инструмента, а также за счёт удобства и простоты в изготовлении и эксплуатации нового инструмента.

При работе резцовой головки каждый резец снимает слой стружки следующим образом: при двух резах внутренний резец образует цилиндр отверстия примерно 0,5 диаметра отверстия, в зависимости от принятых соотношений ширины резцов. Внешний резец срезает стружку на кольцевом участке обрабатываемого отверстия, остающемся после прохода внутреннего резца. Отсутствие поперечной кромки значительно улучшает условия резания и повышает качество обработки. Направляющие элементы на корпусе головки позволяют улучшить качество поверхности отверстия. Большая жесткость инструмента и выглаживание повышают точность и качество поверхности отверстия.

Таким образом, разработаны конструкции инструментов для обработки поверхностей деталей машин, к которым предъявляются высокие требования по точности размера, формы и расположения, обеспечивающие высокую эффективность и стабильность обработки, улучшение центрирования, снижение шероховатости обрабатываемых деталей, что способствует повышению точности и качества обработки.

Список литературы

1. Дудак Н.С., Денчик А.И., Оспантаев М.К. Особенности обработки безвершинным токарным резцом // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Эффективные инструменты современных наук – 2012», Чехия, Прага. – 2012.
2. Дудак Н.С. Способ точения и безвершинный проходной токарный резец. Наука и техника Казахстана. 2011. № 3-4. С. 21-26.
3. Шамарин Н.Н., Подгорных О.А. Безвершинные режущие инструменты. В сборнике: Инновационные технологии в машиностроении сборник трудов VII Международной научно-практической конференции // Юргинский технологический институт Томского политехнического университета. 2016. С. 198-200.
4. Dudak N.S., Itybaeva G.T., Musina Z.K., Kasenov A.Z., Taskarina A.Z. A new pass-through lathe cutter Russian Engineering Research. 2014. Т. 34. № 11. С. 705-707.
5. Дудак Н.С., Итыбаева Г.Т., Мусина Ж.К. Конструкции металлорежущих инструментов. В сборнике: Инновационные технологии в машиностроении сборник трудов VII Международной научно-практической конференции // Юргинский технологический институт Томского политехнического университета. 2016. С. 123-126.
6. Мусина Ж.К. Геометрический анализ влияния расположения вершин двухвершинного спирального сверла на условия резания. Наука и техника Казахстана. 2011. № 3-4. С. 60-67.
7. Мусина Ж.К. Сверло для повышения качества обработки отверстий. Главный механик. 2012. № 3. С. 28-33.
8. Мусина Ж.К. Обработка отверстий двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки. Труды Университета. 2010. № 1. С. 30-32
9. Дудак Н.С., Итыбаева Г.Т., Мусина Ж.К., Касенов А.Ж., Таскарина А.Ж., Курмангалиев Т.Б. Сверление отверстий спиральным сверлом «Зигзаг» без поперечной кромки. Научный журнал «Вестник ВКГТУ» – 2014. – № 1. – С. 30-33.

10. Итыбаева Г.Т. Обработка отверстий зенкером-протяжкой. Труды Университета. 2010. № 1. С. 28-30.
11. [Dudak N.S.], Kasenov A.Z., Musina Z.K., Itybaeva G.T., Taskarina A.Z. Processing of holes with a reamer-broach. Life Science Journal. 2014. Т. 11. № 10s. С. 282-288.
12. Касенов А.Ж. Формирование шероховатости поверхности отверстия обработанного развёрткой-протяжкой. Наука и техника Казахстана. 2011. № 3-4. С. 46-49.
13. Касенов А.Ж. Обработка отверстий развёрткой-протяжкой. Труды Университета. 2010. № 1. С. 25-28.
14. [Dudak N.], Taskarina A., Kasenov A., Itybaeva G., Mussina Z., Abishev K., Mukanov R. Hole machining based on using an incisive built-up reamer. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 2017. Т. 18. № 10. С. 1425-1432.
15. Таскарина А. Ж., [Дудак Н. С.], Касенов А. Ж. Резцовая сборная развертка с безвершинными зубьями. Научный журнал МОН «Поиск». – 2012. – № 1(2). – С. 274-279.
16. [Дудак Н. С.], Итыбаева Г. Т., Мусина Ж. К., Касенов А. Ж., Таскарина А. Ж. Конструкции резцовых сборных развёрток с безвершинными зубьями. Научный журнал Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова. – Вестник ПГУ. – 2012. – № 2. – С. 30-36.
17. [Дудак Н.С.], Янюшкин А.С. Способ и резцовая головка для высокопроизводительного торцового точения отверстий. Системы. Методы. Технологии. 2011. № 9. С. 78-86.
18. [Дудак Н. С.], Муқанов Р. Б., Мендебаев Т. М., Касенов А. Ж., Итыбаева Г.Т. Обработка отверстий сборной резцовой головкой. Вестник государственного университета имени Шакарима города Семей – 2017. – Т. 1. № 2 (78). – С. 57-61.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ПЛАВЛЕНИЯ И ОЦЕНКА КПД ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА.

М.Г. Криницын, Р.О. Черепанов
 Томский политехнический университет
 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56
 E-mail: Ivanov@mail.ru

В работе предложена численная модель процесса плавления порошков титановых сплавов в условиях селективного электронно-лучевого сплавления. Приводится сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными по сплавлению порошков сплава ВТ6 методом электронно-лучевого плавления при аддитивном производстве деталей. Установлено, что тепловой КПД электронного луча составляет порядка 25%, а 75% энергии пучка теряется.

A numerical model of the process of the melting of powders of a titanium alloy VT6 during selective electron-beam melting is proposed. Comparison of numerical results with experimental data on selective electron-beam melting at additive manufacturing of parts is provided. It is established that the thermal efficiency of electron beam is about 25% and 75% of the beam energy is lost.

Селективное электронно-лучевое сплавление (S-EBM) [1-3] является современной перспективной технологий аддитивного производства изделий из порошков различных сплавов, в частности, из порошков титанового сплава ВТ6 [4-7]. Из литературы известны различные подходы к моделированию таких процессов [8-10]. В данной работе использован численный метод, основанный на методе конечных объемов.

Математическая модель.

Математическая модель процесса электронно-лучевого плавления включает в себя уравнение теплопроводности, записанное относительно энтальпии:

$$\dot{H} = -\nabla_j (\lambda \nabla_j T) + Q \quad (1.1)$$

где H - энтальпия на единицу объема, T - температура, Q - объемная мощность внутренних источников тепла. Температура связана с энтальпией зависимостью $T=T(H)$

Зависимость температуры от внутренней энергии $T(E)$ определялась путем интегрирования известных для каждого материала с определенной точностью зависимостей теплоемкости от температуры с учетом скрытой теплоты фазовых переходов: