

УДК 621.9.025

ОСОБЕННОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ СВЕРЛАМИ С МНП

И. П. Дерябин¹, С. Ю. Головачев²

¹derigp@gmail.com, ²screamnik@mail.ru

¹ФГБОУ ВПО НИУ «Южно-Уральский государственный университет» (ЮУрГУ)

²ФГБОУ ВПО «Трехгорный технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ»

Поступила в редакцию 22.12.2013

Аннотация. Выполнен анализ существующих конструкций сверл с МНП, что позволило выполнить их классификацию. Показана особенность схем формообразования отверстий сверлами с МНП, что требует разработки новых математических моделей расчета точности. Приведены исходные уравнения для разработки математических моделей.

Ключевые слова: точность обработки; математическое моделирование; формообразования отверстий; сверла с МНП.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сверла с многогранными неперетачиваемыми пластинами (МНП) получают все большее распространение, благодаря следующим преимуществам:

– возможности замены режущих пластин, не снимая инструмента из зажимных приспособлений, что особенно важно для станков с ЧПУ и обрабатывающих центров;

– возможность засверливания на нетехнологичных поверхностях (криволинейных, наклонных, ассиметрично изогнутых и др.);

– сверления пересекающихся отверстий.

Так же эти инструменты имеют повышенную универсальность, так как могут работать как проходной резец, зенкер, концевая фреза.

КЛАССИФИКАЦИЯ СВЕРЛ С МНП

Проведенный анализ существующих конструкций сверл с МНП¹ позволил сделать их классификацию:

1. По количеству МНП:

– с двумя МНП (одна центральная и одна периферийная пластина), применяются для обработки отверстий в диапазоне от 12 до 60 мм (рис. 1);

– с тремя МНП (одна центральная, одна периферийная и одна промежуточная пластина),

применяются для обработки отверстий в диапазоне от 12 до 60 мм (рис. 2);

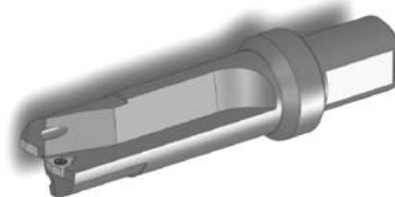


Рис. 1. Сверло с 2 МНП

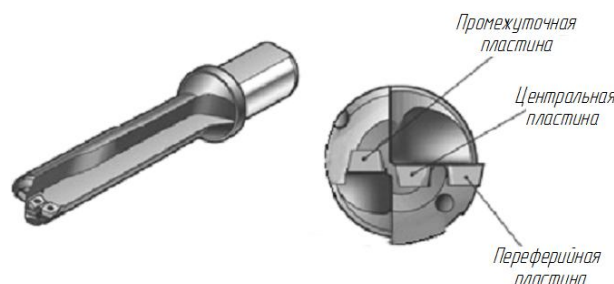


Рис. 2. Сверло с 3 МНП

– с четырьмя МНП (две центральных и 2 периферийных пластины), применяются для обработки отверстий в диапазоне от 60 до 80 мм;

– с пятью МНП (одна центральная, одна периферийная, одна промежуточная и две направляющих пластины), применяются для обработки глубоких отверстий.

2. По конфигурации стружечных канавок:

– с винтовыми стружечными канавками;

– с прямыми стружечными канавками;

3. По способу подвода СОЖ:

– с внутренними каналами;

¹ Каталоги инструмента: «Инструмент с многогранными твердосплавными пластинками» (Томский инструментальный завод); Sandvik Coromant; Mitsubishi; Ceratizit Austria GmbH (Австрия); ATI Stellram S. A. (Швейцария); ISCAR; SECO; TaeguTec.

– без подводящих каналов.

4. По назначению:

– универсальные сверла для сверления на глубину до двух диаметров по ГОСТ 27724-88.

– укороченные сверла повышенной жесткости;

– для глубокого сверления, для сверления на глубину от 7 до 15 диаметров;

– сверла для обработки отверстий большого диаметра (60–80 мм).

– трепанирующие сверла (кольцевые), используются в основном для обработки отверстий большого диаметра;

– плунжерные сверла применяются для черновой обработки карманов, путем повторяющихся осевых проходов сверла;

– сверла для пакетов применяются при необходимости получить отверстия в большом количестве одинаковых деталей небольшой толщины.

– комбинированные сверла используются для выполнения многоступенчатых отверстий и снятия фасок.

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ

Для повышения эффективности применения сверл с МНП необходимо разработать методики расчета точности обработки на основе математических моделей формообразования. В настоящее время такие модели разработаны для спиральных, шнековых и перовых сверл [1].

Анализ научно-технической литературы показал, что исследований в области моделирования точности обработки сверлами с МНП недостаточно, поэтому при практическом применении возникают большие трудности в оценке точности обработки на стадии проектирования технологических процессов. Наибольшие сложности обеспечения заданной точности обработки на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах вызывают сверла, предназначенные для обработки отверстий диаметров (d) до 30 мм и глубиной свыше $3d$ (рис. 1, 2)

Поэтому целью данной работы является разработка математических моделей формообразования отверстий для расчета параметров точности обработки. В основу моделей положен расчет траекторий движения сверла под действием радиальных составляющих сил резания, приводящих к поперечным смещениям инструмента. На рис. 3 показана наиболее типичная схема формообразования отверстий спиральными, перовыми и шнековыми сверлами [1].

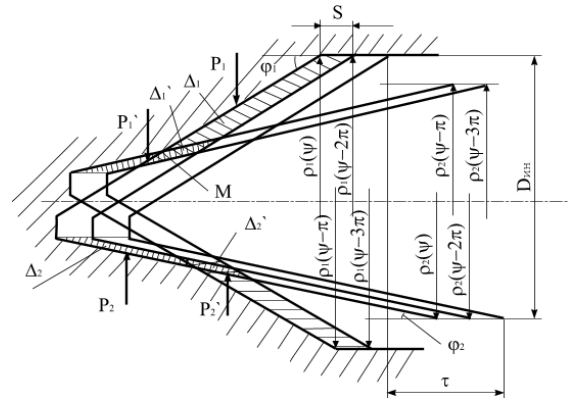


Рис. 3. Схема формообразования отверстий спиральным сверлом

Основной причиной неравенства радиальных сил резания является диссимметрия режущей части инструмента, связанная с погрешностями заточки, приводящими к осевому биению лезвий τ и различию главных углов в плане ϕ_1 и ϕ_2 , а также осевые колебания шпинделя станка. Положение вершины каждого режущего лезвия в любой момент времени может быть описано текущими радиус-векторами $r_1(\psi)$ и $r_2(\psi)$, где ψ – текущий угол поворота инструмента от начального положения. При движении инструмента с подачей S каждое лезвие срезает по своему следу площади среза Δ_1 и Δ_2 .

Данный подход применим для сверл с МНП. Рассмотрим схему формообразования отверстия сверлом с 2 МНП (рис. 1). При разработке модели необходимо учесть погрешности установки пластин в гнезда корпуса инструмента, которые приводят к возникновению различных значений главных углов в плане на режущих кромках (ϕ_1 и ϕ_2) и к осевому отставанию (биению) их вершин τ . Эти погрешности приводят к различным сочетаниям значений главных углов в плане и осевых отставаний вершин режущих кромок пластин. Такие сочетания могут привести к различным схемам формообразования.

На рис. 4 приведена схема одного из сочетаний погрешностей параметров режущей части инструмента. На схеме показаны следующие параметры: S – подача инструмента; $D_{инн}$ – диаметр инструмента; Δ_1 – первый участок сечения срезаемого припуска пластиной 1; Δ_2 – первый участок сечения срезаемого припуска пластиной 2; Δ'_1 – второй участок сечения срезаемого припуска пластиной 1; Δ'_2 – второй участок сечения срезаемого припуска пластиной 2; ϕ_1, ϕ_2 – главные углы в плане первого и второго лезвий; $r_1(\psi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 1

в текущем положении; $\rho_2(\psi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 2 в текущем положении; $\rho_1(\psi + \pi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 1 через пол-оборота инструмента, т. е. при повороте на угол π (180°) от текущего положения; $\rho_2(\psi + \pi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 2 через пол-оборота инструмента, т. е. при повороте на угол π (180°) от текущего положения; $\rho_1(\psi + 2\pi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 1 через один оборот инструмента, т. е. при повороте на угол 2π (360°) от текущего положения; $\rho_2(\psi + 2\pi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 2 через один оборот инструмента, т. е. при повороте на угол 2π (360°) от текущего положения.

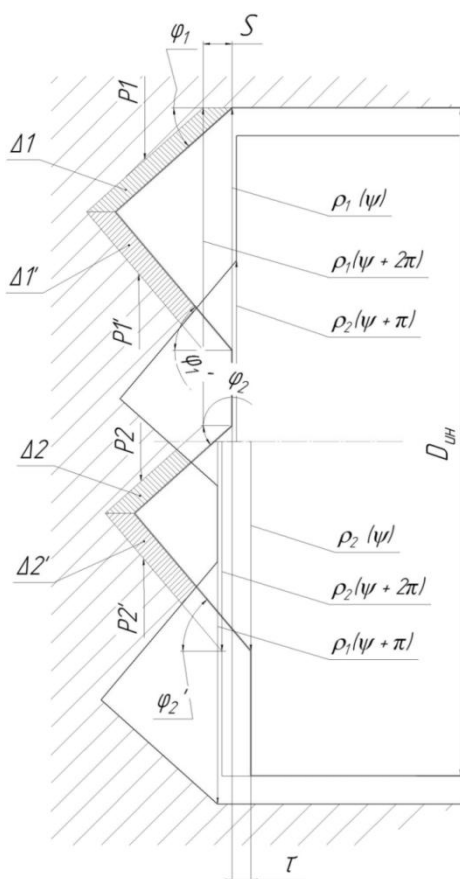


Рис. 4. Схема формообразования отверстия сверлом с 2 МНП

Для расчета сил резания применимо известное положение из теории пластичности об их пропорциональности площадям срезаемых сечений припуска. Поэтому радиальные силы ре-

зания, действующие на каждую пластинку рассчитаем по формулам:

$$P_1 = \Delta_1 K_\phi K_\gamma K_\lambda K_M,$$

$$P_1' = \Delta_1' K_\phi' K_\gamma' K_\lambda' K_M',$$

$$P_2 = \Delta_2 K_\phi K_\gamma K_\lambda K_M,$$

$$P_2' = \Delta_2' K_\phi' K_\gamma' K_\lambda' K_M',$$

где K_ϕ – коэффициент зависящий от главного угла в плане; K_γ – коэффициент, зависящий от переднего угла, K_λ – коэффициент зависящий от угла наклона главной режущей кромки, K_M – коэффициент, зависящий от материала инструмента.

Как видно из схем формообразования, для обычных сверл (рис. 3) и с МНП (рис. 4) различия довольно существенны. Связаны они с наличием противоположащих радиальных сил резания на каждой пластине – P_1, P_1' и P_2, P_2' соответственно.

Исходное уравнение математической модели формообразования строится на следующих принципах:

а) существует погрешность переноса диаметра инструмента на диаметр обработанного отверстия (гипотеза проф. В. В. Матвеева [2]), которая приводит к разбивке, т. е. разнице между диаметрами отверстия и инструмента;

б) сумма радиальных сил резания, действующих на режущие лезвия пластин, приводит к поперечному смещению инструмента на величину $\rho_1(\psi) - D/2$.

Таким образом, исходное уравнение математической модели примет вид:

$$\left| (P_1 + P_2) - (P_1' + P_2') \right| = \left| \rho_1(\psi) - \frac{D}{2} \right| j, \quad (1)$$

где j – жесткость инструмента.

Для решения уравнения (1) необходимо определить значения площадей срезаемых сечений припуска Δ и решить относительно $\rho_1(\psi)$. В результате будут получены координаты радиус-векторов формообразующей вершины первой пластины, а значит, и координаты профиля обработанного отверстия.

Рассмотрим схему формообразования отверстия сверлом с 3 МНП (рис. 2). При разработке модели также необходимо учесть погрешности установки пластин в гнезда корпуса инструмента, которые приводят к возникновению различных значений главных углов в плане на режущих кромках (ϕ_1, ϕ_2 и ϕ_3) и к осевому отставанию (биению) их вершин. Такие сочетания могут привести к различным схемам формообразования. На рис. 5 приведена схема одного из сочетаний погрешности параметров ре-

жущей части инструмента, а именно случай, когда $\varphi_1 < \varphi_2 < \varphi_3$ и $\tau_3 > \tau_2$.

На схеме показаны следующие параметры: S – подача инструмента; $D_{ин}$ – диаметр инструмента; Δ_1 – первый участок сечения срезаемого припуска пластиной 1; Δ_2 – первый участок сечения срезаемого припуска пластиной 2; Δ_3 – первый участок сечения срезаемого припуска пластиной 3; Δ'_1 – второй участок сечения срезаемого припуска пластиной 1; Δ'_2 – второй участок сечения срезаемого припуска пластиной 2; Δ'_3 – второй участок сечения срезаемого припуска пластиной 3; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – главные углы в плане первого, второго и третьего лезвий; τ_2 и τ_3 – осевые биения режущих кромок, т. е. разность в осевом направлении между вершинами центральной и периферийной пластин; $\rho_1(\psi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 1 в текущем положении; $\rho_2(\psi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 2 в текущем положении; $\rho_3(\psi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 3 в текущем положении; $\rho_1(\psi + \pi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 1 через пол-оборота инструмента, т. е. при повороте на угол π (180°) от текущего положения; $\rho_2(\psi + \pi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 2 через пол-оборота инструмента, т. е. при повороте на угол π (180°) от текущего положения; $\rho_3(\psi + \pi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 3 через пол-оборота инструмента, т. е. при повороте на угол π (180°) от текущего положения; $\rho_1(\psi + 2\pi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 1 через один оборот инструмента, т. е. при повороте на угол 2π (360°) от текущего положения; $\rho_2(\psi + 2\pi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 2 через один оборот инструмента, т. е. при повороте на угол 2π (360°) от текущего положения; $\rho_3(\psi + 2\pi)$ – радиус-вектор, описывающий положение вершины режущего лезвия пластины 3 через один оборот инструмента, т. е. при повороте на угол 2π (360°) от текущего положения.

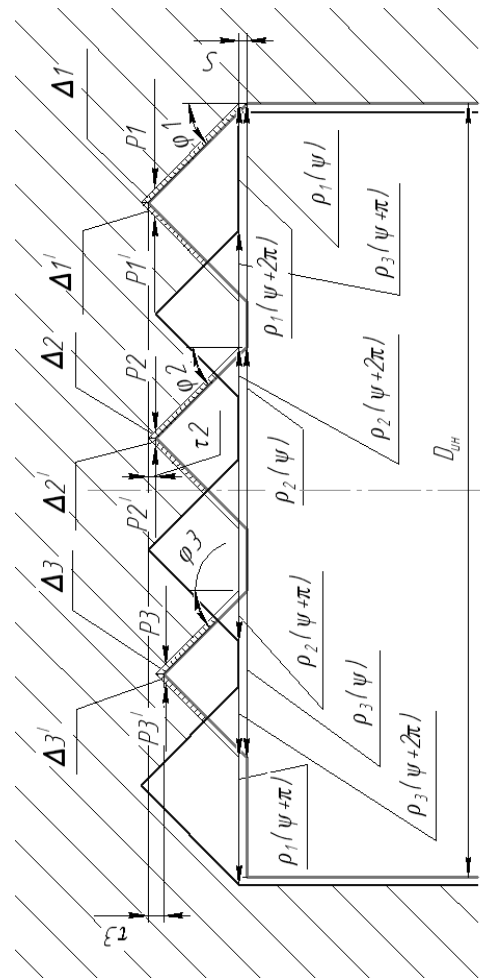


Рис. 5. Схема формообразования отверстия сверлом с 3 МНП

На схеме показаны площади срезаемых сечений каждым лезвием, силы резания пропорциональны этим площадям и коэффициенту резания. Данная схема имеет существенное отличие от схем формообразования спиральными сверлами (см. рис. 3) прежде всего тем, что на каждом лезвие появляется противоположно направленная сила.

Далее можно рассчитать радиальные силы резания по формулам:

$$P_1 = \Delta_1 K_\varphi K_\gamma K_\lambda K_M,$$

$$P_1' = \Delta_1' K_\varphi' K_\gamma' K_\lambda' K_M',$$

$$P_2 = \Delta_2 K_\varphi K_\gamma K_\lambda K_M,$$

$$P_2' = \Delta_2' K_\varphi' K_\gamma' K_\lambda' K_M',$$

$$P_3 = \Delta_3 K_\varphi K_\gamma K_\lambda K_M,$$

$$P_3' = \Delta_3' K_\varphi' K_\gamma' K_\lambda' K_M',$$

где K_φ – коэффициент, зависящий от главного угла в плане, K_γ – коэффициент, зависящий от переднего угла, K_λ – коэффициент, зависящий от угла наклона главной режущей кромки, K_M –

коэффициент, зависящий от материала инструмента.

Для разработки математической модели составим исходное уравнение статического равновесия инструментов, которое имеет вид:

$$\left| (P_1 + P_2 + P_3) - (P_1' + P_2' + P_3') \right| = \left| \rho_1(\psi) - \frac{D}{2} \right| j, \quad (2)$$

где j – жесткость инструмента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формообразование отверстий сверлами с МНП имеет существенное отличие от спиральных и перовых сверл, заключающееся в участии в формообразовании двух режущих кромок каждой пластины и появлением на них противоположно направленных радиальных составляющих сил резания. Для разработки математических моделей формообразования отверстий сверлами с 2 и 3 МНП составлены расчетные схемы и получены исходные уравнения (1) и (2). Для решения этих уравнений необходимо определить силы резания, зависящие от площадей срезаемых сечений. Для нахождения площадей срезаемых сечений наиболее приемлемыми являются методы аналитической геометрии. Это позволит определить координаты радиус-векторов вершин режущих лезвий $\rho_1(\psi)$, которые и определяют профиль обработанного отверстия в продольном и поперечном сечениях. Зная эти координаты, всегда можно рассчитать точность диаметрального размера, формы и расположения оси отверстия. Данные модели позволят прогнозировать точность обработки отверстий сверлами с МНП на стадии проектирования технологических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Дерябин И. П., Козлов А. В.** Исследование процессов формообразования отверстий мерными инструментами: монография. Челябинск: ЮУрГУ, 2006. 251 с. [I. P. Deryabin and A. V. Kozlov, *Investigation of the processes of formation of holes dimensional tools*: monograph. Chelyabinsk: Publishing House of the South Ural State University, 2006.]
2. **Матвеев В. В.** Нарезание точных резьб. М.: Машиностроение, 1978. 88 с. [V. Matveev, *Precision thread cutting*. Moscow: Mashinostroyeniye, 1978.]

ОБ АВТОРАХ

ДЕРЯБИН Игорь Петрович, проф. каф. технологии машиностроения, станков и инструмента. Дипл. инж. по технол. машиностроения (ЧПИ, 1978). Д-р техн. наук по технол. машиностроения (ЮУрГУ, 2009). Иссл. в обл. мат. и комп. моделирования точности обработки отверстий.

ГОЛОВАЧЕВ Сергей Юрьевич, студ. 5-го курса спец. «Технология машиностроения».

METADATA

Title: Features shaping drill holes with MDP (multifaceted disposable plates).

Authors: I. P. Deryabin and S. J. Golovachyov.

Affiliation:

¹ South-Ural State University (SUSU), Russia.

² Trehgornyi Institute of Technology – a branch of MEPhI.

Email: derigp@gmail.com, screamnik@mail.ru.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 18, no. 2 (63), pp. 36-40, 2014. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The analysis of existing structures drills with ISPs, allowing them to perform classification. The show features schemes forming drill holes with ISPs that require the development of new mathematical models accuracy. Shows the initial system of equations.

Key words: accuracy of processing; mathematical modeling; shaping holes.

About authors:

DERJABIN, Igor Petrovich, Professor of the Department of Technology of mechanical engineering, machine tools and tools. An engineering degree in mechanical engineering technology. Dr. Sc. in Mechanical Engineering (SUSU, 2009). The direction of research: mathematical and computer-parameter simulation precision machining holes.

GOLOVACHYOV, Sergey, student.