

## ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА УГЛА НАКЛОНА СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

*Гусейнов Р.В., Батманов Э.З.*

*Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала*

**Ключевые слова:** сверло, сверление, углы резания, угол наклона спиральных канавок.

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности работы спирального сверла. Отмечается, что при выборе оптимальных геометрических параметров наиболее эффективны методы многофакторного планирования, однако при выборе угла наклона канавок целесообразны конструктивные решения. Предлагаются новые конструктивные решения.

Сверление является наиболее распространенной операцией при обработке отверстий в сплошных материалах. Основным инструментом при этом является сверло. Сверло представляет собой естественно закрученный стержень сложной формы и сечения. Под воздействием крутящего момента и осевой силы в процессе резания сверло испытывает угловые и продольные деформации. В связи с наличием винтовой спирали эти колебания взаимосвязаны и взаимообусловлены. Так, под действием момента резания сверло испытывает деформации кручения, при этом угол его спирали уменьшается, что вызывает удлинение сверла. Под действием осевой силы сверло испытывает деформации сжатия, что, в свою очередь, приводит к угловым перемещением сечения сверла, в результате чего угол спирали увеличивается [1].

Таким образом, угол наклона спирали  $\lambda$  не остается постоянным и его оптимизация встречает определенные трудности.

Дело в том, что угол наклона стружечных канавок непосредственно связан с углом схода стружки.

Угол схода стружки  $\eta$  определяется из уравнения

$$\operatorname{tg} \eta = (\operatorname{tg} \lambda - \operatorname{tg} \nu) \xi + \sin \gamma \operatorname{tg} \nu, \quad (1)$$

где  $\nu$  – угол поворота проекции силы резания на плоскость резания относительно нормальной плоскости к лезвию на радиусе  $r$ ;

$\xi$  – коэффициент усадки стружки на наружных участках главных лезвий;  $\gamma$  – передний угол заточки главных лезвий.

Минимум момента наблюдается при равенстве углов  $\eta$  и  $\lambda$ .

На величину  $\eta$  оказывает влияние кроме длины лезвий также и угол в плане  $\varphi$ . Очевидно, что при  $\eta \approx 90^\circ - \gamma$  стружка будет перемещаться в цилиндрическом сечении, параллельном оси сверла, при  $\eta > 90^\circ - \gamma$  – стенкам обрабатываемого отверстия. Увеличение угла  $\varphi$  от  $40^\circ$  до  $60^\circ$  приводит к увеличению угла схода стружки до 20% по длине режущей кромки. Т.е. уменьшение угла наклона стружечных канавок уменьшает угол схода стружки.

В процессе резания момент резания не остается постоянным: его изменения могут быть вызваны неоднородностью обрабатываемого материала, биением сверла, неравномерностью процесса стружкообразования, особенно в момент врезания поперечной кромки и другими факторами [2]. Сверло испытывает большие напряжения, вызываемые не только усилиями резания стружки и ее

деформацией, но еще в значительной мере трением, имеющим место между стружкой, инструментом и обрабатываемым материалом.

Крутящий момент в наибольшей степени создается главной режущей кромкой, а осевое усилие - поперечной кромкой. Для оптимизации силовых параметров необходимо в первую очередь соответствующим образом изменить указанные два элемента. Проведенные исследования показали, что для широкого круга обрабатываемых материалов изменение угла  $\eta$  в пределах от  $20^\circ$  до  $40^\circ$  приводит к уменьшению крутящего момента на 30 – 40%, а осевой силы – на 15-17%.

На этом основании можно было бы сделать вывод о выгодности работы сверлами с большими углами  $\eta$ , если бы этим не обуславливалось соответствующее уменьшение прочности сверла, особенно недопустимое при обработке труднообрабатываемых материалов. Для каждого обрабатываемого материала необходимо применять сверла с соответствующими наиболее выгодными углами спирали.

Оптимизация этого угла для конкретных условий резания даст значительный эффект. Анализ формулы (1) показывает, что при выборе угла  $\eta$  необходимо учитывать много факторов, учет которых возможен только при проведении многофакторных экспериментов. Однофакторный эксперимент как метод исследования для оптимизации  $\eta$  неприемлем [3-4].

При оптимизации геометрических параметров сверла большое внимание необходимо уделить также правильному выбору режимов резания, в главную очередь скорости резания и подачи [5-6].

Скорость резания оказывает большое влияние на степень деформации стружки, особенно высокопластичных сталей и сплавов.

Опыт отечественных машиностроительных предприятий показывает, что во многих случаях работают сверлами с углами  $\eta \approx 30^\circ$  (измеряется по наружному диаметру). Производить для каждого обрабатываемого материала специальные сверла с разными  $\eta$  в настоящее время невыгодно, так как это сильно увеличило бы расходы на инструмент.

Необходимо искать другие пути правильного выбора угла  $\eta$ .

Одним из рациональных путей является правильный выбор подточки сверла, дающей возможность, не изменяя его формы, получать различные углы резания.

Анализ формулы (1) показывает, что, с увеличением передних углов в центральной части сверла подточкой передних поверхностей с образованием канавок можно добиться снижения угла схода стружки и ее усадку.

Такого же эффекта можно добиться за счет создания при заточке переменного угла в плане: выполнение ломаных лезвий, закругление уголков по дуге окружности или параболы, выполнение выпуклых лезвий. Так, образование дополнительного угла в плане  $\varphi_1$  на уголках сверла приводит к уменьшению угла схода стружки на величину

$$\Delta\eta = 0,5 \arcsin \left[ \frac{l \sin \varphi}{R - l \sin \varphi_1} \sin(\varphi - \varphi_1) \right], \quad (2)$$

где  $l$  - длина участка лезвия с углом  $\varphi_1$ ;  $R$  - радиус сверла.

Необходимо заметить, что криволинейная и ломаная формы лезвий сверла способствует повышению жесткости стружки. Необходимо ограничить предельную длину стружки, чтобы не происходило заклинивание. Для этого необходимо принять меры по дроблению стружки.

Наиболее эффективным способом дробления стружки является вибрационное резание.

#### Список литературы

1. Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р., Агаханов Э.К. Исследование процесса обработки отверстий на основе нелинейной динамики // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2012. № 3 (26). С. 77-80.
2. Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р. Математическая модель процесса обработки отверстий сверлами на основе нелинейной динамики. Ч.1. Постановка задачи // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2011. № 3 (22). С. 64-68.
3. Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р. Исследование влияния геометрических параметров инструмента на силы резания при обработке внутренних поверхностей методом планирования экспериментов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2011. №2(21). С. 83-87.
4. Гусейнов Р.В., Агаханов Э.К., Рустамова М.Р. Инструментальное обеспечение технологии обработки резьб в жаропрочных и титановых сплавах // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2013. № 1 (28). С. 57-62.
5. Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р. Совершенствование обработки отверстий небольшого диаметра // Вестник машиностроения. 2012. № 9. С. 50-52.
6. Guseinov R.V., Rustamova M.R. Improving the machining of small holes // Russian Engineering Research. 2013. Т. 33. № 1. С. 29-31.

#### Сведения об авторах:

*Гусейнов Расул Вагидович* – д.т.н., профессор, ДГТУ, г. Махачкала;

*Батманов Эдвард Загидинович* – к.т.н., старший преподаватель, ДГТУ, г. Махачкала.

#### FEATURES CHOICE OF ANGLE OF TWIST DRILLS

*Guseinov R. V., Batmanov E. Z.*

**Keywords:** drill, drilling, cutting angles, the angle of the spiral grooves.

**Abstract.** The article discusses the features of the spiral drill. It is noted that when choosing the optimal geometric parameters, the most effective methods of multivariate planning, but when choosing the angle of inclination of the grooves, constructive solutions are appropriate. New design solutions are proposed.

#### References

1. Guseinov R.V., Rustamova M.R., Agakhanov E.K. investigation of hole processing on the basis of nonlinear dynamics // Bulletin of Dagestan state technical University. Technical science. 2012. № 3 (26). P. 77-80.
2. Guseinov R.V., Rustamova M.R. Mathematical model of hole processing by drills based on nonlinear dynamics. Part 1. Problem statement // Bulletin of Dagestan state technical University. Technical science. 2011. № 3 (22). P.64-68.
3. Guseinov R.V., Rustamova M.R. Research of influence of geometrical parameters of the tool on cutting forces at processing of internal surfaces by method of planning of experiments // Bulletin of Dagestan state technical University. Technical science. 2011. № 2 (21). P. 83-87.

4. Guseinov R.V., Agakhanov E.K., Rustamova M.R. Instrumental support of technology of processing of threads in heat-resistant and titanium alloys // Bulletin of Dagestan state technical University. Technical science. 2013. № 1 (28). S. 57-62.
5. Guseinov R.V., Rustamova M.R. Improvement of processing of small diameter holes // Bulletin of mechanical engineering. 2012. No. 9. P. 50-52.
6. Guseinov R.V., Rustamova M.R. Improving the machining of small holes // Russian Engineering Research. 2013. Vol. 33. No. 1. P. 29-31.

УДК 531/534:[57+61], 539.3

<https://doi.org/10.26160/2618-6810-2019-2-170-173>

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛА С УЧЕТОМ ВНУТРЕННИХ ДЕФЕКТОВ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИЕЙ**

*Герасимов О.В., Мухин Д.А., Семенова Е.В., Яикова В.В., Харин Н.В.  
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г.Казань*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, негомогенные среды, компьютерная томография, метод конечных элементов, цифровой прототип.

**Аннотация.** В работе рассматривается один из возможных численных подходов к описанию процессов деформирования гетерогенных сред под действием внешних нагрузок, основанный на моделировании структуры расчетной области с учетом данных ее компьютерной томографии. Предлагаемый подход позволяет моделировать поведение пористой среды с учётом ее структурных свойств на основе методов неразрушающего контроля. На первом этапе исследования методом компьютерной томографии проводится сканирование расчетного образца, далее полученные данные оцифровываются, после чего цифровой прототип структуры образца с соответствующими весами вносится в конечно-элементный алгоритм расчета на этапе формирования локальных матриц жесткости расчетной области, интегрирование которых проводится методом центральных прямоугольников. В работе проведена оценка влияния данных томографического исследования на сходимость предложенной численной методики, решены тестовые задачи. Приведены результаты решения модельной задачи для участка диафиза бедренной кости. Полученные численные результаты отображают влияние точности аппроксимации геометрии образца, а также иллюстрируют зависимость поля перемещений от структуры материала.

В настоящее время наиболее перспективным направлением в моделировании поведения гетерогенных сред является применение данных компьютерной томографии. Такой подход позволяет исследовать структуру сложных анизотропных материалов, характеризующихся неоднородностью. Задача такого рода особенно актуальна в ортопедической практике: дефекты костной ткани [4], связанные с всевозможными патологиями, могут оказать большое влияние на качество проводимого лечения.

Существует несколько подходов к построению моделей элементов пористой структуры в условиях действия внешних нагрузок. В первую очередь к ним можно отнести метод средней длины перехвата [1, 2], согласно которому формулируются соотношения, связывающие компоненты тензора упругих констант и тензора структуры [1, 2, 5, 7], характеризующего осредненное направление пор. Вторым подходом выступает сведение анизотропии материала к ортотропии путем определения констант из численных экспериментов [3, 6, 8].