

ментального материала для обработки труднообрабатываемой закаленной стали марки 95X18 и получены эмпирические зависимости, которые могут быть использованы при установлении оптимальных режимов резания, выборе станочного оборудования и конструировании инструмента и оснастки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Л о к т е в А.Д. Эффективность работ по улучшению использования режущего инструмента // Станки и инструмент. — 1988. — № 2. — С. 6–7.

УДК 621.951.45

П.С. СЕРЕНКОВ, Е.Э. ФЕЛЬДШТЕЙН,
канд.техн.наук,
В.Г. ЛЫСЕНКО, канд.техн.наук,
В.В. ГРАБАР (БПИ)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕРЛЕНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ СПИРАЛЬНЫМИ СВЕРЛАМИ

Основными факторами, определяющими производительность обработки глубоких отверстий спиральными сверлами и период стойкости инструмента, являются: надежное непрерывное транспортирование стружки, позволяющее исключить периодические выходы инструмента и снизить время обработки; максимально возможная жесткость и прочность инструмента, позволяющие увеличить его подачу, что особенно важно для длинных сверл, так как жесткость снижается пропорционально увеличению вылета; подвод в зону резания смазочно-охлаждающей жидкости, так как эффективность СОЖ при охлаждении поливом или погружением детали в ванну резко падает при глубине свыше 5 диаметров.

В Белорусском политехническом институте разработано спиральное сверло (а. с. 701743), которое позволяет повысить производительность сверления глубоких отверстий путем ликвидации периодических выходов инструмента и повышения режимов обработки. Это обеспечивается повышенной жесткостью сверла, рациональными размерами, формой и увеличенным углом наклона стружкоотводящих канавок. Возможности таких сверл ограничены тем, что отсутствуют охлаждение и смазывание зоны резания. Это не позволяет существенно увеличить скорость резания и подачу, так как резко снижается период стойкости инструмента.

Наиболее значительное снижение температуры в зоне резания, а соответственно повышение периода стойкости инструмента достигается тогда, когда СОЖ на своем пути встречает сначала инструмент, а затем стружку и деталь [1]. В условиях сверления отверстий это возможно только при использовании инструмента, оснащенного каналами закрытого типа для подвода СОЖ.

Существует ряд различных конструкций спиральных сверл, оснащенных каналами для подвода СОЖ. Все они имеют размеры, форму и углы наклона стружкоотводящих канавок, близкие к стандартным сверлам, и поэтому не обеспечивают транспортирования стружки с большой глубины. Предназначены

в основном для обработки неглубоких отверстий ($l < 5d$). Обеспечить непрерывное сверление глубоких отверстий этими сверлами можно при использовании специальных высоконапорных насосов, развивающих давление 2,5... 5 МПа с расходом СОЖ не менее 20 л/мин, сложных устройств для фильтрации и герметизации. С учетом этого были разработаны два варианта конструкции спиральных сверл для глубокого сверления на базе сверла по а. с. 701743, отличающиеся от него наличием в спинках одного или двух каналов закрытого типа для подвода СОЖ в зону резания. СОЖ в данном случае только смазывает и охлаждает режущие лезвия. Функцию транспортирования стружки из зоны резания берут на себя винтовые стружкоотводящие канавки сверла. Поэтому такой инструмент в принципе не требует специальных высоконапорных насосов, сложных герметизирующих узлов, фильтрующего оборудования и является универсальным, так как его можно использовать практически на любом металлорежущем оборудовании, подавая СОЖ помпой по каналам сверла.

Размеры и количество каналов для подвода СОЖ должны определяться из условий обеспечения необходимого расхода СОЖ в зоне резания для надежного охлаждения и смазывания режущих лезвий и обеспечения максимально возможной жесткости инструмента. Эти условия противоречивы, так как увеличение проходного сечения каналов приводит к возрастанию расхода СОЖ, способствует увеличению теплоотвода, повышению периода стойкости инструмента и одновременно ослабляет поперечное сечение сверла, что в свою очередь приводит к снижению жесткости и прочности инструмента и влечет за собой необходимость снижения режимов резания. Расход СОЖ через каналы в зоне резания зависит не только от проходного сечения последних, но и от давления развиваемого насосом для подачи СОЖ. Можно увеличить расход СОЖ в зоне резания, не изменяя проходного сечения каналов, но повысив давление насоса.

Таким образом, для оптимизации конструктивных параметров спиральных сверл, оснащенных каналами для подвода СОЖ в зону резания, необходимо решить две задачи:

- 1) оценить влияние расхода СОЖ на период стойкости инструмента;
- 2) оценить влияние падения жесткости инструмента, вызванного наличием каналов, на период его стойкости.

Большинство факторов, влияющих на интенсивность изнашивания инструмента или период его стойкости, являются функцией температуры контактных поверхностей. Это позволило сформулировать закон постоянства оптимальных температур резания [2]. Значение этого закона состоит в том, что путем поддержания постоянства оптимальной температуры резания можно осуществлять процесс резания в оптимальном по периоду стойкости режиме без проведения весьма трудоемких и дорогостоящих стойкостных испытаний. Для этого достаточно для начала исследовать зависимость температуры в зоне резания от режимов резания и расхода СОЖ. На ее основании можно было бы прогнозировать оптимальные с точки зрения периода стойкости режимы резания.

Объектом исследования были выбраны сверла конструкции БПИ $\varnothing 15$ мм, длиной рабочей части 300 мм с одним и двумя каналами в спинках с проходным сечением $\varnothing 2,5$ мм каждый. Геометрические параметры режущей части: $\gamma = 16^\circ$, $\alpha = 15^\circ$, $2\varphi = 115^\circ$. Обработываемый материал — сталь 45. Смазочно-охлаждающая жидкость — 5 %-й раствор эмульсола в воде.

Исследовалась температура резания на задних поверхностях режущих лезвий спиральных сверл методом полуискусственной термопары. Константановая проволока приваривалась в точке задней поверхности одного из режущих лезвий с координатами: расстояние от уголка вдоль режущей кромки 2 мм, расстояние по нормали от режущей кромки 1 мм. Температура в области этой точки близка к максимальной [3].

Реализованы три полных факторных плана для определения температуры резания на режущих лезвиях сверла с двумя каналами для подвода СОЖ, а также температур резания на охлаждаемом и неохлаждаемом режущих лезвиях сверла с одним каналом для подвода СОЖ. Термин "неохлаждаемое лезвие" означает, что к лезвию сверла не подведен канал, т.е. СОЖ на него непосредственно не подается. Оно охлаждается за счет циркуляции СОЖ в зоне резания. Расход СОЖ при сравнительных испытаниях сверл с одним и двумя каналами сохранялся постоянным.

Факторы варьировались в следующих пределах: скорость резания v — 18,9...37,8 м/мин; подача сверла S_0 — 0,195...0,3 мм/об; расход СОЖ Q — 0,2...1 л/мин.

Были получены следующие уравнения регрессии, определяющие зависимость температуры резания стали 45 от режимов резания и расхода СОЖ:

1) температура режущих лезвий сверла с двумя каналами для подвода СОЖ:

$$\lg \theta = 2,317 + 0,580 \lg S_0 + 0,178 \lg v + 0,250 \lg Q - 0,390 \lg v \lg Q;$$

2) температура неохлаждаемого режущего лезвия сверла с одним каналом для подвода СОЖ:

$$\lg \theta = 2,346 + 0,475 \lg S_0 + 0,214 \lg v + 0,257 \lg Q - 0,321 \lg v \lg Q;$$

3) температура охлаждаемого режущего лезвия сверла с одним каналом для подвода СОЖ:

$$\lg \theta = 2,352 + 0,632 \lg S_0 + 0,164 \lg v + 0,403 \lg Q - 0,481 \lg v \lg Q.$$

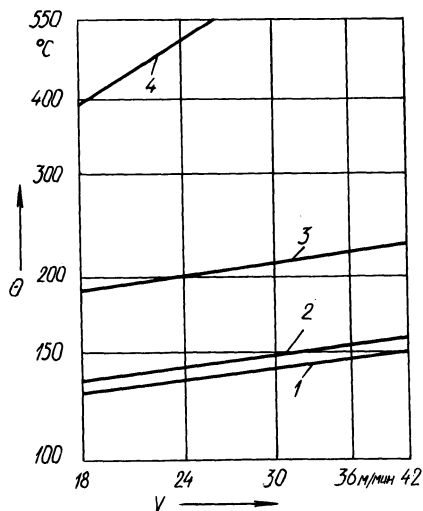


Рис. 1. Зависимость температуры режущих лезвий спиральных сверл БПИ от скорости резания:

1 — охлаждаемого режущего лезвия сверла с одним каналом для подвода СОЖ; 2 — режущих лезвий сверла с двумя каналами для подвода СОЖ; 3 — неохлаждаемого режущего лезвия сверла с одним каналом для подвода СОЖ; 4 — режущих лезвий сверла при сверлении без охлаждения; $S_0 = 0,195$ мм/об, $Q = 1$ л/мин

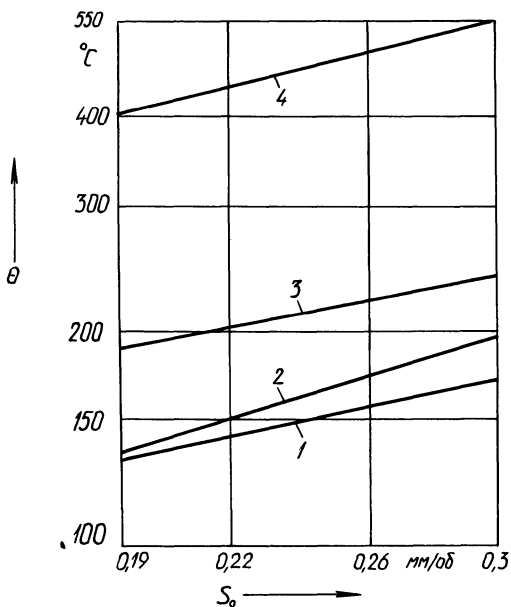


Рис. 2. Зависимость температуры режущих лезвий спиральных сверл БПИ от подачи;

1 — охлаждаемого режущего лезвия сверла с одним каналом для подвода СОЖ; 2 — режущих лезвий сверла с двумя каналами для подвода СОЖ; 3 — не охлаждаемого режущего лезвия сверла с одним каналом для подвода СОЖ; 4 — режущих лезвий сверла при сверлении без охлаждения; $v = 18,9$ м/мин; $Q = 1$ л/мин

На рис. 1—3 представлены некоторые зависимости температуры режущих лезвий спиральных сверл от режимов резания и расхода СОЖ, из которых видно эффективность применения сверл с каналами для подвода СОЖ в зону резания. Известно, что для углеродистых сталей оптимальной температурой резания, при которой имеет место максимальный период стойкости спиральных сверл, является температура $260 \dots 280$ °C [2]. Известно также, что температура резания при сверлении в большей степени определяется скоростью резания и с меньшей подачей инструмента. Из рис. 1 и 2 видно, что влияние скорости на температуру резания при подводе СОЖ в зону резания резко снижается и становится практически таким же, как и влияние подачи инструмента.

Повысить подачу сверл с каналами для подвода СОЖ по сравнению с такими же сверлами, но без каналов не представляется возможным, так как подача в основном определяется жесткостью инструмента.

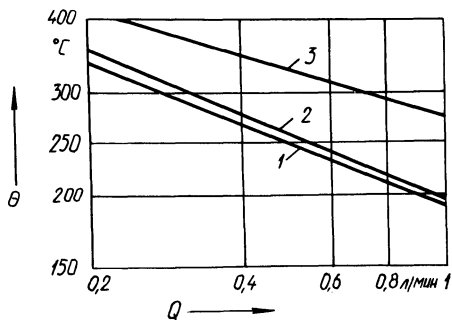
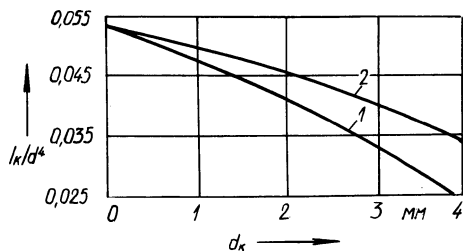


Рис. 3. Зависимость температуры режущих лезвий спиральных сверл БПИ от расхода СОЖ;

1 — охлаждаемого режущего лезвия сверла с одним каналом для подвода СОЖ; 2 — режущих лезвий сверла с двумя каналами для подвода СОЖ; 3 — не охлаждаемого режущего лезвия сверла с одним каналом для подвода СОЖ; $S_0 = 0,3$ мм/об; $v = 37,8$ м/мин

Рис. 4. Зависимость крутильной жесткости спиральных сверл БПИ от диаметра каналов для подвода СОЖ:

1 – сверла с двумя каналами; 2 – сверла с одним каналом; диаметр сверл – 15 мм, диаметр сердцевин – 8,2 мм, ширина стружкоотводящей канавки в нормальном сечении – 6,5 мм



Крутильная жесткость сверл с каналами меньше, так как последние частично ослабляют поперечное сечение сверла. Однако диапазон скоростей резания, при которых температура резания не превышает оптимальную, значительно расширяется по сравнению со сверлением всухую, он тем больше, чем больше расход СОЖ (рис. 3).

Анализ полученных данных показал, что за счет повышения скорости резания сверла с каналами для подвода СОЖ, несмотря на некоторую потерю жесткости, позволяют повысить производительность сверления глубоких отверстий по сравнению с такими же сверлами без каналов в 2–3 раза, а по сравнению со стандартными сверлами в 4–6 раз.

Выбор количества каналов для подвода СОЖ и их размеров – сложная оптимизационная задача. В конечном счете критериями оптимальности являются производительность и период стойкости инструмента. Измерение температуры резания сверлами с одним и двумя каналами для подвода СОЖ показало, что при одном и том же расходе СОЖ температура на охлаждаемом режущем лезвии первых в среднем на 20...30 °С меньше, а на неохлаждаемом лезвии на 40...110 °С больше, чем на режущих лезвиях сверл, оснащенных двумя каналами. Действительно, когда СОЖ поступает из одного канала, интенсивно охлаждая одно режущее лезвие, второе лезвие охлаждается хуже, так как СОЖ попадает на него после циркуляции в зоне резания уже частично нагретой. Иначе обстоит дело, когда СОЖ подается из двух каналов одновременно, одинаково охлаждая и смазывая оба режущих лезвия. При этом через каждый канал проходит только половина всей СОЖ. Очевидно, что с точки зрения температурного режима эффективнее сверла с двумя каналами. Однако наличие двух каналов в сверле в большой степени ослабляет поперечное сечение, снижая его жесткость.

Разработанная математическая модель напряженного состояния спиральных сверл произвольной конфигурации позволяет рассчитать жесткость на кручение. Получены алгоритм и программа для ЭВМ типа ЕС по расчету жесткости на кручение спиральных сверл. На рис. 4 представлены расчетные зависимости жесткости сверл конструкции БПИ от количества и диаметра каналов для подвода СОЖ. Жесткость представлена на графике безразмерным параметром I_k/d^4 , где I_k – условный полярный момент инерции поперечного сечения естественно завитого стержня, которым является спиральное сверло. Наличие двух каналов диаметром 3 мм практически в 1,5 раза снижает жесткость сверл по сравнению со сверлами, оснащенными одним каналом. Согласно исследованиям [4], период стойкости сверл и их жесткость при прочих равных условиях находятся в зависимости

$$T_2/T_1 = (C_2/C_1)^{2-4},$$

где T — период стойкости сверла; C — жесткость на кручение сверла.

Таким образом сверла с одним каналом с точки зрения жесткости эффективнее сверл с двумя каналами. Предварительные стойкостные испытания в производственных условиях это подтвердили, обеспечив экономический эффект 1,2 руб. на одном глубоком отверстии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резников А.Н. Конструирование и практика внедрения высокостойких режущих инструментов // *Машиностроитель*. — 1966. — № 6. — С. 27—30. 2. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. — М., 1976. — 270 с. 3. Юдковский П.А. Повышение качества спиральных сверл. — Оренбург, 1970. — 109 с. 4. Жилис В.И. Экспериментальное исследование прочности, жесткости скручивания и стойкости спиральных сверл // *Станкостроение Литвы*. — 1969. — Вып. 1. — С. 198—210.

УДК 621.914

Е.Э. ФЕЛЬДШТЕЙН, канд.техн.наук (БПИ),
А.В. КОЛЯДИН, канд.техн.наук (Сестрорецк. инструмент.з-д),
И.Н. АРТАМОНОВА (БПИ)

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ БЛОЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Фрезы торцовые насадные со сменными блоками для многогранных пластин предназначены для получистовой и черновой обработки деталей из различных материалов на фрезерных станках с ЧПУ, в том числе обрабатывающих центрах. Их отличительной особенностью является то, что на базе единого корпуса, клиньев и крепежных элементов путем комбинации блоков и режущих пластин различной формы и геометрии возможно получение фрез для обработки материалов многих марок и разнообразных поверхностей. Такое конструктивное решение является прогрессивной тенденцией в современном инструментальном производстве и позволяет для обработки конкретных материалов выбирать оптимальную геометрию фрезы. Кроме того, это дает возможность значительно сократить номенклатуру применяемых фрез, совершенствовать складское хозяйство.

Компоновка фрез, конструкция узла крепления блока и пластины позволяют сочетать требования надежности и производительности при обработке различных материалов. Как следствие, увеличивается и общий ресурс работы.

В качестве рабочей части фрез используются многогранные режущие пластины из твердого сплава, с износостойким покрытием, трехгранной и квадратной формы с задним углом от 0 до 26^о точности C и G . При обработке чугуна могут применяться пластины из минералокерамики. Фрезы изготавливаются с углами в плане от 45 до 90^о и передними углами от -10 до +20^о (табл. 1).

При обработке алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей рекомендуются пластины из твердых сплавов по ГОСТ 19045—80, ГОСТ 19050—80, а для обработки конструкционных сталей и чугунов — по ГОСТ 19043—80, ГОСТ 19045—80, а также пластины из оксидно-карбидной и оксидно-нитридной