

УДК: 621.951.45

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ СТОЙКОСТИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ ОТ КАЧЕСТВА ЗАТОЧКИ

А. А. Айнабекова, аспирант, Н. А. Рагрин, канд. техн. наук,

В. А. Самсонов, канд. техн. наук, Кыргызский ГТУ им. И. Раззакова, E-mail: aa_ainura@mail.ru

Представлены виды погрешностей заточки сверл, причины их вызывающие и пути устранения, определены закономерности влияния погрешностей заточки на стойкость сверл в зависимости от параметров режима резания и других условий обработки сверлением.

Ключевые слова: сверло, биение, стойкость, режущая кромка, уголки, подача.

ANALYSIS OF THE DEPENDENCE OF THE HIGH SPEED SPIRAL DRILLS RESISTANCE ON THE QUALITY OF SHARPENING

Presented types of inaccuracy of the drills sharpening, the reasons causing them and ways of eliminating, identified the patterns of influence of the inaccuracy of the drills sharpening on resistance of drills, depending on the parameters of cutting mode and other conditions of drilling.

Keywords: drill, beating, resistance, cutting edge, angle, feeding.

Известно, что более 60 % деталей машин и механизмов имеют отверстия различных видов, точности, шероховатости и т.п. В технологическом процессе изготовления отверстий резанием первым видом обработки всегда является сверление, за которым при необходимости следуют другие виды обработки (зенкерование, развертывание, растачивание и т.д.) [1]. Сверление - единственный способ получения отверстий резанием, поэтому сверла являются одним из наиболее часто применяемых режущих инструментов. На промышленных предприятиях спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8 % от общего количества используемого инструмента. В общем объеме производства режущего инструмента наибольший удельный вес занимают спиральные сверла (около 30 %). Поэтому исследования в области повышения эксплуатационных свойств спиральных сверл достаточно актуальны.

Результаты исследований, представленные в работе [2], показывают, что применение на автоматических линиях спиральных сверл с высокой симметричностью режущих кромок позволило повысить отношение между минимальной и максимальной стойкостями в 1,2 – 2 раза.

На основании вышеизложенного целью настоящих исследований является определение закономерностей влияния качества заточки спиральных сверл на их стойкость.

Анализируем состояние проблемы связанное с качеством заточки спиральных сверл. Она выражается в несимметричности режущих кромок относительно рабочей оси сверла, которая регламентируется допуском осевого биения режущих кромок (ГОСТ 2034-80). Например, согласно табл. 6 ГОСТ 2034-80 допуск осевого биения для сверл диаметром 10 мм и выше для классов точности А 1, А, В 1, В составляет 0,06, 0,2, 0,23 и 0,3 мм соответственно. Рекомендуемые подачи для сверл диаметром от 10 до 20 мм - 0,22...0,3 мм/об [3], т.е. допуск осевого биения лежит в пределах рекомендуемых подач, кроме сверл класса точности А 1. Это значит, что какая-то часть сверл практически работает одним лезвием с большей нагрузкой и быстрее изнашивается, что снижает их стойкость. В связи с этим и для выполнения цели исследований необходимо решить следующие задачи:

1. Определить виды погрешностей заточки сверл и причины, их вызывающие.
2. Определить закономерности влияния погрешностей заточки на стойкость сверл в зависимости от параметров режима резания и других условий обработки сверлением.
3. Определить пути повышения стойкости, связанные с качеством заточки.

Методы и средства исследований

Испытания спиральных сверл, результаты которых представлены в работе [2], осуществлялись на автоматических линиях и агрегатных станках в условиях автоматизированного массового производства, где используются стандартные сверла в большом количестве. В условиях автоматизированного массового производства поломка сверла приводит к остановке производственного процесса и, как правило, к браку обрабатываемой заготовки. Поэтому проведение исследований в этих условиях является наиболее целесообразным. При проведении настоящих исследований испытывались спиральные сверла по ГОСТ 10903-

77 из стали Р6М5, при обработке сквозных отверстий в заготовках из углеродистых конструкционных сталей марок 30, 35, 45. Испытывались партии сверл по ГОСТ 10903-77 в количестве 25 шт. одного диаметра в каждой партии. Сверла перед испытаниями контролировались на соответствие требованиям ГОСТ 10903-77, ГОСТ 4010-77, ГОСТ 2034-80. Контроль осуществлялся соответствующими методами контроля. В процессе испытаний периодически контролировался износ рабочих элементов сверл.

Статистический анализ 135 операций сверления на предприятиях автоматизированного массового производства [4] позволил установить, что при обработке углеродистых конструкционных сталей быстрорежущими спиральными сверлами диаметрами от 6 до 45 мм наиболее часто используется скоростной диапазон от 9 до 16 м/мин, при средней скорости резания, равной 15 м/мин. Поэтому, как видно в табл. 1, производственные испытания различных диаметров сверл проводились с практически одинаковыми скоростями резания. Другие условия обработки, такие как диаметр сверл, подача, твердость заготовок, глубина резания варьировались.

Таблица 1

Условия производственных испытаний

| | | | | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Диаметр сверла d, мм | 9,8 | 10,5 | 11,5 | 12,0 | 13,8 | 17,5 | 21,0 | 35,0 |
| Скорость резания V, м/мин | 13,8 | 12,6 | 12,6 | 12,0 | 12,6 | 13,8 | 13,2 | 11,4 |
| Подача S, мм/об. | 0,22 | 0,14 | 0,18 | 0,14 | 0,22 | 0,2 | 0,23 | 0,23 |
| Твердость заготовок НВ | 200 | 300 | 200 | 180 | 200 | 190 | 300 | 300 |
| Глубина сверления, мм | 25,2 | 28,5 | 13,0 | 14,0 | 11,0 | 24,0 | 17,0 | 36,0 |

Результаты исследований

Анализ качества заточки

Погрешности заточки подробно рассмотрены в работе [5].

Возможные погрешности заточки сверл приведены на рис. 1-3 пунктирными линиями.

Погрешностью заточки, представленной на рис. 1, является то, что одно лезвие стачивается больше другого в результате погрешности закрепления сверла, когда ось сверла 1 не совпадает с осью заточки 2, шлифовальный круг подается на разную глубину, поперечная кромка 3 смещается с оси сверла.

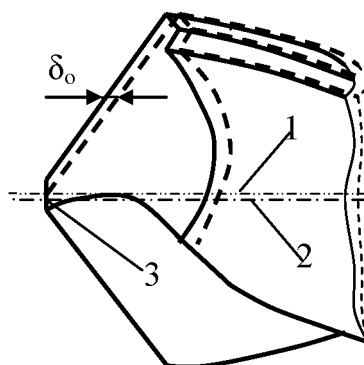


Рис. 1 - Смещение поперечной кромки

Погрешностью заточки, представленной на рис. 2, является неравенство углов в плане φ_1 и φ_2 , в результате того, что после заточки первого лезвия сверло не было повернуто на 180° , либо после поворота положение оси сверла не совпало с первоначальным.

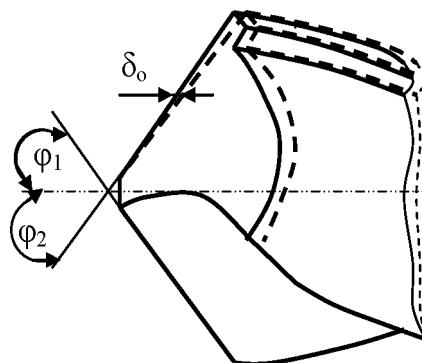


Рис. 2. - Неравенство углов в плане φ

Погрешность заточки, представленная на рис. 3, является обобщающей комбинацией погрешностей, представленных на рис. 1 и рис. 2.

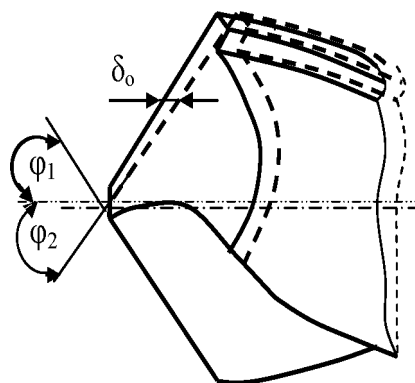


Рис. 3. - Смещение поперечной кромки и неравенство углов в плане

В соответствии с ГОСТ 2034 - 80 несимметричность режущих кромок, в результате погрешностей заточки, не должна превышать допуска осевого биения δ_0 , представленного выше, проверяемого посередине режущих кромок. Но в этом случае при погрешностях заточки, показанных на рис. 2 и рис. 3, осевое биение у уголков сверла будет значительно больше осевого биения посередине режущих кромок. В случае неравенства углов в плане ϕ (рис. 2) осевое биение у уголков сверла может увеличиться до двух раз от осевого биения посередине режущих кромок.

Известно, что конструкция спиральных сверл имеет ряд существенных недостатков, неблагоприятно сказывающихся на их работоспособности, одним из которых является уголок [6]. Например, максимальная температура резания имеет место на этом конструктивном элементе. Увеличение толщины среза на одном из уголков сверла в результате увеличения допуска осевого биения приведет к дополнительному увеличению температуры резания, ухудшению условий работы уголка и к снижению работоспособности инструмента. В эмпирической зависимости (1) для расчета скоростей резания при сверлении, представленной в справочнике технолога-машиностроителя [7], показатель степени при подаче равен 0,5.

$$V = \frac{9,8d^{0,4}}{T^{0,25}S^{0,5}}, \tag{1}$$

где T стойкость сверл.

Эта зависимость предназначена для интенсивных скоростей резания, в основном используемых в единичном и мелкосерийном производстве, рассчитанная по ней скорость резания для быстрорежущих спиральных сверл диаметром 10 мм равна 24 м/мин. Для сверл этого диаметра рекомендуемая справочником [7] подача 0,25 мм/об. Для случая, когда в результате погрешностей заточки сверло работает одним лезвием, т.е. толщина среза на этом лезвии удваивается, что можно считать пропорциональным увеличением подачи, то рассчитанная по зависимости (1) стойкость на скорости резания 24 м/мин снижается в 5,6 раза.

В работе [4] показано, что в автоматизированном массовом производстве в основном используются более низкие скорости резания, соответствующие максимуму стойкостной зависимости 12-15 м/мин.

Для определения степени влияния подачи на стойкость сверл на этих скоростях резания использовалась зависимость, полученная на скорости резания 15 м/мин, представленная в работе [8] (рис.4).

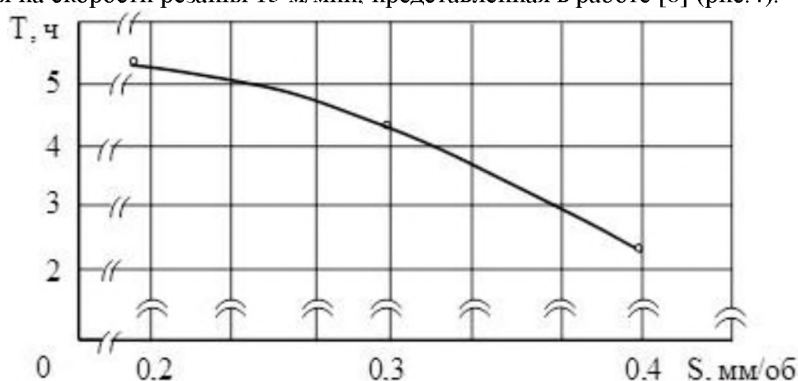


Рис. 4. - Зависимость стойкости сверл диаметром 14,5 мм от подачи

Посредством аппроксимации кривой, представленной на рис. 4, в диапазоне подач от 0,18 до 0,3 мм/об получена следующая зависимость:

$$T = 2,72S^{-0,4}.$$

Для подач, больших 0,3 мм/об, зависимость имеет вид:

$$T = 0,28S^{-2,3}.$$

В работе [9] представлены результаты производственных испытаний сверл различных диаметров, которые позволили получить зависимость стойкости сверл от диаметра в условиях автоматизированного массового производства, имеющую вид:

$$T = 3,58d^{0,4}.$$

Тогда зависимости стойкости сверл от диаметра и подачи будут иметь вид:

$$T = \frac{9,74d^{0,4}}{S^{0,4}}, \quad (2)$$

$$T = \frac{d^{0,4}}{S^{2,3}}, \quad (3)$$

где зависимость (2) для диапазона подач 0,18 - 0,3 мм/об, зависимость (3) для подач больших 0,3 мм/об.

Закономерности влияния осевого биения режущих кромок на стойкость сверл

В работе [10] по результатам производственных испытаний определено, что распределения стойкости и износа партий сверл всех испытанных диаметров не противоречат нормальному распределению и позволяют принять для их описания закон Гаусса. Это позволило определить параметры распределений стойкости до отказа испытанных сверл, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Результаты производственных испытаний

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Диаметр сверла, мм | 9,8 | 10,5 | 11,5 | 12,0 | 13,8 | 17,5 | 21,0 | 35,0 |
| Средняя стойкость до отказа, ч | 8,1 | 1,87 | 8,73 | 8,57 | 10,24 | 11,95 | 2,17 | 2,81 |
| Дисперсия стойкости σ , ч | 2,65 | 0,28 | 1,38 | 1,98 | 2,24 | 1,63 | 0,65 | 0,87 |
| Коэффициент вариации | 0,33 | 0,15 | 0,16 | 0,23 | 0,22 | 0,14 | 0,3 | 0,3 |

Как видно в табл. 1 и табл. 2, условия обработки примерно в равной мере влияют на средние и среднеквадратические отклонения распределений стойкостей испытанных партий сверл. Поэтому корреляционный анализ тесноты связи коэффициентов вариации с условиями обработки, представленными в табл.1, показал полное ее отсутствие, т.е. теснота группирования этих случайных переменных не зависит от условий обработки [11]. Однако, как видно в табл. 2, величина коэффициентов вариаций распределений стойкостей изменяется в широких пределах, от 0,14 до 0,33 для различных диаметров сверл. Наряду с тем, в работе [11] определена тесная корреляционная связь стойкости с подачей на оборот сверла. Поэтому причиной изменения коэффициентов вариации в столь широких пределах может быть величина разброса осевого биения режущих кромок в случайной выборке сверл одного диаметра, в результате которого, как показано выше, происходит увеличение толщины среза на одном из лезвий сверла до двух раз.

Известно, что величина $\pm 1,96\sigma$ покрывает 95 % площади под кривой нормального распределения [12]. Тогда для расчета минимальной стойкости вполне достаточно воспользоваться 2σ . У сверл диаметром 9,8 мм минимальная стойкость, рассчитанная с применением значения двух сигма, наименьшая для твердости обрабатываемых заготовок до 200 НВ и составляет 2,8 ч., что не противоречит максимальному коэффициенту вариации распределения стойкостей этих сверл (табл. 2). Следовательно, вполне реально предположить, что в испытанной партии сверл этого диаметра разброс осевого биения режущих кромок был наибольшим.

Рассчитанная по зависимости (2) стойкость для сверл диаметром 9,8 мм при подаче 0,22 мм/об в 2,7 раза выше стойкости, рассчитанной по зависимости (3) при подаче 0,44 мм/об. Тогда, при предварительном отборе данных сверл с минимальным биением режущих кромок, их минимальная стойкость увеличится в 2,7 раза и станет равна 7,56 ч. Это, в свою очередь, приведет к уменьшению дисперсии до 1,4 ч., и увеличению средней стойкости до 11,73 ч., при этом коэффициент вариации уменьшится до 0,12. Повышение отношения между минимальной и максимальной стойкостями составит 2,7 раза, что близко результатам испытаний, представленным в работе [2].

Обоснование необходимости исключения из производства сверл с высокой погрешностью заточки.

При расчете величины возможного увеличения минимальной стойкости в данной работе было использовано правило двух сигма, основанное на том, что $\pm 1,96\sigma$ покрывает 95 % площади под кривой нормального распределения [12]. Пять процентов при выборке сверл равной 25 шт. составляет 1,25 шт., что вроде бы несущественно. Однако из 25 сверл одного диаметра при коэффициентах вариации 0,33, 0,3 и 0,3 имеющих место у сверл диаметром 9,8, 21,0, 35,0 соответственно (табл. 2), одно сверло каждого диаметра

может иметь стойкость 9 мин, 13 мин и 12 мин соответственно, что значительно ниже рекомендуемого периода стойкости [7]. Это приведет к преждевременному выходу сверла из строя, остановке автоматического оборудования и браку изготавливаемой детали. Этим обосновывается необходимость исключения сверл с максимальным допуском осевого биения режущих кромок из производства.

Пути повышения стойкости сверл, связанные с качеством их заточки

1. Применение в автоматизированном массовом производстве сверл класса точности А1, допуск осевого биения режущих кромок который не должен превышать 0,06 мм.
2. Контроль осевого биения сверл классов точности А, В1, В и отбор сверл с осевым биением не превышающим половину подачи на оборот сверла. При этом контроль осевого биения проводить на уголках сверла.
3. Значительно уменьшить погрешности заточки можно применением двухплоскостной заточки сверл, представленной на рис. 5.

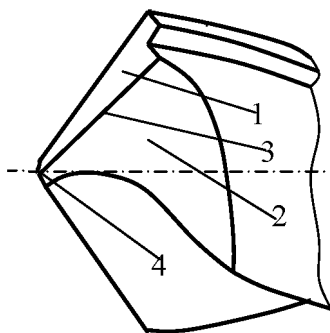


Рис.5. - Двухплоскостная заточка

Плоскость 1 затачивается под рабочим задним углом, плоскость 2 - под большим задним углом (ГОСТ 4010-77). Погрешности заточки исключаются, если ребро 3 пересечения плоскостей 1 и 2 каждого лезвия проходит через ось сверла. При такой заточке достаточен визуальный контроль качества. У двухплоскостной заточки есть еще одно существенное преимущество. Поперечная кромка 4 является ломаной линией с вершиной на оси сверла. Это исключает необходимость зацентровки отверстия перед сверлением, либо применения направляющих втулок.

Недостатком двухплоскостной заточки является большая трудоемкость по сравнению, например, с конической заточкой, выполняемой на специальных станках, но в условиях автоматизированного массового производства преимущества двухплоскостной заточки могут быть экономически обоснованы.

Выводы

1. При максимальном допуске осевого биения режущих кромок толщина среза на одном из лезвий сверла увеличивается до двух раз, сверло практически работает одним лезвием, что приводит к значительному снижению стойкости сверл.
2. Применение в автоматизированном массовом производстве спиральных сверл с высокой симметричностью режущих кромок увеличивает минимальную стойкость в 2,7 раза.
3. Применение в автоматизированном массовом производстве спиральных сверл с высокой симметричностью режущих кромок не только повышает отношение между максимальной и минимальной стойкостью, но и повышает среднюю стойкость спиральных сверл.
4. При контроле осевого биения посередине режущих кромок осевое биение на уголках сверла может быть в два раза большим.
5. Контроль осевого биения необходимо проводить не посередине режущих кромок, а на уголках сверла.
6. Допуск осевого биения для сверл диаметром 10 мм и выше для классов точности А, В1, В не должен превышать половины рекомендуемой подачи на оборот сверла.
7. В автоматизированном массовом производстве необходимо использовать двухплоскостную заточку сверл.

Список литературы

1. Рагрин Н.А. Обработка материалов и инструменты : Учебник / КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек : Текник, 2012. – С. 84.
2. Грановский Г.И., Баклунов Е.Д. Панченко К.П. Стабильность работы режущего инструмента на автоматических линиях // Автоматизация и механизация производственных процессов в машиностроении. - М. : Машиностроение, 1967. - С. 62-85.
3. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Барановского Ю.В. Изд.3-е, переработанное и дополненное. - М. : Машиностроение, 1972. - С. 110.

4. Древаль А.Е., Рагрин Н.А., Самсонов В.А. Формирование отказов спиральных сверл в условиях автоматизированного производства. Электронное научно-техническое издание // МГТУ им. Баумана. – М., 2011. - № 10. - 10 с.
5. Мартынов А.Д. О контроле симметричности заточки режущих кромок спиральных сверл // Спиральные сверла. - Вильнюс, 1964. - 15 с.
6. Самсонов В.А. Рагрин Н.А., Стародубов И.И. Особенности износа ленточек и уголков быстрорежущих спиральных сверл // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек, 2013. № 29. - С.160-163
7. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2. / Под ред. Дальского А.М., Сулова А.Г., Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. - 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение -1, 2001.- С. 381 - 383.
8. Рагрин Н.А., Самсонов В.А. Особенности влияния подачи на стойкость и наработку спиральных сверл // Техника машиностроения – М., 2013. - № 4(88). - С. 18-19.
9. Рагрин Н. А. Влияние условий обработки на физическую модель износостойкости инструмента при сверлении. // Технология машиностроения. – М., 2013. № 12. - С.15-24.
10. Рагрин Н.А. Обеспечение безотказности быстрорежущих спиральных сверл в условиях автоматизированного производства // Машиностроитель. – М., 2012. - № 7. - С. 37-39.
11. Рагрин Н.А. Применение теории корреляции для получения зависимостей наработки от условий обработки сверлением. // Машиностроение и инженерное образование. – М., 2013. - № 3. - С. 21-29
12. Закс Л. Статистическое оценивание. - М.: Статистика, 1976. - С. 67.

References

1. Ragrin N.A. Machining of materials and tools: Manual/ KSTU named after I. Razzakov. – Bishkek :Teknik, 2012. – P. 84.
2. Granovsky G.I., Baklunov E.D., Panchenko K.P., The stability of the cutting tool on the automated production lines // Automation and mechanization of production processes in machine building. - M. : Machine building -, 1967. - P. 62-85.
3. Metal cutting modes: Handbook / Edited by Baranovsky U.V. Edition.3, revised and expanded. - M. : Machine building, 1972. - P.110.
4. Dreval A.E., Ragrin N.A., Samsonov V.A. Formation of failure of spiral drills in a computer-aided manufacturing. Electronic scientific and technical publication // MSTU named after Bauman. – М.,2011. - №10. - 10 p.
5. 5.Martynov A.D. About the control of symmetry sharpening cutting edges of spiral drills // Spiral drills. - Vilnius, 1964. - 15 p.
6. Samsonov V.A. Ragrin N.A., Starodubov I.I.. Features of wear of ribbons and angles of high speed spiral drills //News of KSTU named after I. Razzakov. – Bishkek,2013. № 29. -P.160-163
7. Handbook of machine building engineer. V. 2. / Edited by Dalskoy A.M., Suslova A.G., Kosilova A.G., Meshryakova R.K. – Edition 5, revised and expanded. – М.: Machine building -1, 2001.- P.381 - 383.
8. Ragrin N.A., Samsonov V.A. Features of influence of the feeding on resistance and operating time of spiral drills // Machine building technology – М., 2013. - № 4(88). - P. 18-19.
9. Ragrin N.A. Influence of processing conditions on the physical model of the drilling tool wear resistance. // Machine building technology. – М., 2013. № 12. - P.15-24.
10. Ragrin N.A. Providing of reliability of high-speed spiral drills in a computer-aided manufacturing // Machine engineer. – М., 2012. - № 7. - P. 37-39.
11. Ragrin N.A. Application of the theory of correlation to get the dependency of operating time on the conditions of drilling. // Machine building and engineering education. – М., 2013. - № 3. - P.21-29
12. Zax L. Statistical estimation. - М.: Statistics, 1976. - P. 67.