

УДК.: 621.951.45.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

РАГРИН Н.А.
n_ragrin@maik.ru

Приведены результаты испытаний быстрорежущих спиральных сверл в условиях автоматизированного производства и рассмотрены пути повышения их работоспособности.

Как показали обследования автоматических линий [1], в общем балансе нецикловых потерь времени простоя технологического оборудования из-за режущего инструмента составляют 16 – 22%, при этом спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8% от общего количества используемого инструмента.

В результате многочисленных исследований определено, что зависимость стойкости от скорости резания в широком диапазоне ее варьирования при работе быстрорежущими спиральными сверлами имеет экстремальный характер. Авторы работы [2] показывают, что диапазон скоростей резания, соответствующих области экстремума этой зависимости? применяют в условиях автоматизированного производства, особенностью которого является большое количество одновременно работающих инструментов, в том числе сверл, когда невозможно проконтролировать текущее состояние каждого из них. Поэтому одним из важных путей повышения работоспособности сверл в условиях автоматизированного производства является определение параметров режима резания, соответствующих области экстремума данной зависимости.

Однако эксперименты по построению стойкостных зависимостей в широком диапазоне скоростей резания отличаются большой трудоемкостью и металлоемкостью, особенно для сверл большого диаметра. Для избежания этого был предложен и защищен авторским свидетельством на изобретение [3] способ определения диапазона скоростей резания, соответствующих области экстремума зависимости стойкости от скорости резания. Сущность предложенного способа в том, что графики зависимостей осевой силы и момента резания при сверлении сверлами с определенной величиной износа рабочих элементов имеют явно выраженную точку минимума, которая совпадает с точкой максимума на зависимости стойкости от скорости резания этих сверл. Эксперименты показали, что совпадение точки максимума на графиках зависимостей $T = f(V)$ и точки минимума на графиках зависимостей $P_0 = f(V)$, $M = f(V)$ характерно для всех диаметров сверл. Анализ факторов процесса сверления, результатом воздействия которых можно объяснить совпадение точек экстремума данных зависимостей, приведен в работе [4]. Данные эксперименты и ряд других лабораторных и производственных испытаний позволили сделать вывод, что на величину скоростей резания, соответствующих области экстремума зависимости стойкости от скорости резания не оказывает влияния диаметр сверла. То есть максимальную стойкость быстрорежущие спиральные сверла при обработке углеродистых конструкционных сталей имеют в диапазоне скоростей резания от 0,2 до 0,26 м/с. независимо от их диаметра. Этот вывод нашел своеобразное подтверждение при анализе режимов резания при сверлении деталей в условиях автоматизированного производства. Анализ условий эксплуатации быстрорежущих спиральных сверл диаметром от 10 до 35 мм при обработке углеродистых конструкционных сталей на автоматических линиях и агрегатных станках [5] показал, что при общем диапазоне варьирования скоростей резания от 0,18 до 0,42 м/с. их распределение не зависит от диаметра сверла и хорошо согласуется с нормальным законом. Анализ 135 операций сверления позволил определить среднюю скорость резания, равную 0,25 м/с, среднее квадратичное отклонение $\sigma = 0,04$ м/с и

коэффициент вариации $\vartheta = 0,16$. Величина коэффициента вариации говорит о достаточно тесном группировании значений скоростей резания. Однако 25% сверл работают со скоростями резания за пределами диапазона скоростей резания, соответствующих области экстремума зависимости стойкости от скорости резания.

В отличие от других видов металлорежущего инструмента при сверлении можно варьировать только двумя параметрами режима резания, скоростью резания и подачей. На рис. 1 приведена зависимость наработки (общей длины просверленных отверстий) сверл диаметров 14,5 мм от подачи. Как видно из представленного рисунка графики зависимостей $L = f(S_o)$ в диапазоне скоростей резания, соответствующих области экстремума зависимости $T = f(V)$, также имеют экстремальный характер с максимальной наработкой при подаче $S_o = 0,3$ мм/об. Причиной снижения работоспособности инструмента при уменьшении подачи может быть увеличение интенсивности износа ленточек сверл, в результате увеличения длины пути трения ленточек о стенки отверстия. При увеличении подачи свыше 0,3 мм/об длина пути трения ленточек уменьшается, но нагрузка на главные режущие кромки увеличивается, что приводит к увеличению интенсивности износа главных задних поверхностей инструмента и как, следствие, к уменьшению работоспособности сверл.

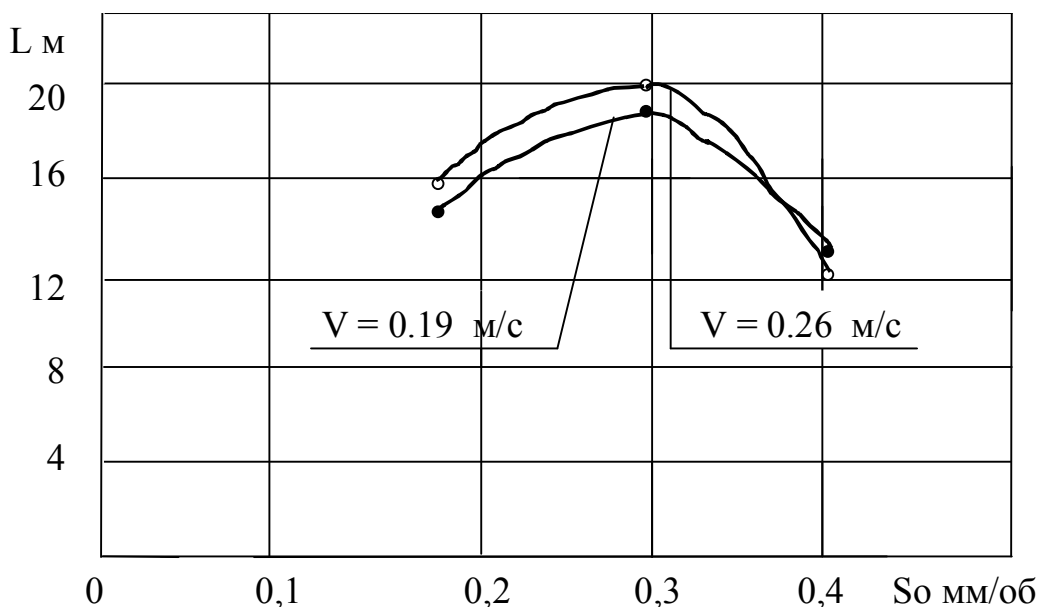


Рис.1. Зависимость наработки сверл диаметром 14,5 мм от подачи

В работе [6] в результате анализа характера влияния износа отдельных рабочих элементов сверл на их работоспособность сделан вывод, что можно предположить примерно равный вклад износа главных задних поверхностей и ленточек в формирование отказа сверл при работе со скоростями резания, соответствующими области экстремума зависимости наработки от скорости резания. Видимо, такой же вывод для сверл, работающих в области экстремума зависимости $T = f(V)$, можно сделать и в отношении подачи.

Табл.1

| Показатели | Диаметр сверла d, мм | | | | | | | |
|--|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 9,8 | 10,5 | 11,5 | 12,0 | 13,8 | 17,5 | 21,0 | 35,0 |
| Скорость V, м/с | 0,23 | 0,21 | 0,21 | 0,2 | 0,21 | 0,23 | 0,22 | 0,19 |
| Подача S_o, мм/об | 0,22 | 0,12 | 0,18 | 0,14 | 0,22 | 0,2 | 0,25 | 0,25 |
| Твердость HB | 200 | 300 | 200 | 180 | 200 | 190 | 300 | 300 |
| Нарботка L _{ср} , м | 47,7 | 6,0 | 32,8 | 22,9 | 39,2 | 36,6 | 6,0 | 4,0 |
| Дисперсия σ_L^2 мм ² | 247,7 | 0,81 | 27,5 | 27,7 | 74,4 | 24,4 | 3,24 | 1,53 |

| | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Коэффициент вариации ϑ_L | 0,33 | 0,15 | 0,16 | 0,23 | 0,22 | 0,14 | 0,3 | 0,3 |
| Износ ленточек $K_{л,ср}$, мм | 14,4 | 9,7 | 10,1 | 9,4 | 10,5 | 18,9 | 21,0 | 36,0 |
| Дисперсия $\sigma^2_{Kл}$, мм ² | 10,0 | 3,4 | 6,9 | 7,9 | 9,9 | 8,0 | 11,3 | 62,7 |
| Коэффициент вариации $\vartheta_{Kл}$ | 0,22 | 0,19 | 0,26 | 0,3 | 0,3 | 0,15 | 0,16 | 0,22 |

В табл. 1 приведены результаты производственных испытаний быстрорежущих спиральных сверл при обработке деталей из углеродистых конструкционных сталей в условиях автоматизированного производства. Испытывались партии сверл различных диаметров по ГОСТ 10903-77 из стали Р6М5 по 25 сверл в каждой партии. Сверлились сквозные отверстия в деталях из углеродистых конструкционных сталей на автоматических линиях, агрегатных станках и станках-автоматах. Перед испытаниями сверла тщательно контролировались на соответствие требованиям ГОСТ. Испытания сверл проводились до функционального отказа, о чем свидетельствовали: нестабильность обработки; возникновение значительных колебаний системы СПИД; звуковые явления «скрип», «щелчки»; сколы режущих лезвий и ленточек; выдавливание металла и появление кольцевого валика на входе в отверстие; появление значительного рваного заусенца на выходной стороне отверстия. Периодически проводились измерения износа всех режущих элементов сверл.

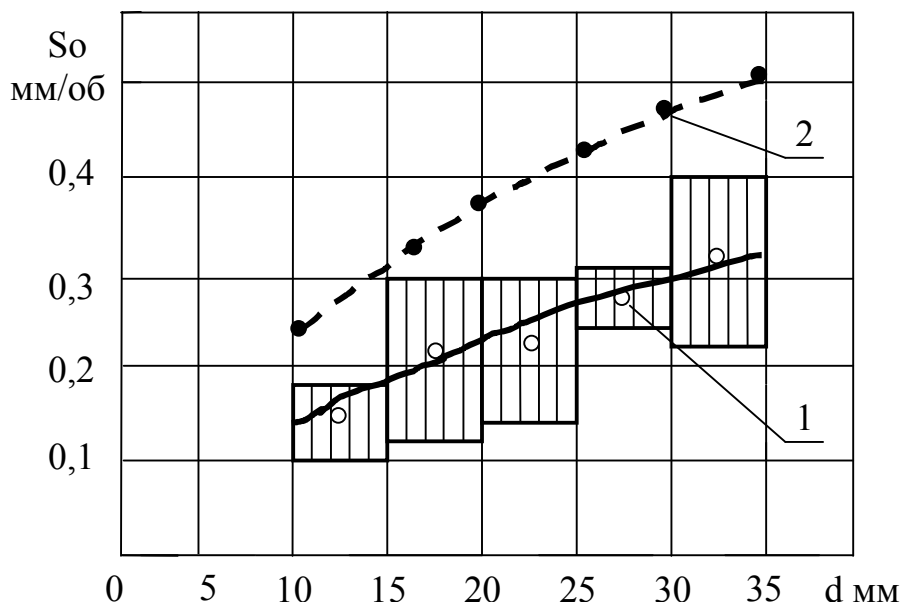


Рис.2. Зависимость подачи от диаметра сверла

Корреляционный анализ данных, представленных в табл.1, показал тесную взаимосвязь между средней наработкой сверл диаметром 9,8; 11,5; 12,0; 13,8 17,5 и подачей, коэффициент корреляции $\Upsilon = 0,83$. Сверла диаметром 10,5; 21,0; и 35,0 мм обрабатывали детали значительно большей твердости, которая оказала существенное влияние на величину их средней наработки, поэтому при проведении данного анализа не учитывались. Положительное значение коэффициента корреляции указывает на прямую зависимость величины наработки от величины подачи, то есть в представленном диапазоне подач наработка увеличивается с увеличением подачи, а величина коэффициента корреляции указывает на довольно тесную их взаимосвязь. В отличие от скорости резания величина подачи зависит от диаметра сверла, и корреляционный анализ подтверждает это, но в то же время он позволяет сделать вывод, что подачи для некоторых диаметров сверл явно занижены. На рис. 2 представлены результаты анализа величин применяемых подач в условиях автоматизированного производства [5] для сверл диаметром от 10 до 35 мм. Зависимость средних

величин подач от диаметра сверла (кривая 1) представлена формулой: $S_0 = 0,019d^{0,8}$ (1). Значения подач, рассчитанных по формуле (1), меньше рекомендуемых справочником технолога-машиностроителя [7] (кривая 2), которые можно представить формулой: $S_0 = 0,04d^{0,75}$ (2). Следует отметить, что рекомендуемая справочником подача для сверл диаметром 14,5 мм совпадает с точкой максимума на кривых, показанных на рис.1. Применение малых подач в автоматизированном производстве может привести к увеличению интенсивности износа ленточек сверл и, как следствие, снижению работоспособности инструмента.

Корреляционный анализ показал тесную взаимосвязь диаметра всех сверл, представленных в табл.1, с их средней величиной износа ленточек. Коэффициент корреляции равен $\gamma = 0,92$. Как видно из табл. 1, величина среднего износа ленточек примерно равна диаметру сверла. Среднее

отношение $\frac{\sum \frac{K_{л\text{CP}i}}{d_i}}{n} = 0,99$. Отношение средних величин $\frac{\overline{K_{л\text{CP}}}}{\overline{d}} = 1,1$. То есть с определенной

достоверностью можно принять среднюю величину износа ленточек при функциональном отказе равной величине диаметра сверла. Такое равенство может быть связано с прочностью сверла, прямо пропорционально зависящей от его диаметра. Средний коэффициент вариации $\vartheta_{K_{л\text{CP}}} = 0,225$. Тогда среднеквадратичное отклонение $\sigma_{K_{л\text{CP}}}$ можно определить по формуле: $\sigma_{K_{л\text{CP}}} = d \cdot \vartheta_{K_{л\text{CP}}}$. Это значит, что износ ленточек сверл с учетом рассеивания с 95% вероятностью можно определить по формуле:

$$K_{л} = d + 2\sigma_{K_{л\text{CP}}} \text{ или } K_{л} = d \cdot (1 + 2\vartheta_{K_{л\text{CP}}}),$$

тогда

$$K_{л} = 1,45d. \quad (3)$$

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- в условиях автоматизированного производства при обработке углеродистых конструкционных сталей быстрорежущими спиральными сверлами следует использовать скорости резания в пределах от 0,2 до 0,26 м/с. независимо от диаметра сверла, подачи следует назначать в соответствии с рекомендациями справочника технолога-машиностроителя [7];
- при перегорке сверл, эксплуатируемых до функционального отказа в условиях автоматизированного производства, следует предварительно удалить участок рабочей части сверла на величину износа ленточек, которую можно рассчитать по формуле: $K_{л} = 1,45d$.

Литература

1. 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.
2. Даниленко Б.Д. и др. Выбор режимов резания при сверлении/ Прогрессивная технология машиностроительного производства. Сб. статей. – М.: Изд-во МГТУ, 1989, С.30 – 44.
3. Авторское свидетельство № 1194582. На изобретение: «Способ определения оптимальной скорости резания соответствующей максимальной стойкости режущего инструмента». Авторы: Подураев В.Н., Древаль А.Е., Рагрин Н.А. 1985.
4. Рагрин Н.А. Особенности процесса наростообразования при сверлении быстрорежущими спиральными сверлами. // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек.15/2009. – С. 126 – 129.
5. Рагрин Н.А., Древаль А.Е. Выбор режимов резания быстрорежущих спиральных сверл // И.л. № 1212(4079).–Фрунзе: КиргизНИИТИ, 1987. – 3 с.
6. Рагрин Н.А. Влияние износа отдельных рабочих элементов на характер формирования отказа быстрорежущих спиральных сверл. // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек.19/2009. – С. 19 – 24.

7. Справочник технолога-машиностроителя. Т - 2. /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. -4-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1986.