

УДК 621.951.45

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КРИТЕРИЕВ ОТКАЗА СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Н.А. Рагрин

Разработана математическая модель для расчета критериев отказа быстрорежущих спиральных сверл, учитывающая параметры режима резания, тип производства и случайный характер процессов изнашивания.

Ключевые слова: сверло; скорость резания; критерий; отказ; диаметр.

MATHEMATICAL MODEL OF CRITERIA OF REFUSAL SPIRAL DRILLS

N.A. Ragrin

It is developed the mathematical model for calculation of criteria of refusal of fast-cutting spiral drills considering cutting mode parameters, type of production and casual nature of processes of wear.

Keywords: drill; cutting speed; criterion; refusal; diameter.

В работе [1] обоснованы критерии отказа быстрорежущих спиральных сверл в виде износа уголков и разработаны критериальные зависимости, позволяющие рассчитать критерии отказа с учетом случайного характера процессов изнашивания для автоматизированного массового производства. Однако быстрорежущие спиральные сверла широко используются и при других типах производства, где их безотказная эксплуатация не менее важна. Поэтому разработка подобных критериальных зависимостей для других типов производства достаточно актуальная проблема.

В работе [2] проведен анализ скоростей резания, применяемых различными типами производ-

ства. Скорости резания от 9 до 16 м/мин используют в автоматизированном массовом производстве. В крупносерийном, серийном и единичном производствах используют диапазон скоростей резания от 16 до 30 м/мин, при этом скоростной диапазон от 16 до 21 м/мин преимущественно используется в крупносерийном и серийном производствах, а в мелкосерийном и единичном – от 21 до 30 м/мин.

Проведены испытания быстрорежущих спиральных сверл в лабораторных и производственных условиях [3, 4].

Анализ результатов лабораторных исследований, представленных в работе [4], позволил установить зависимость величины износа уголков при функциональном отказе сверл от скорости резания (рисунок 1).

На рисунке 1 видно, что скорость резания оказывает влияние на максимальную величину износа уголков в диапазоне 6–21 м/мин. В диапазоне скоростей резания 21–30 м/мин такого влияния не наблюдается. Это подтверждают результаты исследований, представленные в работе [6], которые выявили тесную взаимосвязь износов уголков и задних поверхностей на этих скоростях резания.

В работе [7] рекомендована зависимость (1) для аппроксимации областей максимумов (вершин

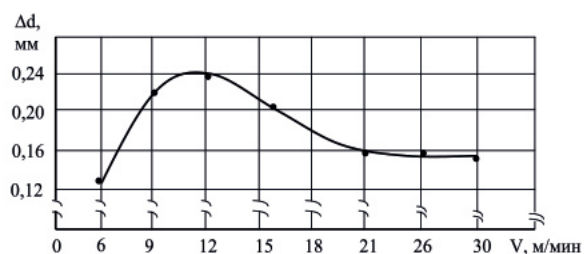


Рисунок 1 – Зависимость максимального износа уголков сверл диаметром 10,2 мм от скорости резания при функциональном отказе

горбов) кривых графиков, подобных зависимости, представленной на рисунке 1

$$\Delta d = \alpha V^b 5^{-cV}. \quad (1)$$

Аппроксимацией кривой графика на рисунке 1 в диапазоне скоростей резания 9–16 м/мин получена зависимость (2), средняя погрешность расчетов которой составила 0,226 %

$$\Delta d = 0,0027V^{3,103} e^{-0,2688V}. \quad (2)$$

В работе [8] представлены методы определения скорости резания максимума горбообразных зависимостей, применение которых позволило определить скорость резания максимума V_M графика зависимости, представленного на рисунке 1, которая равна 11,1 м/мин. На этой скорости резания величина износа уголков Δd_M равна 0,24 мм.

В работе [7] показано, что ниспадающие ветви графиков, подобных представленной на рисунке 1 зависимости с достаточной степенью точности, аппроксимируются степенной зависимостью (3):

$$\Delta d = \alpha V^b. \quad (3)$$

Аппроксимацией кривой, представленной на рисунке 1 в диапазоне скоростей резания 16–21 м/мин, получена зависимость (4), средняя погрешность расчетов которой составила 0,245 %.

$$\Delta d = 1,91V^{-0,815}. \quad (4)$$

Математические выражения (2) и (4) описывают зависимость максимального износа уголков сверл диаметром 10,2 мм от скорости резания в скоростном диапазоне от 9 до 21 м/мин. В этот диапазон входят скорости резания, используемые в автоматизированном массовом производстве, и крупносерийном и серийном производствах.

В работе [7] показано, что в условиях проведения лабораторных испытаний практически полностью исключено влияние случайных факторов процесса обработки. Поэтому величины износов испытанных сверл являются максимально допустимыми для сверл этого диаметра.

В производственных условиях влияние случайных факторов процесса обработки определяет и случайный характер процессов изнашивания конструктивных элементов сверл, в результате чего имеет место существенное рассеивание стойкости. Анализ результатов производственных испытаний, представленный в работе [4], показывает, что во всех случаях распределение износов сверл нормальное и хорошо согласуется с законом нормального распределения Гаусса. Известно, что при нормальном распределении коэффициент вариации не может превышать значения 0,33, а использование его максимального значения гарантирует попадание всех возможных значений случайной

величины под кривую нормального распределения. Тогда, используя правило трех сигм, имеем следующую зависимость:

$$\Delta d_{\max} = \overline{\Delta d} + 3\sigma,$$

где Δd_{\max} – максимально допустимые значения износов уголков; σ – среднее квадратическое отклонение; $\sigma = \overline{\Delta d} \cdot \vartheta$, где ϑ – коэффициент вариации, тогда $\overline{\Delta d} = 0,503 \Delta d_{\max}$.

С учетом изложенного выше, зависимости (2) и (4) можно представить в виде:

$$\overline{\Delta d} = 0,0136V^{3,103} e^{-0,2688V}, \quad (5)$$

$$\overline{\Delta d} = 0,961V^{-0,815}. \quad (6)$$

В работе [1] получены математические выражения и средний коэффициент вариации, используя которые и формулы (5) и (6), можно определить значения критерия допустимого износа в зависимости от скорости резания и диаметра сверла с 95 %-ной вероятностью безотказной работы инструмента ($\gamma = 0,95$) в виде:

$$\Delta d_{0,95} = 7,095 \cdot 10^{-5} V^{3,103} e^{-0,2688V}, \quad (7)$$

$$\Delta d_{0,95} = 5,217 \cdot 10^{-2} V^{-0,815} d, \quad (8)$$

$$\Delta d_{0,95} = 0,062d. \quad (9)$$

В работе [9] рассмотрен способ выбора рациональной подачи, обеспечивающей максимальную стойкость быстрорежущих спиральных сверл, и предложена зависимость для ее расчета

$$S = Cd^{0,75} e^{-0,2688V}, \text{ об/мин}, \quad (10)$$

где постоянный коэффициент $C = 0,04$ при глубине сверления меньше $3d$, и $C = 0,03$ при глубинах сверления больших $3d$. Для сталей 240–300 НВ, рассчитанные по формуле (10) подачи следует умножать на коэффициент 0,8, для сталей >300 НВ – на коэффициент 0,6.

В работе [10] предложен способ выбора минимальной скорости резания, обеспечивающей программу выпуска конкретных изделий, и разработана зависимость для ее расчета

$$V = \frac{\pi d L_{\text{CM}}}{1000 \cdot S \cdot \sum T_{\text{CB}}}, \quad (11)$$

где L_{CM} – суммарная глубина отверстий одного диаметра просверленных за одну смену; $\sum T_{\text{CB}}$ – суммарное время на сверление этих отверстий. В том случае, если расчетная скорость резания будет меньше скорости максимума стойкостной зависимости, ее необходимо увеличить до значения скорости максимума, равной 12,8 м/мин [7, 8].

Зависимости (7)–(11) представляют собой математическую модель, полученную эмпирическим способом, в которой входящими параметрами яв-

ляются скорость резания, подача и диаметр сверла, а выходящим – критерий допустимого износа с 95 %-ной вероятностью безотказной работы. Реализация модели осуществляется следующим образом. Для определенного типа производства, исходя из необходимой производительности оборудования, по зависимости (11) рассчитывается минимальная скорость резания. Если расчетное значение скорости резания меньше 12,8 м/мин, принимается это значение скорости резания. Подача рассчитывается по зависимости (10). Затем по зависимостям (7)–(9) рассчитывается критерий допустимого износа. Зависимости предназначены: (7) – для автоматизированного массового производства, (8) – для крупносерийного и серийного и производств, (9) – для мелкосерийного и единичного производств.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы.

Износ уголков зависит от скорости резания в скоростном диапазоне от 6 до 21 м/мин с максимумом на скорости резания 11,1 м/мин. В скоростном диапазоне от 21 до 30 м/мин износ уголков не зависит от скорости резания.

Разработаны критериальные зависимости от скорости резания для автоматизированного массового производства и для крупносерийного и серийного производств.

Разработана математическая модель для расчета критериев отказа быстрорежущих спиральных сверл, учитывающая скорость резания, подачу, диаметр сверла, тип производства и случайный характер процессов изнашивания.

Литература

1. Рагрин Н.А. Критерий функционального отказа быстрорежущих спиральных сверл / Н.А. Рагрин // Известия КГТУ им. И. Раззакова. 2012. № 26. С. 18–20.
2. Древаль А.Е. Модели отказов спиральных сверл / А.Е. Древаль, И.В. Ткаченко, Н.А. Рагрин // Проблемы эксплуатации инструмента в металлообрабатывающей промышленности. М., 1992. С. 55–62.
3. Рагрин Н.А. Физическая модель стойкостной зависимости при сверлении / Н.А. Рагрин // Технология машиностроения. М., 2012. № 11. С. 11–17.
4. Рагрин Н.А. Обеспечение безотказности быстрорежущих спиральных сверл в условиях автоматизированного производства / Н.А. Рагрин // Машиностроитель. М., 2012. № 7. С. 37–39.
5. Рагрин Н.А. Пути повышения наработки до функционального отказа быстрорежущих спиральных сверл на основе анализа кривых износа их режущих элементов / Н.А. Рагрин // Известия КГТУ им. И. Раззакова. 2012. № 26. С. 14–17.
6. Рагрин Н.А. Критерий оптимального износа быстрорежущих спиральных сверл / Н.А. Рагрин // Известия КГТУ им. И. Раззакова. 2010. № 21. С. 43–45.
7. Рагрин Н.А. Математическая модель стойкостной зависимости при сверлении / Н.А. Рагрин // Технология машиностроения. М., 2014. № 1. С. 49–54.
8. Рагрин Н.А. Способы определения точек максимума и перегиба стойкостной зависимости / Н.А. Рагрин // Известия КГТУ им. И. Раззакова. 2013. № 29. С. 206–209.
9. Рагрин Н.А. Обеспечение максимальной стойкости и срока службы спиральных сверл / Н.А. Рагрин // Научное обозрение. М., 2015. № 6. С. 61–73.
10. Рагрин Н.А. Анализ способов определения скорости резания при максимальной стойкости спиральных сверл / Н.А. Рагрин // Технология машиностроения. М., 2014. № 7. С. 20–24.