

ная поверхностная ионно-плазменная обработка инструмента из быстрорежущей стали: дис. ... канд. техн. наук / С.В. Федоров. – Москва, 2004. – 108 с. 3. Суханов, Р.С. Повышение износостойкости прорезных фрез на операции фрезерования пазов в язычковых иглах комбинированным ионно - лазерным упрочнением: дис. ... канд. техн. наук / Р.С. Суханов. – Иваново, 2003. – 108 с. 4. Власов, С.Н. Повышение работоспособности режущего инструмента путем комбинированной упрочняющей обработки: дис. ... канд. техн. наук / С.Н. Власов. – Ульяновск, 2000. – 294 с. 5. Федюкин, В.К. Научное обоснование и разработка технологий улучшающей термоциклической обработки металлических материалов: дис. ... докт. техн. наук / В.К. Федюкин. – Санкт-Петербург, 1993. – 323 с. 6. Гурьев, А.М. Экономнолегированные стали для литых штампов горячего деформирования и их термоциклическая и химико-термоциклическая обработка: дис. ... докт. техн. наук / А.М. Гурьев. – Томск, 2001. – 487 с. 7. Забелин, С.Ф. Основы технологии и кинетической теории процессов диффузионного насыщения сталей в условиях термоциклического воздействия на материал: дис. ... докт. техн. наук / С.Ф. Забелин. – Чита, 2004. – 219 с. 8. Лыгденов Б.Д. Фазовые превращения в сталях с градиентными структурами, полученными химико-термической и химико-термоциклической обработкой: дис. ... канд. техн. наук / Б.Д. Лыгденов. – Новокузнецк, 2004. – 226 с. 9. Федюкин В.К. Метод термоциклической обработки металлов. – Л.: ЛГУ, 1984, - 192с. 10. Термоциклическая обработка сталей, сплавов и композиционных материалов. / Под ред. М.Х. Шоршорова – М.: Наука, 1984, - 186 с. 11. Федюкин В.К., Смагоринский М.Е. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989, - 255 с.: ил.. 12. Фридман, Я.Б. Механические свойства металлов. / Я.Б. Фридман - М.: Машиностроение, 1974. - Т.2 - 135 с.

УДК 621.94.084

Дечко Э.М., Колесников Л.А., Брилевский В.В.

ДЕПЛАНАЦИЯ ШНЕКОВЫХ СВЕРЛ

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

Одно из важнейших преимуществ шнековых сверл, применяемых при глубоком сверлении сталей, заключается в интенсивном дроблении стружки в зоне резания. Мелкая стружка легко удаляется из зоны резания, что исключает необходимость вывода шнекового сверла при работе. Для интенсификации процесса глубокого сверления требуется учитывать факторы, влияющие на стабильность процесса дробления стружки при сверлении такими сверлами. При глубоком сверлении в системе СПИД наименее жесткое звено, сверло, испытывает крутильные, изгибные, продольные и радиальные колебания. При разработке принципов интенсификации процесса глубокого сверления отверстий возможно использовать особенности конструкций шнековых сверл и процесса резания, включающие сочетание следующих факторов:

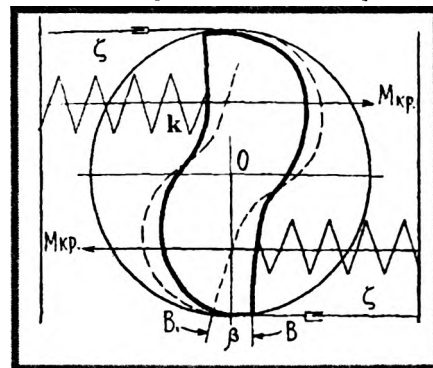


Рисунок 1 – Динамическая модель крутильных колебаний шнекового сверла

- а) возникновение самоустанавливающихся низкочастотных колебательных движений режущих кромок по винтовой линии за счет низкой крутильной жесткости транспортирующей части;
 - б) устойчивое дробление стружки за счет специальной заточки режущей части в сочетании с колебаниями частотой до 300 Гц;
 - в) отвод стружки из зоны резания по стружечным канавкам с углом $\omega = 60^\circ$.
- Ранее было установлено, что дроблению стружки способствуют интенсивные крутильные колебания сверла в процессе сверления, связанные с особенностями деформации шнековых сверл [1]:
- а) при врезании в заготовку наблюдается предварительное раскручивание спирали сверла на величину $\epsilon 0$, что приводит к удлинению сверла;

б) процесс снятия стружки сопровождается продольными и крутильными колебаниями лезвий сверла относительно их рабочего положения после раскручивания спирали на величину $\pm \Delta \varepsilon$;

в) при прекращении процесса резания режущие лезвия возвращаются в исходное положение.

Для анализа динамических процессов, возникающих при сверлении шнековыми сверлами, была использована математическая модель колебательного движения сверла при резании. При сверлении на сверло действуют крутящий момент $M_{кр}$, под действием которого винтовая стружечная канавка раскручивается на угол β , тем самым удлиняясь (рисунок 1). Одним из источников возникновения крутильных колебаний сверла служит мгновенное изменение фактической подачи на оборот из-за прохождения каждого режущего лезвия по следу от обработки парным лезвием. Рассмотрим математическую модель крутильных колебаний. Нелинейное дифференциальное уравнение имеет вид:

$$J \frac{d^2 \beta}{dt^2} + \zeta \frac{d\beta}{dt} + k\beta + M(t) = 0 \quad (1)$$

где: J – приведенный момент инерции системы «сверло – станок»; ζ – коэффициент демпфирования крутильных колебаний; k – коэффициент упругости сверла при кручении; $M(t)$ – момент сил резания, закручивающий сверло, как функция времени.

Момент сил резания при сверлении сталей шнековыми сверлами диаметром d при номинальной подаче на оборот S_0 и скорости резания V рассчитывается по формуле [1]:

$$M = C_M d^{1,6} (S_0 + \Delta S)^{0,9} V^{-0,24}, \quad (2)$$

где C_M – коэффициент, зависящий от диаметра d , длины L , шага спирали h сверла. Мгновенное увеличение подачи ΔS , вызванное изменением длины сверла из-за его депланации (раскручивании спирали), определяется по формуле:

$$\Delta S = \Delta S_L + \Delta S_S, \quad (3)$$

где ΔS_L – увеличение длины сверла из-за депланации; ΔS_S – отклонение текущего значения подачи от номинального, вызванное прохождением по следу, оставленному парным лезвием сверла.

Величина ΔS_S определяется как разница между значением номинальной подачи S_0 и ΔS , рассчитанного для момента времени, когда парное лезвие сверла проходило по текущему участку. Запаздывание Δt равно половине времени полного оборота сверла. Величина ΔS_L определяется из выражения [1]:

$$\Delta S_L = \frac{12 \times 10^{-4} \times M \times L}{d^{1,8} \times h} \quad (4)$$

Уравнение (1) решалось методом Рунге-Кутты. Шаг интегрирования принимался из расчета 1/3000 времени одного оборота сверла.

Некоторые результаты решения разработанной математической модели колебательного движения сверла при сверлении отверстий в стали 45 представлены на рисунке 3. Показано расчетное удлинение сверла, мм, от времени на различных режимах резания для сверла диаметром 12 мм. Скорость резания изменяется в диапазоне 3.8...29.3 м/мин при подачах от 0.065 до 0.22 мм/об.

Параллельно представлены диаграммы фракционного состава стружки, полученной в ходе эксперимента на этих же режимах резания. В рассмотренном диапазоне режимов резания величины частиц стальной стружки колебались в пределах 0.25...10 мм. При режимах, обеспечивающих наибольшую стойкость и производительность сверления, основная масса стружки (до 90%) имеет размеры 3...5 мм [1].

Во всех случаях при входе сверла в заготовку оно сначала закручивается на определенный угол, а затем возникают устойчивые автоколебания относительно этого рабочего положения. Например, при номинальной скорости резания 17 м/мин и подаче на оборот 0.22 мм/об начальное удлинение составляет порядка 0.237 мм, что соответствует углу закручивания до 2.7° (рисунок 3, б). Результаты расчета колебаний сверла при номинальной скорости резания 17 м/мин и подаче на оборот 0.065 мм/об представлен на рисунке 3, г. Начальное удлинение составляет величину порядка 0.07 мм, что соответствует углу закручивания до

0.8°. Рост деформаций сверла связан с тем, что при постоянной скорости резания с увеличением подачи возрастает крутящий момент.

При изменении скорости резания тенденция изменения удлинения и угла закручивания иная. Результаты расчета колебаний сверла при номинальной скорости резания 29.3 м/мин и подаче на оборот 0.11 мм/об представлены на рисунке 3, е. Начальное удлинение составляет порядка 0.11 мм, что соответствует углу закручивания до 1.3°.

При изменении условий резания подтверждено, что не при всех комбинациях подач и скоростей резания наблюдаются устойчивые колебания. Установлено, что для различных диаметрах шнекового сверла при скорости резания равной $V=3.8$ м/мин наблюдаются неустойчивые автоколебания. Как видно из рисунка 3, и, амплитуда удлинения сверла существенно увеличивается, а, следовательно, и амплитуда угла закручивания. Так же при малых диаметрах сверла, до $d=8$ мм, при подаче $S=0.22$ мм/об и скорости резания $V=29.3$ м/мин наблюдаются затухающие колебания. В этой связи можно предположить, что в данном случае возможно нарушение стабильного стружкодробления.

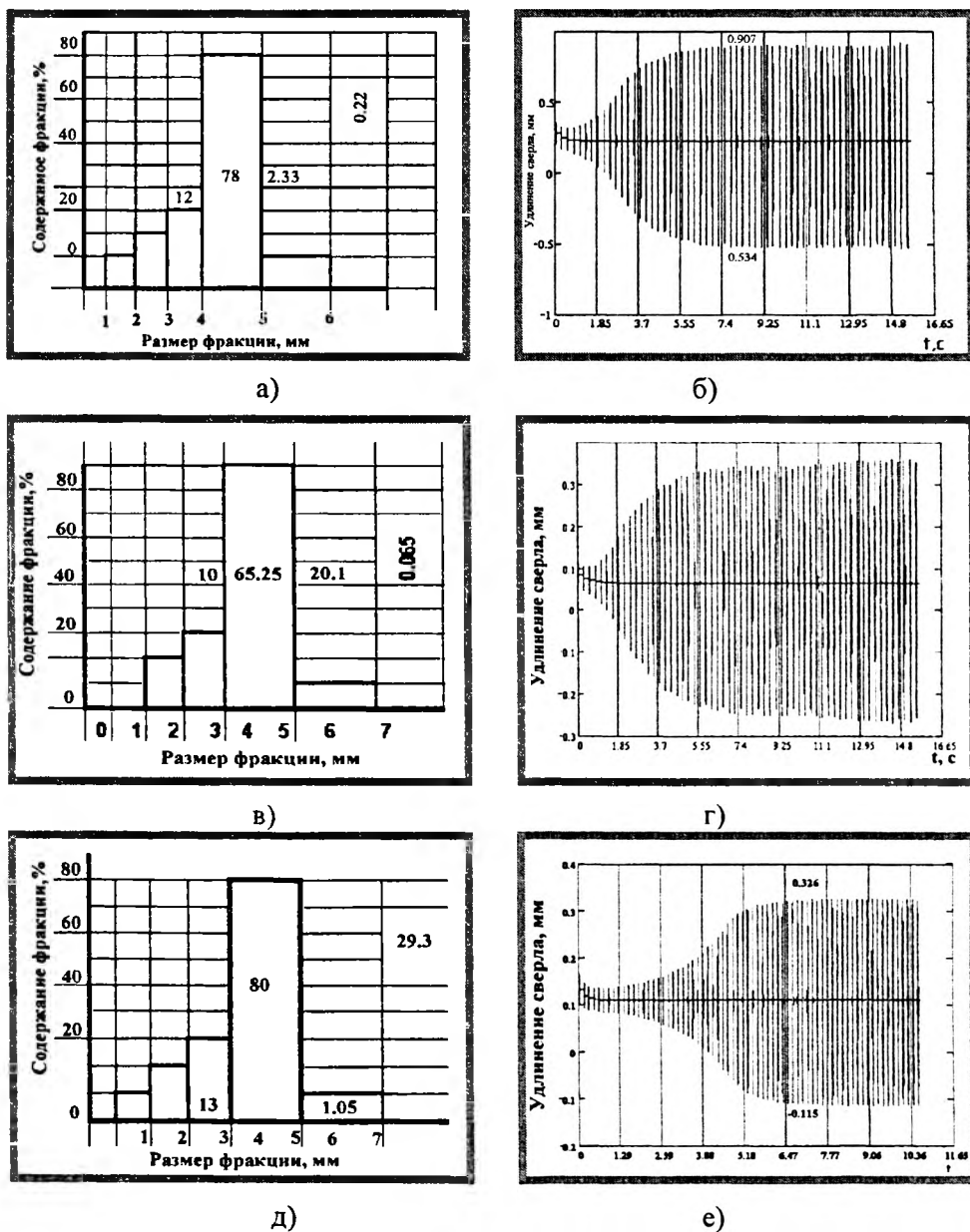


Рисунок 2 – Колебательные движения сверла и фракционный состав стружки

Об устойчивости колебаний можно судить по тому, что амплитуда удлинений сверла, а, следовательно, и амплитуда закручиваний, постоянна, и имеет ярко выраженную периодичность. Дополнительным подтверждением возникновения устойчивых автоколебаний при

скорости резания в диапазоне 15...30 м/мин может служить увеличение однородности фракционного состава стружки (рисунок 2, а, в, д) [3].

Исследования математической модели крутильных колебаний шнековых сверл на ЭВМ качественно совпадают с полученными ранее экспериментальными данными [1]. В частности, при моделировании наблюдаются: а) явление предварительного закручивания и удлинения сверла при врезании в заготовку; б) возникновение крутильных автоколебаний шнекового сверла относительно рабочего положения лезвий после предварительного закручивания. Таким образом, разработанная математическая модель в целом правильно отражает экспериментально наблюдаемые явления автоколебаний сверла в процессе резания, что дает основу для дальнейшего углубленного анализа работы не только сверл, но и других стержневых инструментов – метчиков, концевых фрез с большим вылетом и т.д.

В использованной модели колебательного процесса не учитывалось действие осевой силы, противодействующей удлинению сверла при раскручивании спирали. Поэтому величины углов раскручивания и удлинения сверл при врезании металл, рассчитанные на ЭВМ при принятых допущениях, отличаются от экспериментальных значений на 25...35%. Предварительных углы раскручивания, полученные при моделировании на ЭВМ, находятся в пределах от $0,8^\circ$ ($d=16$ мм, $S=0,065$ мм/об, $V=20,7$ м/мин) до $12,6^\circ$ ($d=8$ мм, $S=0,22$ мм/об, $V=3,8$ м/мин).

Математический анализ колебательного процесса также показал стабильность автоколебаний при скоростях резания $V>15$ м/мин для диаметров сверл $d=8...16$ мм и $S=0,065...0,22$ мм/об. Именно при этих параметрах процесса резания наблюдалось стабильное дробление стружки и, одновременно, наибольшая стойкость сверла [3]. При скоростях резания до 15 м/мин автоколебания не стабильны, что соответствует расчетам по критерию Рауса-Гурвица [2].

Анализ динамической модели и закономерностей процесса резания при работе шнековыми сверлами показывает, что одним из путей дальнейшей интенсификации процесса глубокого сверления является регулирование автоколебательного процесса путем изменения конструктивных параметров инструмента, приводящих к изменению жесткости системы за счет использования разного профиля сверла на различных участках, в том числе изменении углов наклона винтовой канавки, длины рабочей части и др. Возможно также применение устройств с регулируемым коэффициентом демпфирования. Этому способствует разделение рабочей части сверла на режущую и транспортирующую.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дечко Э.М. Сверление глубоких отверстий в сталях. – Мн.: Выш. школа, 1979. – 232 с.
2. Дечко Э.М. Автоколебания шнековых сверл // Машиностроение. – 2002. – Вып. 18. – С. 300...304.
3. Дечко Э.М. К оценке степени дробления стружки // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2003. – №6. – С. 27...29.

УДК 621.91

Бачанцев А.И., Туромша В.И.

СТРУЖКООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ТОЧЕНИИ С УВЕЛИЧЕННЫМИ ПОДАЧАМИ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республики Беларусь*

В настоящее время многие ведущие фирмы в сфере производства инструментов в каталогах начали предлагать, для черновой и получистовой обработки, более высокие подачи. Связано это с тем, что подача оказывает на производительность наибольшее влияние. Но вместе с этим, для увеличения производительности, предлагается снимать припуск за один проход.

Разработанный на кафедре «Металлорежущие станки и инструменты» метод назначения режимов резания для предварительной обработки, при ограничении оборудования по