

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

мощности, позволяет повысить производительность на 30 – 60 %, но в большинстве случаев подача превышает глубину резания.

На рисунке приняты следующие обозначения:

$S, t$  – подача и глубина резания;

$a, b$  – ширина и длина среза;

$N-N, N_1-N_1$  – нормально секущие плоскости;

$\rho, \rho_1$  – углы схода стружки относительно секущих плоскостей;

$\varphi, \varphi_1$  – главный и вспомогательный углы в плане.

Для чернового и получистового резания, при назначении режимов обработки по традиционной методике, то есть большие глубины и относительно малые подачи длина одной режущей кромки значительно меньше другой режущей кромки и её влияние несущественно, то есть процесс резания отождествляется с процессом свободного резания. Поэтому можно с некоторым допущением сказать, что вектор скорости резания лежит в плоскости перпендикулярной к главной режущей кромке, и можно утверждать, что направление схода стружки также лежит в этой плоскости. С увеличением подачи влияние вспомогательной режущей кромки начинает возрастать, то есть более полно проявляются закономерности процесса несвободного

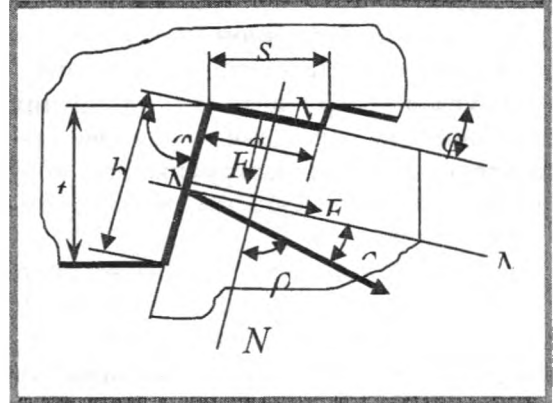


Рис. 1. Схема образования угла схода стружки при несвободном резании.

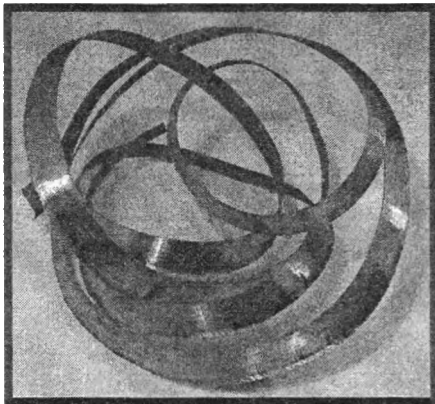


Рис. 2. Стружка снятая при подаче  $S=0,1$  мм/об и глубине резания  $t=5$  мм

резания. Для назначения режимов обработки по методике предлагаемой авторами, где подача соизмерима, а иногда больше глубины резания, процессы, происходящие при несвободном резании, очень важны.

Угол схода стружки, несовпадающий с главной секущей плоскостью, это одно из проявлений несвободного резания. На рисунке 1 показан простейший пример несвободного резания.

При несвободном резании во время стружкоотделения работают две режущие кромки  $a$  и  $b$ , но при их различных длинах они оказывают неодинаковое влияние. Соотношение сил  $F$  и  $F_1$  определяет угол схода стружки. Эти же силы деформируют стружку, изменяя ее сечение по сравнению с сечением снимаемого металла. Каждая из совместно работающих кромок образует свою силу сдвига и соответствующую плоскость сдвига стружки. Так как соотношение сил  $F$  и  $F_1$  соответствует соотношению длин режущих кромок, то можно предположить, что угол схода стружки зависит от соотношения длин режущих кромок.

На рисунке 1 видно, что сумма главного  $\rho$  и вспомогательного  $\rho_1$  углов отклонения стружки есть главный угол в плане  $\varphi$ . Исходя из этого, можно вывести зависимость:

$$\sin 2\rho = \frac{l}{L} \sin \varphi,$$

где  $l$  и  $L$  - длины меньшей и большей режущих кромок.

Данное утверждение доказали опыты проведенные авторами. При резании с большими подачами стружка больше отклонялась в сторону необработанной поверхности. Подтверждение того, что стружка деформируется пропорционально воздействию рабочих кро-

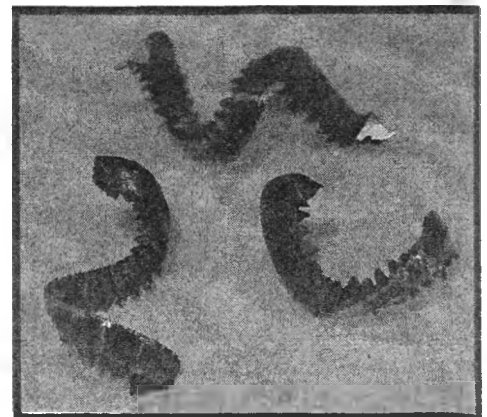


Рис. 3. Стружка снятая при подаче  $S=1,6$  мм/об и глубине резания  $t=1,6$  мм

мок, можно увидеть на рис. 3 и 4. На рис. 3. показана стружка, снятая при подаче  $S = 1,6$  мм/об и глубине резания  $t = 1,6$  мм – сечение стружки приняло вид равностороннего треугольника, что говорит об одинаковом воздействии силы деформирования, как со стороны главной режущей кромки, так и со стороны вспомогательной.

Кроме отклонения угла схода стружки от главной секущей плоскости, наблюдалось интенсивное дробление стружки. Например, при назначении режимов резания по традиционной методике (снятие припуска за один проход) наблюдалось образование сливной стружки, рис. 2.

Если же назначать режимы резания по методике, предлагаемой авторами (снятие припуска за несколько проходов, но с увеличенной подачей), то наблюдалось стружкодробление, рис. 3, 4.

На рис. 4. показана стружка снятая при подаче  $S = 5$  мм/об и глубине резания  $t = 1$  мм – сечение стружки приняло вид неправильного пятиугольника. Большая сторона которого прилегала к вспомогательной режущей кромке.

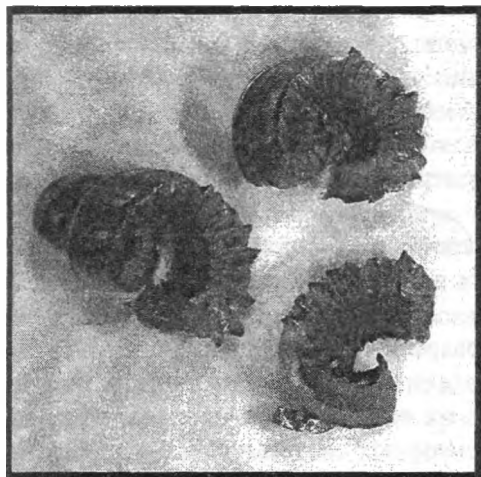


Рис. 5. Стружка снятая при подаче  $S = 4$  мм/об и глубине резания  $t = 1,15$  мм

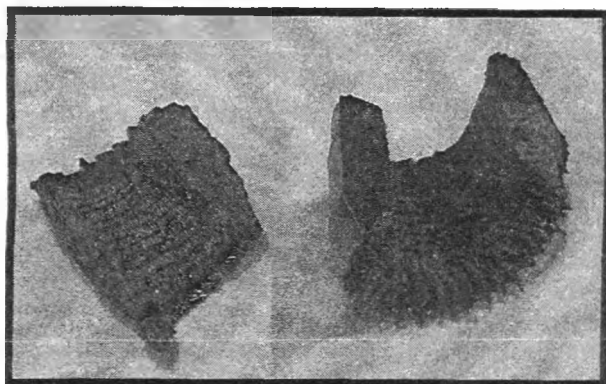


Рис. 4. Стружка снятая при подаче  $S = 5$  мм/об и глубине резания  $t = 1$  мм

На рис. 3–5 отчетливо видны характерные «гребешки», количество которых показывает сколько смещений происходило в плоскости сдвига при отделении стружки. Можно заметить, что этих смещений намного меньше, а их размер значительно больше, чем в стружке на рис. 2. Можно предположить, что величина смещения срезаемого слоя влияет на радиус завивания стружки и на ее дробление. Так как при малом радиусе завивания стружка непременно встретит препятствие во время ее схода и произойдет ее дробление. При большом радиусе стружка также при сходе встречает препятствие, но жесткость стружки уже мала и сила сопротивления только отгибает стружку а не дробит. В этом случае мы наблюдаем сливную стружку, рис. 2.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зорев, Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов / Зорев, Н.Н. – М.: Машгиз, 1956.
2. Ящерицын, П.И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: учебник для вузов. – Минск: Выш. шк., 1990. – 512 с.
3. Грудов, П.П. Обработка металлов с увеличенными подачами / П.П. Грудов. под ред. проф. И.И. Семенченко. – М.: Машгиз, 1954. – 32 с.