

$$\sqrt{T} = 13,321 + 0,636X_1 - 1,133X_1^2. \quad (3)$$

Из уравнения (3) $X_1 = 0,3$, т. е. $2\varphi = 124^\circ$.

Аналогично определяются $2\varphi_0 = 95^\circ$; $\alpha_0 = 16,8^\circ$; $\tau = 7^\circ$.

Таким образом, последовательным расчетом получены следующие значения оптимизируемых геометрических параметров: $2\varphi = 124^\circ$; $2\varphi_0 = 95^\circ$; $\gamma = 16^\circ$; $\alpha_0 = 16,8^\circ$; $\tau = 7^\circ$.

Максимум целевой функции при исследовании уравнения (1) на ЭВМ найден для следующих геометрических параметров сверла:

$$2\varphi = 120^\circ; 2\varphi_0 = 103^\circ; \gamma = 17^\circ; \alpha_0 = 17^\circ; \tau = 5^\circ.$$

Сравнительный анализ приведенных методов оптимизации показывает, что существенного различия в полученных значениях углов, кроме $2\varphi_0$, не наблюдается. Углы $2\varphi_0$ корректируем по технологическим соображениям заточки и принимаем равными 95° .

Следовательно, оптимальными геометрическими параметрами сверла следует считать $2\varphi = 120-124^\circ$; $2\varphi_0 = 90-95^\circ$; $\gamma = 16-17^\circ$; $\alpha_0 = 16-17^\circ$; $\tau = 5-7^\circ$.

Л и т е р а т у р а

1 Уайлд Д.Дж. Методы поиска экстремума - М., 1967,
2. Корниев М.А. Определение стойкостной зависимости для сверл методом планирования эксперимента - В сб.: Машиностроение и приборостроение, Мн., 1975, вып. 7.

УДК 621.9

Фельдштейн Е.Э., канд. техн. наук (БПИ)

СТРУЖКООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ТОЧЕНИИ СПЕЧЕННЫХ СТАЛЕЙ

Знание особенностей формирования и схода стружки в процессе обработки резанием позволяет прогнозировать и управлять многими важными характеристиками процесса, например, уровнем сил и мощности резания, качеством обработанной поверхности, интенсивностью износа резца.

Сравнительные исследования процесса стружкообразования при точении спеченных и компактных хромистых сталей, выполненные на станке ТВ-320 резцами из гексанита-Р и эльбора-Р, позволили установить, что при обработке компактной стали Х12 НРС 60 в широком диапазоне скоростей образуется слив-

ная стружка, причем радиус закругления ее витков уменьшается по мере роста скорости резания. При скоростях свыше 100 м/мин возможно образование суставчатой стружки. При возрастании износа наблюдается образование лентовидной стружки.

Обработка спеченной стали 20X9_п НРС 54–58 резами из гексанита-Р также сопровождается образованием сливной стружки, однако она чрезвычайно хрупкая, легко разделяется на элементы. По краям стружки зафиксировано значительное количество трещин, надломов, особенно при высоких скоростях резания.

Увеличение износа реза по передней поверхности изменяет характер стружкообразования, образуется лентовидная стружка, нагретая до значительных температур. В ряде случаев она разбрасывается на значительное расстояние. При точении резами из эльбора-Р во всех случаях образуется мелкая стружка, состоящая из отдельных завитков.

В связи с повышенной хрупкостью стружки ее корни зафиксировать не удалось, однако визуальный анализ и исследования, выполненные на сканирующем электронном микроскопе, показывают, что при обработке закаленных спеченных сталей отсутствует наростообразование. На прирезцовой стороне стружки, равно как на обработанной поверхности детали, отсутствуют чешуйки, характерные для процесса наростообразования. При скоростях резания около 30 м/мин наблюдается дополнительный наклеп стружки под действием вибраций [1].

Увеличение скорости резания уменьшает степень деформации стружки (рис. 1).

С ростом скорости резания угол сдвига возрастает, уменьшая деформацию стружки, что находится в соответствии с данными, полученными при обработке компактных сталей [2]. Увеличение подачи уменьшает степень деформации стружки и увеличивает угол сдвига (рис. 2). Увеличивается также длина контакта стружки с передней поверхностью реза.

Степень деформации стружки компактной стали несколько выше, чем спеченной. Это связано с влиянием на процесс резания остаточной пористости. Известно, что для процесса стружкообразования, подобного зафиксированному для спеченных сталей, характерно наличие опережающей трещины при отделении стружки [3]. Исследованиями [4] установлено, что траектория движения трещины разрушения в спеченном материале имеет сложный характер. На значительном расстоянии от фронт-

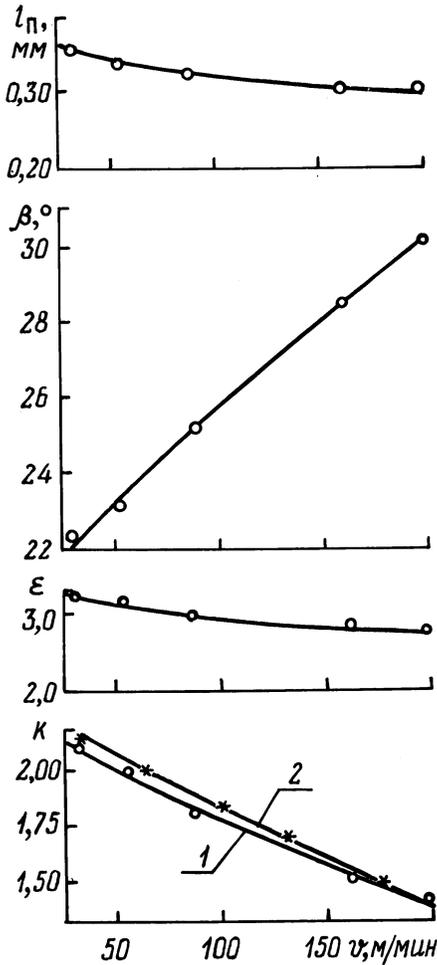


Рис. 1. Влияние скорости резания на коэффициент усадки стружки k , относительный сдвиг ϵ , угол сдвига β , длину контакта стружки с передней поверхностью реза l_p ($s=0,08$ мм/об, $t=0,10$ мм; 1 - $20X9_{II}$, 2 - $X12$)

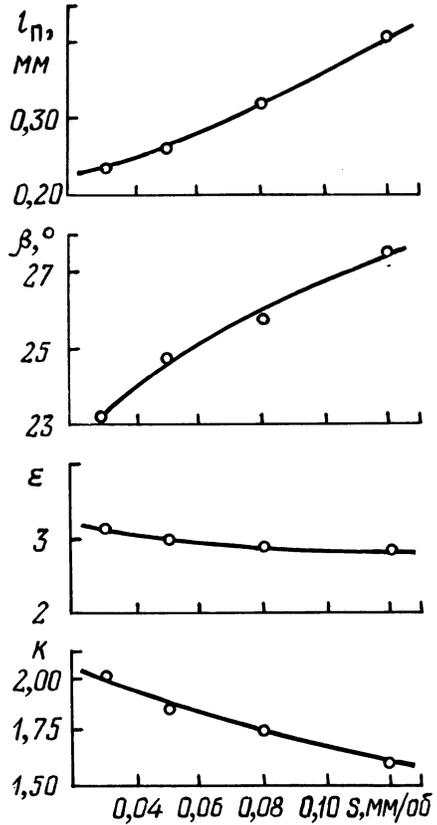


Рис. 2. Влияние подачи на коэффициент усадки стружки k , относительный сдвиг ϵ , угол сдвига β , длину контакта стружки с передней поверхностью реза l_p ($v=100$ м/мин; $t=0,10$ мм; обрабатываемый материал - $20X9_{II}$).

та трещины зарождаются и растут новые микротрещины, очагами которых являются поры внутри металла. Образовавшиеся микротрещины в дальнейшем стремятся к объединению в магистральную трещину, рост которой при разрушении спеченных сталей происходит по механизму коалесценции пор. Косвенным подтверждением данному явлению служит зафиксированное на

поверхности, образовавшейся при резании стружки, значительное количество трещин, надломов.

В спеченном материале, даже с высокой плотностью, как в нашем случае, всегда имеются остаточные микропоры, расположенные преимущественно по границам бывших частиц. Их возникновение обусловлено высоким распорным давлением газа, заключенного в объеме закрытых пор, и наличием окисных пленок на поверхности пор. Поры, с одной стороны, уменьшают живое сечение материала и являются концентраторами напряжений, снижающими уровень критических разрушающих напряжений, а с другой – являются релаксаторами напряжений и притупляют вершину трещины при ее входе в пору, т. е. способствуют повышению уровня разрушающих напряжений.

В общем случае поры уменьшают пиковые напряжения в вершине трещины в результате их перераспределения. При лобовом столкновении трещины с порой суммирование полей напряжений приводит к возрастанию растягивающих напряжений на 10..30%, однако в дальнейшем происходит торможение трещины вследствие релаксации напряжений и притупления ее вершины. При прохождении трещины вблизи пор или между ними растягивающие напряжения у вершины трещины существенно уменьшаются. Это свидетельствует о способности пор уменьшать поступление энергии упругой деформации в вершину трещины. Поры служат препятствием образованию микротрещин, снижают пиковые напряжения и повышают способность материала сопротивляться разрушению. Это, в свою очередь, способствует снижению степени деформации стружки спеченной стали по сравнению с компактной сталью.

Л и т е р а т у р а

1. Фельдштейн Е.Э. Токарная обработка спеченной стали, легированной хромом. – Порошковая металлургия, 1980, № 5.
2. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. – М., 1956.
3. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. – М., 1974.
4. Габриелов И.П., Дорошкевич Е.А., Желтонога Л.А. Исследование разрушения спеченных сталей. – Проблемы прочности, 1979, № 6.