

ЧИСТОВОЕ ТОЧЕНИЕ СТАЛИ 95X18 РЕЗЦАМИ ИЗ СВЕРХТВЕРДОГО  
МАТЕРИАЛА

В работе [1] отмечается, что простой станков с ЧПУ, вызванные отказами инструментов, составляют значительную долю годового фонда времени их работы. По мере дальнейшего роста парка станков с ЧПУ и при съеме деталей с одного станка в 3,5—4 раза чаще, чем с одного станка с ручным управлением, простой станков с ЧПУ будут все больше тормозить рост производительности обработки.

Рациональное использование дорогостоящего оборудования может быть достигнуто при внедрении прогрессивных конструкций режущих инструментов. В последние годы для чистовой обработки деталей из чугуна и закаленных сталей на токарных станках с ЧПУ широко применяются инструменты из сверхтвердых инструментальных материалов на основе нитрида бора.

Опыт эксплуатации инструмента из сверхтвердых материалов (СТМ) показал, что для его эффективного использования необходимо оборудование, обладающее высокими жесткостью и частотой вращения шпинделя. При разработке такого оборудования важно знать режущую способность инструмента и составляющие силы, возникающие в процессе резания.

Для получения необходимой информации были проведены исследования чистовой обработки втулок из закаленной стали 95X18 (54...56 HRC<sub>3</sub>). Эксперименты осуществлялись на токарном станке мод. 16K20. Втулки устанавливали на оправку, закрепляли в патроне и поджимали центром задней бабки.

Точение проводилось без охлаждения резцами, оснащенными вставками из СТМ композит 02, 02Д (Белбор), 02И (Светлан1т), обладающих различной микротвердостью, соответственно  $H_{\mu} = 55, 75$  и  $100$  ГПа. Вставки имели оптимальные геометрические параметры: передние углы  $\gamma = -15^{\circ}$ , задние углы  $\alpha = \alpha_1 = 15^{\circ}$ , углы в плане  $\varphi = 45^{\circ}$  и  $\varphi_1 = 15^{\circ}$ . Предварительные опыты проводились при следующих режимах резания:  $t = 0,2$  мм,  $S = 0,05$  мм/об,  $v = 90 \dots 100$  м/мин.

Изнашивание резцов по задней поверхности контролировалось с помощью микроскопа МБС-2 при 60-кратном увеличении. За критерий затупления был принят износ по задней поверхности  $h_z = 0,4$  мм.

Для измерения силы резания использовали тензометрический динамометр мод. УДМ-100 с усилителем ТА-5.

Сравнительные испытания показали несколько более высокую износостойкость композита 02И (Светлан1т). Однако с увеличением глубины резания до 0,4 мм наименьшую интенсивность изнашивания показал композит 02Д (Белбор) с микротвердостью  $H_{\mu} = 75$  ГПа, который был принят для дальнейших исследований.

С целью получения стойкостной зависимости  $T=f(v, S, t)$  и определения оптимальных режимов резания, обеспечивающих наилучшие технико-экономические показатели при обработке заготовок из закаленной стали 95X18 резца-

Табл. 1. Уровни факторов и интервалы варьирования

| Уровни факторов       | Обозначение уровня | $x_1$              | $x_2$              | $x_3$           |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
|                       |                    | $v, \text{ м/мин}$ | $S, \text{ мм/об}$ | $t, \text{ мм}$ |
| Основной              | 0                  | 80                 | 0,1                | 0,3             |
| Верхний               | +1                 | 100                | 0,15               | 0,4             |
| Нижний                | -1                 | 60                 | 0,05               | 0,2             |
| Интервал варьирования | $\Delta x$         | 20                 | 0,05               | 0,1             |

ми, оснащенными вставками из композита 02Д, стойкостные испытания проводились методом полного факторного эксперимента. Предварительными исследованиями установлено, что в выбранной области режимов резания искомая зависимость имеет линейный характер. Для ее описания был принят метод полного факторного эксперимента  $2^3$ , который позволяет найти отдельные оценки коэффициентов "b" в уравнении регрессии

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + b_{1,2,3} x_1 x_2 x_3. \quad (1)$$

Кодирование, значения уровней элементов режима резания и интервалы их варьирования приведены в табл. 1.

В каждой точке факторного пространства для принятых режимов обработки опыты повторялись 2 раза.

В процессе стойкостных испытаний изучалась интенсивность нарастания износа в зависимости от элементов режима резания (рис.1), а также влияние увеличения износа на составляющие силы резания  $P_z, P_x, P_y$  (рис. 2). Из рис. 1 виден характер нарастания износа резца при различных режимах резания, который не отличается от характера износа резцов из других инструментальных материалов. По средним значениям стойкости для точек факторного пространства и принятого критерия затупления резца рассчитаны коэффициенты уравнения регрессии (1). Получено уравнение

$$y = 1,283 - 0,195x_1 - 0,380x_2 - 0,149x_3. \quad (2)$$

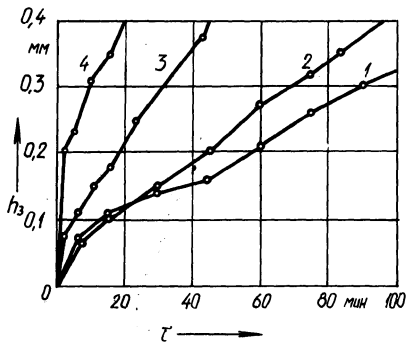


Рис. 1. Зависимость износа резца по задней поверхности от продолжительности работы: 1 -  $v = 60 \text{ м/мин}$ ;  $S = 0,05 \text{ мм/об}$ ;  $t = 0,2 \text{ мм}$ ; 2 -  $v = 60 \text{ м/мин}$ ;  $S = 0,05 \text{ мм/об}$ ;  $t = 0,64 \text{ мм}$ ; 3 -  $v = 100 \text{ м/мин}$ ;  $S = 0,05 \text{ мм/об}$ ;  $t = 0,2 \text{ мм}$ ; 4 -  $v = 60 \text{ м/мин}$ ;  $S = 0,15 \text{ мм/об}$ ;  $t = 0,2 \text{ мм}$

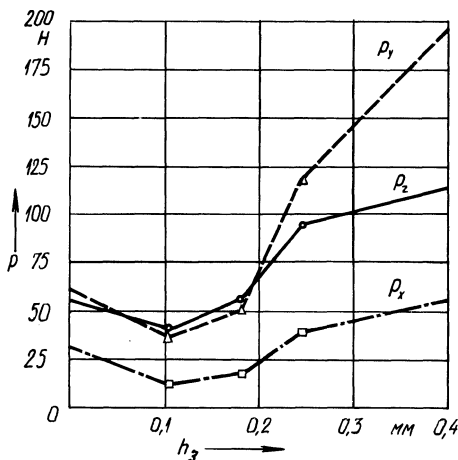


Рис. 2. Зависимость составляющих силы резания от износа реза по задней поверхности:  
 $v = 100$  м/мин;  $S = 0,05$  мм/об;  $t = 0,2$  мм

Статистический анализ показал адекватность полученной математической модели (2) экспериментальным данным.

После преобразования уравнения к удобному для практического применения виду получена зависимость

$$v = \frac{19,0}{T^{0,6} S^{0,988} t^{0,653}},$$

которая позволяет определить скорость резания для различных условий обработки.

В проведенном исследовании изучалось влияние режимов резания и нарастание износа реза на составляющие силы резания. На рис. 2 приведены зависимости составляющих силы резания от износа по задней поверхности. Из рисунка видно, что износ инструмента до  $h_3 = 0,2$  мм незначительно влияет на изменение действующих сил. При дальнейшем его нарастании происходит резкое увеличение составляющих силы резания. В наибольшей степени растет радиальная составляющая  $P_y$ , что необходимо учитывать при определении критерия затупления и назначении режимов резания при обработке точных и нежестких деталей.

После математической и статистической обработки экспериментальных данных для расчета составляющих силы резания при износе инструмента  $h_3 = 0,25 \dots 0,3$  мм получены зависимости:

$$P_z = 2480 v^{-0,70} S^{0,53} t^{0,68};$$

$$P_y = 6900 v^{-0,39} S^{0,49} t^{0,54};$$

$$P_x = 4360 v^{-0,92} S^{0,52} t^{0,96}.$$

Таким образом, в результате проведенного исследования режущих свойств СТМ различной микротвердости определена модификация инстру-

ментального материала для обработки труднообрабатываемой закаленной стали марки 95X18 и получены эмпирические зависимости, которые могут быть использованы при установлении оптимальных режимов резания, выборе станочного оборудования и конструировании инструмента и оснастки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Л о к т е в А.Д. Эффективность работ по улучшению использования режущего инструмента // Станки и инструмент. — 1988. — № 2. — С. 6–7.

*УДК 621.951.45*

П.С. СЕРЕНКОВ, Е.Э. ФЕЛЬДШТЕЙН,  
канд.техн.наук,  
В.Г. ЛЫСЕНКО, канд.техн.наук,  
В.В. ГРАБАР (БПИ)

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕРЛЕНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ СПИРАЛЬНЫМИ СВЕРЛАМИ

Основными факторами, определяющими производительность обработки глубоких отверстий спиральными сверлами и период стойкости инструмента, являются: надежное непрерывное транспортирование стружки, позволяющее исключить периодические выходы инструмента и снизить время обработки; максимально возможная жесткость и прочность инструмента, позволяющие увеличить его подачу, что особенно важно для длинных сверл, так как жесткость снижается пропорционально увеличению вылета; подвод в зону резания смазочно-охлаждающей жидкости, так как эффективность СОЖ при охлаждении поливом или погружением детали в ванну резко падает при глубине свыше 5 диаметров.

В Белорусском политехническом институте разработано спиральное сверло (а. с. 701743), которое позволяет повысить производительность сверления глубоких отверстий путем ликвидации периодических выходов инструмента и повышения режимов обработки. Это обеспечивается повышенной жесткостью сверла, рациональными размерами, формой и увеличенным углом наклона стружкоотводящих канавок. Возможности таких сверл ограничены тем, что отсутствуют охлаждение и смазывание зоны резания. Это не позволяет существенно увеличить скорость резания и подачу, так как резко снижается период стойкости инструмента.

Наиболее значительное снижение температуры в зоне резания, а соответственно повышение периода стойкости инструмента достигается тогда, когда СОЖ на своем пути встречает сначала инструмент, а затем стружку и деталь [1]. В условиях сверления отверстий это возможно только при использовании инструмента, оснащенного каналами закрытого типа для подвода СОЖ.

Существует ряд различных конструкций спиральных сверл, оснащенных каналами для подвода СОЖ. Все они имеют размеры, форму и углы наклона стружкоотводящих канавок, близкие к стандартным сверлам, и поэтому не обеспечивают транспортирования стружки с большой глубины. Предназначены