

## ОБРАБОТКА УЗКИХ КАНАВОК РЕЗЦАМИ С СМП

Белогорлов С.В., Иванов В.В. (МП ГРАН, ТулГУ, г. Тула, Россия)

*There were considered the questions of solid carbide of groove studded cutters with 0,5 mm width body by example of instruments Mitsubishi Carbide and Seco, determined acceptable one-sided loads for normal work of cutters, presented the opportunity of studded cutters using for turning cut.*

### Введение

При токарной обработке деталей часто приходится сталкиваться с изготовлением всевозможных канавок различного конструктивного и технологического назначения. Некоторые из них имеют ширину менее 1 мм. Анализ показывает, что повышение производительности на таких операциях путем увеличения подачи невозможно из-за низкой прочности рабочей части СМП. Единственно возможным вариантом является увеличение скорости резания. Поэтому, в номенклатуре токарных инструментов твёрдосплавные канавочные резцы с узкой рабочей частью занимают особое положение. Низкая прочность рабочей части, не допускает больших нагрузок на нее. Особенно опасны для таких резцов односторонние нагрузки, действующие перпендикулярно его боковой стороне. Возникновение такой нагрузки возможно при протачивании канавок на конических или сферических участках деталей в момент врезания инструмента в заготовку.

Определение сил действующих на резец в подобных случаях, для нормализации режима резания, определение возможности использования узкого канавочного резца при продольном точении, что уменьшает количество возможных переходов, влияние геометрии СМП на износостойкость, как следствие улучшенного теплоотвода - являются целями и задачами данной работы.

### Основное содержание и результаты работы

Силу, отжимающую резец от заготовки, в случаях описанных выше, можно определить следующим образом. Предположим, что канавочным резцом осуществляется подрезка торца на цилиндрической заготовке с поперечной подачей при глубине резания, равной ширине рабочей части резца. Тогда силой, отжимающей резец от заготовки, будет являться составляющая силы резания  $P_y$ , которую можно вычислить по известной эмпирической зависимости, приводимой в отечественных нормативах режимов резания:

$$P_y = 10 \cdot C_{Py} \cdot t^{X_y} S^{Y_y} V^{P_y} K_{Py}, H \quad (1)$$

где  $K_{Py}$  – обобщающий поправочный коэффициент, учитывающий изменённые условия обработки.

Проведём оценку прочности канавочных резцов на примере резца SMGHR1616H16, оснащённого СМП формы SMGTR16X2050 (ширина рабочей части  $b=0,5$  мм) из твёрдого сплава UTi20T (P30 по ИСО) японской фирмы Mitsubishi Carbide. При закреплении СМП в корпусе резца обеспечиваются следующие геометрические параметры:  $\gamma=5^\circ$ ,  $\alpha=6^\circ$ ,  $\phi_1=\phi_2=1^\circ 30'$ . Длина рабочей части СМП составляет 1,5 мм. При обработке канавок шириной 0,5 мм на заготовках из конструкционных углеродистых сталей с  $\sigma_b=750$  МПа рекомендуются следующие режимы резания:  $V=100$  м/мин и  $S=0,05$  мм/об, с учётом которых проведём расчёт. Подставив в (1) необходимые параметры из нормативов, имеем:

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,5^0 \cdot 9 \cdot 0,05^{0,6} \cdot 100^{-0,3} \cdot 0,5^{-0,3} \cdot 0,5 \cdot 1,2 \approx 33 \text{ Н } (\approx 4 \text{ кгс}).$$

Для определения перемещения  $\delta$  рабочей части резца под действием изгибающей силы  $P_y$  воспользуемся расчётной схемой, представленной на рисунке 1, согласно которой,

$$\delta = P_y \cdot l^3 / 3 E J. \quad (2)$$

Для нашего случая

$$J = b \cdot h^3 / 12 = 3,5 \cdot 0,46^3 / 12 = 0,028389667 \text{ мм}^4$$

Значение модуля упругости  $E$  для твёрдого сплава марки UTi20T неизвестно, поэтому воспользуемся значением  $E = 54900 \text{ кгс/мм}^2$ , соответствующим отечественному аналогу T5K10 (P30 по ИСО). С учётом этого имеем:

$$\delta = 4 \cdot 1,5^3 / 3 \cdot 54900 \cdot 0,028389667 \approx 0,003 \text{ мм}$$

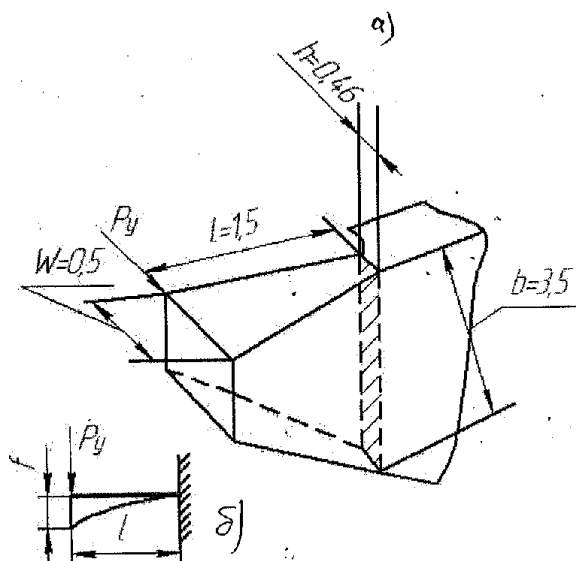


Рис. 1. Рабочая часть канавочного резца (а) и расчетная схема (б) для определения перемещения  $\delta$  под действием силы  $P_y$

Для сравнения у резца из быстрорежущей стали с такими же геометрическими характеристиками перемещение  $\delta = 0,006 \text{ мм}$  в силу меньшего значения модуля упругости. Условие прочности для нашего случая запишется следующим образом:

$$\sigma_{изг} = 6 P_y \cdot l / b \cdot h^2 \leq [\sigma_{изг}]. \quad (3)$$

Для сплава T5K10  $[\sigma_{изг.}] = 140 \text{ кгс/мм}^2$ . Подставив в (3) исходные данные, получим:

$$\sigma_{изг.} = 6 \cdot 4 \cdot 1,5 / 3 \cdot 3,5 \cdot 0,46^2 \approx 49 \text{ кгс/мм}^2 < [140],$$

т.е. имеем почти 3-х кратный запас прочности. Следовательно, односторонняя нагрузка на канавочный резец в момент его врезания в заготовку, например, с конической поверхностью не вызовет поломки данной СМП.

Проведём аналогический расчёт для канавочного резца CER2525M10D, оснащённого СМП формы 10ER0.50FD (ширина рабочей части  $b=0,5\text{мм}$  при длине  $l=1,0\text{мм}$ ) из твёрдого сплава CP500 (P20-P40 по ИСО), шведской фирмы Seco для случая его использования в качестве проходного резца. Это расширяет его технологические возможности, что согласуется с такой тенденцией в современной практике обработки резанием. В этом случае односторонней нагрузкой, действующей перпендикулярно боковой стороне, будет являться сила подачи, т.е. составляющая силы резания  $P_x$ , которая по нормативным данным для стали 45 ( $\sigma_b=750\text{МПа}$ ) вычисляется по зависимости:

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot t^{0.5} \cdot S^{0.4} \cdot V^{0.4} \cdot K_{P_x}, \text{ Н} \quad (4)$$

При точении с  $t=0,5\text{мм}$ ,  $S=0,07\text{мм/об}$ , и  $V=100\text{м/мин}$ ,  $P_y \approx 9\text{кгс}$ . Изгибающие напряжения в опасном сечении этой СМП при данных условиях, определённые по зависимости (3), составляют  $120\text{кгс/мм}^2$ , что не превышает допустимых для твёрдого сплава типа T5K10. Следовательно, использование канавочного резца в качестве проходного вполне осуществимо.

Этот вывод, сделанный на основе теоретических рассуждений хорошо подтверждается экспериментально [1]. Так, на рисунке 2 представлен рабочий момент экспериментов с использованием резца с СМП формы 10ER0.50FD при продольном точении заготовки диаметром 58мм из стали 45 с  $V=73\text{м/мин}$ ,  $S=0,07\text{мм/об}$  и  $t=0,5\text{мм}$ . В этом случае левая вспомогательная режущая кромка выполняет функцию главной кромки, а главная – функцию дополнительной режущей кромки длиной 0,5мм с углом  $\phi_1=0$ , что позволяет реализовать так называемую в зарубежной практике технологию Wiper [2]. Следует подчеркнуть, что главный задний угол в данном случае имеет значение  $\alpha=1^\circ 30'$ . Такое малое значение угла  $\alpha$  не является характерным для обычных токарных резцов.

При кратковременном резании таким резцом в течении 0,5мин поломки СМП не наблюдалось. Кроме того, был проведён более длительный эксперимент при продольном точении заготовки с начальным диаметром 54 мм на участке длиной 380 мм. В нём была использована СМП той же формы предварительно изношенная в опытах по протачиванию канавок с величиной износа по левой боковой задней поверхности  $\delta=0,05\text{мм}$ . Резцом с такой СМП было сделано 4 прохода с  $n=800\text{об/мин}$ ,  $S=0,07\text{мм/об}$  и  $t=0,5\text{мм}$  на которых скорость резания менялась от 135 м/мин до 125 м/мин. Время обработки составило 27мин. В результате этого износ на кромке с  $\phi_1=0$

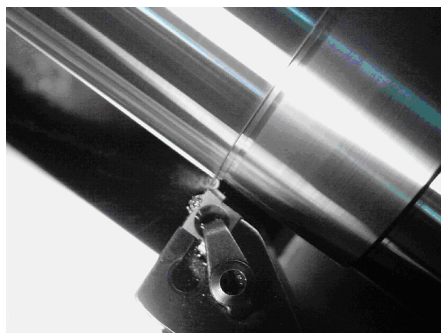


Рис. 2. Продольное точение канавочным резцом CER2525M10D

увеличился до 0,09 мм (приращение износа составило 0,04мм), что привело к визуально заметному ухудшению шероховатости обработанной поверхности на детали. На левой боковой поверхности СМП, выполняющей функцию главной задней поверхности, образовалась “проточина” длиной 0,07мм на границе контакта с наружным диаметром обрабатываемой заготовки. Внешним проявлением малого значения главного заднего угла является образование заусенца на заготовке, разрушение которого приводит к образованию мелких разлетающихся частиц. Тем не менее, прочность и износостойкость испытанной СМП обеспечивают её нормальную работу в данных

условиях.

В теории резания известен прием искусственной интенсификации теплоотвода на основе применения теплоотводящих кромок, главным образом вспомогательных. Соприкасаясь с деталью, они способствуют активному отводу в нее тепла. Так, отмена вспомогательных углов в плане  $\phi_1$  у канавочных и отрезных резцов позволяет повысить их стойкость в 2-3 раза. Однако в этом случае необходимо строго соблюдать перпендикулярность вспомогательных кромок оси обрабатываемой детали. На СМП форм 10ER0.5FD и 10ER0.8FD вспомогательные углы в плане  $\phi_1=1^\circ30'$ . Допуская отклонение от перпендикулярности в пределах  $1^\circ30'$  при установке резца, можно получить теплоотводящую кромку в том случае, когда одна из вспомогательных режущих кромок будет перпендикулярна к оси детали. При большей погрешности установки возможен более интенсивный износ одной из вспомогательных задних поверхностей [3]. Это сведет на нет указанные преимущества, т.к. увеличение теплоты от трения будет превалировать над улучшением теплоотвода.



Рис. 3. Канавочный резец с СМП PENTA24N05J004

На СМП формы PENTA24N05J004 (фирма Iscar) как раз отсутствуют вспомогательные углы в плане. Поэтому, вспомогательные режущие кромки выполняют функцию теплоотводящих кромок. Кроме того, из рисунка видно, что площадь соприкосновения СМП с державкой больше чем в других конструкциях аналогичного типа. Это усиливает эффект теплообмена и улучшает теплоотдачу в данном случае.

Для оценки теплового режима работы резца с такой СМП был проведен специальный эксперимент, сущность которого заключалась в следующем. Резцовую державку РСНР20-24 оснащали СМП формы PENTA24N05J004 (ширина рабочей части 0,5мм) из твердого сплава IC008 (P20-P50 по ИСО). С их использованием осуществляли обработку 200 канавок глубиной 2мм на заготовке из стали 45 диаметром 28мм с  $V=140\text{м/мин}$ ,  $S=0,055\text{мм/об.}$  без применения СОТС. Время резания при обработке одной канавки составило 1,38 сек. Учитывая это, для измерения термо-ЭДС был применен цифровой мультиметр мод. MS8221С фирмы "Mactech" со временем измерения 0,4 сек. Проведенный хронометраж показал, что время обработки одной канавки с учетом времени вспомогательных перемещений составило 0,5 мин. При непрерывной работе на обработку 200 канавок было затрачено 100 мин. Это позволило не допускать существенного остывания резца во время его холостых перемещений. В таблице 1 приведены средние значения термо-ЭДС, зафиксированные при обработке каждого последующего десятка канавок. Суммарное время резания составило 4,6 мин. Для удобства, материалы табл.1 представлены графически на рисунке 4.

Таблица 1. Изменение термо-ЭДС в зависимости от времени работы Т

Время работы Т, мин	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Е, mV	9,09	9,25	9,25	9,36	9,16	8,94	8,78	8,95	9,00	8,80
Время, работы Т, мин	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Е, mV	8,63	8,91	8,80	8,72	8,79	8,79	8,49	8,39	7,54	8,58

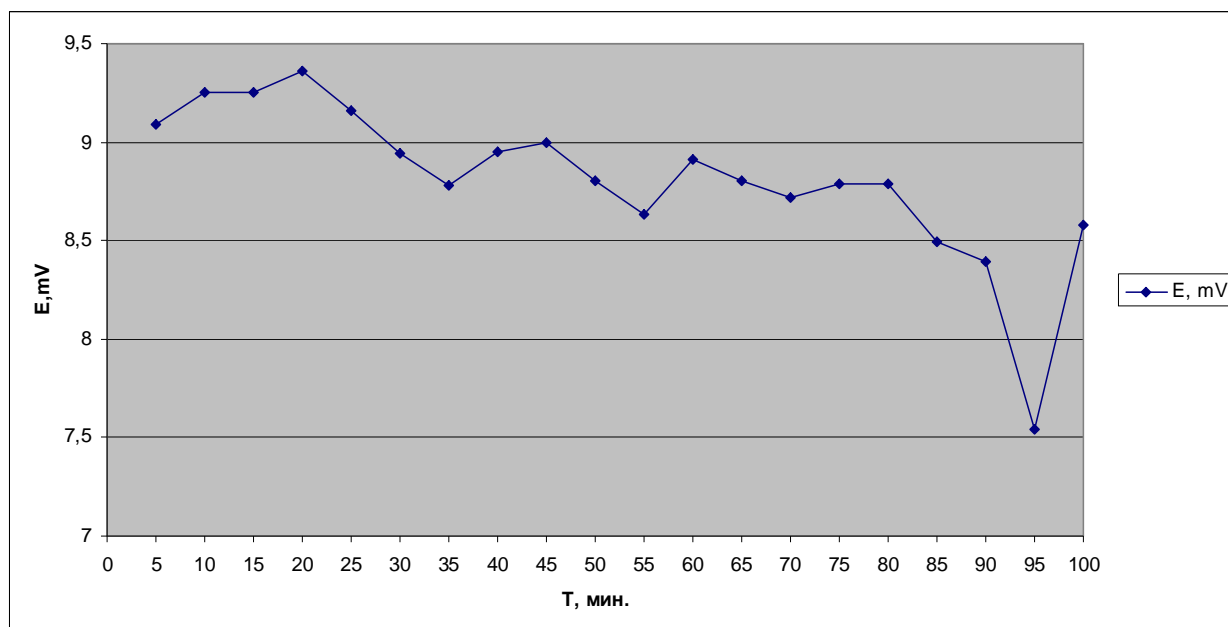


Рис. 4. Изменение термо-ЭДС в зависимости от времени работы T

При этом был достигнут износ главной задней поверхности 0,05 мм ,0,26 мм и 0,02 мм соответственно на левой и правой вспомогательных задних поверхностях.

#### Закключение

Анализ результатов таблицы 1 позволяет сделать следующие выводы. В начальный период работы резца (примерно, до 20 мин) наблюдается увеличение ЭДС, т.е. средней температуры резания. Очевидно, это вызвано аккумуляцией тепла в узком режущем клине СМП. После этого происходит уменьшение ЭДС и стабилизация её значений. Что можно объяснить эффектом теплоотвода через вспомогательные режущие кромки.

Таким образом, приведённые расчёты и эксперименты показывают, что современные СМП для обработки канавок шириной 0,5мм способны выдерживать односторонние нагрузки, возникающие в процессе обработки и допускаемые прочностью её рабочей части. Отсутствие вспомогательных углов в плане  $\phi_1$  на канавочных СМП позволяет повысить их износостойкость за счет улучшенных условий теплоотвода.

**Список литературы:** 1. Иванов В.В., Белогорлов С.В. Особенности обработки канавок 0,5 мм твердосплавными резцами с СМП / Иванов В.В., Белогорлов С.В.//Альманах современной науки и образования,- Тамбов, 2008.- №7(14). – С.24-25. 2. Высокопроизводительная обработка металлов резанием. М.:Изд-во «Полиграфия»,- 2003.-301 с. 3. Белогорлов С.В., Иванов В.В. Современные резцы для обработки узких канавок// Вестник ТулГУ. Сер. Инструментальные и метрологические системы.- Тула: Изд-во, ТулГУ,2008. - С.51-54.

Сдано в редакцию 12.01.2009