

УДК 621.9.01

Совершенствование чистовой токарной обработки путём применения инструментов безвершинных конструкций

Карпов А.В., Зелинский В.В.

В статье приведены результаты экспериментальных исследований токарной обработки торсионных валов безвершинными резцами и анализируются преимущества применения таких инструментов.

Ключевые слова: резание материалов, режущий инструмент, токарная обработка, безвершинное точение, безвершинный резец.

При изготовлении деталей машин часто требуется осуществлять токарную обработку протяженных наружных цилиндрических поверхностей. В качестве примера можно привести чистовое точение торсионных валов. Данный процесс направлен на решение двух задач:

1) обеспечить размерное формообразование наружной цилиндрической поверхности вала;

2) обеспечить (в совокупности с другими технологическими воздействиями) долговечность вала по критерию усталостной прочности.

Первая задача связана с достижением формы, размеров, расположения наружной цилиндрической поверхности относительно конструкторских баз вала с предписанной точностью в соответствии с чертежом. Значимость второй задачи объясняется причинами выхода из строя торсионных валов, воспринимающих при эксплуатации циклически повторяющиеся, переменные по величине и направлению нагрузки (в виде крутящих моментов). Как известно, усталостную прочность детали во многом определяют геометрические показатели поверхности: чем меньше высота неровностей Rz (шероховатость) и высота волнистости Wz поверхности, тем выше усталостная прочность.

У твердосплавных режущих пластин проходных токарных резцов общепринятых конструкций радиус при вершине составляет $r_\epsilon = 0,2-2,5$ мм, поэтому вершину обычно рас-

сматривают как «производящую точку», работающую методом следа: в траектории главного движения резания (вращения) эта точка материализует направляющую, а в траектории движения подачи – образующую цилиндрической поверхности вала. Траекторией результирующего движения вершины является винтовая спираль, между витками которой в продольном сечении остаются неровности – участки необработанного металла, называемые остаточными гребешками. Высота остаточных гребешков Rz , мкм, связана с величиной подачи на оборот s , мм/об, и радиусом при вершине режущей пластины резца r_ϵ , мм, выражением

$$Rz \approx \frac{s^2}{8 \cdot r_\epsilon} \cdot 1000. \quad (1)$$

На практике для уменьшения величины Rz вынуждены прибегать к снижению скорости подачи, т.е. к сознательному недоиспользованию ресурса режущего инструмента по производительности, прочности и стойкости. Таким образом, в технологической интерпретации вершину можно считать наиболее слабым, уязвимым конструктивным элементом резца, во многом ограничивающим применяемые режимы резания по сравнению с потенциальными возможностями инструмента.

Повышение скорости подачи, а, следовательно, и производительности, становится возможным в случае увеличения периметра контакта режущего лезвия и срезаемого слоя. С этой целью предлагается заменить одну «производящую точку» (вершину) на сово-

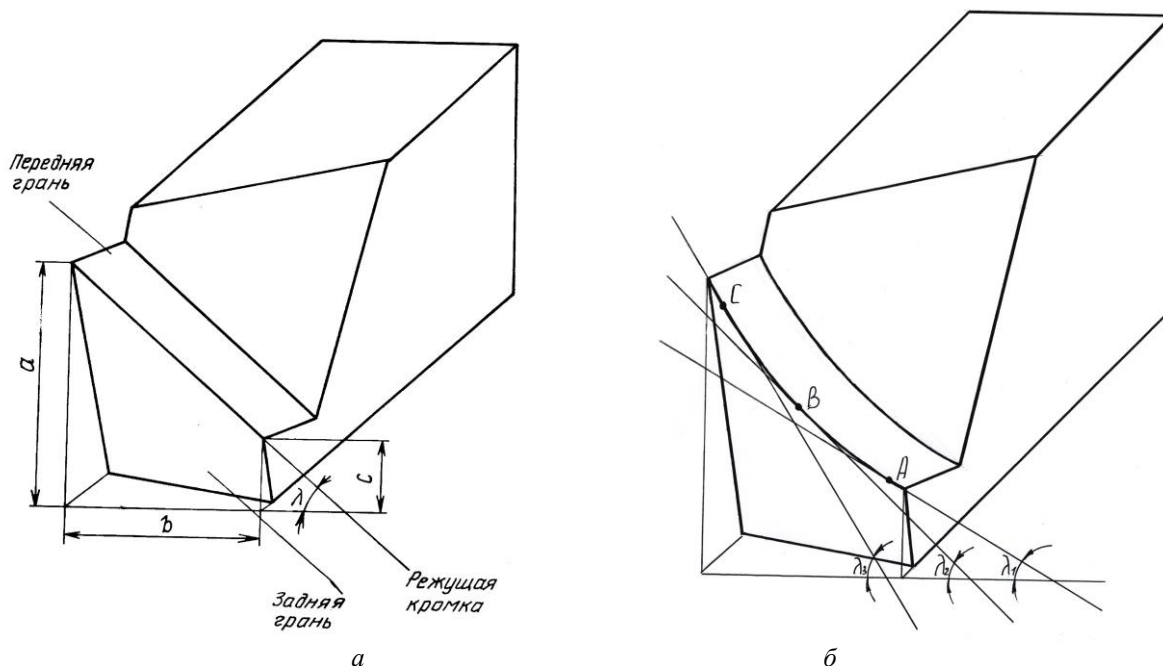


Рис. 1. Конструкции безвершинных резцов: а – базовая конструкция; б – прогрессивная конструкция с регулируемым углом наклона кромки

купность «производящих точек» – отрезок режущей кромки резца. Примером реализации такого предложения служит безвершинный резец, базовая и прогрессивная конструкции которого представлены на рис. 1.

Формообразование цилиндрической поверхности осуществляет не точка, а определенная часть режущей кромки инструмента; крайние точки кромки («мнимые вершины») в резании не участвуют. Разность высот «мнимых вершин» кромки ($a-c$) относительно основной плоскости резца и длина проекции кромки b на основную плоскость обеспечивает наклон режущего лезвия в плоскости резания относительно оси заготовки на угол λ , равный

$$\lambda = \arctg\left(\frac{a-c}{b}\right). \quad (2)$$

Безвершинный резец можно рассматривать как предельное конструктивное исполнение обычного (вершинного) резца, если принять радиус при вершине $r_\epsilon \rightarrow \infty$. При этом меняется метод формообразования поверхности детали – от метода следа, для которого спра-

ведлива формула (1), к методу касания, дающему следующую зависимость параметра Rz , мкм, от технологических факторов:

$$Rz \approx \left(\frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{s^2}{4}}\right) \cdot 1000 \approx \frac{s^2}{4 \cdot D} \cdot 1000, \quad (3)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм.

Сложнее обстоит дело с прогнозированием волнистости поверхности вала, обработанного безвершинным резцом. Для установления связей высоты волнистости Wz с технологическими факторами безвершинного точения в Муромском институте Владимирского государственного университета проведена серия экспериментов. Заготовкой являлся круглый прокат диаметром $D = 70$ мм из стали 45Х. Безвершинные резцы оснащались пластиной твердого сплава Т15К6 с углами $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 10^\circ$. В качестве изменяемых технологических факторов были приняты: скорость подачи s , глубина резания t , скорость резания v , угол наклона режущей кромки λ . Высоту волнистости Wz измеряли после каждого опыта с помощью индикатора с ценой деления 1 мкм,

который закрепляли в специальной подвижной стойке и перемещали вдоль образующей цилиндрической поверхности вала. Величина W_z рассчитывалась как разность между пре-

дельными показаниями индикатора. Результаты измерений подвергались статистической обработке на ЭВМ в среде MathCAD. Полученные зависимости приведены на рис. 2-5.

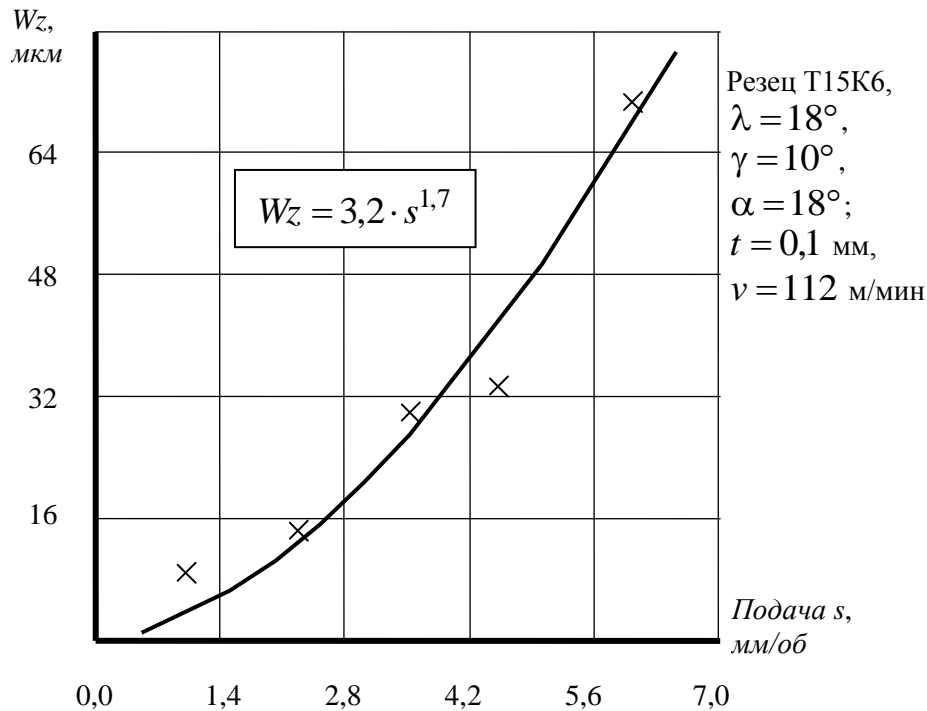


Рис. 2. Зависимость высоты волнистости от скорости подачи при безвершинном точении

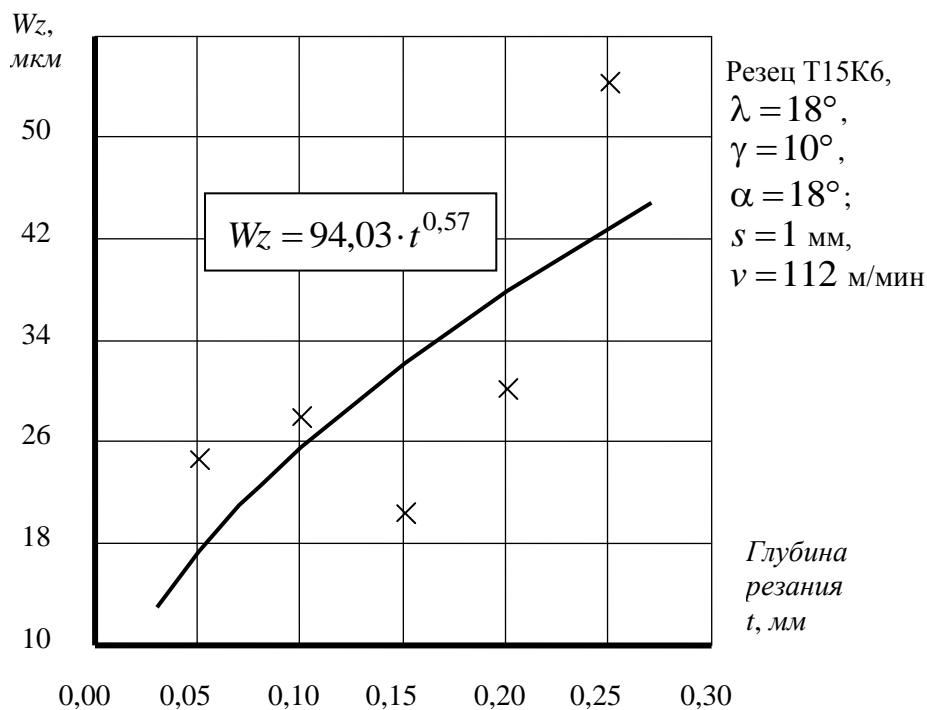


Рис. 3. Зависимость высоты волнистости от глубины резания при безвершинном точении

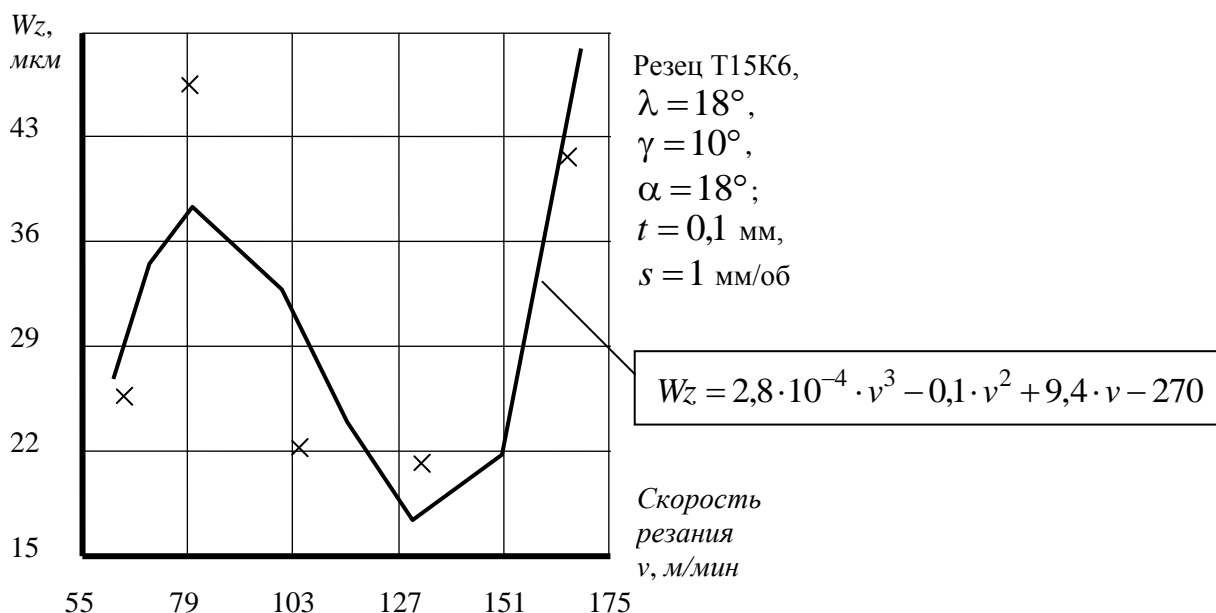


Рис. 4. Зависимость высоты волнистости от скорости резания при безвершинном точении

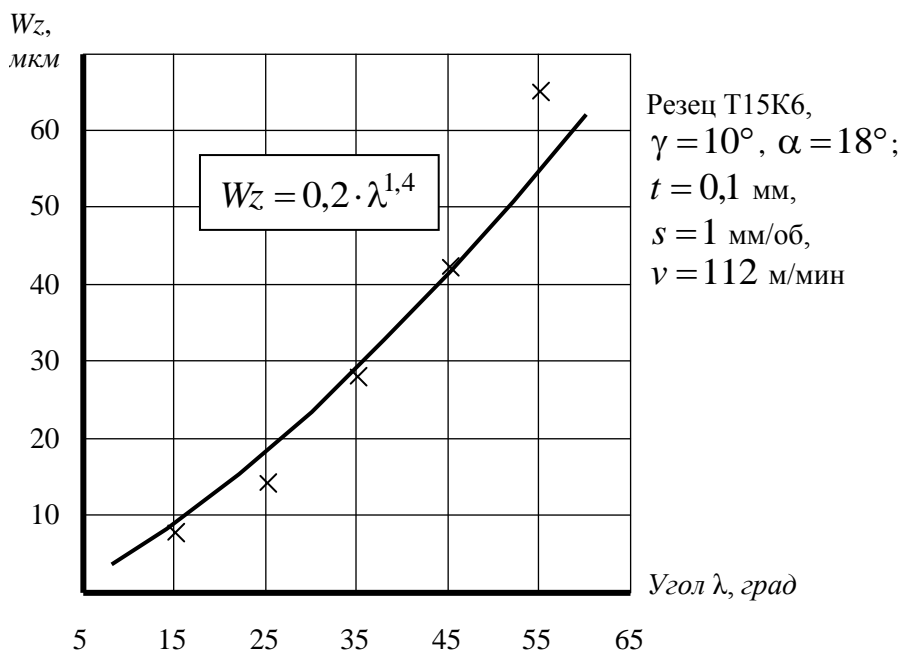


Рис. 5. Зависимость высоты волнистости от угла наклона режущей кромки при безвершинном точении

Зависимость $W_z = f(v)$ имеет немонотонный характер вследствие наростообразования на передней поверхности резца.

Для плавного регулирования величины угла λ можно применить конструкцию резца, показанную на рисунке 1б. Особенностью конструкции является вогнуто-параболическая форма режущего лезвия. Путём поднятия или опускания державки резца

в зацепление с заготовкой можно вводить различные участки лезвия, например участки с точками A , B , C , соответственно имеющие различные значения λ .

Анализ результатов экспериментов свидетельствуют о том, что применение безвершинных резцов позволяет достичь приемлемых значений высоты волнистости обработанной поверхности при режимах резания,

значительно (до 5 раз) превышающих таковые для обычных (вершинных) резцов.

Применение инструментов безвершинных конструкций взамен традиционно используемых позволяет усовершенствовать технологический процесс чистовой токарной обработки за счёт, как минимум, двух дополнительных преимуществ:

- механическая обработка заготовки безвершинным инструментом протекает в условиях, близких к условиям свободного стационарного резания;

- стружкообразование при безвершинном резании обеспечивается за счёт однородной упруго-пластической деформации срезаемого слоя, которая характеризуется меньшим значением энергии, запасаемой в результате обработки в приповерхностных объёмах детали, и тем самым способствует повышению эксплуатационного ресурса детали.

Для установления оптимальных условий обработки вала безвершинным резцом рекомендуется методика определения технологических режимов и геометрических параметров инструмента по критерию «наибольшего энергетического КПД резания», ранее изложенная в работах [1-4].

Статья поступила в редакцию 20 ноября 2011 г.

The article includes the results of experimental studies of torsion shafts turning with peakless design cutters and analyzes the advantages of such instruments using.

Keywords: cutting material, cutting tools, turning, turning peakless, peakless incisor.

Карпов Алексей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Зелинский Виктор Васильевич – кандидат технических наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Литература

1. Карпов А.В., Игнатов С.Н., Распопин А.П. Оценка эффективности лезвийной обработки с использованием безразмерного энергетического критерия // СТИН. № 12. 2004. С. 23-26.

2. Карпов А.В. К вопросу управления процессом резания на основе энергетических закономерностей деформации и разрушения твёрдых тел // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2011, № 1 (8). С. 37-49.

3. Карпов А.В. Оценка эффективности процесса резания с помощью энергетических критериев // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности: межвузовский сб. науч. работ. Вып.7 / под общ. ред. проф. Н.В. Чайковской. – М.: Издательский дом «Спектр», 2010. С. 100-108.

4. Карпов А.В. Энергетически экономичные режимы резания // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности: межвузовский сб. науч. работ. Вып.5 / под общ. ред. Н.В. Чайковской. – М.: ООО «Издательство «Машиностроение», 2008. С. 138-144.