

Список литературы

1. Митин Э. В., Сульдин С. П., Калякулин С. Ю. Исследование конструкции резцовой вихревой головки используемой для нарезания резьбы методом конечных элементов // СТИН. — 2020. — № 10. — С. 21—23.
2. Митин Э. В., Сульдин С. П., Митина А. Э. Исследование состояния сменных многогранных пластин и конструкции выглаживающего инструмента в интегрированной среде SolidWorks/Simulation // СТИН. — 2021. — № 1. — С. 12—16.
3. Mitin E. V., Sul'din S. P., Mitina A. E. Stamping of eyelets in brackets by plastic deformation // Russian Engineering Research. — 2020. — Vol. 40. — № 12. — P. 1065—1068.
4. Митин Э. В., Сульдин С. П., Григорьев А. В., Окунев Д. В. Исследование конструкции спирального сверла с каналами для

подвода СОЖ методом конечных элементов // СТИН. — 2019. — № 1. — С. 25—27.

5. Mitin E. V., Suldin S. P., Grigorev A. V., Okunev D. V. Design of helical drills with channels for coolant supply // Russian Engineering Research. — 2019. — Vol. 39. — № 6. — P. 520—522.

6. Митин Э. В., Сульдин С. П. Исследование состояния конструкции червячной зуборезной фрезы в процессе работы методом конечных элементов // СТИН. — 2018. — № 2. — С. 24—27.

7. Mitin E. V., Suldin S. P. Hob strength in gear cutting // Russian Engineering Research. — 2018. — Vol. — 38. — № 8. — P. 635—637.

8. Mitin E. V., Sul'din S. P., Mitina A. E. Static analysis of cutting inserts in a smoothing tool by simulation // Russian Engineering Research. — 2021. — Vol. 41. — № 4. — P. 353—356.

Поступила в редакцию 15.04.2022; после доработки 15.04.2022; принята к публикации 15.04.2022.

УДК 621.941.025

Анализ конструкций ротационных резцов*

к.т.н. Т. Л. Евтушенко¹, к.т.н. А. Ж. Касенов¹, к.т.н. Ж. К. Мусина¹, к.т.н. Г. Т. Итыбаева¹,
д.т.н. А. С. Янюшкин²

// ¹Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

²Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, Россия, Чувашская Республика, г. Чебоксары.

E-mail: evtushenko_95@mail.ru, asylbek_kasenov@mail.ru, mussina_zhanara@mail.ru, galia-itibaeva@mail.ru, yanyushkinas@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен анализ конструкций ротационных резцов и разработана их классификация. Предложен вариант специального ротационного безвершинного токарного резца. Ротационный инструмент лишен одного из конструктивных недостатков — наличия вершины, наиболее слабой и изнашивающейся части режущей кромки обычных резцов. А постоянно обновляемая режущая кромка в результате ее вращения позволяет равномерно распределить износ, температурные и удельные нагрузки, что значительно увеличивает срок эксплуатации режущего инструмента. **Ключевые слова:** механическая обработка, точение, ротационный инструмент, безвершинный резец.

Abstract. The article deals with the analysis of the designs of rotary cutters and developed their classification. A variant of a special rotary peakless turning tool is proposed. The rotary tool is devoid of one of the design drawbacks — the presence of the cutting point, which is the weakest and most wearing part of the cutting edge of conventional cutters. And the constantly renewed cutting edge due to its rotation allows to evenly distribute wear, temperature and specific loads, which significantly increases the service life of the cutting tool.

Keywords: machining, turning, rotary tool, peakless turning tool.

Введение. Обработка материалов осуществляется различными методами и способами, которых существует большое разнообразие. Выбор того или иного способа или метода зависит от предъявляемых требований по точности и шероховатости поверхности, а также от формы и размеров обрабатываемых поверхностей [1—7].

* Исследования выполнены в рамках грантового финансирования молодых ученых на 2021-2023 годы по проекту ИРН АР09058231 «Исследование и проектирование ресурсо-энергосберегающих металлорежущих инструментов», финансируемо-го Комитетом Науки МОН РК.

Точение — это самый распространенный способ механической обработки со снятием стружки в машиностроительной отрасли. Фактически данный вид обработки не подвергался особым изменениям с момента изобретения: главное движение — вращение заготовки, движение подачи — линейное перемещение резца вдоль, перпендикулярно или под углом к оси вращения. Из-за своей простоты является распространенным способом.

Однако резец, как неотъемлемая часть всего технологического процесса обработки, имеет один из основных недостатков для стандартного вида точения — это наличие в его конструкции вершины, которая формирует шероховатость обработанной поверхности. Для уменьшения шероховатости необходимо уменьшать подачу, что снижает производительность обработки. Кроме того, вершина резца является слабым местом инструмента. Через небольшое сечение резца от вершины проходит большой тепловой поток, что вызывает высокий нагрев и износ вершины резца.

Вершина как точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок — источник повышенного износа. В результате увеличения теплового напряжения около вершинных участков, выражающегося в значительно большем нагреве и, вследствие этого, усиливается износ. Это приводит к уменьшению стойкости резца, увеличению числа переточек и снижению ресурса резца, уменьшению производительности и увеличению расхода резцов, повышению себестоимости обработки.

Автор в работе [8] раскрывает преимущества применения безвершинных инструментов в процессе токарной обработки. Рассмотрены имеющиеся конструкции безвершинных инструментов и предложена новая. Данная конструкция безвершинного резца позволяет регулировать угол наклона режущей кромки для выбора оптимального варианта обработки с точки зрения производительности и качества механической обработки. При этом отсутствует необходимость изменения конструкции других деталей, входящих в конструкцию резца.

Проходной резец [9 и 10] конструкции предназначен в основном для получения чистового точения. Универсальность этого инструмента дает возможность установки режущей пластины с различными передним и задним углами резания, что позволяет обрабатывать детали из материалов с разными физико-механическими свойствами.

Несмотря на большое многообразие и классификации токарных резцов [11–13], а также других металлорежущих инструментов [14 и 15] имеются пути их совершенствования и приведены технические требования эксплуатации инструментов с особенностями обработки резанием.

Один из методов высокопроизводительной чистовой токарной обработки основан на применении безвершинных резцов, режущая кромка которых в плоскости резания наклонена к оси заготовки на угол λ , а в плане составляет с ней угол ϕ , чаще всего равный нулю. В контакте с заготовкой находится не вершина, а определенная часть режущей кромки резца, вследствие чего точение осуществляется в условиях, близких к условиям свободного резания [16].

Одним из перспективных способов обработки является точение ротационными резцами, т.е. в схему стандартного точения добавлено дополнительное вращение самого режущего инструмента [17–21].

Конструкции ротационных резцов. Ротационный резец позволяет повысить эффективность чистовой обработки наружных поверхностей тел вращения по сравнению с обработкой традиционным токарным проходным резцом благодаря пос-

тоянному обновлению режущей кромки, повышения стойкости, многократного повышения общего ресурса инструмента, повышения качества обрабатываемой поверхности, снижения температуры и удельной нагрузки в зоне резания.

Однако данный вид является относительно новым и имеет свои недостатки, в результате чего исследователи проводят постоянную работу над его совершенствованием. Так, например, поиск в электронном ресурсе Яндекс. Патенты [22] по ключевому слову «ротационный резец» выдает обширную информацию по поданным заявкам (рис. 1, а). Из диаграммы исключены патенты буровых

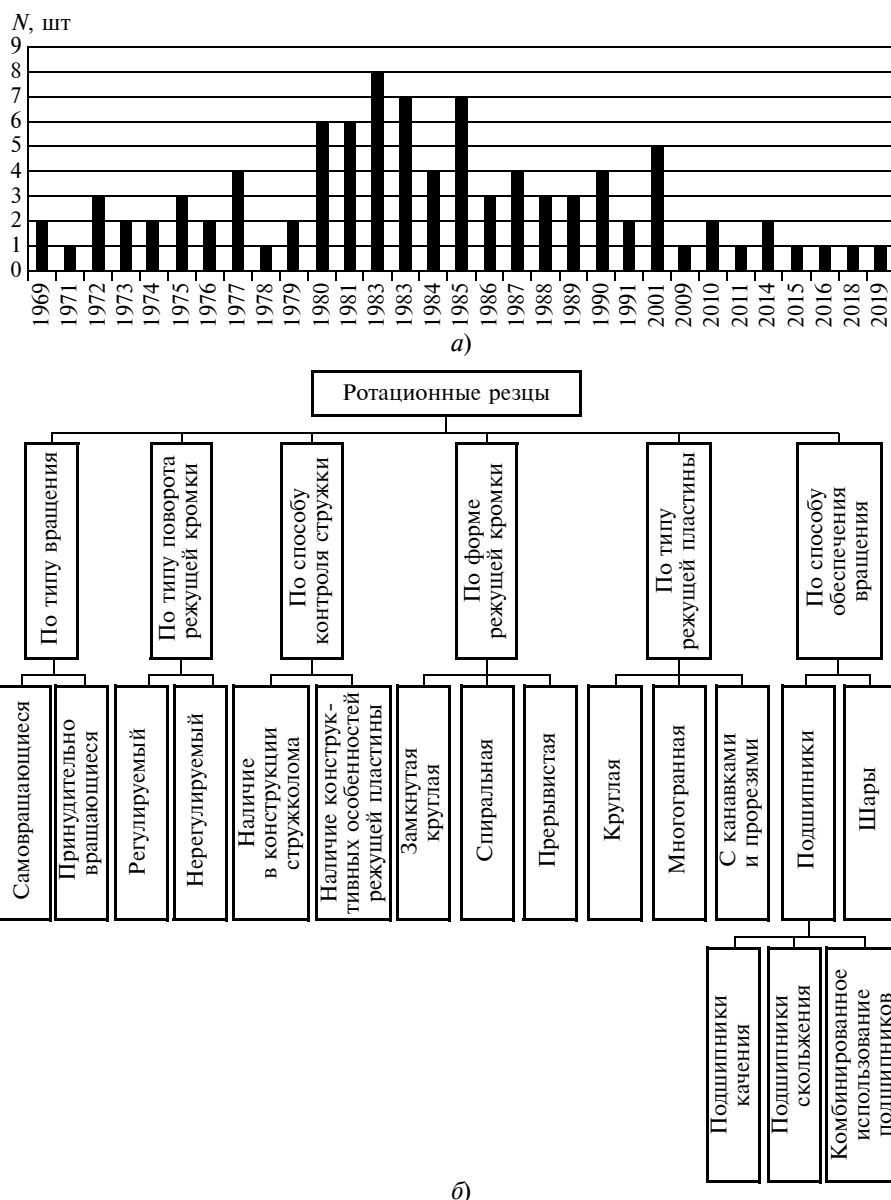


Рис. 1. Число N патентов по годам заявки, найденных по ключевому слову «ротационные резцы» в электронном ресурсе Яндекс.Патенты (а) и классификация ротационных резцов (б)

установок, камнерезных резцов и других инструментов, не связанных с машиностроительным точением. На основе анализа заявок на патент, была разработана классификация конструкций ротационных резцов (рис. 1, б). По классификации возможно проследить насколько сильно исследователи углубились в изучение конструкций ротационных резцов.

Ротационный самовращающийся резец (рис. 2, а) [23] уникален тем, что применяют шарики вместо подшипников при вращении режущей пластины. Шарики при этом установлены в конические углубления, имеющиеся на обоих торцах вала, на нижней части П-образной вилки корпуса резца и на торце винта, установленного на верхней части вилки корпуса. В винте и в вале выполнены сквозные отверстия, а в конических углублениях — сквозные канавки. Винт имеет резьбу для присоединения трубопровода, по которому подают жидкую смазку для контактирующих поверхностей шариков. Однако в резце [23] имеется несколько недостатков — это отсутствие в конструкции элемента контроля стружки и отсутствие регулирования угла наклона режущей кромки.

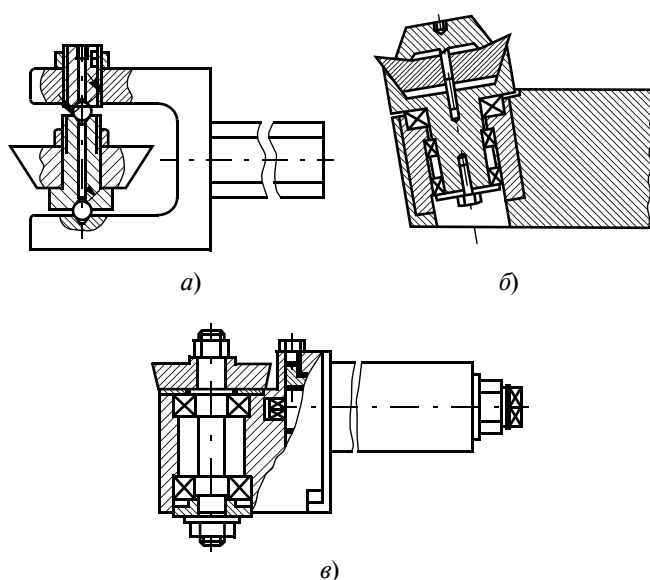


Рис. 2. Конструкции ротационных резцов: а — ротационный самовращающийся резец [23]; б — ротационный резец [24]; в — ротационный резец [25]

Ротационный резец [24] отличается наличием сплошной державки и сборочных элементов непосредственно в головке режущего инструмента (рис. 2, б). По своей конструкции резец несколько отличается от остальных представителей наличием стружколома и использованием для вращения трех подшипников. Наличие трех подшипников с одной стороны может повысить безопасность резца при повреждении одного или нескольких из них, а с другой удорожает конструкцию и добавляет дополнительные вибрации. Наличие угла наклона режу-

щей кромки помогает наладить самовращение резца, однако угол не регулируется и поэтому ограничивает технологические возможности обработки.

Ротационный резец (рис. 2, в) отличается от остальных регулируемым наклоном режущей кромки [25], а также наличием торсионной пружины в державке для более жесткого контроля поворота. Однако недостатком является отсутствие стружколома и наличие огромного числа подшипников как в головке для вращения режущей пластины, так и в державке для поворота головки, что усложняет эксплуатацию и удорожает ремонт инструмента.

Анализ существующих конструкций и исследования обработки металлорежущими инструментами привели к разработке нового металлорежущего инструмента — ротационный безвершинный поворотный токарный резец со стружколомом [26].

Ротационный безвершинный поворотный токарный резец со стружколомом лишен одного из конструктивных недостатков — наличия вершины, наиболее слабой и изнашивающейся части режущей кромки обычных резцов. А постоянно обновляемая режущая кромка в результате ее вращения позволяет равномерно распределить износ, температурные и удельные нагрузки, что значительно увеличивает срок эксплуатации режущего инструмента.

Предлагаемый резец обладает возможностью поворота режущей кромки вокруг своей оси, что увеличивает номенклатуру обрабатываемых материалов и варианты схем резания при ротационной обработке. Сравнительный анализ представленных экземпляров приведен в таблице. По типу вращения все резцы — самовращающиеся.

Ротационный резец	Обеспечение вращения	Угол наклона режущей пластины	Стружколом
Ротационный самовращающийся резец [23]	Шарики	Не регулируемый	Отсутствует
Ротационный резец [24]	Подшипники	Не регулируемый	В наличии
Ротационный резец [25]	Подшипники	Регулируемый	Отсутствует
Предлагаемый вариант	Подшипники	Регулируемый	В наличии

Предлагаемый резец состоит из нескольких частей: корпуса, основания, головки, круглой твердосплавной пластины и стандартных деталей. Конструкция резца позволяет вращаться вокруг собственной оси, изменяя угол наклона пластины, а также ее вращение. Наличие стружколома в конструкции позволяет контролировать сход стружки при постоянном контакте с режущей кромкой, и исключить сливную стружку.

Заключение

При обработке новым резцом уменьшается износ и увеличивается его стойкость, в результате вращения пластины повышается качество обработанной поверхности, в том числе снижение ее шероховатости, что особенно важно при чистовой обработке. В новом инструменте отсутствует вершина резца, повышается прочность лезвия, уменьшаются силовое и термические напряжения на режущей кромке, в центральной части зоны контакта режущей кромки резца и заготовки создаются хорошие условия для зачистки обработанной поверхности прямой линией режущей кромки.

Одним из преимуществ ротационных резцов является вращение режущей кромки, что позволяет равномерно распределять все тепловые и механические деформации, и значительно увеличивает время изнашивания. Однако непрерывная обработка может сильно повлиять на процесс стружкообразования в негативную сторону, поэтому в конструкции необходимо находить место на решение этой проблемы.

Список литературы

1. **Зверовщиков А. Е., Артемов И. И., Самохин Н. В.** Научный подход к обеспечению точности державок токарного инструмента со сменными неперетачиваемыми пластинами // Научные технологии в машиностроении. — 2017. — № 4(70). — С. 11—16.
2. **Brailovskii M. I., D'yakonov A. A., Voskoboynik A. G., Shmidt I. V.** Optimal materials for the manufacture of metal-cutting machines // Russian Engineering Research. — 2017. — Vol. 36. — № 10. — P. 846—850. DOI 10.3103/S1068798X17030248.
3. **Яшерин П. И., Фельдштейн Е. Э., Корниевич М. А.** Теория резания. — Минск.: Новое знание, 2006. — 512 с.
4. **Shaping the Toroidal Section of End Mills/ V. A. Grechishnikov, Y. E. Petukhov, P. M. Pivkin et al.** // Russian Engineering Research. — 2020. — Vol. 40. — № 1. — P. 70—72. — DOI 10.3103/S1068798X20010062.
5. **Hole Machining Based on Using an Incisive Built-Up Reamer/ N. Dudak, A. Taskarina, A. Kasenov et al.** // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. — 2017 — Vol. 18. — № 10. — P. 1425—1432. DOI: 10.1007/s12541-017-0170-9.
6. **Face Turning of Hole/ R. B. Mukanov, A. Z. Kasenov, G. T. Itybaeva et al.** // Russian Engineering Research. — 2019. — Vol. 39. — № 1. — P. 75—78. DOI: 10.3103/s1068798x19010064.
7. **Multi-flute drill-broach for precision machining of holes/ N. Dudak, G. Itybaeva, A. Kasenov et al.** // Scientia Iranica. — 2019. — Vol. 26. — № 3. — P. 1415—1426. DOI: 10.24200/sci.2018.5623.1379.
8. **Ситников М. Ю.** Применение безвершинных инструментов в процессе токарной обработки // Общество. Наука. Инновации (НПК-2017): Сб. статей. всеросс. ежегод. науч.-практич. конф.— Киров: Вятский гос. ун-т, 2017. — С. 2137—2143.
9. **Пат. 180034 У1 РФ, МПК В 23 В 27/16.** Сборный резец. Гречишников В. А., Романов В. Б., Антонова А. А. и др.; № 2017130177, заявл. 25.08.2017; опубл. 01.06.2018; заявитель ФГБОУ ВО «МГТУ «Станкин».
10. **Алексеева А. А., Гречишников В. А., Романов В. Б.** Повышение эффективности токарного инструмента на основе создания конструкции с регулировкой геометрических параметров // Машиностроение: традиции и инновации (МТИ—2020): Материалы XIII всерос. конф. с междунар. участием. — М.: МГТУ «Станкин», 2020. — С. 34—41.
11. **Романов В. Б., Шоханова Н. О.** Токарный инструмент с изменяемой геометрией с учетом формы и материала заготовки // Цифровая экономика: технологии, управление, человеческий капитал: Материалы III всерос. науч.-практич. конф. — Вологда: ООО «Маркер», 2020. — С. 53—55.
12. **Романов В. Б., Алексеева А. А.** Сборный расточной резец с расширенными технологическими возможностями // Наука сегодня: вызовы и перспективы: Материалы междунар. науч.-практич. конф. — Там же. — С. 79—81.
13. **Processing of holes with a reamer-broach/ N. S. Dudak, A. Z. Kasenov, Z. K. Musina et al.** // Life Science Journal. — 2014. — Vol. 11. — № 10s. — P. 282—288. DOI: 10.7537/marslsj1110s14.50.
14. **Аверин Н. В., Можжев А. А.** Резцы токарей-новаторов // Новые технологии в учебном процессе и производстве: Материалы XVII междунар. науч.-технич. конф. — Рязань: ООО «Рязаньпроект», 2019. — С. 300—302.
15. **Точение** деталей сложного профиля с обеспечением заданного микрорельефа поверхности / В. А. Гречишников, Ю. Е. Петухов, П. М. Пивкин и др. // СТИН. — 2015. — № 8. — С. 13—16.
16. **Сорокин Н. В.** Исследование процесса безвершинного точения // Современные наукоемкие технологии. — 2013. — № 8-1. — С. 103.
17. **Modeling of the Cutting Head for Treating Holes in the Railway/ R. Mukanov, A. Kasenov, G. Itybaeva et al.** // Procedia Computer Science. — 2019. — № 149. — P. 355—359. DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.148.
18. **Матлыгин Г. В., Савилов А. В., Зарак Т. В.** Анализ прогрессивных технологий механообработки осевых режущих инструментов // Вестник Иркут. гос. техн. ун-та. — 2020. — Т. 24. — № 3(152). — С. 498—513. DOI 10.21285/1814-3520-2020-3-498-513.
19. **Khodzhibergenov D. T., Esirkepov A., Sherov K. T.** Rational milling of metals // Russian Engineering Research. — 2015. — Vol. 35. — № 1. — P. 43—45. DOI:10.3103/s1068798x1501013x.
20. **Индаков Н. С., Бинчуров А. С., Гордеев Ю. И., Киселев Д. И.** Исследование процесса ротационного точения многогранными резцами // Решетневские чтения. — 2015. — Т. 1. — С. 464—466.
21. **Куликов М. Ю., Попов А. Ю., Волков Д. В.** Реализация ротационного точения в производственных условиях // Вестник Брянского государственного технического университета. — 2017. — № 6(59). — С. 28—31. DOI 10.12737/article_59cd769d871dd9.90790664.
22. **Яндекс.** Патенты [Электронный ресурс] URL: <https://yandex.ru/patents>.
23. **Пат. 191562 РФ, U1 МПК В 23 В 27/12.** Ротационный самовращающийся резец / Железнов Г. С.; № 2019107632; заявл. 15.03.2019; опубл. 13.08.2019.
24. **Пат. 2566245 РФ, C1 МПК В23В 27/12.** Ротационный резец / Рогов В. А., Рогова А. В., Никифорова Т. В.; № 2014111411/02; заявл. 26.03.2014; опубл. 20.10.2015.
25. **А. с. 1666275 СССР, A1 МПК В 23 В 27/12.** Ротационный резец / Сталинский Д. В., Стукало Н. Н., Землянский В. А. и др.; № 4660311; заявл. 07.03.1989; опубл. 30.07.1991.
26. **Заявление на выдачу патента на изобретение № 2021/0794.1** Ротационный безвершинный поворотный токарный резец со стружколомом / Касенов А. Ж., Евтушенко Т. Л., Мусина Ж. К., Итыбаева Г. Т., Абишев К. К., Искокова Д. А. Янюшкин А. С.; Республика Казахстан от 27.12.2021.

Поступила в редакцию 15.01.2022; после доработки 15.01.2022; принята к публикации 15.01.2022.