

УДК 621.914

Е.В. Павлов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: evp.kstu@mail.ru)

И.М. Смирнов, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: konf-ukmis@yandex.ru)

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗЦОВ ИЗ КОМПОЗИТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ, ОБРАЗОВАННЫХ СОЧЕТАНИЕМ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В работе установлена сложность токарной обработки конструктивных элементов изделий, представляющих комбинированную поверхность, а именно металлическую основу с включениями полимерных материалов, выявлена невозможность обеспечения требуемых показателей качества обработки традиционными инструментальными материалами, особенно на участках контакта металла и полимера. Представлены главные технологические задачи, которые следует решить в комплексе при конструировании токарных инструментов: обеспечение безударных условий внедрения режущего элемента в прерывистую обрабатываемую поверхность; достижение высоких показателей качества и точности поверхности, образованной сочетанием разнородных конструкционных материалов; гашение колебаний, вызванных прерывистым характером процесса резания. Выполнен обзор нескольких конструкций токарных резцов с демпфирующими элементами, способных обеспечить гашение колебаний и вибрации. Исследованы характер и степень влияния прерывистых условий резания при демпфировании вибраций и нагрузок на показатели качества обработки и стойкость инструмента. Выявлены основные характеристики и особенности рассматриваемых конструкций металлорежущих инструментов, предложены конструкторские и технологические решения для внедрения имеющих демпфирующие свойства конструкций инструмента в производственный процесс, рекомендованы способы борьбы с вибрациями, возникающими в процессе токарной обработки комбинированных поверхностей. Производственные испытания новых конструкций резцов в условиях прерывистого резания конструктивно сложных поверхностей деталей машин, работающих в условиях знакопеременных нагрузок, показали высокую работоспособность сверхтвердых инструментальных материалов на основе кубического нитрида бора. В условиях демпфирования, при точении деталей из сталей марок 40ХН, 12ХН3А высокой твердости, достигнуто качество обработки седьмого качества при показателе шероховатости обработанной поверхности $Ra \leq 0,63$ мкм, в том числе и поверхностей резания, представляющих сочетание нескольких конструкционных материалов.

Ключевые слова: инструментальное обеспечение, токарная обработка, композит, комбинированные поверхности, сочетание материалов.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-2-91-98

Ссылка для цитирования: Павлов Е.В., Смирнов И.М. О возможности применения резцов из композита при обработке поверхностей деталей, образованных сочетанием конструкционных материалов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. Т. 21, № 2(71). С. 91-98.

В различных отраслях промышленности используются изделия, в составе которых находят применение детали с основными конструктивными элементами, представляющими комбинированную поверхность: металлическую основу с включениями полимерных материалов, например полиамида.

В изготовлении подобных деталей главной технологической проблемой яв-

ляется инструментальное обеспечение и выбор способа обработки для воспроизводства заданных показателей качества. Традиционными инструментальными материалами комбинированные поверхности практически не поддаются обработке, поэтому требуются дополнительные решения, вплоть до внесения изменений в конструкцию детали и создания новых конструкций инструмента.

Ранее ограничения в применении современного инструментального обеспечения для обработки точением конструктивно сложных поверхностей деталей касались известных положений о высокой хрупкости инструментальных материалов, в частности композитов, особенно при обработке прерывистых, наплавленных и комбинированных поверхностей, состоящих из разнородных конструкционных материалов [1-9].

В Юго-Западном государственном университете проводятся исследования по созданию современного инструментального обеспечения процессов прерывистого резания, одной из разновидностей которого является точение поверхностей деталей, образованных сочетанием разнородных конструкционных материалов. При конструировании инструментов решается взаимосвязанный комплекс технологических задач, в том числе:

- обеспечение безударных условий внедрения режущего элемента в прерывистую обрабатываемую поверхность;
- достижение высоких показателей качества и точности поверхности, образованной сочетанием разнородных конструкционных материалов;

– гашение колебаний, вызванных прерывистым характером процесса резания.

Если первые две задачи были изучены достаточно полно [10-14] и известны рекомендации, заключающиеся в создании условий контакта режущий элемент – обрабатываемая поверхность, при которых врезание происходит наиболее отдаленной от вершины частью передней поверхности резца, то третья задача – создание безударных условий при точении прерывистых поверхностей, решена относительно недавно.

Предложена конструкция демпфирующего резца (рис. 1), состоящего из выборки, выполненной равномерно по периметру конца державки (поз.3) на длине L от ее торца до выступающей части с режущей вставкой (поз.1). Конец державки с выборкой размещен в изготовленном в виде прямоугольного параллелепипеда металлическом стакане (поз.4) с одинаковыми зазорами t по его основанию и стенкам, при этом зазоры t заполнены вставкой (поз.5) из материала с высоким демпфированием, а державка установлена без возможности контактирования со стаканом [15].

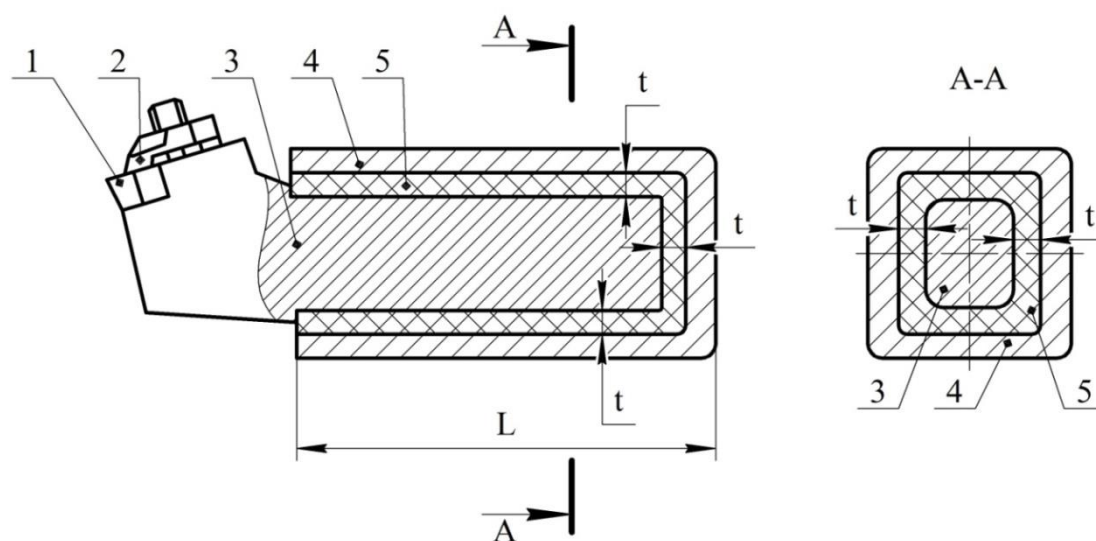


Рис. 1. Демпфирующий резец

Такая конструкция позволяет повысить надежность процесса резания с ударом за счет возможности минимизации воспринимаемых державкой сил резания путем подбора жесткости материала с высоким демпфированием вставки. Также решается вопрос обеспечения заданного качества обработки конструктивно сложных поверхностей деталей, так как державка без возможности контактирования со стаканом размещена во вставке, заполняющей зазоры между основанием, стенками стакана и державкой. Поэтому происходит высокоэффективное демпфирование продольных и поперечных вибраций и ударных нагрузок, возникающих в процессе резания.

Разработана также конструкция универсального демпфирующего резца (рис. 2) отличительной чертой которого является то, что режущая вставка (поз.1) по-

средством узла (поз.2) жестко фиксирована на верхней поверхности Б металлической оправки, имеющей вид прямоугольного параллелепипеда (поз.3), размещенной в тонкостенном контейнере (поз.4) с одинаковыми зазорами t по его основанию и стенкам. Зазоры заполнены вставкой (поз.5), состоящей из материала с высоким демпфированием, а оправка выступает над контейнером без соприкосновения с ним режущей вставки и узла ее крепления, в выборке, выполненной по форме контейнера и ориентированной по нормали к верхней плоскости В переднего конца державки (поз.6). Контейнер неподвижно закреплен в державке резца таким образом, чтобы не допустить контакт режущей вставки и узла ее крепления на оправке с державкой и обеспечить возможность обработки режущей вставкой материала заготовки [16].

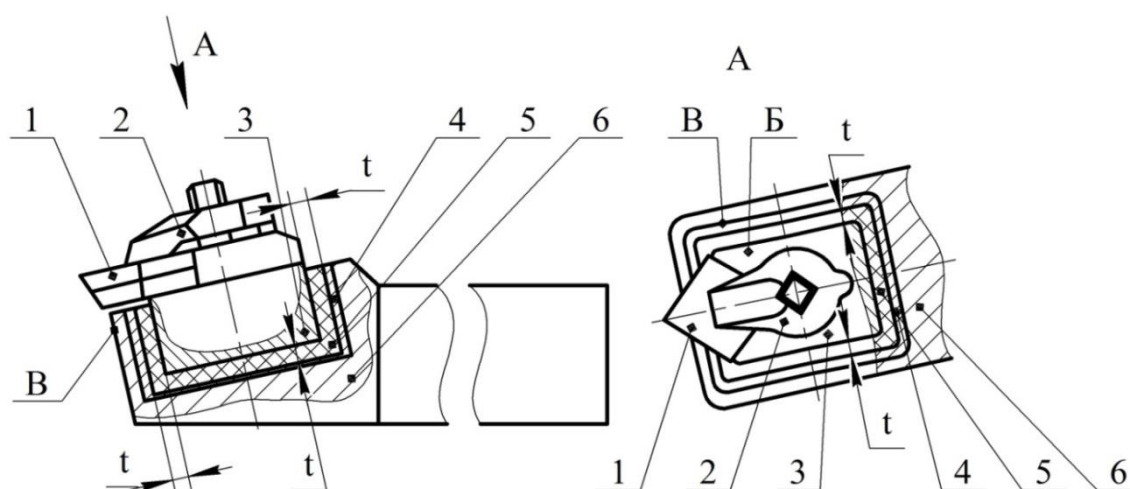


Рис. 2. Универсальный демпфирующий резец

За счет того, что оправка с жестко зафиксированным на ней узлом крепления режущей вставки размещена в державке из материала с высоким демпфированием и отсутствует возможность контактирования режущей вставки и узла ее крепления с контейнером и державкой, обеспечивается требуемое качество обра-

ботки. Также повышается надежность устойчивого процесса прерывистого резания, так как материал с высоким демпфированием виброизолирует ударные нагрузки как в направлении от детали и режущей вставки к державке и резцедержателю, так и в обратном – от резцедержателя и державки к режущей вставке и детали.

Таким образом, универсальный демпфирующий резец позволяет достичь устойчивого технического результата по повышению качества обработки и надежности процесса прерывистого резания.

Ввиду того, что детали машин изготавливаются из широкого диапазона материалов и имеют различные элементы прерыва, появляется большое разнообразие возможных условий обработки. Поэтому существует потребность в индивидуальной настройке инструментальной оснастки под конкретные условия обработки.

Эту задачу может решить конструкция демпфирующего резца с регулируемой жесткостью (рис. 3).

Оригинальностью конструкции резца [17] является то, что выборка выполнена с образованием цилиндрической поверхности Б державки (поз.3) на длине L от ее торца до выступающей части с режущей вставкой (поз.1). Цилиндрический конец державки размещен в замкнутой эластичной оболочке из вулканизированного материала, имеющей форму стакана (поз.4) с сообщающимися полыми стенками и

днищем, снабженным с внешней стенки цилиндрическим штуцером (поз.5). Внутренний диаметр стакана и его высота от внутренней стенки дна равны соответственно диаметру d державки и длине L ее цилиндрической части. Стакан с державкой по всей его высоте свободно с зазорами установлен в цилиндрическом металлическом контейнере (поз.В), который имеет сквозное отверстие в дне диаметром d_2 (поз.7) и расположенные с диаметрально противоположных сторон внешней поверхности контейнера две параллельные лыски (поз.8). Через штуцер, закачан сжатый воздух в днище и стенки стакана до заполнения ими зазоров и создания необходимого избыточного давления с возможностью регулирования жесткости резца за счет дополнительного закачивания воздуха в замкнутую эластичную оболочку стакана или сбрасывания его из оболочки без контактирования поверхностей державки и штуцера с контейнером и расположения лысок контейнера параллельно нижней поверхности В конца державки с режущей вставкой.

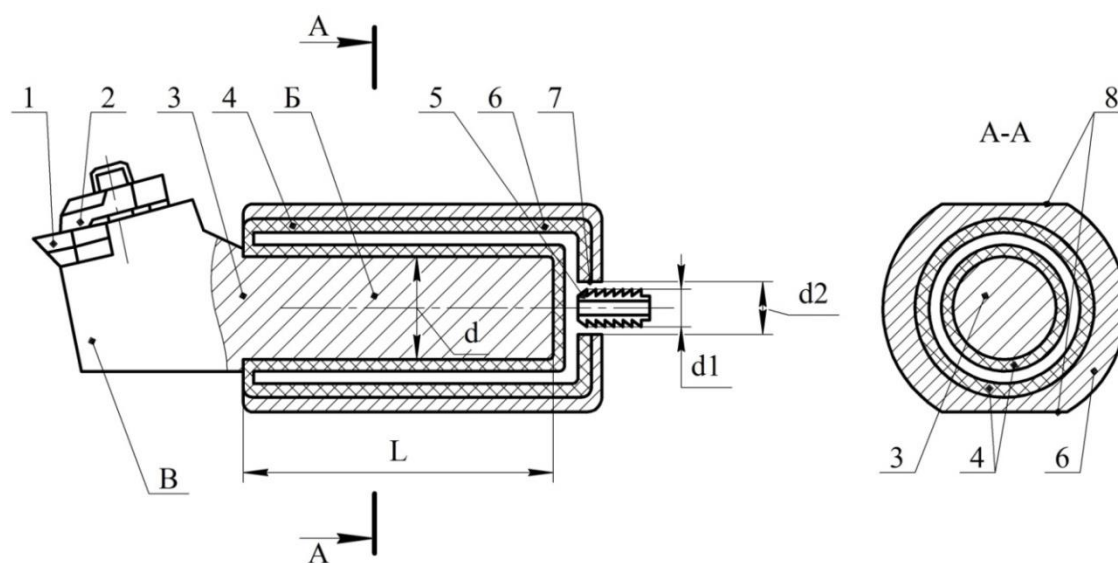


Рис. 3. Демпфирующий резец с регулируемой жесткостью

Таким образом, за счет дистанционного бесступенчатого регулирования жесткости изменением давления в замкнутой эластичной оболочке стакана улучшаются эксплуатационные характеристики резца. В свою очередь, повышается и его стойкость, так как днищем и стенками стакана осуществляется высокоэффективное демпфирование соответственно продольных и поперечных вибраций и ударных нагрузок за счет виброизоляции режущей вставки с узлом ее крепления в державке от резцедержателя.

Производственные испытания новых конструкций резцов в условиях прерывистого резания конструктивно сложных поверхностей деталей породоразрушающих машин показали высокую работоспособность инструментального материала композит 10, который при обычном исполнении резцов практически непригоден для прерывистого резания, в связи со своей высокой склонностью к трещинообразованию и хрупкостью. В условиях демпфирования, при точении деталей из сталей марок 40ХН, 12ХН3А высокой твердости, достигнуто качество обработки седьмого квалитета при показателе шероховатости обработанной поверхности $Ra \leq 0,63$ мкм, в том числе и поверхностей резания, представляющих сочетание нескольких конструкционных материалов.

Обзор виброустойчивых конструкций резцов показал, что включенные в конструкцию демпфирующие элементы позволяют решить сразу несколько проблем, возникающих в процессе резания: гашение вибраций, повышение надежности, получение заданного качества обработки, обеспечение стойкости инструмента [18-20].

Список литературы

1. Кудряшов Е.А. Технологические особенности лезвийной обработки комбинированных поверхностей деталей композитами // Обработка металлов. 2002. № 1(14). С. 26–28.
2. Кудряшов Е.А. Обработка деталей из разнородных конструкционных материалов инструментом из композитов // Станки и инструменты. СТИН. 2008. № 12. С. 26–28.
3. Симонян М.М. Исследование динамики силового и теплового воздействий на твердосплавный инструмент при прерывистом резании // Вестник машиностроения. 2004. № 12. С. 54-56.
4. Солодков В.А., Тибиркова М.А. Влияние условий выхода на работоспособность твердосплавного инструмента при прерывистом резании // Известия ВолГТУ. 2010. № 12. С. 63-65.
5. Кудряшов Е.А., Емельянов С.Г., Локтионова О.Г. Обработка пакетов из разнородных материалов инструментом из композитов // Труды Арсеньевского технологического института (филиала) ДВГТУ. Арсеньев: АрТИ ДВГТУ, 2009. Вып. 2. С. 12–17.
6. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2000.
7. Кудряшов Е.А., Смирнов И.М. К выбору рационального способа восстановления работоспособности изношенных поверхностей деталей // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2014. № 1. С. 8-13.
8. Кудряшов Е.А., Смирнов И.М. Классификация деталей и поверхностей как предпосылка построения высокоэффективных технологий механической об-

работки // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2014. № 1. С. 27-34.

9. Смирнов И.М. Повышение эффективности процессов механической обработки конструктивно сложных деталей машин. М.: Триумф, 2012. 224 с.

10. Павлов Е.В. Исследование термомеханических процессов резания деталей погружных пневмоударников // Известия ТулГУ. Технические науки. 2014. Вып. 5. С. 150-158.

11. Павлов Е.В., Кудряшов Е.А., Лушин Д.Ю. Преимущества лезвийной технологии обработки деталей инструментом из композита // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2011. № 5. С. 77-80.

12. Павлов Е.В. Исследование конструкторско-технологических особенностей базовых деталей пневмоударников и породоразрушающего инструмента // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2013. № 3. С. 68-76.

13. Павлов Е.В., Червяков Л.М. Исследование стойкости токарных инструментов из композитов при обработке прерывистых поверхностей // Известия Юго-Западного государственного университета. 2015. № 3(60). С. 68-75.

14. Павлов Е.В., Локтионова О.Г., Яцун С.Ф. Совершенствование технологии восстановления изделий с применением обработки инструментами, осна-

щенными сверхтвердыми материалами // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 1 (40). С. 120-127.

15. Пат. 2457077 Российская Федерация, МПК В 23 В 27/00. Демпфирующий резец / Е.В. Павлов, Е.И. Яцун. – № 2011106621/02; заявл. 22.02.2011; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 21.

16. Пат. 2457078 Российская Федерация, МПК В 23 В 27/00. Универсальный демпфирующий резец / Е.А. Кудряшов, Е.В. Павлов. № 2010145193/02; заявл. 03.11.2010; опубл. 27.07.2012, Бюл. № 21.

17. Пат. 2479385 Российская Федерация, МПК В 23 В 27/00. Демпфирующий резец с регулируемой жесткостью / Е.А. Кудряшов, Е.И. Яцун. № 2011141683/02; заявл. 13.10.2011; опубл. 20.04.2013, Бюл. № 11.

18. Повышение устойчивости процесса точения демпфирующим резцом / С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, Е.В. Павлов [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 3 (36). С. 122-125.

19. Яцун Е.И., Ремнев А.И., Павлов Е.В. Ресурсосберегающие системы резания с инструментом из композитных материалов // СТИН. 2013. № 7. С. 29-35.

20. Обеспечение точности отверстий при ремонте деталей машин / Е.А. Кудряшов, Е.В. Павлов, Е.И. Яцун [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2010. № 10. С. 37-38.

Поступила в редакцию 14.03.17

UDC 621.914

E.V. Pavlov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: evp.kstu@mail.ru)

I.M. Smirnov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: konf-ukmis@yandex.ru)

APPLICABILITY OF COMPOSITE CUTTERS FOR MASHINING SURFACES FORMED BY A COMBINATION OF STRUCTURAL MATERIALS

The paper states the difficulty of turning of structural elements of items with a combined surface, namely, a metal base surface with inclusions of polymer materials; impossibility to provide the required performance quality using traditional tool materials, especially in the areas of metal and polymer contact is shown. Major technological challenges that should be addressed as a whole while designing turning tools are presented. They are: providing shock-free conditions for digging of the cutting element in a discontinuous surface; achievement of high levels of quality and accuracy of the surface formed by the combination of dissimilar structural materials; damping of oscillations caused by the discontinuous nature of the cutting process. Several designs of turning tools with damping elements suitable for oscillation and vibration damping were reviewed. The nature and extent of the influence of intermittent cutting conditions when damping vibrations and loads on the machining quality levels and tool life were investigated. The main characteristics and features of the considered designs of cutting tools were studied; design and engineering solutions for the implementation of tools with damping properties into the production process were proposed; ways for abatement of vibrations arising in the process of turning of combined surfaces were recommended. Performance testing of new designs of cutters under conditions of intermittent cutting of structurally complex surfaces of machine parts operating under alternating loads showed high performance of super-hard tool materials based on cubic boron nitride. Under damping while turning parts made of HH 40KHN, 12KHN3A steel, the quality of the machining of the seventh quality grade with the index of roughness of the processed surface $Ra \leq 0.63 \mu m$, including surface cutting, which is a combination of several structural materials, was achieved.

Key words: tools, turning, composite, combined surfaces, mix of materials.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-2-91-98

For citation: Pavlov E.V., Smirnov I.M. Applicability of Composite Cutters for Machining Surfaces Formed by a Combination of Structural Materials, Proceeding of Southwest State University, 2017, vol. 21, no. 2(71), pp. 91-98 (in Russ.).

Reference

1. Kudrjashov E.A. Tehnologicheskie osobennosti lezviynoj obrabotki kombinirovannyh poverhnostej detalej kompozitami // Obrabotka metallov. 2002. № 1(14). S. 26–28.

2. Kudrjashov E.A. Obrabotka detalej iz raznorodnyh konstrukcionnyh materialov instrumentom iz kompozitov // Stanki i instrumenty. STIN. 2008. № 12. S. 26–28.

3. Simonjan M.M. Issledovanie dinamiki silovogo i teplovogo vozdeystvija na tverdosplavnyj instrument pri preryvistom rezanii // Vestnik mashinostroenija. 2004. № 12. S. 54-56.

4. Solodkov V.A., Tibirkova M.A. Vlijanie uslovij vyhoda na rabotosposobnost'

tverdosplavnogo instrumenta pri preryvistom rezanii // Izvestija VolgGTU. 2010. № 12. S. 63-65.

5. Kudrjashov E.A., Emel'janov S.G., Loktionova O.G. Obrabotka paketov iz raznorodnyh materialov instrumentom iz kompozitov // Trudy Arsen'evskogo tehnologicheskogo instituta (filiala) DVGTU. Arsen'ev: ArTI DVGTU, 2009. Vyp. 2. S. 12–17.

6. Suslov A.G. Kachestvo poverhnostnogo sloja detalej mashin. M.: Mashinostroenie, 2000.

7. Kudrjashov E.A., Smirnov I.M. K vyboru racional'nogo sposoba vosstanovlenija rabotosposobnosti iznoshennyh poverhnostej detalej // Izvestija Jugo-Zapadnogo

gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. 2014. № 1. S. 8-13.

8. Kudrjashov E.A., Smirnov I.M. Klasifikacija detalej i poverhnostej kak predposylka postroenija vysokojeffektivnyh tehnologij mehanicheskoj obrabotki // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. 2014. № 1. S. 27-34.

9. Smirnov I.M. Povyshenie jeffektivnosti processov mehanicheskoj obrabotki konstruktivno slozhnyh detalej mashin. M.: Triumf, 2012. 224 s.

10. Pavlov E.V. Issledovanie termomehanicheskikh processov rezanija detalej pogrutznyh pnevmoudarnikov // Izvestija TulGU. Tehnicheskie nauki. 2014. Vyp. 5. S. 150-158.

11. Pavlov E.V., Kudrjashov E.A., Lunin D.Ju. Preimushhestva lezvičnoj tehnologij obrabotki detalej instrumentom iz kompozita // Fundamental'nye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii. 2011. № 5. S. 77-80.

12. Pavlov E.V. Issledovanie konstruktorsko-tehnologicheskikh osobennostej bazovyh detalej pnevmoudarnikov i porodorazrushajushhego instrumenta // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. 2013. № 3. S. 68-76.

13. Pavlov E.V., Chervjakov L.M. Issledovanie stojkosti tokarnyh instrumentov iz kompozitov pri obrabotke preryvistyh poverhnostej // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 3(60). S. 68-75.

14. Pavlov E.V., Loktionova O.G., Jacun S.F. Sovershenstvovanie tehnologij vosstanovlenija izdelij s primeneniem obrabotki instrumentami, osnashhennymi sverhtverdymi materialami // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. № 1 (40). S. 120-127.

15. Patent 2457077 Rossijskaja Federacija, MPK V 23 V 27/00. Dempfirujushhij rezec / E.V. Pavlov, E.I. Jacun. № 2011106621/02; zajavl. 22.02.2011; opubl. 27.02.2012, Bjul. № 21.

16. Patent 2457078 Rossijskaja Federacija, MPK V 23 V 27/00. Universal'nyj dempfirujushhij rezec / E.A. Kudrjashov, E.V. Pavlov. № 2010145193/02; zajavl. 03.11.2010; opubl. 27.07.2012, Bjul. № 21.

17. Patent 2479385 Rossijskaja Federacija, MPK V 23 V 27/00. Dempfirujushhij rezec s reguliruejmoj zhestkost'ju / E.A. Kudrjashov, E.I. Jacun. № 2011141683/02; zajavl. 13.10.2011; opubl. 20.04.2013, Bjul. № 11.

18. Povyshenie ustojchivosti processa tochenija dempfirujushhim rezcom / S.G. Novikov, V.V. Malyhin, E.V. Pavlov [i dr.] // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2011. № 3 (36). S. 122-125.

19. Jacun E.I., Remnev A.I., Pavlov E.V. Resursosberegajushhie sistemy rezanija s instrumentom iz kompozitnyh materialov // STIN. 2013. № 7. S. 29-35.

20. Obespechenie tochnosti otverstij pri remonte detalej mashin / E.A. Kudrjashov, E.V. Pavlov, E.I. Jacun [i dr.] // Remont. Vosstanovlenie. Modernizacija. 2010. № 10. S. 37-38.