

На правах рукописи



Дуреев Вадим Витальевич

**ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СОСТАВНЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН  
ДЛЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ**

Специальность 05.02.07 - Технология и оборудование механической  
и физико-технической обработки

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Томск – 2010

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета», г. Юрга

Научный руководитель: доктор технических наук,  
профессор Петрушин С. И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор Артамонов Е.В.

кандидат технических наук,  
доцент Нестеренко В.П.

Ведущая организация: ГОУ ВПО Кузбасский ГТУ

Защита состоится «24» марта 2010 г. в 15 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.269.01 при Томском политехническом университете по адресу: 634050, Томск, пр. Ленина, 30.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета по адресу: г. Томск, ул. Белинского, 53-а

Автореферат разослан «18» февраля 2010 г.

Ученый секретарь совета  
по защите докторских и кандидатских  
диссертаций Д 212.269.01



Т.Г. Костюченко

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Анализ перспектив развития зарубежной и отечественной инструментальной промышленности показывает, что в последние годы в области конструирования сборных режущих инструментов, оснащенных сменными многогранными пластинами (СМП), наметилась тенденция к освоению выпуска составных СМП, у которых только режущая вершина оформлена в виде вставки из инструментального материала, а основа выполнена из конструкционного материала. Эта тенденция обусловлена с одной стороны тем, что происходит миниатюризация процесса обработки резанием (сокращение сечения срезаемого слоя при одновременном значительном повышении скорости резания), а с другой – стремлением к всемерной экономии дорогостоящих инструментальных материалов. В настоящее время появилось большое разнообразие форм и размеров инструментальных вставок как из твердого сплава, так и из сверхтвердых материалов для чистовой лезвийной обработки. Опыт эксплуатации такого рода СМП показывает, что существует проблема низкой прочности сцепления вставки с основой СМП, вследствие чего при прерывистом резании, врезании и иных колебаниях силы резания вставка выкрашивается и СМП теряет свою работоспособность. Эта проблема усугубляется еще и тем, что при изготовлении и эксплуатации на составную СМП воздействуют мощные тепловые потоки, которые могут привести к возникновению межслойных трещин вследствие различных коэффициентов теплового расширения материалов основы и вставки. Поэтому изучение способов повышения прочности межслойного сцепления такого рода композиционных СМП представляет собой актуальную задачу как для практики их применения, так и для проектирования составных СМП для сборных режущих инструментов повышенной надежности.

**Целью диссертационной работы** является повышение работоспособности составных сменных режущих пластин путем увеличения прочности соединения вставки с материалом основы за счет оптимизации формы вставки и рационального подбора материалов в режущем композите.

### **Научная новизна работы.**

1. Установлено влияние формы вставки на напряженно-деформированное состояние (НДС) составных СМП.
2. Разработана методика проектирования составных режущих пластин с оптимальной формой инструментальной вставки.
3. Разработаны принципы рационального сочетания материалов в слоистых композитах, обеспечивающие повышение их прочности на границах раздела.

### **Практическая ценность работы.**

1. Разработаны рекомендации по конструированию составных сменных режущих пластин с оптимальной формой вставки, позволяющие еще на стадии проектирования рассчитывать форму вставки, снижая внутренние напряжения в СМП.
2. Разработана технология изготовления составных композиционных сменных многогранных пластин, позволяющая соединять материалы разнородного состава методом порошковой металлургии.
3. Созданы конструкции составных режущих пластин повышенной работоспособности, позволяющие снизить температуру в зоне резания и тем самым повысить их стойкость.

### **Методы исследования, достоверность и обоснованность результатов.**

Теоретические исследования проводились на основе численного метода конеч-

ных элементов (МКЭ), программирования и компьютерного моделирования с использованием современных средств вычислительной техники. Экспериментальные исследования выполнялись в лабораторных условиях и включали в себя определение предела прочности при изгибе, изготовление двухслойных твердосплавных пластин и их испытания в соответствии с техническими условиями для твердых сплавов, разработку технологии изготовления композиционных режущих пластин, а также проведение сравнительных испытаний по определению теплового поля при резании и стойкости. Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается результатами и воспроизводимостью экспериментальных исследований, их сходимостью с аналогичными данными других авторов, производственными испытаниями и апробацией полученных результатов.

**Личный вклад** автора состоит в постановке задач диссертации, проведении экспериментальных и теоретических исследований и в обработке полученных результатов, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, подготовке публикаций по данной теме.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Закономерности влияния на прочность составного режущего инструмента формы вставки из инструментального материала, свойств материалов вставки и основы пластины, а также технологии его изготовления.

2. Методика расчета прочности сцепления вставки и основы СМП, позволяющую выбрать наиболее эффективную форму вставки и оптимальное сочетание материалов.

3. Разработанные принципы оптимального сочетания материалов в слоистых композитах, обеспечивающие повышение их прочности на границах раздела

4. Модели современных составных СМП, позволяющие повысить работоспособность сборных инструментов, армированных инструментальными вставками.

**Реализация результатов работы.**

На одну из разработанных конструкций композиционной режущей пластины получен патент на полезную модель (№ 73252). Результаты работы внедрены на металлообрабатывающих предприятиях ООО «Дорметпром» (г. Юрга), ООО «Бико» (г. Юрга), ООО «Юргинский машзавод» (г. Юрга).

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы были доложены и обсуждены на трех международных конференциях студентов, аспирантов, и молодых ученых «Современные техника и технологии» - г. Томск (2002, 2003, 2005 гг.); на двух международных научно-технических конференциях «Современные проблемы в машиностроении» - г. Томск (2004, 2008 гг.); на пяти научных конференциях ЮТИ ТПУ в г. Юрга (2001, 2004, 2006 – 2008 гг.); на всероссийской научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в машиностроении» - г. Бийск (2003 г.); на Всероссийской конференции инновационных проектов аспирантов и студентов «Индустрия наносистем и материалы» - г. Москва (2005 г.); на двух международных научно-технических конференциях "Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении" - г. Тюмень (2005, 2008 гг.); на международной научно-технической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании» - г. Одесса (2006 г.); на четырех всероссийских научно-практических конференциях «Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе» - г. Новосибирск (2006 – 2009 гг.); на межотраслевой научно-технической конференции «Автоматизация и прогрессивные технологии» - г. Ново-

уральск (2008 г.); на международной конференции «Композиционные материалы в промышленности» - г. Ялта (2008 г.); на всероссийской научно-технической конференции «Механики – XXI веку» г. Братск (2008 г.); на Международной конференции по физической мезомеханике, компьютерному конструированию и разработке новых материалов – г. Томск (2009 г.); на расширенных заседаниях кафедр «Технология автоматизированного машиностроительного производства» ТПУ, «Технология машиностроения» ЮТИ ТПУ, «Металлорежущие станки и инструменты» КузГТУ (2009 г.), «Станки и инструменты» ТюмГНГУ (2010 г.).

Исследования проводились при содействии гранта для поддержки научно-исследовательской работы аспирантов высших учебных заведений Министерства образования № А04-3.18-430 (2004 г.); программы «СТАРТ», проводимой Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (2007 г.); гранта на проведение молодыми учеными научных исследований в ведущих научно-педагогических коллективах Томского политехнического университета (2009 г.).

Данная работа стала победителем всероссийского конкурса инновационных проектов аспирантов и студентов по приоритетному направлению ФЦНТП «Индустрия наносистем и материалы» - г. Москва (2005 г.); Лауреатом Открытого конкурса Санкт-Петербургского государственного политехнического университета «Инновация 2006» - г. Санкт - Петербург (2006 г.); Лауреатом Окружного этапа Всероссийского молодежного инновационного конвента по Сибирскому федеральному округу в номинации «Лучший инновационный проект» - г. Новосибирск (2009 г.).

**Публикации.** По содержанию работы и основным результатам исследований опубликовано 28 печатных работ, в том числе три патента на полезные модели и одна статья в издании, входящем в перечень ВАК.

**Структура и объем работы.** Работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Основное содержание работы изложено на 172 страницах и содержит 138 рисунков, 12 таблиц и список литературы, состоящий из 139 источников.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** изложена актуальность темы и представлено краткое содержание диссертации. Сформулированы цель, научная новизна и практическая ценность работы, а так же основные положения выносимые на защиту.

**В первой главе** проведен аналитический обзор и патентный поиск видов вставок из различных инструментальных материалов, а также конструкций составного и композиционного режущего инструмента. Предложена классификация композиционных режущих пластин. Рассмотрены условия отсутствия межслойных трещин в композиционных материалах. Проведен анализ существующих методик по созданию инструмента повышенной работоспособности по критерию равнопрочности лезвия, то есть лезвия, имеющего одинаковое НДС в определенных зонах.

Изучению проблем работоспособности и прочности режущего инструмента посвящено большое количество работ отечественных и зарубежных ученых (Е.В. Артамонов, А.И. Бетанели, А.С. Верещака, Г.И. Грановский, А.М. Даниелян, А.Е. Древаль, И.А. Ефимович, Н.Н. Зорев, Ю.Г. Кабалдин, В.С. Кушнер, Т.Н. Лоладзе, А.Д. Макаров, Ю.И. Некрасов, С.И. Петрушин, М.Ф. Полетика, А.Н. Резников, А.М. Розенберг, С.И. Тахман, М.Х. Утешев, Г.Л. Хаэт, Steven Knott и другие исследователи). В работах А.А. Моховикова, И.М. Бобровича создан инструмент повышенной работоспо-

способности при обеспечении критерия равнопрочности за счет изменения формы передней поверхности режущей части. В работе О.Ю. Ретюнского данный критерий обеспечивается созданием композиционного лезвия с переменными по его сечению значениями модуля упругости.

На основании аналитического обзора литературы и проведенного патентного поиска была сформулирована цель и определены следующие **задачи работы**:

1. Подобрать материалы основы и инструментальные материалы вставки для обеспечения условия отсутствия межслойных трещин, возникающих при изготовлении и эксплуатации составных СМП.
2. Рассчитать напряжения, возникающие в режущем клине при резании пластиной со вставкой, выявить опасные по прочности зоны и определить такую форму вставки, при которой внутренние напряжения в СМП будут минимальными.
3. Разработать методику проектирования составных сменных многогранных пластин со вставками для оснащения сборных режущих инструментов и спроектировать составную сменную режущую пластину с оптимальной формой вставки.
4. Разработать технологию производства и изготовить составные режущие пластины со вставками, а также провести сравнительные эксперименты по определению стойкости и температуры резания при работе однородным и составным инструментом.

**Во второй главе** определены условия отсутствия межслойных трещин в составной режущей пластине, проведены расчеты по определению материалов основы и вставки, сочетающихся без образования межслойных трещин, а так же проведена экспериментальная проверка данной методики при спекании двухслойных пластин.

Одной из задач, необходимой для решения проблемы увеличения прочности составных СМП, является обеспечение отсутствия межслойных трещин на границе раздела материалов основы и вставки, которые возникают вследствие различных коэффициентов термического линейного расширения данных материалов. Используя методику проф. А.С. Верещака, были определены условия отсутствия трещин, основанные на сравнении напряжений, возникающих при максимальном нагреве слоистого композита со значениями пределов прочности материалов основы и вставки

$$\begin{cases} \sigma_{o1} \leq [\sigma]_p / K_3, & \sigma_{o1} > 0; \\ \sigma_{o2} \leq [\sigma]_c / K_3, & \sigma_{o2} < 0, \end{cases} \quad (1)$$

где  $[\sigma]_p$  и  $[\sigma]_c$  - пределы прочности материала соответственно при растяжении и сжатии;  $K_3$  - коэффициент запаса;  $\sigma_{o1}$  - остаточные напряжения в материале с меньшим значением коэффициента термического линейного расширения  $\alpha_T$ ;  $\sigma_{o2}$  - то же, с большим значением  $\alpha_T$ .

Для расчета величины остаточных напряжений на границе фаз в работе использована следующая формула:

$$\sigma_{o1} = (\alpha_{T1} - \alpha_{T2}) \Delta T / \left[ \frac{1 - \mu_1}{E_1} + \frac{1 - \mu_2}{E_2} \cdot \frac{h_1}{h_2} \right], \quad (2)$$

где  $\alpha_{T1}, E_1, \mu_1$  - коэффициент термического линейного расширения, модуль упругости и коэффициент Пуассона для первого материала;  $\alpha_{T2}, E_2, \mu_2$  - то же, для второго материала;  $\Delta T$  - температура нагрева при изготовлении или эксплуатации,  $h_1$  и  $h_2$  - толщины первого и второго слоя, соответственно.

На рис. 1 представлены некоторые результаты расчетов в программе MathCad двух сочетаний вставки из твердого сплава с материалами основы пластины. Как видно, при сочетании материалов Т15К6 и ВК8 (рис. 1, а) не происходит пересечения

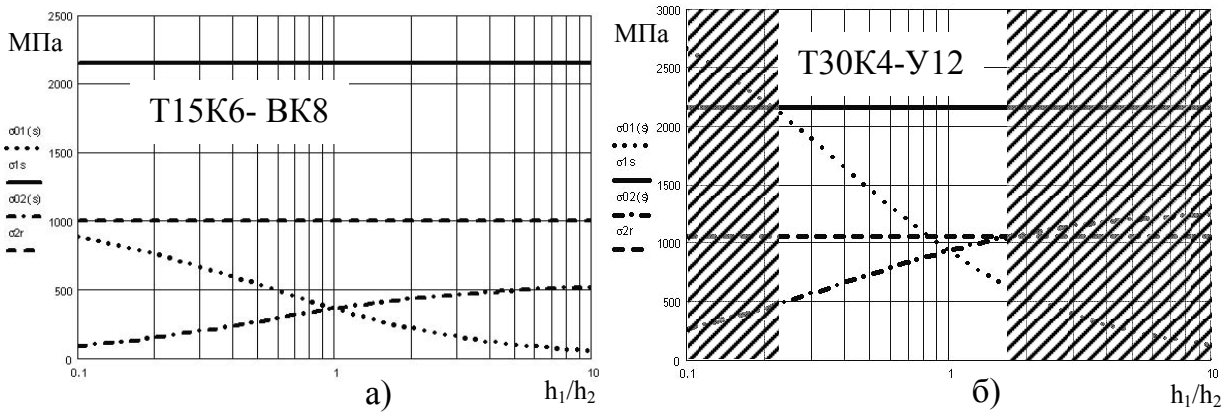


Рис. 1 Изменение термических напряжений в зависимости от толщины слоев

кривой термических напряжений линии предела прочности при любых соотношениях толщин. Следовательно, при таком сочетании материалов вставки и основы не будет образовываться межслойных трещин. При сочетании Т30К4-У12 (рис. 1, б) возможность существования монолитной двухслойной пластины с одной стороны ограничена возникновением межслойных трещин из-за превышения предела прочности на сжатие Стали У12, а с другой – пределом прочности на растяжение твердого сплава (заштрихованная область графика). Существование такой композиции возможно при отношении толщин от 0,22 до 1,8. Рассчитывались также сочетания твердого сплава (марки ВК8, Т5К10, Т15К6 и др.) со Сталями 60, 12МХ, У12. Наиболее оптимальным с точки зрения трещиностойкости из рассмотренных сочетаний материалов является соединение Стали 60 со многими видами твердого сплава. При расчетах сочетания твердого сплава Т30К4 с ВК8 при соотношении толщин равным единице, возникающие тепловые напряжения превысили значения предела прочности при растяжении твердого сплава Т30К4, что должно привести к появлению межслойных трещин.

Для подтверждения результатов расчетов были изготовлены двухслойные образцы с соотношением толщин, равным единице, из разных сочетаний твердых сплавов (ВК8, Т5К10, Т15К6, Т30К4), которые в основном дали качественное соединение без образования трещин и расслоений. Исключение составило сочетание ВК8-Т30К4, у которого при спекании всех образцов появились трещины на границе раздела материалов (рис. 2), что соответствует ранее проведенным расчетам.

Таким образом, используя данную расчетную методику, можно еще на начальном этапе проектирования подобрать материал основания составной СМП, сочетающийся с материалом вставки без трещин, вызванных разными величинами  $\alpha_T$ .



Рис. 2 Вид разрушения двухслойной пластины ВК8-Т30К4

**В третьей главе** были разработаны конструкции равнопрочных композиционных СМП, проведены расчеты по определению НДС в зависимости от формы инструментальной вставки, а так же были определены положения нулевой линии напряжений для проектирования формы вставки в составной СМП.

В работе О.Ю. Ретюнского получены двумерные решения по созданию композиционных СМП повышенной работоспособности, однако для создания объемной СМП этого недостаточно. Поэтому на первом этапе были спроектированы трехмерные композиционные модели режущих пластин по критерию равнопрочности для черновой (рис. 3, а) и чистовой обработки (рис. 3, б).

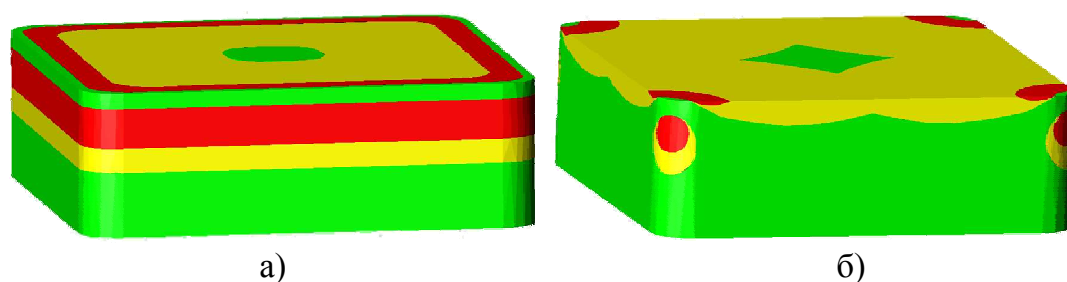


Рис. 3 Модели трехмерных композиционных СМП для  $P_z=1000$  Н;  $P_y=200$  Н.

■ - материал режущей части; ■ - материал основания; ■ - переходный материал.

Данные модели композиционных СМП очень сложны в производстве, и одним из возможных способов изготовления такого рода сложных изделий является селективное лазерное спекание порошков. В то же время эти решения являются идеальными проектами для составных СМП и отправной точкой для определения формы инструментальной вставки.

Для определения наиболее работоспособной формы вставки составных СМП был рассмотрен ряд распространенных форм инструментальных вставок из кубического нитрида бора (КНБ) и проведены расчеты МКЭ по определению НДС режущих пластин в зависимости от формы вставки (рис. 4, а, б) в сравнении с однородной пластиной из КНБ. Также проведено определение НДС составной пластины с формой вставки фирмы «Sandvik Coromant» типа «ласточкин хвост» (рис. 4, в). По сравнению с цельной у составных пластин с большинством форм вставок напряжения сжатия незначительно уменьшаются (рис. 5), и в тоже время существенно повышаются напряжения растяжения. Это оказывает отрицательное воздействие на прочность инструментальных материалов, которые имеют сравнительно небольшие пределы прочности при растяжении, а так же на общую прочность составной режущей пластины.

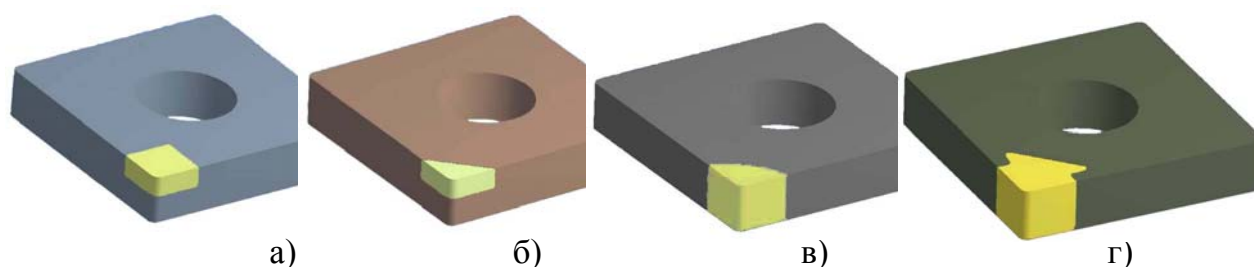


Рис. 4 Виды форм вставок из КНБ. а) «квадрат»; б) «треугольник»; в) «сегмент»; г) «ласточкин хвост»

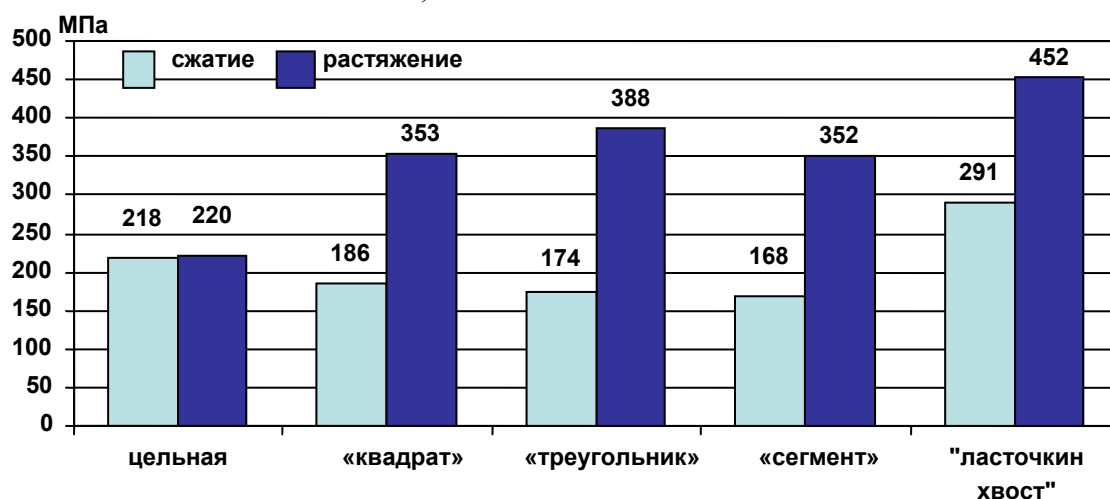


Рис. 5 Влияние формы вставки на максимальные напряжения при резании



Расчеты вставки типа «ласточкин хвост» показали существенное увеличение обоих видов напряжений (сжатия и растяжения), причем напряжения растяжения увеличились более чем в 2 раза по сравнению с цельной пластиной (см. рис. 5). В результате данный метод крепления вставки, увеличивая прочность сцепления за счет своей геометрии, значительно уменьшает прочность самой вставки из-за увеличения напряжений растяжения, что может привести к поломкам вставки в процессе работы.

В результате проведенного анализа наиболее оптимальной конструкцией вставки с точки зрения получения минимальных внутренних напряжений являются вставки типа «квадрат» и «сегмент». В изготовлении проще конструкция вида «квадрат», и поэтому она более предпочтительна, несмотря на некоторое увеличение напряжений по сравнению со вставкой сегментного вида.

Для определения напряжений в процессе свободного резания пластиной со вставкой из твердого сплава был произведен сравнительный расчет НДС методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS DesignSpace для однородной пластины из твердого сплава и формы вставки типа «квадрат». Исследовалось сочетание вставки твердого сплава Т15К6 с основой пластины из Стали 60 при различной геометрии режущей части и составляющими силы резания:  $P_z = 1000$  Н,  $P_y = 500$  Н. В результате получено увеличение напряжений растяжения почти в 2 раза для пластины со вставкой (рис. 6). Для уменьшения этих напряжений была предложена фигурная вставка, верхняя поверхность которой совпадает с положением нулевой линии напряжений. Расчет на НДС пластин с фигурной вставкой при тех же условиях показал, что напряжения повысились незначительно по сравнению с однородной пластиной из твердого сплава и стали значительно меньше, чем у пластин с прямоугольной вставкой (рис. 7).

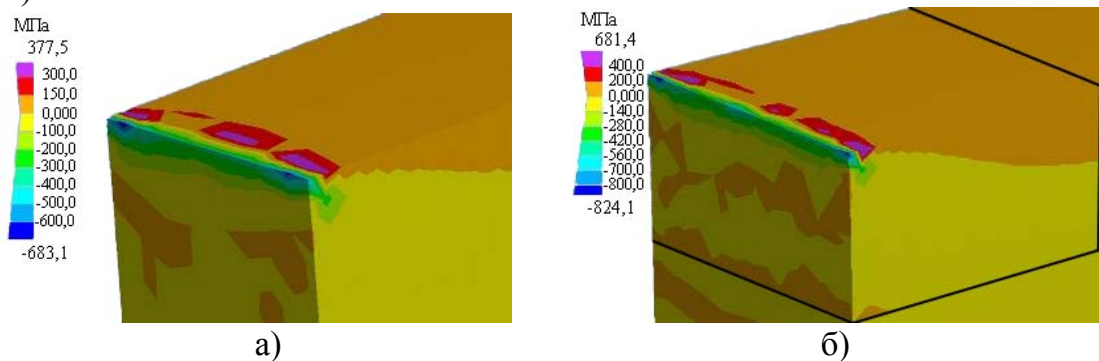


Рис. 6 Расчет НДС однородной пластины (а) и пластины со вставкой (б):  $\alpha=7^\circ$ ;  $\gamma=0^\circ$ .

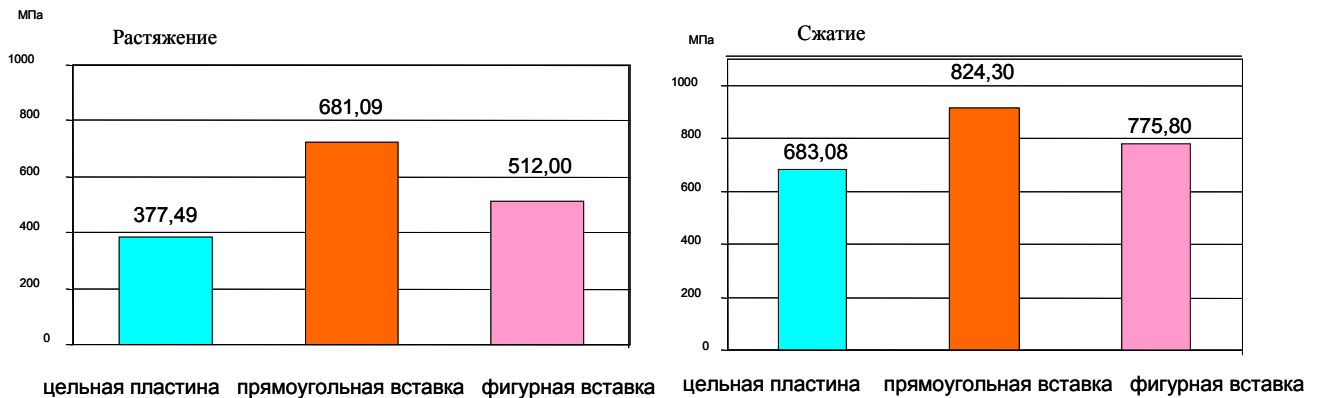


Рис. 7 Сравнение максимальных нормальных напряжений

Расчетная прочность пластин с фигурной вставкой повысилась по сравнению с конструкцией составных пластин с квадратной вставкой, так как здесь было использовано условие равнопрочности форм лезвия инструмента.

**В четвертой главе** изложена методика проектирования формы передней поверхности вставки по расчетам положения нулевой линии, была сконструирована конструкция режущей пластины для отрезного резца, а так же разработаны трехмерные проекты составных СМП со вставками.

Для сменных режущих пластин под отрезной резец была спроектирована конструкция композиционной составной режущей пластины с фигурной вставкой из твердого сплава Т15К6, на которую получен патент на полезную модель №73252 (рис. 8). При этом экономия твердого сплава по сравнению с однородной твердосплавной режущей пластиной составила около 80%.

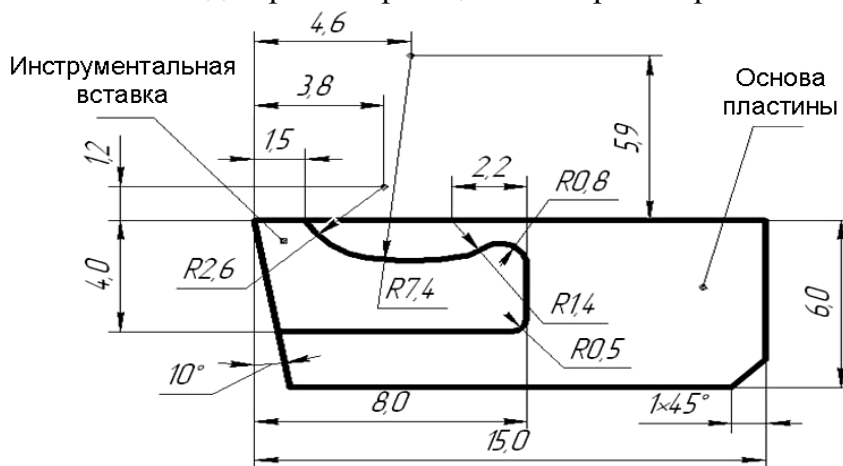


Рис. 8 Композиционная режущая пластина

При конструировании составных СМП с оптимальной формой вставки были проведены расчеты на НДС для отыскания положения и формы нулевой линии напряжений (рис. 9), рассчитанные в зависимости от формы СМП и составляющих силы резания. По этим данным были спроектированы трехмерные модели СМП квадратной и трехгранной формы с фигурными вставками (рис. 10).

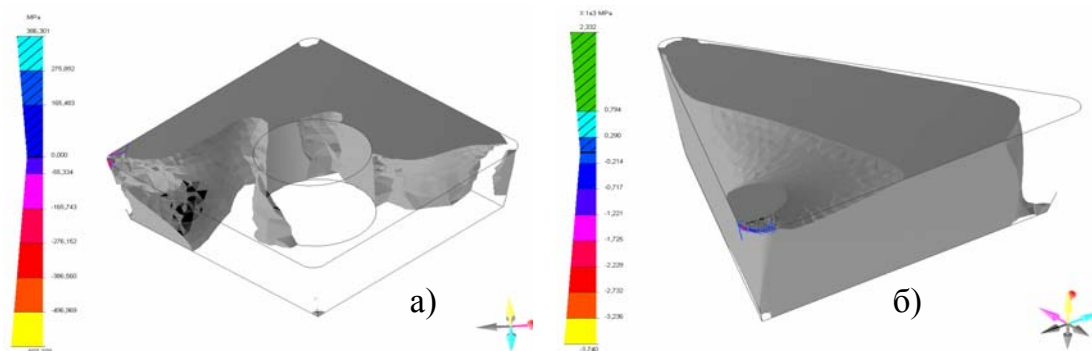


Рис. 9 Положение нулевой линии напряжений в квадратной (а) и трехгранной (б) СМП

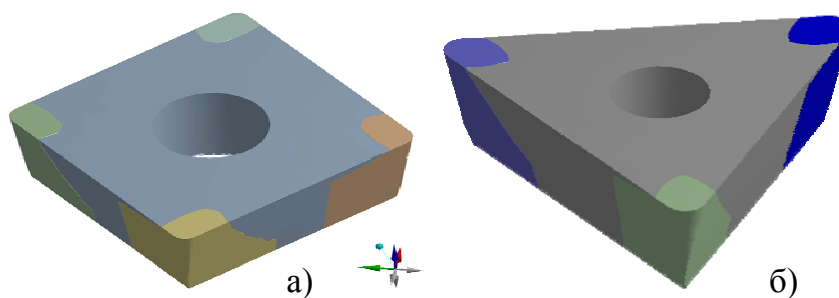


Рис. 10 Модели квадратной (а) и трехгранной (б) составной СМП

**В пятой главе** разработана технология изготовления составных режущих пластин, описаны сравнительные эксперименты по определению тепловых полей при резании и стойкости разработанных составных и однородных режущих пластин, а так же приводится экономическое обоснование целесообразности применения разработанного составного режущего инструмента.

В ходе экспериментов были изготовлены двухслойные пластины, которые проходили проверку на соответствие ГОСТу 4872, включающую в себя проведение исследований по определению плотности, твердости, предела прочности при изгибе, исследование макроструктуры и др.. Для изготовления двухслойных пластин было разработано приспособление, на конструкцию которого получен патент на полезную модель №47788. Все образцы спекались при идентичных режимах в вакуумной электропечи СТВ-3,23.1.2/14. Для сравнения проводилось изготовление однородных пластин из каждого вида твердого сплава, участвующего в спекании двухслойных пластин. В результате была доказана достоверность проведенных расчетов по определению условий отсутствия межслойных трещин.

Разработанная технология изготовления спроектированного режущего инструмента с фигурной вставкой включала следующее. Инструментальная фигурная вставка изготавливалась отдельно по стандартному технологическому процессу изготовления твердого сплава, либо вырезалась из уже спеченного твердого сплава другой формы. Вставка размещалась в пресс-форме, которая потом заполнялась материалом основы режущей пластины и происходило совместное прессование. Подготовленная шихта спекалась в вакуумной печи при определенных режимах. Полученная таким образом заготовка составной режущей пластины в дальнейшем может быть подвергнута последующей обработке, стандартной для однородного твердосплавного инструмента: шлифование, нанесение покрытий и других.

При изготовлении разработанной конструкции составного режущего инструмента с фигурной вставкой были подобраны оптимальные режимы изготовления: давление при прессовании 600 МПа, температура спекания 1150 °С и время спекания 1,5 часа. Они обеспечивали минимальную пористость, максимальную плотность, требуемую микротвердость и в тоже время небольшой размер зерна. Для лучшего взаимодействия материалов вставки (твердый сплав Т15К6) и основы пластины (состоящей из порошка железа 96%, графита 1,5% и меди 2,5%) на границу раздела материалов добавлялось небольшое количество порошка меди. В результате были получены качественные образцы составных композиционных режущих пластин (рис. 11).



Рис. 11 Составная режущая пластина для отрезного резца

Для определения температуры при резании проводились эксперименты однородной и составной режущими пластинами из твердого сплава Т15К6. Обработка проводилась на токарно-винторезном станке «Кусон 3» при свободном резании толстостенной трубы из Стали 55 диаметром 150 мм, толщиной стенки 3,5 мм (длина лезвия 5 мм) со скоростью резания 187 м/мин при продольной подаче 0,1 мм/об.

Измерение теплового поля проводилось на боковой поверхности резца после 60 секунд обработки тепловизором ThermoCam P65 HS фирмы FLIR на протяжении не менее 10 секунд. Исходные картины теплового поля с тепловизора в виде матриц передавались в программу MathLab, в которой производилась их обработка и построение диаграмм теплового поля при резании однородной (рис. 12, а) и составной (рис. 12, б) режущей пластиной. По данным диаграммам сделан вывод о том, что температура при резании разработанной составной режущей пластиной по сравнению с однородной твердосплавной уменьшилась в среднем на 18% в связи с большим отводом тепла из зоны резания через основу пластины, имеющую высокую теплопроводность.

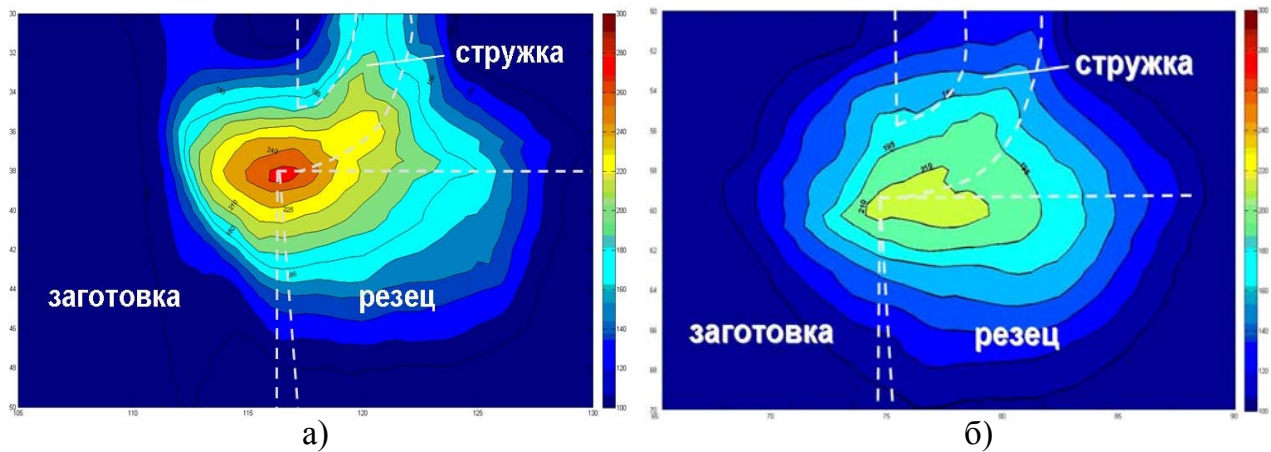


Рис. 12 Тепловое поле при резании однородной (а) и составной (б) пластинами (положение заготовки, резца и стружки показано условно)

Для определения стойкости разработанных составных режущих пластин был проведен сравнительный эксперимент на токарно-винторезном станке «Кусон 3» при тех же условиях. Износ измерялся по задней поверхности через каждые 20 сек. обработки, за критерий было принято значение износа по задней поверхности равное 1 мм. У предлагаемой составной режущей пластины стойкость возросла на 13% (рис. 13), при одинаковых значениях геометрии, режимов резания и одинаковым режущим материалом и у однородной режущей пластины и у составной.

Для определения эффективности применения разработанного составного режущего инструмента рассчитана себестоимость изготовления данного режущего инструмента. Поскольку входящие в технологический процесс изготовления составной

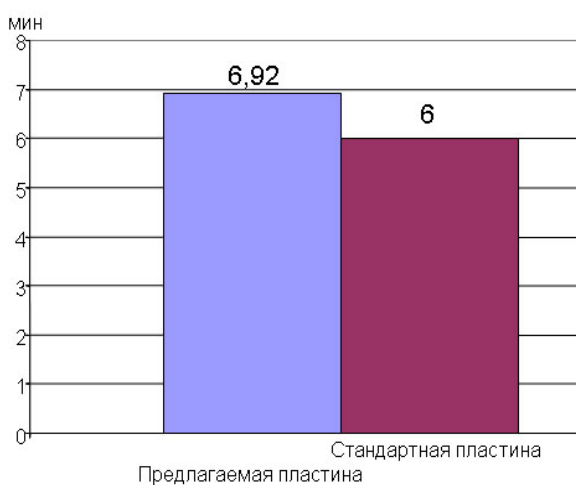


Рис. 13 Диаграмма стойкости

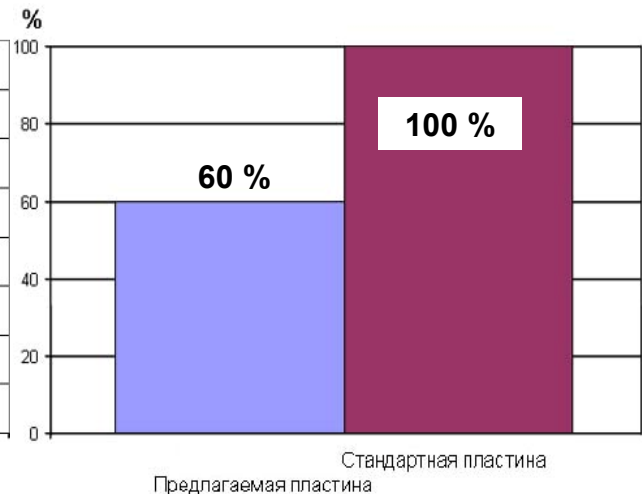


Рис. 14 Диаграмма себестоимости

режущей пластины технологические операции смешивания порошкообразных компонентов, сушки, пластифицирования, прессования, спекания аналогичны как при изготовлении составной, так и при изготовлении однородной режущей пластины, то эффект определялся на основе экономии инструментальных материалов и с учетом дополнительных затрат энергии, материалов и труда, необходимых для изготовления составного режущего инструмента по сравнению с изготовлением пластины из однородного материала.

Исходя из стоимости материалов основы и вставки, а так же их процентного содержания определялись затраты на материалы. К себестоимости изготовления составных пластин добавлялись дополнительные расходы на пресс-формы, дополнительное прессование, спекание, заработная плата и др. В результате себестоимость изготовления составного режущего инструмента составила не более 60% (см. рис. 14) от себестоимости изготовления однородного режущего инструмента за счет существенного сокращения использования дорогостоящего инструментального твердого сплава.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Одной из причин снижения прочности составных СМП при прочих равных условиях является неоптимальная форма вставки из инструментального материала.

2. Путем рационального сочетания материалов основы и вставки СМП, можно исключить возникновение термических межслойных трещин в инструментальных композитах.

3. Предложенная методика проектирования составного режущего инструмента с формой вставки из разнообразных инструментальных материалов, позволяет снизить напряжения растяжения в режущем инструменте в процессе резания.

4. Разработанные конструкции композиционных составных режущих пластин обеспечивают повышение прочности закрепления вставки из инструментального материала в основе пластины.

5. Экспериментальные исследования эксплуатационных свойств составных композиционных сменных пластин разработанной конструкции показали, что стойкость предлагаемых пластин на 13% выше, а температура на 18% ниже, по сравнению со стандартными цельными твердосплавными пластинами. Этот эффект объясняется лучшими условиями теплоотвода в предложенных составных СМП.

6. Разработанные конструкции композиционных составных СМП позволяют сократить использование дорогостоящего инструментального материала до 80% по сравнению с цельными СМП. Себестоимость изготовления разработанных составных режущих пластин с улучшенной работоспособностью составит 60% от себестоимости изготовления однородных режущих пластин.

7. На разработанную конструкцию режущей пластины получен патент на полезную модель № 73252, на предложенные конструкции устройств для изготовления режущих пластин получены патенты на полезные модели №№ 46695, 47788.

8. Результаты диссертационной работы внедрены на ООО «Дорметпром», ООО «Бико», ООО «Юргинский машзавод» (г. Юрга).

**Основное содержание диссертации изложено в работах (\*):**

1. Дуреев В.В., Овечкин Б.Б., Мельников А.Г. Проектирование и изготовление композиционного металлорежущего инструмента для свободного резания // Известия Томского политехнического университета. 2008. - Т. 313. №2. С 48-52.
2. Пат. 46695 на полезную модель / Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В22F3/105, В22F7/00. Устройство для изготовления режущих пластин / Дуреев В.В., Воробьев А.В., Ретюнский О.Ю.; Заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Томский политехнический университет. – заявл. 28.02.05; опубл. 27.07.2005, Бюл. № 16.
3. Пат. 47788 на полезную модель / Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В22F3/105, В22F7/00. Устройство для изготовления режущих пластин / В.В. Дуреев, О.Ю. Ретюнский, Е.А.Алферова – Заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Томский политехнический университет. – Заявл. 01.04.05; Опубл. 10.09.2005, Бюл. №25.
4. Пат. 73252 на полезную модель / Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В23В27/16. Композиционная режущая пластина / В.В. Дуреев – Заявитель и патентообладатель ООО «Экономтвёрдосплав» и ГОУ ВПО Томский политехнический университет. – Заявл. 20.03.2007; Опубл. 20.05.2008, Бюл. № 14.
5. Дуреев В.В., Ретюнский О.Ю. Построение трехмерных твердотельных моделей композиционных СМП // Труды XIV научно-практической конференции, посвященной 300-летию инженерного образования России. – Филиал ТПУ, Юрга: Изд. ТПУ, 2001. – С. 79-80.
6. Дуреев В.В., Ретюнский О.Ю. Методика изготовления равнопрочных СМП с уменьшенным содержанием твердого сплава // Ресурсосберегающие технологии в машиностроении: Материалы 2-ой межрегиональной научно-практической конференции с международным участием. - Алт. гос. техн. ун-та, 2002. – С.189.
7. Дуреев В.В., Ретюнский О.Ю. Методика проектирования и изготовление равнопрочных композиционных СМП методом селективного лазерного спекания (СЛС) // Труды VIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Современные техника и технологии". - Томск: Изд.ТПУ, 2002. - Т.2. - С. 106-107.
8. Дуреев В.В., Ретюнский О.Ю. Конструкция приспособлений для послойной за-сыпки порошковых материалов // IX Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Современные техника и технологии", г. Томск, 7-11 апреля 2003 г. Труды. В 2-ч т. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2003. – Т.1.- С. 186-188.
9. Дуреев В.В., Алферова Е.А., Ретюнский О.Ю. Классификация композиционных материалов и методика проверки трещиностойкости двухслойных СМП // Современные проблемы машиностроения. Труды II Международной научно-технической конференции. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – С. 163-167.
10. Дуреев В.В., Алферова Е.А., Ретюнский О.Ю. Проверка выполнения условия отсутствия трещин при спекании двухслойных СМП // Труды II Всероссийской научно-практической конференции «Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении». В 2-х т.– Филиал ТПУ, Юрга: Изд. ТПУ, 2004.-Т.1. – С.152.
11. Дуреев В.В. Композиционный металлорежущий инструмент с минимальным содержанием твердого сплава // Индустрия наносистем и материалы. Всероссийская

конференция инновационных проектов аспирантов и студентов: Материалы конференции. – М.: МИЭТ, 2005 – С. 61-65.

12. Дуреев В.В., Алферова Е.А. Композиционные сменные многогранные пластины с минимальным содержанием твердого сплава // Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении. Материалы III международной научно-технической конференции. – Тюмень: Феликс, 2005. – С. 92-93.

13. Дуреев В.В., Алферова Е.А. Методика проверки отсутствия трещин при спекании двухслойных режущих пластин // XI Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии», 29 марта-2 апреля 2005г. Труды в 2-х т. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2005. – Т.1. – С. 248-249.

14. Дуреев В.В. Влияние формы вставки на напряжено-деформированное состояние пластины // Труды IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении». В 2-х т.- ЮТИ ТПУ, Юрга: Изд. ТПУ, 2006.-Т.1. – С. 14-16.

15. Дуреев В.В. Определение формы вставки в композиционной режущей пластине // Сборник научных трудов по материалам международной научно-технической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2006». Т.2. Технические науки. – Одесса: Черноморье, 2006. – С. 67-69.

16. Дуреев В.В. Твердосплавный металлорежущий инструмент // Материалы 4-ой Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе». – Новосибирск: Изд. НГТУ, 2006 – С. 72-77.

17. Дуреев В.В. Влияние формы вставки КНБ на напряжено-деформированное состояние пластины // Труды V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Инновационные технологии и экономика в машиностроении». - ЮТИ ТПУ, Юрга: Изд. ТПУ, 2007.-558 с. С. 153-157.

18. Дуреев В.В. Оценка эффективности вторичного использования изношенных твердосплавных сменных многогранных пластин // Материалы 5-ой Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе». – Новосибирск: Изд. НГТУ, 2007. – 128 с. С. 111-113.

19. Дуреев В.В. Проектирование форм вставок в композиционном твердосплавном инструменте // Автоматизация и прогрессивные технологии: Труды V межотраслевой научно-технической конференции, том. I. – Новоуральск: Изд-во НГТИ, 2007. – 217с. С. 159-160.

20. Дуреев В.В. Отработка технологии изготовления подложки композиционной металлорежущей пластины // Современные проблемы машиностроения. Труды IV Международной научно-технической конференции. – Томск: Издательство ТПУ, 2008 – 666 с. С. 202 – 207.

21. Дуреев В.В. Композиционная режущая пластина для свободного резания // Сборник тезисов докладов: VII Конференция молодых ученых «КоМУ-2008» - Ижевск: ФТИ УрО РАН, УдГУ, ИжГТУ, 2008 – 94 с. С. 24-25.

22. Дуреев В.В. Конструкция режущей пластины с твердосплавной вставкой // Материалы 6-ой Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе». – Новосибирск: Изд. НГТУ, 2008. – 176 с. С. 138-141.

23. Дуреев В.В. Проектирование композиционного металлорежущего инструмента // Композиционные материалы в промышленности: Материалы Двадцать восьмой международной конференции, Ялта – Киев: УИЦ «НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИЯ», 2008. – 583 с. С. 542 – 544.
24. Дуреев В.В. Проектирование режущей пластины с твердосплавной вставкой для свободного точения // Механики XXI века. VII Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием: сборник докладов. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2008. – 428 с. С. 152 – 154.
25. Дуреев В.В. Режущая пластина со вставкой // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: труды VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Томск: Издательство ТПУ, 2008. – 479 с. С. 96 – 98.
26. Дуреев В.В. Режущий инструмент с минимальным содержанием инструментального материала // Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении. В 2 т. Том 2: Материалы IV Международной научно-технической конференции. – Тюмень: Изд. «Вектор Бук», 2008. – 284 с. С. 88 – 93.
27. Дуреев В.В. Изготовление составного режущего инструмента со вставкой из твердого сплава // Материалы 7-ой Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе». – Новосибирск: Изд. НГТУ, 2009. – 126 с. С.108-111.
28. Дуреев В.В., Петрушин С.И. Перспективы по использованию композиционного составного твердосплавного режущего инструмента // Труды Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодежи. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 309 с. – С. 91-93 .

*(\* курсив – для публикаций в изданиях, входящих в перечень ВАК и патентов)*

Отпечатано на ризографе в ЮФ ФГУП ЦНИИ «Комплекс»

Заказ № . Тираж 110 экз. 15.02.2010 г.

Лицензия № 44-58 от 03.02.1998г.