

На правах рукописи

Ретюнский Олег Юрьевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И РЕЖУЩИХ
СВОЙСТВ РЕЗЦОВ С КОМПОЗИЦИОННЫМИ
СМЕННЫМИ МНОГОГРАННЫМИ ПЛАСТИНАМИ

Специальность 05.03.01 – Процессы механической и физико-технической
обработки, станки и инструмент

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск – 2000

Работа выполнена в филиале Томского политехнического университета в г. Юрге Кемеровской области

Научный руководитель – доктор технических наук,
доцент Петрушин С. И.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
доцент Козлов В.Н.

Ведущая организация – ОАО «Юрмаш»

Защита состоится 17 мая 2000 года в 15.00 на заседании диссертационного Совета К 063.80.04 при Томском политехническом университете по адресу: 634034, г. Томск, пр.Ленина, 30.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского политехнического университета.

Автореферат разослан

Ученый секретарь диссертационного Совета,
доктор технических наук, профессор

Саруев Л.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последние годы интенсивно развивается отрасль материаловедения, связанная с проектированием и производством композиционных материалов, которая включила в сферу своего внимания и материалы режущих инструментов. Это привело к тому, что к настоящему времени появилось целое направление в области инструментальных материалов, связанное с разработкой способов получения и с испытанием композитов для режущих инструментов. В то же время критерии рационального построения внутренней структуры такого рода материалов нечетко сформулированы и зачастую не учитывают основных закономерностей, как процесса резания, так и эксплуатации режущих инструментов. Последнее не позволяет целенаправленно проектировать и изготавливать инструментальные материалы с заранее заданными свойствами. С другой стороны, отличия композиционных режущих материалов от традиционных проявляются на стадии эксплуатации и необходимы дополнительные исследования с целью разработки практических рекомендаций по их широкому внедрению в производство. Поэтому задачи проектирования, изготовления и применения инструментальных композитов представляются современными и чрезвычайно актуальными. Эти задачи рассмотрены применительно к обтачиванию черных металлов резцами со сменными многогранными пластинами (СМП), которые являются наиболее распространенными лезвийными инструментами в металлообработке.

Цель работы заключается в разработке научно-обоснованных рекомендаций по конструированию, изготовлению и рациональной эксплуатации резцов с композиционными СМП.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились на основе векторного счисления, численных методов, статистических расчетов, программирования и компьютерного моделирования с использованием современных средств вычислительной техники. Экспериментальные исследования выполнялись в лабораторных и производственных условиях и

включали в себя фотометрические исследования, а также изучение износа и стойкости при точении резцами с СМП.

Научная новизна состоит в том, что, во-первых, предложен метод расчета распределения модуля упругости инструментального материала в равнопрочной режущей части режущей части с ограничением проектов по межслойным трещинам и соответствующие компьютерные программы для его реализации. Во-вторых, исследованы и установлены особенности изнашивания и стойкость двухслойных композиционных СМП из Томала-10 при обработке закаленных сталей и серого чугуна.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

1. Построены равнопрочные проекты композиционного материала режущей части, позволяющие создать новый класс инструментальных материалов - многослойных объемно-анизотропных композитов.
2. Даны рекомендации по применению двухслойных композиционных СМП из Томала-10 при обработке закаленной стали и серого чугуна.
3. Предложена и экспериментально отработана технология получения многослойных заготовок СМП и установлены перспективные композиции из известных инструментальных материалов.
4. Разработаны рекомендации по предотвращению появления межслойных термических трещин, возникающих при изготовлении и эксплуатации многослойных композиций.
5. Предложены рекомендации по использованию ионной имплантации медью и дисульфидом молибдена для повышения режущих свойств 2 двухслойных композиционных СМП из Томала-10 при обработке серого чугуна.

Апробация и публикации. Содержание и основные результаты диссертационной работы были доложены и обсуждены на международной научно-технической конференции «Композиты - в народное хозяйство России» (Композит'95) - г. Барнаул (1995 г.); на всероссийском научно-практическом семинаре «Инструмент XXI века - шаг в будущее» - г. Кемерово (февраль 2000 г.); на трех областных научно-практических

конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» - г. Томск (1996, 1997, 1998 гг.); на пяти научных конференциях филиала ТПУ в г. Юрге (1992, 1994, 1995, 1998, 1999 гг.); на научных семинарах кафедр «Технология машиностроения, резание и инструмент» ТПУ (1999, 2000 гг.) и «Технология машиностроения» филиала ТПУ в г. Юрге.

По содержанию работы и основным результатам исследований опубликовано 11 печатных работ, получено положительное решение о выдаче патента.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа представлена на 160 страницах и содержит 105 страниц машинописного текста, 59 рисунков, 7 таблиц, список литературы из 124 источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложена актуальность темы и представлена общая характеристика диссертации. Сформулированы цель, научная новизна и практическая ценность работы.

В первой главе приведен аналитический обзор режущих инструментов из композиционных материалов. Рассмотрены классификация и методы получения композиционных материалов. Существующие композиционные инструментальные материалы можно разделить на две группы:

- инструментальные материалы с износостойкими покрытиями;
- объемно-армированные композиты.

Первая группа композитов известна давно и широко применяется, хотя и имеет ряд недостатков. Вторая группа включает в себя как изотропные в макрообъеме (например твердый сплав), так и анизотропные. Большинство объемно-анизотропных инструментальных композитов представляют из себя слоистые конструкции, создаваемые для:

- экономии дорогостоящих инструментальных материалов;
- улучшения физико-механических свойств;

- повышения режущих свойств.

Проведенный анализ позволил сделать выводы о том, что вновь разрабатываемые инструментальные материалы являются, как правило, композитами, то есть представляют собой различные сочетания традиционных материалов для инструментов; использование композиционных инструментов дает значительный экономический эффект за счет повышения производительности обработки и экономии инструментальных материалов. В тоже время режущие инструменты из композиционных инструментальных материалов разрабатываются, как правило, на уровне изобретений, имеется мало сведений по особенностям их эксплуатации, отсутствуют конкретные рекомендации по их применению и нет универсальной технологии получения заданного распределения компонентов в инструментальных композитах. Отсутствует также инженерная методика расчета прочности композиционных инструментальных материалов.

Исходя из аналитического обзора литературы были сформулированы следующие задачи работы:

1. Разработать методику компьютерного расчета распределения модуля упругости в равнопрочном режущем клине.
2. Разработать методику расчета трещиностойкости проектируемого инструментального композита.
3. Предложить способ и технологию изготовления заготовок композиционных СМП различных конструкций методами порошковой металлургии.
4. Провести экспериментальное исследование износа и стойкости промышленно выпускаемых двухслойных режущих пластин из Томала-10.
5. Осуществить экономические расчеты эффективности внедрения режущих инструментов из новых композиционных материалов.

Во второй главе изложены результаты расчетов равнопрочного распределения физико-механических свойств инструментальных материалов в режущем клине. Исследованиями прочности режущей части занимались А.И.Бетанели, Г.Л.Хаег, М.Х.Утешев, Е.В.Артамонов и др. В данной работе

использовалась методика оптимального проектирования композиционной режущей части, предложенная д-ром техн. наук Петрушиным С.И. Согласно ей, переменные по сечению свойства режущей части следует получать путем комбинирования материалов с различными значениями модуля упругости E . На первом этапе произведен компьютерный расчет границ раздела фаз в инструментальном композите при нагружении сосредоточенными составляющими силы резания. Получены проекты **равнопрочного режущего клина**, то есть клина, у которого в любой его точке под действием удельных составляющих силы резания P_y и P_z будут иметь место постоянные как в области растяжения, так и сжатия, радиальные напряжения, величина которых не превышает с заданным коэффициентом запаса пределов прочности материала на растяжение и сжатие. Рассмотрены схемы радиальной (рис. 1. а), двухклинной (рис. 1. б) и трехклинной (рис. 1. в) анизотропии, а так же схема радиально-клиновой анизотропии. Установлено, что при радиальной анизотропии необходим переходный слой с плавным изменением E . На рис. 2 представлен пример оптимизации распределения материалов при двухклинной анизотропии, а на рис. 3 - притрехклинной. Видно, что в зависимости от значения углов раздела клина существует глобальный минимум отношения составляющих P_y/P_z , который соответствует наиболее полному использованию запаса прочности режущего клина при снятии стружки. Для случая радиально-клиновой анизотропии (рис. 4) линии

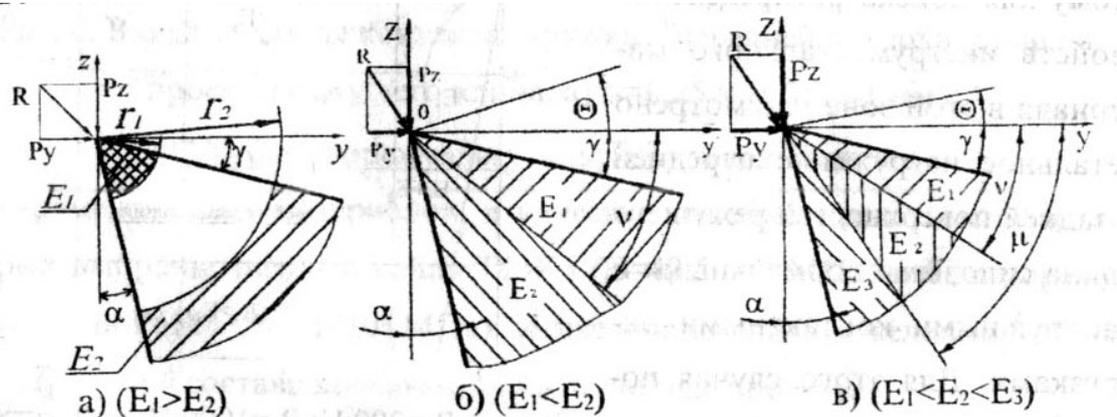


Рис. 1. Схемы распределения материалов в режущем клине

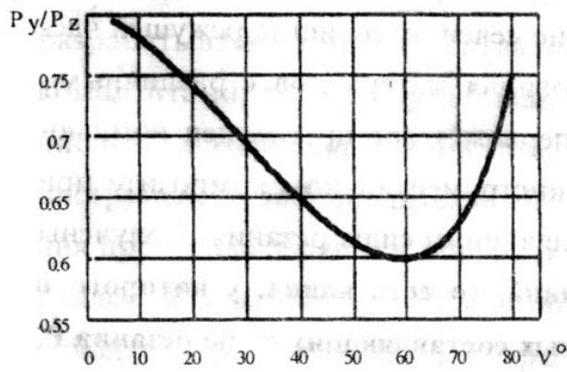


Рис. 2. Влияние угла ν и на отношение P_y/P_z : $E_1=21 \times 10^4$ МПа; $E_2=49,5 \times 10^4$ МПа; $\alpha=8^\circ$; $\gamma=5^\circ$

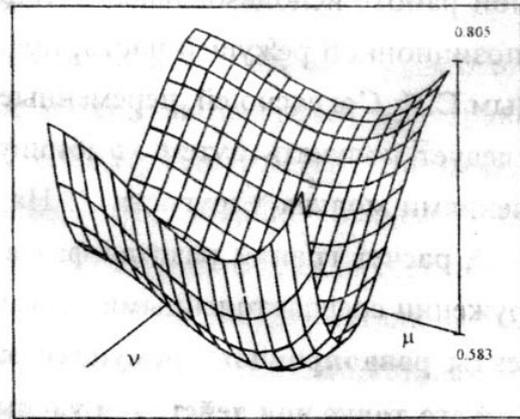


Рис. 3. Влияние углов ν и μ на отношение P_y/P_z : $E_1=21 \times 10^4$ МПа; $E_2=35 \times 10^4$ МПа; $E_3=49,5 \times 10^4$ МПа; $\alpha=8^\circ$; $\gamma=5^\circ$

раздела фаз представляют собой кривые третьего порядка с точкой возврата. Рассмотрено влияние значений P_y и P_z , а также переднего угла, на проекты режущего клина. Результаты этих расчетов свидетельствуют о существовании оптимального по условию равно прочности распределения материалов в режущем клине.

В области режущего клина, прилегающего непосредственно к вершине и находящейся под стружкой, полученные выше результаты не будут вполне

По-этому для поиска распределения свойств инструментального материала в этой зоне рассмотрено детальное нагружение передней и задней поверхностей режущего клина силовыми нормальными и касательными контактными нагрузками. Для этого случая получены равнопрочные проекты расположения граничных линий

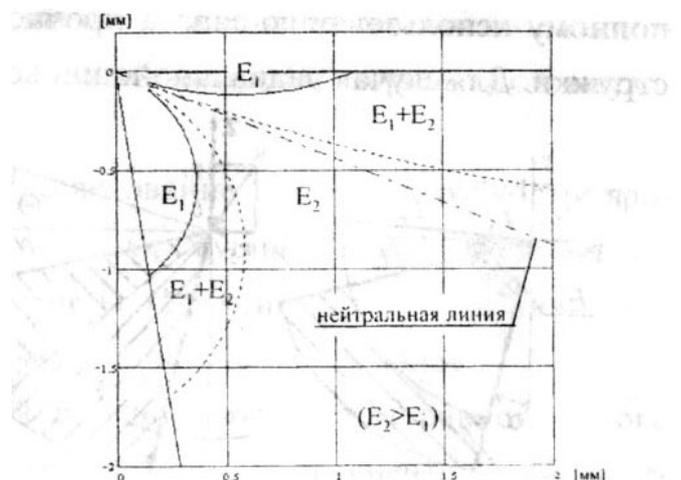


Рис. 4. $P_y=200$ Н; $P_z=1000$ Н; $\gamma=0$; $\alpha=8^\circ$; $E_1=21 \times 10^4$ МПа; $E_2=49,5 \times 10^4$ МПа;

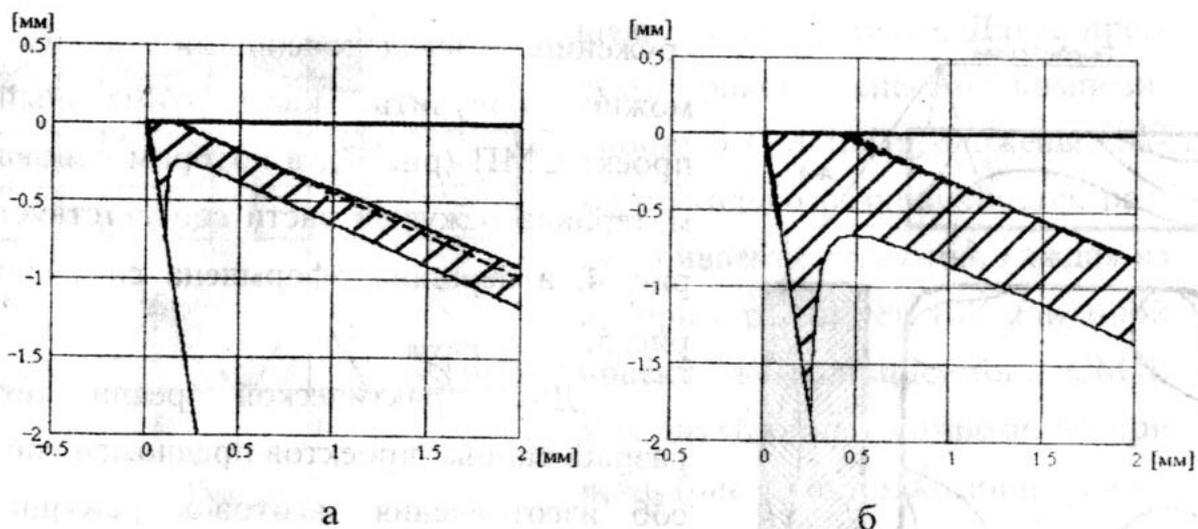


Рис. 5. Влияние износа задней поверхности на проекты режущего клина:
 а) $h_3=0,2$ мм; б) $h_3=0,6$ мм; \square - быстрорежущая сталь; ш - твердый сплав

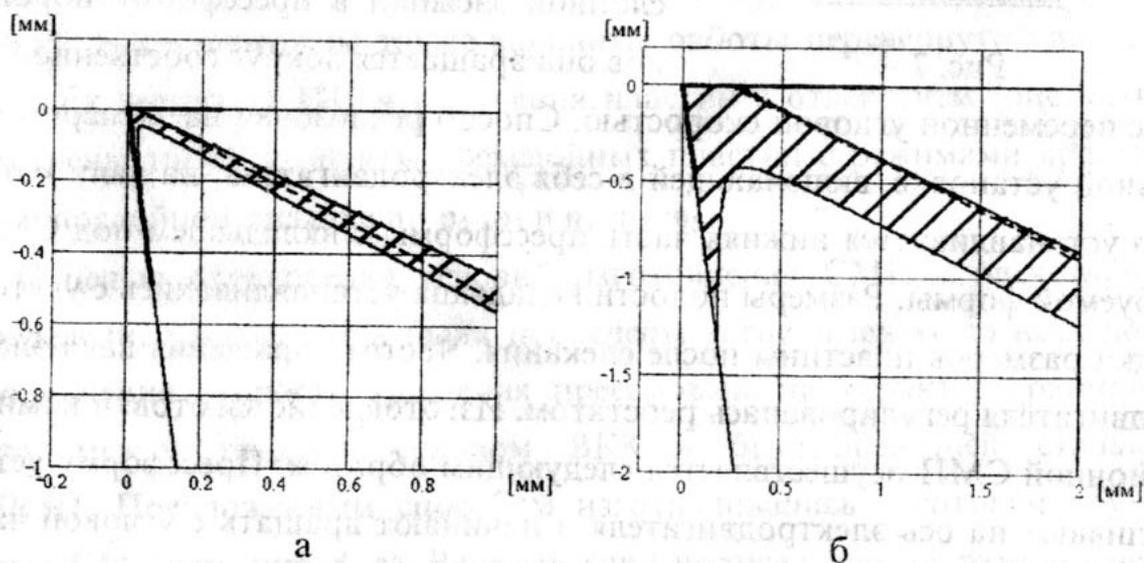


Рис. 6. Влияние длины контакта стружки с передней поверхностью на проекты режущего клина: а) $l_n=0,25$ мм; б) $l_n=1$ мм;
 \square - быстрорежущая сталь; ш - твердый сплав

инструментальных материалов, в качестве типовых представителей которых выбраны твердый сплав Т15К6 ($E=49,5 \times 10^4$ МПа) и быстрорежущая сталь Р6М6 ($E=21 \times 10^4$ МПа). Исследовано влияние величин h_3 (рис. 5), l_n (рис. 6) и состава композиции на подобные проекты.

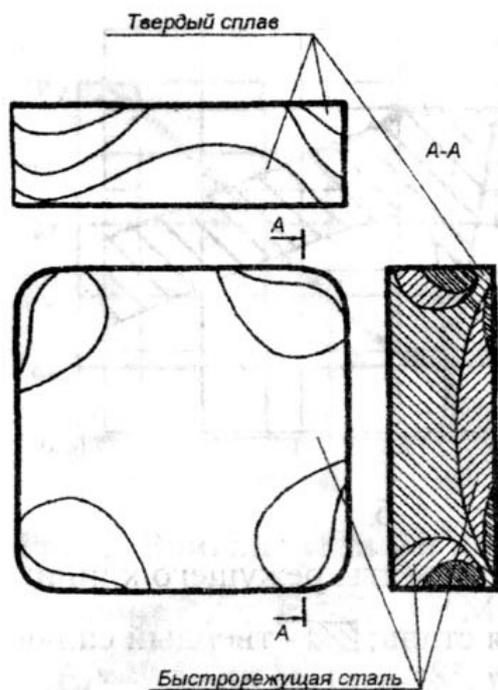


Рис. 7

Комбинируя эти проекты с аналогичными, полученными при нагружении сосредоточенными силами, можно получить квазиоптимальный проект СМП (рис. 7), в котором основа материала режущей части соответствует рис. 4, а вершина оформлена согласно рис. 5.

Для практической реализации разработанных проектов предложен способ изготовления заготовок режущих пластин (заявка № 96-106575(011063)), отличающийся тем, что в процессе послойной засыпки в прессформу порошков она вращается вокруг собственной

оси с переменной угловой скоростью. Способ реализован на экспериментальной установке, включающей в себя электродвигатель, на валу которого устанавливается нижняя часть прессформы с вкладышем под СМП требуемой формы. Размеры полости вкладыша устанавливались с учетом усадки размеров пластины после спекания. Частота вращения вала электродвигателя регулировалась реостатом. Изготовление заготовки композиционной СМП осуществляется следующим образом. Прессформу устанавливают на ось электродвигателя и начинают вращать с угловой частотой n_1 . Затем при помощи дозирующего устройства в нее засыпают порошок материала подложки. Частицы порошка распределяются в полости прессформы и оседают на периферийных участках с образованием верхней фасонной поверхности в виде параболоида вращения. После этого засыпают дозированную порцию порошка инструментального материала и увеличивают или уменьшают частоту вращения до величины n_2 . Последний слой формируют при небольшой скорости вращения n_3 , обеспечивающей плоскую верхнюю поверхность засыпки. Затем прессформу снимают с оси

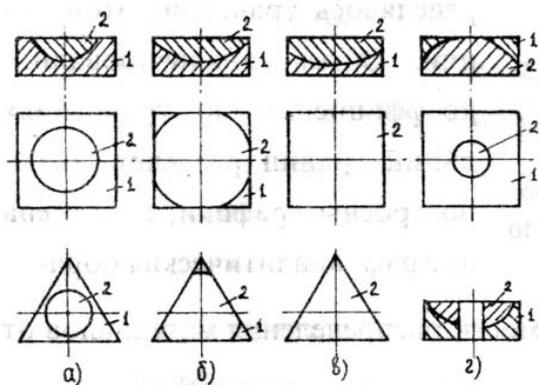


Рис. 8

электродвигателя, собирают ее с верхней частью и помещают на стол прессы. Далее прессуют брикет и спекают композиционную СМП. Предложены также несколько разновидностей рассматриваемого способа, каждая из которых реализует тот или иной проект композиционной СМП. Для двухслойных композиций при $n_1 > n_2$ (рис. 8) путем комбинирования объемами смесей можно

получить выход на режущую вершину материала первого слоя в виде сплошной армирующей коронки (рис. 8.а), в виде армированных вершин (рис. 8.б) и выход материала второго слоя (рис. 8.в). Здесь возможны также варианты работы перевернутой по отношению к засыпке СМП и получения пластин с отверстием (рис. 8.г). Рассмотрены также варианты трехслойных пластин с режимами вращения при послойной засыпке $n_1 < n_2 > n_3$ и $n_1 > n_2 > n_3$.

С целью определения условий изготовления СМП с расчетным распределением материалов были проведены эксперименты по исследованию влияния скорости вращения прессформы на характер границы раздела между твердым сплавом ВК8 и быстрорежущей сталью Р6М5К5П. Предложенным способом изготавливались заготовки двухслойных СМП (см. рис. 8. в). Верхний слой получен при частоте вращения прессформы $n_2 = 500$ об/мин, обеспечивающей плоскую поверхность, а нижний при различных частотах n_1 . Для выявления границы раздела материалов использовался тонкий слой порошковой меди. После прессования квадратные брикеты разрезались по диагонали и на микроскопе ИМЦ 50-100А проводилось измерение положения границы раздела. Далее проводилась графоаналитическая обработка результатов измерения. Строилась усредненная линия положения границы раздела материалов при данной частоте вращения (рис. 9), аппроксимированная кривая и определялось уравнение этой линии.

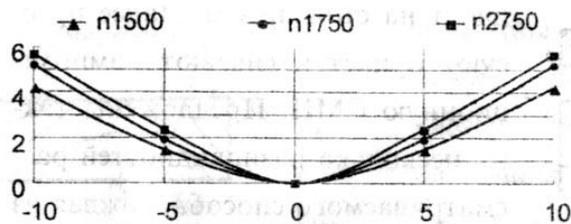


Рис. 9

Затем анализировались коэффициенты в уравнениях линий границ разделов. Были построены графики, проведена их графоаналитическая обра-

ботка и определено уравнение зависимости распределения материалов от скорости вращения прессформы:

$$y = (-2,3095 \cdot 10^{-11} n^3 + 1,3041 \cdot 10^{-7} n^2 - 2,2659 \cdot 10^{-4} n + 0,1684) x^2 + (5,8962 \cdot 10^{-10} n^3 - 3,5518 \cdot 10^{-6} n^2 + 7,1158 \cdot 10^{-4} n - 4,3544). \quad (1)$$

Сравнение расчетных угловых участков кривых (см. рис. 4) с полученными по формуле (1) позволяет определить необходимый режим засыпки прессформы.

В третьей главе рассмотрено условие отсутствия межслойных трещин в композиционном режущем клине. Одно из ограничений, которое необходимо учитывать при реализации оптимально спроектированной анизотропной режущей части, связано с появлением в композите термических трещин на границе раздела двух фаз вследствие разности в коэффициентах термического линейного расширения. Предложено оценивать трещиностойкость многослойного режущего клина по формуле

$$(\alpha_{T1} - \alpha_{T2}) \Delta T / \left[\frac{1 - \mu_1}{E_1} + \frac{1 - \mu_2}{E_2} \cdot \frac{\sin(\nu - \gamma)}{\cos(\alpha + \nu)} \right] \leq [\sigma]_p k_s, \quad (2)$$

где α_{T1} , E_1 , μ_1 - коэффициент линейного расширения, модуль упругости и коэффициент Пуассона для первого материала;

α_{T2} , E_2 , μ_2 - то же, для второго материала

ΔT - температура нагрева при изготовлении или эксплуатации двухслойного композита.

ν - угол раздела клина между фазами.

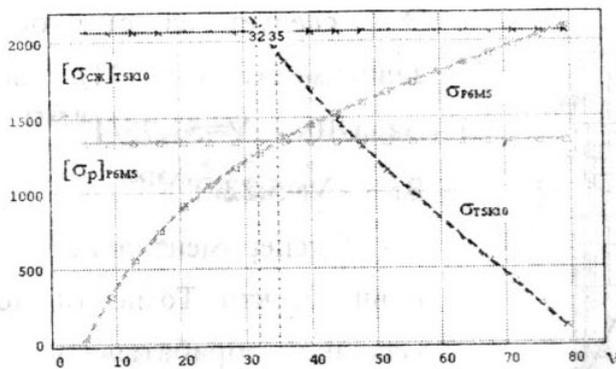


Рис. 10 Влияние угла ν на напряжения в композите Т5К10 - Р6М5: $\alpha_{т1}=5,5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$; $\alpha_{т2}=11 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$; $E_1=49,5 \times 10^4 \text{ МПа}$; $E_2=21 \times 10^4 \text{ МПа}$; $\mu_1=0,23$; $\mu_2=0,3$; $\kappa_3=1,5$

Расчеты по (2) показали, что для известных групп инструментальных материалов двухклинные композиции возможны внутри группы материалов разных марок. Для получения трещиностойких межгрупповых композиций возможны трехслойные соединения, средний слой в которых состоит из смеси материалов двух других слоев.

Определено влияние процентного содержания смеси и угла раздела фаз ν на появление трещин при спекании порошковых композитов (рис. 10). Проверена возможность получения двухклинных трехкомпонентных композиций, в которых слои имеют одинаковые коэффициенты α_t . В результате выявлены следующие наиболее перспективные с точки зрения трещиностойкости композиции анизотропной режущей части: оксидная керамика - КНТ-16; смешанная керамика - КНТ-16; оксидная керамика - Р6М5; смешанная керамика - Р6М5; композит-10 - ТМ3; гексанит-Р - Т16К6; гексанит-Р - Р6М5; ВК8 - Р6М5; Т5К10 - Р6М5.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований режущих свойств двухслойных СМП из Томала-10, рабочий слой которых спечен из микропорошков кубического нитрида бора. Изложена методика проведения стойкостных экспериментов. В качестве обрабатываемых материалов применяли серый чугун СЧ20 и закаленные стали марок 40Х и 9Х2МФ. Установлен критерий износа задних поверхностей 1,0 мм. Сравнение Томала-10 с твердым сплавом ВК8 при обработке чугуна СЧ20 показало значительные преимущества как по стойкости (в десятки раз), так и по производительности обработки (до 6 раз).

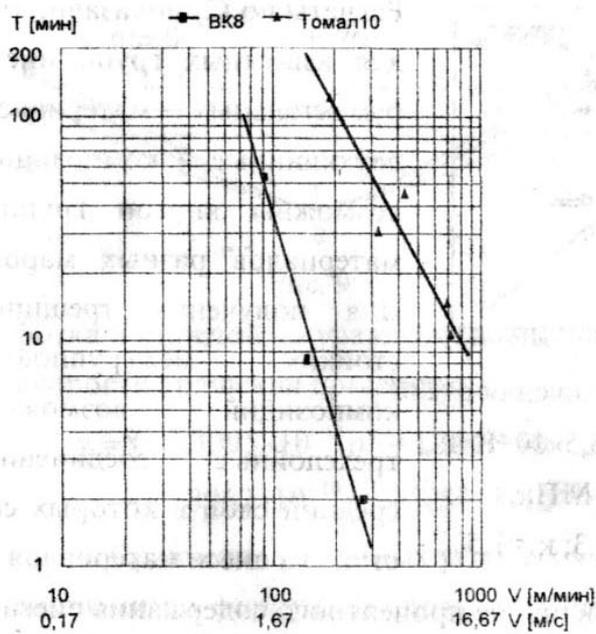


Рис. 11. Стойкостные зависимости при обработке чугуна СЧ 20

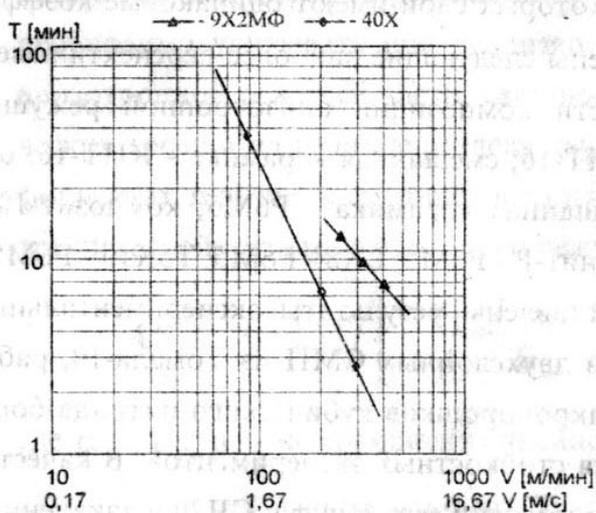


Рис. 12. Стойкостные зависимости при обработке закаленных сталей Томалом-10

Это следует из стойкостных зависимостей (рис.11): для Томала-10 – $V=51,77/T^{0,5851}$, для BK8 – $V=5,22/T^{0,3188}$.

Экспериментально установлено, что Томал-10 может успешно обрабатывать закаленные до 70 HRC₃ стали и заменять их черновое шлифование продольным обтачиванием (для стали 40X $V=45,33/T^{0,9857}$, для стали 9X2MФ – $V=7,85/T^{0,467}$). На рис. 12 приведены стойкостные зависимости при обработке закаленных сталей Томалом-10. Исследование влияния ионной имплантации на режущие свойства Томала-10 показало, что имплантация ионами меди не приводит к существенному изменению стойкости, в то время как имплантация ионами дисульфида молибдена позволяет значительно (до 10 раз) повысить стойкость (рис. 13). Этот эффект обусловлен тем, что на имплантированной передней поверхности образуется лунки износа, которая замедляет износ задней поверхности.

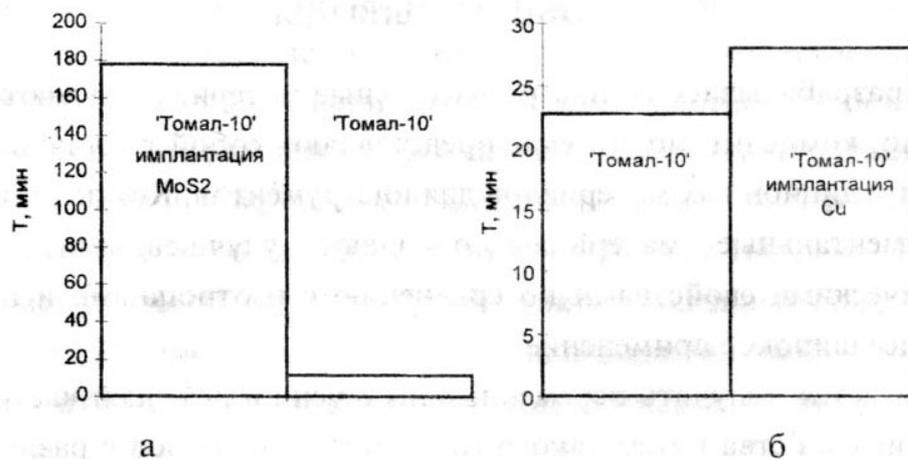


Рис. 13. Сравнительная стойкость Томала-10 и Томала-10 с имплантацией ($t=0,5$ мм; $S=0,1$ мм/об):
 а) MoS2 ($V=9,77$ м/с); б) Cu ($V=8,33$ м/с).

В пятой главе приведены результаты исследований технико-экономической эффективности применения композиционных СМП.

Оценка экономической эффективности проводилась по двум вариантам:

1. Экономический эффект от замены изотропных СМП на композиционные.
2. Экономический эффект от замены чернового шлифования закаленной стали точением резцами из Томала-10.

Установлено, что отказ от изотропного состава СМП и переход к композиционным объемно-анизотропным режущим элементам позволит снизить затраты на инструментальные материалы на 50% и более, а за счет сокращения объема расходуемых инструментальных материалов стоимость композиционных СМП составит 60...70% от стоимости обычных пластин. Применение Томала-10 на ОАО «Юрмаш» позволило повысить производительность обработки и получить суммарный годовой экономический эффект более 250 тыс. руб.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Вновь разрабатываемые инструментальные материалы являются, как правило, композитами, то есть представляют собой различные сочетания традиционных материалов для инструментов. Композиционные инструментальные материалы обладают улучшенными физико-механическими свойствами по сравнению с изотропными и находят все более широкое применение.
2. Предлагается получать переменные по сечению режущей части механические свойства путем такого сочетания материалов с различными значениями модуля упругости, которое обеспечивает условие равнопрочности режущего клина.
3. Рассмотрено несколько вариантов анизотропии режущего клина. Установлено существование оптимальных значений углов раздела клина для двух- и трехклинной анизотропии. Проведена одновременная оптимизация свойств инструментального материала по двум полярным координатам, что позволило построить равнопрочные проекты режущего клина, при этом рассмотрено нагружение как сосредоточенными силами резания, так и распределенными контактными нагрузками.
4. С целью получения заготовок композиционных СМП предложен способ рассеивания инструментальных материалов за счет вращения прессформы в процессе засыпки, для реализации которого спроектирована и изготовлена экспериментальная установка. Определены условия получения СМП с требуемым распределением инструментальных материалов. Экспериментальная отработка предлагаемого способа получения заготовок СМП позволила выявить перспективные композиции материалов СМП.
5. На основе расчета остаточных термоупругих напряжений установлены диапазоны отсутствия трещин при изготовлении композиционных режущих пластин. Предложенная методика оценки трещиностойкости позволяет отобрать наиболее перспективные композиции.
6. Двухслойные пластины из Томала-10 обладают более высокой прочностью

по сравнению со вставками из Композита 01 и позволяют увеличить сечение срезаемого слоя до значений полувискозной обработки, а также производить резание с ударами и прерывистое резание.

7. При обработке серого чугуна марки СЧ20 резцы из Томала-10 позволяют увеличить производительность резания в 4...6 раз или поднять стойкость в 50 раз по сравнению с обработкой твердым сплавом ВК8. Томал-10 может успешно обрабатывать закаленные стали твердостью до 70 HRC₃ и заменять черновое шлифование закаленной поверхности обтачиванием, снижая при этом суммарную трудоемкость обработки.

8. Ионная имплантация Томала-10 дисульфидом молибдена позволяет значительно увеличить его стойкость (от 2 до 10 раз) при обработке серого чугуна СЧ-20.

9. Внедрение резцов из Томала-10 на операциях обточки валков холодной прокатки и чистовой обработки чугунных втулок позволило в условиях ОАО "Юргинский машиностроительный завод" получить условный годовой экономический эффект в размере 250 тыс. рублей в сопоставимых ценах.

10. Отказ от изотропного состава и переход к композиционным объемно-анизотропным СМП позволит снизить затраты на инструментальные материалы на 50% и более, при этом стоимость композиционных СМП составит 60...70% от стоимости обычных пластин.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Ретюнский О.Ю. Результаты стойкостных исследований при обработке серого чугуна резцами из Томала-10 // Тезисы докладов 5-й научно-практической конференции механико-машиностроительного факультета ТПИ. - Томск: Изд. ТПИ,- 1992. -С. 11-13.

2. Ретюнский О.Ю. Повышение стойкости режущих инструментов методом ионной имплантации // Тезисы докладов 7-й открытой научно-методической конференции механико-машиностроительного факультета ТПУ. - Томск; Изд. ТПУ, - 1994. - С. 96-97.

3. Петрушин С.И., Ретюнский О. Ю., Чурбанов А. П. Эффективность

применения двухслойных режущих пластин из Томала-10.// СТИН. - 1995. - № 2. - С. 13-15.

4. Петрушин С. И., Ретюнский О.Ю. Определение условий отсутствия трещин при спекании двухслойных С МП.//Композиты - в народное хозяйство России: Тезисы докладов международной конференции КОМПОЗИТ-95.- Барнаул: Изд. АлтГТУ, 1995. - С. 31-32.

5. Ретюнский О.Ю., Воробьев А.В. Компьютерное моделирование композиционного материала режущего клина инструментов // Вторая областная научно-практическая конференция молодежи и студентов «Современные техника и технологии»: Тезисы докладов. - Томск: Изд. ТПУ, -1996.-С. 73-74.

6. Ретюнский О.Ю., Филатов Ю.Н. Прибор для измерения износа токарного резца непосредственно на станке // Третья областная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии»: Сб. статей. - Томск: Изд. ТПУ, - 1997.-С. 100.

7. Ретюнский О.Ю. Классификация инструментальных композиционных материалов // Одиннадцатая научная конференция: Труды. - Юрга: Изд. ТПУ, -1998. -С. 92-93.

8. Ретюнский О.Ю. Обработка закаленной стали 40Х резцами из Томала-10 // Четвертая областная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии»: Сб. статей. - Томск: Изд. ТПУ, -1998. - С. 147.

9. Ретюнский О.Ю., Ефременков А.Б. Применение автобалансирующего устройства при изготовлении заготовок композиционных СМП //Двенадцатая научная конференция: Труды. - Юрга: Изд, ТПУ, 1999. – С. 143.

10. Петрушин С.И., Даниленко Б.Д., Ретюнский О.Ю. Оптимизация свойств материала в композиционной режущей части лезвийных инструментов: Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 1999. - 99 с.

11. Петрушин С.И., Ретюнский О.Ю. Компьютерная методика оптимизации распределения свойств инструментального материала в режущем клине.// Инструмент Сибири. - 2000. -№ 1. - С. 8.