

Воробьев Алексей Васильевич

**ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ
ЗА СЧЕТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАВНОМЕРНОГО ИЗНАШИВАНИЯ
СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН**

Специальность 05.03.01 - Технологии и оборудование механической
и физико-технической обработки

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск – 2009

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 Коротков А.Н.

кандидат технических наук,
доцент Брюхов В.В.

Ведущая организация:

ООО "Юргинский машзавод"

Защита состоится « 8 » апреля 2009 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 « 19 » февраля 2009 г.

Ученый секретарь совета
по защите докторских и кандидатских
диссертаций Д 212.269.01

Т.Г. Костюченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Стойкость металлорежущих инструментов является одним из основных эксплуатационных показателей для большинства операций механической обработки, так как по ее величине назначаются режимы резания, которые в свою очередь определяют производительность труда и себестоимость изделий. Экспериментальными исследованиями отечественных и зарубежных авторов установлено, что при несвободном резании материалов изнашивание рабочих поверхностей режущей части лезвийных инструментов происходит неравномерно. Это проявляется в виде локально больших участков износа на задней поверхности лезвия, неравномерной ширине и глубине лунки износа на передней поверхности. Таким образом инструмент, как правило, выходит из строя из-за более интенсивного изнашивания на каком-либо ограниченном участке. Причины подобных явлений кроются в первую очередь в нерациональной форме режущей части инструмента, которая не соответствует действующим в процессе резания силовым и тепловым контактными нагрузкам. Следовательно, добиваясь за счет варьирования геометрических параметров лезвия равномерного изнашивания режущей части, можно существенно повысить срок службы инструмента или производительность обработки резанием. Особенно это актуально для наиболее массового вида режущего инструмента – сборных резцов со сменными многогранными пластинами (СМП).

Целью диссертационной работы является повышение стойкости резцов с твердосплавными многогранными пластинами за счет обеспечения равномерного изнашивания режущего лезвия путем управления геометрией передней поверхности.

Научная новизна работы.

1. Разработан метод расчета износа рабочих поверхностей лезвия, позволяющий оптимизировать форму изнашиваемой части инструмента.
2. Установлено, что при изменении геометрии передней поверхности происходит перераспределение контактных напряжений, что было использовано для повышения равномерности изнашивания режущей части.
3. Обоснован способ повышения стойкости металлорежущего инструмента путем обеспечения равномерности износа передней поверхности СМП за счет ее специальной формы.

Практическая ценность работы.

1. Разработаны рекомендации по достижению равномерного износа режущих поверхностей резцов с СМП путем изменения форм рабочих поверхностей и перераспределения контактных напряжений.
2. Предложен метод конструирования передней поверхности СМП, обеспечивающий равномерное изнашивание рабочих поверхностей.
3. Созданы конструкции СМП повышенной работоспособности с равномерным изнашиванием передней поверхности.

Методы исследования, достоверность и обоснованность результатов.

В теоретических исследованиях применены основные положения теории трения, теплопроводности и численные методы компьютерного моделирования

с использованием современного программного обеспечения и средств вычислительной техники. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях по схеме однофакторного эксперимента и заключались в определении интенсивности изнашивания, изучении топографии износа, средней температуры и составляющих силы резания при наружном продольном точении, проведении сравнительных стойкостных испытаний. Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается результатами и воспроизводимостью экспериментальных исследований, их корреляцией с данными других авторов, производственными испытаниями и апробацией полученных результатов.

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

Положения, выносимые на защиту:

1. Концепция расчета топографии износа передней поверхности сменных многогранных пластин, основанная на пошаговом определении приращений линейного износа в каждой точке трущейся поверхности.

2. Взаимосвязь между силовыми контактными напряжениями и износом режущей части, проявляющаяся в перераспределении исходных нагрузок по мере изменения формы изношенной поверхности.

3. Условие обеспечения равномерного изнашивания, заключающееся в том, что исходная форма передней поверхности лезвия инструмента должна так изменить начальные контактные напряжения, чтобы добиться одинакового приращения линейного износа во всех точках поверхности трения.

Реализация результатов работы.

Результаты работы внедрены на ООО «Юрга-гидравлика», ООО «ЮТА». На разработанные формы сменных многогранных пластин получены два патента на полезную модель.

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 (1999, 2001, 2002 гг.); на международной научной конференции «Современные проблемы в машиностроении» - г. Томск (2003 г.); на семи научных конференциях ЮТИ ТПУ в г. Юрга (1999, 2000, 2001, 2004, 2005, 2006, 2008 гг.); на международной научно-практической конференции «Современные технологические системы в машиностроении» - г. Барнаул (2003 г.); на всероссийской научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в машиностроении» - г. Бийск (2004 г.); на научном семинаре кафедры «Технология автоматизированного машиностроительного производства» ТПУ (2006 г.), на всероссийской научно-технической конференции «Механики – XXI веку» г. Братск (2008 г.), на IV международной научно-технической конференции "Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении" - г. Тюмень (2008 г.), на кафедре «Технология машиностроения» Юргинского технологического института ТПУ, на кафедре «Металлорежущие

станки и инструменты» КузГТУ (2009 г.).

Публикации. По содержанию работы и основным результатам исследований опубликовано 22 печатные работы, в том числе три патента на полезные модели и две статьи в изданиях, входящих в перечень ВАК.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Основное содержание работы изложено на 188 страницах и содержит 105 рисунков, таблицу и список литературы, состоящий из 123 источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложена актуальность темы и представлено краткое содержание диссертации. Сформулированы цель, научная новизна и практическая ценность работы.

В первой главе проведен аналитический обзор видов износа металлорежущего инструмента и критериев, применяемых для его оценки. Рассмотрены способы прогнозирования и пути повышения стойкости металлорежущих инструментов. Проведен анализ законов распределения контактных напряжений на рабочих поверхностях инструмента.

Изучению процесса изнашивания металлорежущего инструмента посвящено большое количество работ отечественных и зарубежных ученых. Исследованием этого явления занимались А.А. Аваков, Г.И. Грановский, А.М. Даниелян, Ю.Г. Кабалдин, В.С. Кушнер, Т.Н. Лоладзе, А.Д. Макаров, М.Ф. Полетика, А.Н. Резников, М.Х. Утешев и другие исследователи. На основании анализа работ Г.И. Грановского показано, что износостойкость инструментального материала может быть использована в качестве одного из основных параметров, влияющих на износ. Показано влияние температуры поверхностей трения на износ и приведены методики расчета температуры, предложенные А.Н. Резниковым и В.С. Кушнером.

На основании аналитического обзора литературы были сформулированы цель и следующие задачи работы:

- 1) разработать математическую модель расчета износа контактных площадок режущего инструмента, позволяющую учитывать изменение геометрических параметров лезвия в процессе изнашивания;
- 2) экспериментально определить значения износостойкости исследуемых инструментальных материалов, необходимые для расчетов величины износа;
- 3) произвести проверку достоверности математической модели расчета износа путем сравнения результатов расчетов с экспериментальными данными;
- 4) на основе полученных результатов разработать методику проектирования профиля режущего инструмента, обеспечивающего повышение стойкости за счет равномерности износа режущего лезвия;
- 5) разработать новые формы сменных многогранных режущих пластин, реализующие принцип равномерного изнашивания;
- 6) провести сравнительные экспериментальные исследования эксплуата-

ционных характеристик СМП предложенных конструкций.

Во второй главе изложена методика проведения экспериментальных исследований, дано описание экспериментальных установок, а также приведены результаты экспериментов по измерению интенсивности изнашивания в условиях моделирования трения и изучению топографии износа твердосплавных пластин при резании.

Исследования интенсивности изнашивания инструментальных материалов проводились с применением двух экспериментальных установок: на базе машины трения 2070 СМТ-I и на базе токарно-винторезного станка 1К62. Целью исследований являлось получение исходных данных об интенсивности изнашивания, необходимых для проведения расчетов износа. На рис. 1 приведены зависимости интенсивности изнашивания твердого сплава Т5К10 по стали 40Х от касательных и нормальных контактных напряжений, полученные с применением экспериментальной установки на базе машины трения 2070 СМТ-I. На рис. 2 представлены зависимости износостойкости Т5К10 от скорости трения,

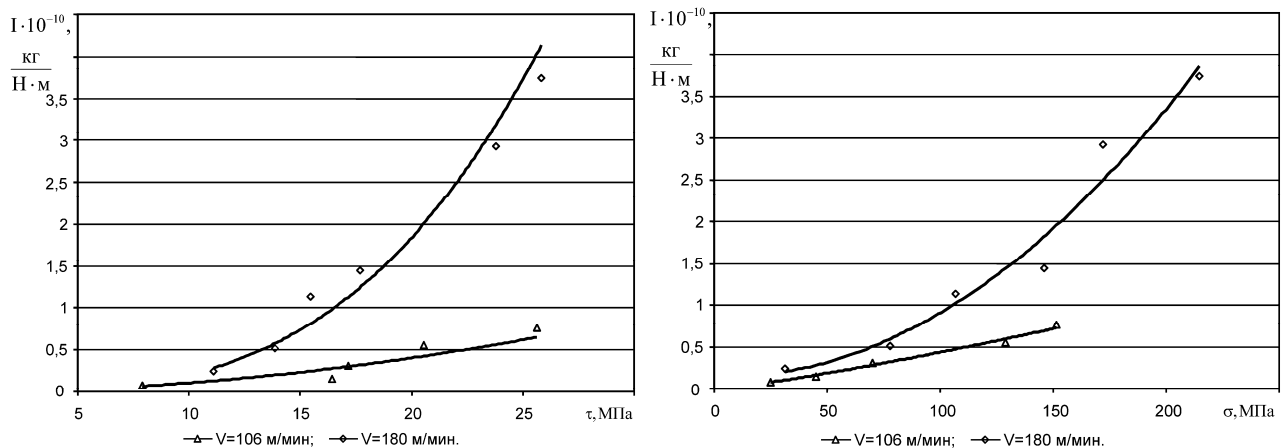


Рис. 1. Зависимость интенсивности изнашивания от:

а) касательных контактных напряжений; б) нормальных контактных напряжений.

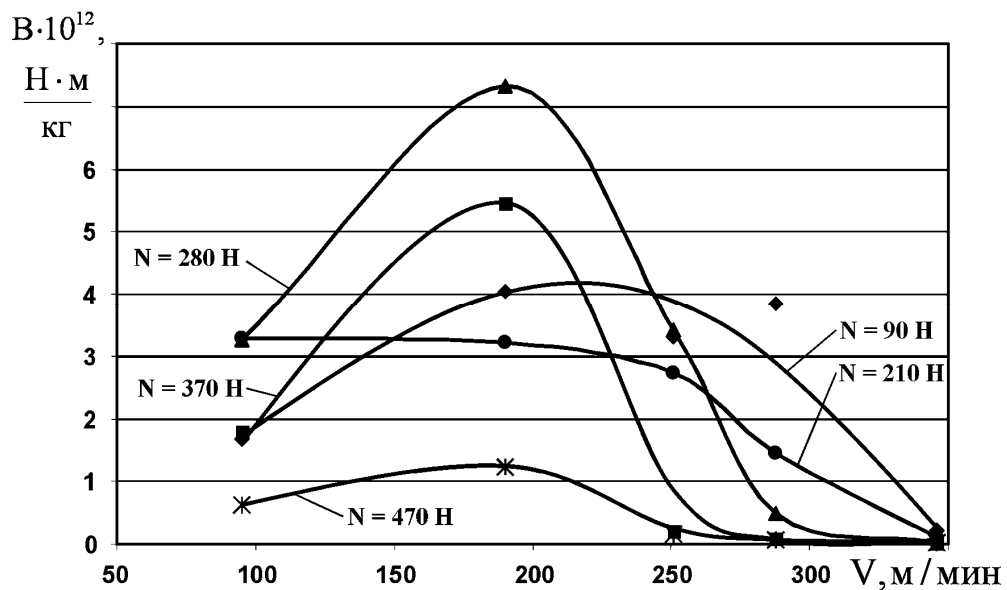


Рис. 2. Зависимость износостойкости от скорости трения при изменении нормального усилия прижатия образцов, Сталь 40Х – Т5К10.

полученные с использованием установки на базе станка мод. 1К62. Эти зависимости имеют экстремальный вид с максимумом износостойкости в диапазоне скоростей трения 180 – 230 м/мин, что соответствует данным проф. Г.И. Грановского.

Экспериментальные исследования топографии износа твердосплавных пластин проводились с целью получения данных, необходимых для последующей проверки достоверности математической модели расчета износа контактных площадок режущего инструмента путем сравнения расчетных и экспериментальных данных. Опыты проводились при следующих режимах резания: скорость резания 180 и 290 м/мин, подача 0,26 мм/об, глубина резания: для скорости резания 180 м/мин - 1,5 мм, для скорости резания 290 м/мин – 0,5 и 1 мм. В ходе экспериментов измерялись составляющие силы резания и средняя температура резания. Весовым методом определялась усадка стружки. Определение геометрических параметров изношенных поверхностей, формы и размеров лунки износа на передней поверхности проводилось на микроскопе ИМЦ-150х50,Б ГОСТ 8074-82 с применением специального приспособления. Некоторые из результатов измерений профиля лунки износа приведены на рис. 3.

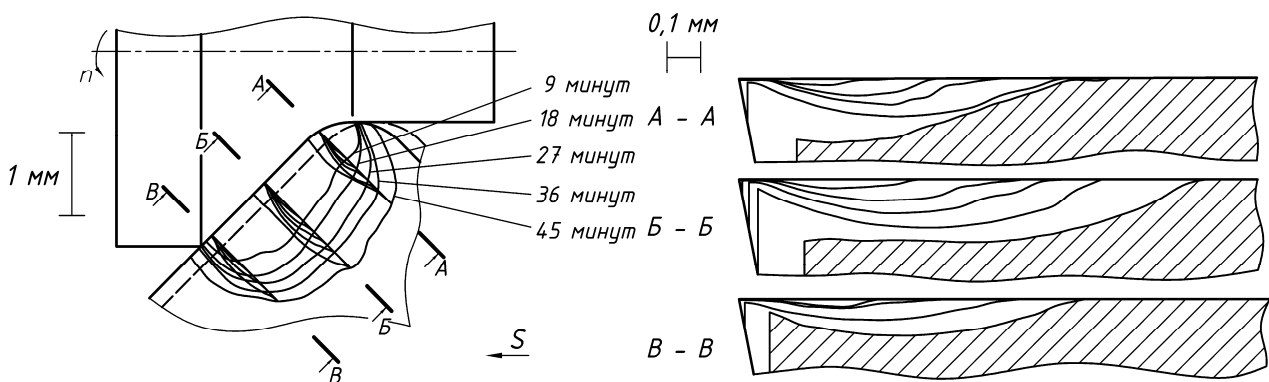


Рис. 3. Изменение топографии износа режущей пластины при точении:
сталь 40Х - Т5К10; $\varphi=45^\circ$; $\alpha=11^\circ$; $\gamma=0^\circ$; $\lambda=0^\circ$, $V=180\text{м/мин}$; $S=0,26\text{мм/об}$; $t=1,5\text{мм}$

В третьей главе изложена методика моделирования процесса изнашивания режущего инструмента.

В работах Г.И. Грановского для оценки сопротивления инструментально-го материала истирающему воздействию было использовано понятие износостойкости, определяемой как приращение работы сил трения, затраченной на изнашивание единицы массы истираемого материала

$$B = \frac{\Delta A}{\Delta M} = \frac{F \cdot \Delta L}{\Delta M}, \quad (1)$$

где ΔA – приращение работы сил трения; ΔM – приращение износа по массе; F – сила трения на элементарной площадке; ΔL – приращение пути трения между стружкой или заготовкой и инструментом.

Соответственно, за интенсивность изнашивания I принимается величина, обратная износостойкости.

Исходя из (1) и используя предложенную проф. С.И. Петрушиным методику расчета износа, получено дифференциальное уравнение изнашивания тру-

щихся поверхностей лезвия в следующем общем виде:

$$\frac{\partial h(x, y, z)}{\partial t} = \frac{I(x, y, z)}{\rho} \cdot [\tau_0(x, y, z) - \sigma_0(x, y, z) \cdot z'(x, y)] \cdot V(x, y, z), \quad (2)$$

где τ_0 и σ_0 - соответственно исходные касательные и нормальные напряжения в рассматриваемой точке поверхности трения в начальный момент времени; z' – производная профиля трущейся поверхности в рассматриваемой точке; ρ – плотность инструментального материала; V – скорость трения.

Из (2) получены выражения для расчета приращения величины нормального линейного износа для задней и передней поверхности инструмента:

$$\Delta h_3 = \frac{V \cdot I}{\rho} \cdot \int_{t_{i-1}}^{t_i} (\tau_0 - \sigma_0 \cdot z') \cdot dt; \quad (3)$$

$$\Delta h_{\pi} = \frac{V \cdot I}{\zeta \cdot \rho} \cdot \int_{t_{i-1}}^{t_i} (\tau_0 - \sigma_0 \cdot z') dt, \quad (4)$$

где ζ - коэффициент усадки стружки; t_i, t_{i-1} - период времени, за который происходит приращение износа Δh .

Решение уравнения (4) производилось численными методами в следующей последовательности:

1. Пятно контакта на передней поверхности разделялось на сечения вертикальными плоскостями, построенными в направлении схода стружки. Расчет профилей изношенных поверхностей выполнялся последовательно в каждом из полученных сечений.

2. По заданным исходным значениям τ_0, σ_0, V и I в каждой точке профиля рассчитывались приращения линейного износа по нормали к поверхности трения, образующие новый профиль поверхности трения. При этом интенсивность изнашивания, задающая скорость истирания пары "обрабатываемый металл - инструментальный материал", выбирается в зависимости от температуры инструментального материала и условий трения в рассматриваемой точке поверхности.

3. В каждой точке этого профиля определяются значения перераспределенных контактных напряжений, являющиеся исходными данными для следующего расчетного шага.

Для проведения расчетов износа была разработана программа на языке Visual LISP. В качестве исходных данных принимались условия резания, аналогичные экспериментальным при исследовании топографии износа твердосплавных пластин. Расчет распределения температуры на передней поверхности выполнялся по методикам А.Н. Резникова и В.С. Кушнера. В обоих случаях качественно характер износа совпадал, с незначительным количественным отличием. Результаты расчетов износа передавались в графическом виде в программный комплекс AutoCAD. На рис. 4 приведено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными. Таким образом, получено удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных данных.

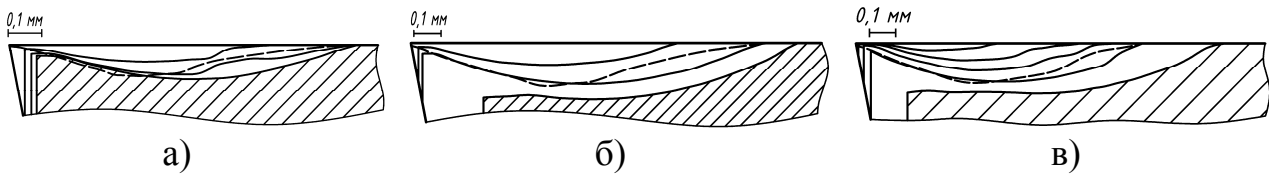


Рис. 4. Сравнение экспериментального и расчетного профиля износа для условий резания: а) $V=290$ м/мин, $S=0,26$ мм/об, $t=0,5$ мм; б) $V=290$ м/мин, $S=0,26$ мм/об, $t=1$ мм; в) $V=290$ м/мин, $S=0,26$ мм/об, $t=1,5$ мм.
 ——— - экспериментальный профиль; — — — - расчетный профиль.

В четвертой главе изложена методика проектирования формы передней поверхности СМП, обеспечивающей ее равномерное изнашивание. Износ в текущей точке передней поверхности определялся как

$$\Delta h_{\pi i} = \frac{\tau_i \cdot V \cdot I_i \cdot t}{\zeta \cdot \rho} \quad (5)$$

где τ_i , I_i - соответственно касательные напряжения и интенсивность изнашивания в i -ой точке передней поверхности; v - скорость резания; t - время резания; ζ - усадка стружки.

Задача управления износом режущей части может быть направлена на достижение следующих целей: минимизация износа либо обеспечение равномерного изнашивания, что необходимо для увеличения периода стойкости инструмента. В первом случае цель может быть сформулирована как $\Delta h_{\pi i} = 0$, во втором - $\Delta h_{\pi i} = \text{const}$; в общем случае $\Delta h_{\pi i} = \text{const}$.

Из выражения (5) следует, что в качестве управляющих износом переменных могут использоваться интенсивность изнашивания или касательные контактные напряжения. Интенсивность изнашивания является интегральной характеристикой происходящих при трении процессов и определяется трибологическими свойствами материалов, а также температурой изнашиваемых поверхностей. Контактные напряжения кроме прочих факторов зависят от геометрических параметров режущей части. Таким образом, для управления процессом изнашивания необходимо изменение или трибологических свойств материала режущей части, или ее геометрических параметров.

Поскольку управление трибологическими свойствами режущей части инструмента является сложной в реализации задачей, возможность применения данного метода ограничена. Наиболее целесообразным способом решения поставленной в данной работе задачи является изменение формы режущей части. Передняя поверхность режущей пластины должна иметь такую форму, чтобы в каждой точке действовали касательные напряжения τ_i , необходимые для обеспечения условия $\Delta h_{\pi i} = \text{const}$. Из (5) следует

$$\tau_i = \frac{\Delta h \cdot \zeta \cdot \rho \cdot I_i}{V \cdot t} \quad (6)$$

Определив по (6) требуемые значения касательных контактных напряжений для каждой точки передней поверхности, по предложенной в работах проф. С.И. Петрушина зависимости можно рассчитать необходимый текущий передний угол γ_i :

$$\gamma_i = \arcsin\left(\frac{-B + \sqrt{D}}{2 \cdot A}\right), \quad (7)$$

где τ_0, σ_0 - исходные касательные и нормальные напряжения в рассматриваемой точке передней поверхности; τ_i - действующие на проектируемом профиле перераспределенные касательные напряжения в рассматриваемой точке, определяемые по (6); $D = B^2 - 4 \cdot A \cdot C$, $A = \tau_0^2 + \sigma_0^2$, $B = -2 \cdot \tau_i \cdot \sigma_0$, $C = \tau_i^2 - \tau_0^2$.

Конструирование сменной многогранной пластины с формой передней поверхности, обеспечивающей равномерное изнашивание, должно выполняться в следующей последовательности:

1. Пятно контакта на передней поверхности пересекается вертикальными плоскостями в направлении схода стружки. Расчет требуемого профиля передней поверхности выполняется в каждом из полученных сечений.

2. Полученное сечение, начиная от вершины режущего клина, разбивается с определенным шагом на i -е количество точек, в каждой из которых будет производиться расчет γ_i . Определяются исходные данные, необходимые для проведения расчетов в каждой точке выбранного сечения: скорость резания V , усадка стружки ζ , плотность инструментального материала ρ , интенсивность изнашивания I_i , исходные контактные напряжения σ_0 и τ_0 . Задается значение износа передней поверхности Δh , которое должно быть достигнуто за время t .

3. По полученным исходным данным определяем передний угол γ_i в каждой точке выбранного сечения; для построения профиля передней поверхности последовательно, начиная от вершины режущего клина откладываются отрезки под углом γ_i на расстояние, равное шагу до следующей точки сечения.

По изложенной методике проведен расчет профилей передней поверхности для различных условий резания (рис. 5). Затем полученные профили передавались в CAD систему SolidWorks, где осуществлялось их объединение в

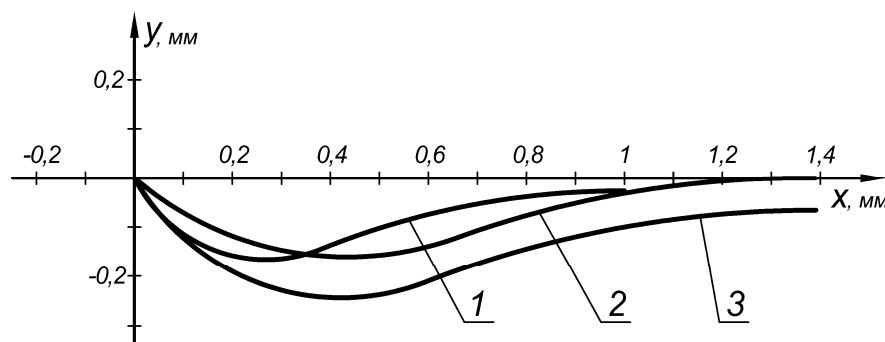


Рис. 5. Профили передней поверхности, обеспечивающей равномерный износ для условий резания: Сталь 40Х - МР7, 1) $V=290$ м/мин, $S=0,26$ мм/об, $t=0,5$ мм; 2) $V=290$ м/мин, $S=0,26$ мм/об, $t=1$ мм; 3) $V=180$ м/мин, $S=0,26$ мм/об, $t=1,5$ мм.

трехмерную модель. Так как целью расчета было повысить стойкостные свойства лезвия инструмента, полученный проект может не показать улучшений по другим эксплуатационным характеристикам, например по прочности режущего клина в данном сечении. Так, из рис. 5 следует, что расчетные профили имеют

значительную величину переднего угла в области вершины. Поэтому приведенная конструкция была дополнена упрочняющей фаской. Конструкция и трехмерная модель вершины предлагаемой СМП приведена на рис. 6.

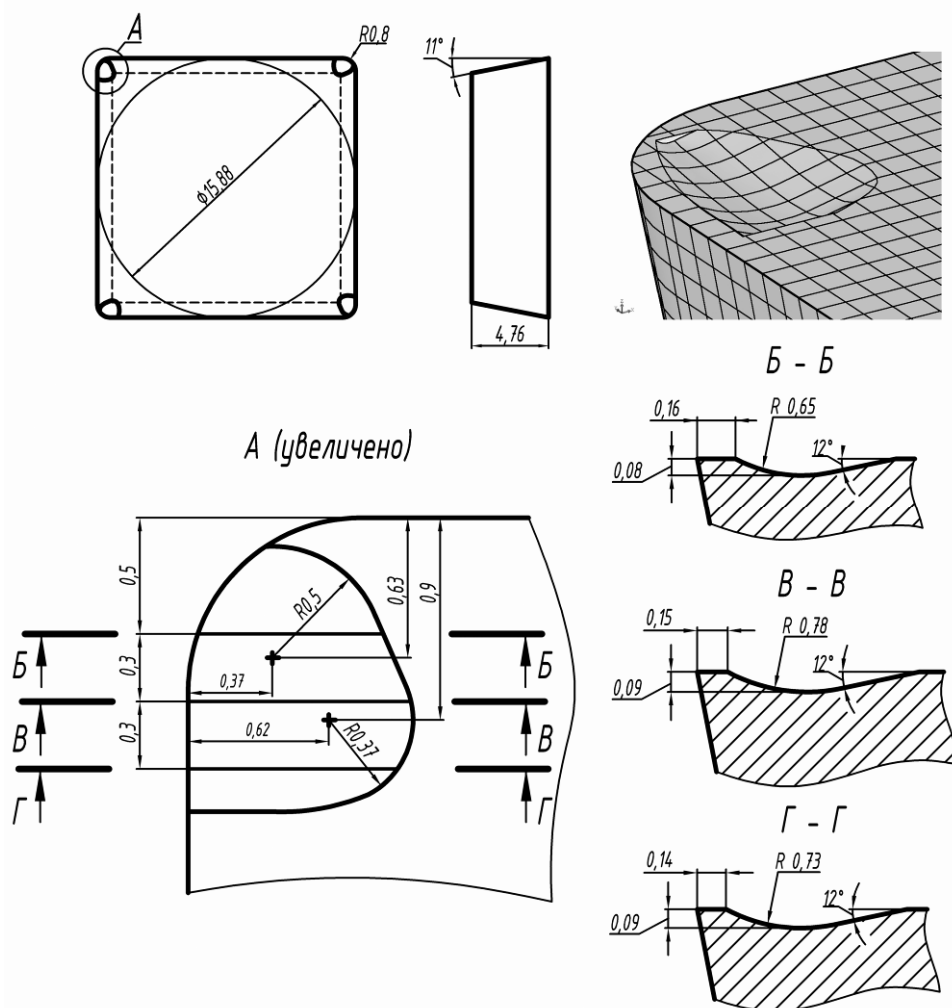


Рис. 6. Конструкция и трехмерная модель вершины предлагаемой СМП с равномерным износом передней поверхности: $V=290$ м/мин, $S=0,26$ мм/об, $t=0,5$ мм.

С целью экспериментальной оценки достоверности разработанной методики обеспечения равномерного изнашивания передней поверхности СМП, а также для исследования эксплуатационных свойств была изготовлена партия сменных многогранных пластин и проведены их сравнительные экспериментальные исследования. Эксперименты проводились с применением оборудования и приспособлений, используемых в ходе исследований топографии износа твердосплавных пластин. В качестве основы для изготовления предлагаемых пластин были использованы СМП с плоской передней поверхностью и задним углом 11° из твердого сплава марки МР7. Затачивание пластин для получения требуемого профиля передней поверхности производилась на станке мод. 3М642.

Чтобы обеспечить возможность последующего сравнения пластин с предлагаемой формой передней поверхности и стандартных СМП с плоской передней поверхностью, сравнительные эксперименты проводились в условиях резания, аналогичных условиям проведения исследований топографии износа

СМП. В ходе проведенных экспериментов подтверждено повышение стойкости предлагаемых пластин на 14% – 15% по сравнению со стандартной СМП с плоской передней поверхностью.

Для оценки равномерности изнашивания передней поверхности СМП использовался коэффициент равномерности изнашивания. Пятно контакта на передней поверхности разбивается на сечения вертикальными плоскостями, проведенными в направлении схода стружки (рис. 7). Рассмотрим сечение,

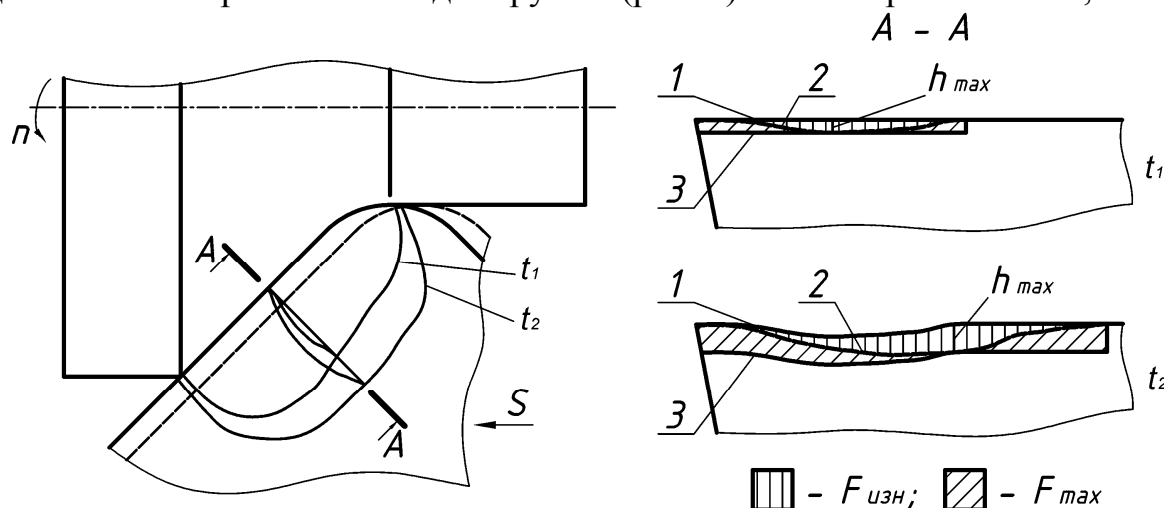


Рис. 7. Схема для определения коэффициента равномерности изнашивания передней поверхности

полученное при времени работы инструмента t_1 . Здесь 1 – исходный профиль передней поверхности, 2 – профиль, изношенный за время работы t_1 , 3 – копия исходного профиля, смещенного на величину максимального износа $h_{\max}$. Коэффициент равномерности изнашивания $k_{\text{ри}}$ определялся как

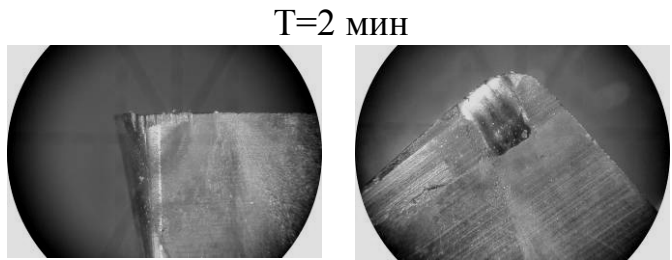
$$k_{\text{ри}} = \frac{F_{\text{изн}}}{F_{\text{изн}} + F_{\text{max}}}, \quad (8)$$

где $F_{\text{изн}}$ – площадь сечения материала передней поверхности, изношенного за период времени t_1 (на рис. 7 ограничена линиями 1 и 2);

F_{max} – площадь сечения, определяемая исходным профилем, смещенным на максимальную величину износа $h_{\max}$ (на рис. 8 ограничена линиями 2 и 3).

При $k_{\text{ри}}$, стремящемся к единице, форма передней поверхности режущего клина при изнашивании остается неизменной, что обеспечивает равномерность изнашивания и тем самым повышает работоспособность инструмента.

Для определения $k_{\text{ри}}$ при проведении стойкостных экспериментов проводились промеры профиля лунки износа по методике, аналогичной использовавшейся при исследовании топографии износа СМП. Сравнение последовательности развития лунки износа для стандартной и предлагаемой пластин приведено на рис. 8. Как следует из рисунков, для предлагаемых пластин износ в каждой точке передней поверхности практически одинаковый, и форма передней поверхности мало изменяется.



$T=4$ мин



t, c	k _{ри} (Diamonds)	k _{ри} (Crosses)
60	0.50	0.52
120	0.71	0.57
180	0.75	0.58
240	0.77	0.58
300	0.81	0.57
350	0.82	0.45
360	0.79	0.36
370	0.53	-

в зависимости от времени резания, существенно снижаясь в период катастрофического износа. Для предлагаемых конструкций СМП в начальный момент времени значение $k_{\text{ри}}$ примерно соответствует стандартной пластине, но затем существенно повышается и достигает в среднем значений 0,7 – 0,8, что на 16 - 24% превышает значение для стандартной пластины.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

По результатам, полученным в представленной работе, можно сделать следующие выводы:

1. Одной из причин снижения стойкости режущего инструмента при прочих равных условиях является неравномерность изнашивания рабочих поверхностей лезвия. В качестве метода повышения стойкости может использоваться усовершенствование геометрических параметров СМП на пятне контакта.

2. Предложена методика расчета, позволяющая моделировать процесс изнашивания с учетом износостойкости инструментального материала и изменения контактных напряжений на рабочих поверхностях инструмента вследствие изменения формы СМП при изнашивании.

3. В качестве метода повышения стойкости предложено усовершенствование формы СМП с целью обеспечения равномерного изнашивания. Разработаны формы СМП, обеспечивающие равномерное изнашивание за счет перераспределения контактных напряжений на передней поверхности.

4. Экспериментальные исследования эксплуатационных свойств сменных многогранных пластин с разработанной формой передней поверхности показали, что их стойкость на 15% выше, чем у пластин со стандартной формой.

5. Для оценки работоспособности СМП использован коэффициент равномерности изнашивания передней поверхности. Стойкостные испытания показали, что предлагаемая режущая пластина характеризуется более высокими по сравнению со стандартной значениями коэффициента равномерности изнашивания.

6. Основные результаты работы внедрены на ООО «Юрга-гидравлика», ООО «ЮТА». Предлагаемые конструкции СМП использовались при обработке штоков гидроцилиндров шахтных крепей. Подтверждено повышение стойкости по сравнению со стандартными пластинами до 12%.

7. На разработанные формы пластин получены патенты РФ на полезную модель № 35266, № 77192.

Основное содержание диссертации изложено в работах (*):

1. Воробьев А.В., Корчуганова М.А., Петушин С.И., Ретюнский О.Ю. Проектирование сменных многогранных пластин для сборных режущих инструментов по целевому назначению // Вестник машиностроения, 2002. №5. – С 47-50.

2. Петрушин С. И., Воробьев А.В. Моделирование процесса изнашивания лезвия режущего инструмента//Вестник машиностроения. – 2005. –№12. – С.31-34.

3. Патент на полезную модель 35266 РФ, МПК7 В23В 27/16 Сменная многогранная пластина/ С.И. Петрушин, А.В. Воробьев – Заявка №2003126346; Заявл. 28.08.2003; Оpubл. 10.01.2004, Бюл. №1.

4. Патент на полезную модель 77192 РФ, МПК В23В 27/16 Сменная многогранная режущая пластина/ А.В. Воробьев, С.И. Петрушин – Заявка №2008115606/22; Заявл. 21.04.2008; Оpubл. 20.10.2008, Бюл. №29.

5. **Патент на полезную модель 46695 РФ, МПК7 В22F 3/105, 7/00 Устройство для изготовления режущих пластин/ В.В. Дуреев, А.В. Воробьев, О.Ю. Ретюнский – Заявка №2005105635; Заявл. 28.02.2005; Опубл. 27.07.2005, Бюл. №21.**
6. Воробьев А.В. Исследование износостойкости инструментальных материалов на машине трения 2070 СМТ – I // Двенадцатая научная конференция. Труды. – Юрга: Изд. ТПУ, 1999. –С 48-49.
7. Воробьев А.В. Экспериментальная установка для исследования износостойкости инструментальных материалов // Пятая областная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Современные техника и технологии". Сб. статей. – Томск : Изд-во ТПУ, 1999. –С 122-123.
8. Воробьев А.В. Компьютерное моделирование СМП с равномерным износом // Четырнадцатая научная конференция. Труды. – Юрга: Изд. ТПУ, 2001. –С 87-88.
9. Воробьев А.В. Экспериментальное определение коэффициентов интенсивности изнашивания на машине трения 2070 СМТ – I // Седьмая международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Современная техника и технологии". Сб. статей. – Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – С 118-119.
10. Воробьев А.В., Моховиков А.А, Проскоков А.В. Обеспечение равномерного изнашивания сменных многогранных пластин путем изменения топографии передней поверхности // Восьмая международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Современная техника и технологии". Сб. статей. – Томск : Изд-во ТПУ, 2002. –С 171-172.
11. Воробьев А.В. Способ расчета профиля изношенной поверхности металлорежущего инструмента // Ресурсосберегающие технологии в машиностроении. Материалы 2-й межрегиональной научно-практической конференции с международным участием 26-27 сентября 2002 года. Алт. гос.техн. ун-т, БТИ. – Бийск. Изд-во Алт. гос. техн.ун-та, 2002 –С 105-107.
12. Воробьев А.В. Метод расчета топографии износа металлорежущих инструментов // I Международная конференция "Современные проблемы машиностроения и приборостроения", г. Томск, 24-28 сентября 2002 г. Сборник трудов. – Томск: STT, 2003. –С 87-88.
13. Воробьев А.В. Изучение геометрических параметров износа сменных режущих пластин // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: Труды Всероссийской научно-практической конференции. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. –С 144-147.
14. Воробьев А.В. Прогнозирование формы и величины износа металлорежущих инструментов // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: Труды Всероссийской научно-практической конференции. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. –С 241-243.
15. Воробьев А.В. Метод расчетного определения величины и формы износа металлорежущих инструментов // Современные технологические системы в машиностроении (СТСМ – 2003). Сборник тезисов докладов международной научно – технической конференции. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та им.

И. И. Ползунова, 2003. –С 47-49.

16. Воробьев А.В. Определение износостойкости твердого сплава МР7 в условиях моделирования процесса резания // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: Труды II Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х т.-Филиал ТПУ, Юрга: Изд. ТПУ, 2004.-Т.1. – С. 98-100.

17. Воробьев А.В. Расчет величины износа и прогнозирование стойкости металлорежущего инструмента // Ресурсосберегающие технологии в машиностроении: Материалы 4-й Всероссийской юбилейной научно-практической конференции 23 – 24 сентября 2004 года. Алтайский гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск. Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2004. –С. 17-20.

18. Воробьев А.В. Оптимизация формы передней поверхности сменных многогранных пластин по критерию равномерного изнашивания // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: Труды III всероссийской научно-практической конференции. В 2-х т. - ЮТИ ТПУ, Юрга: Изд. ТПУ, 2005. –Т.1. – С 55-57.

19. Воробьев А.В. Расчет величины износа металлорежущих инструментов // Туполевские чтения: Международная молодежная научная конференция, посвященная 1000-летию города Казани, 10-11 ноября 2005 года: Материалы конференции. Том I. Казань: Изд-во Казанского гос. техн. ун-та. 2005. – С 130-131.

20. Воробьев А.В. Проектирование конструкций сменных многогранных пластин с равномерным износом передней поверхности // Механики XXI века. VII Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием: сборник докладов. – Братск: ГОУ ВПО "БрГУ", 2008. – С 143-146.

21. Воробьев А.В. Повышение стойкости режущих пластин за счет обеспечения равномерного изнашивания // XIV Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Современные техника и технологии". Сборник трудов в 3-х томах. Т.1. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – С 254-255.

22. Воробьев А.В. Проектирование сменных многогранных пластин с передней поверхностью, оптимизированной по критерию равномерного изнашивания // 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. – С 74-78.

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

Отпечатано на ризографе в ЮФ ФГУП ЦНИИ «Комплекс»

Заказ № 11230. Тираж 120 экз. 12.02.2009 г.

Лицензия № 44-58 от 03.02.1998г.