

На правах рукописи

МЕЛЬНИК ЕВГЕНИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

УДК 621.3.082.62

МЕТОД И СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ И ОЦЕНКИ
СТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Специальность 05.02.11 – Методы контроля и
диагностики в машиностроении

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Орел, 2003 г.

Работа выполнена в Орловском государственном техническом университете
(ОрелГТУ)

| | |
|------------------------|--|
| Научный руководитель | доктор технических наук, профессор КОРНДОРФ Сергей Фердинандович. |
| Официальные оппоненты: | доктор технических наук, профессор ИВАНОВ Борис Рудольфович, кандидат технических наук, ГАВРИЩУК Владимир Иванович. |
| Ведущая организация | ОАО «Ливгидромаш», г. Ливны |

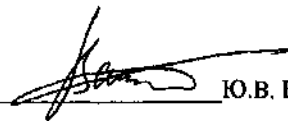
Защита состоится «21» ноября 2003 г. в 12.00 часов в аудитории 212 на заседании Совета Д 212.182.06 в Орловском государственном техническом университете по адресу: 302020, РФ, г. Орел, Наугорское шоссе, 29.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Орловского государственного технического университета.

Автореферат разослан «21» октября 2003 г.

Ученый секретарь
Совета Д 212.182.06,

Кандидат технических наук



Ю.В. ВАСИЛЕНКО

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Время, затрачиваемое на обработку металлов резанием, составляет более 30-40% от общей трудоёмкости изготовления машин и приборов.

От качества режущих инструментов, две трети которых составляют инструменты, оснащённые пластинами из твёрдых сплавов, в значительной степени зависят качество получаемой продукции, производительность и эффективность процесса обработки. Проблема стойкости режущего инструмента актуальна в массовом автоматизированном производстве, гибких производственных системах, а также при обработке дорогостоящих деталей, когда отказ инструмента может привести к неисправимому браку. Это особенно актуально для комплекта инструментов из ёмких инструментальных магазинов станков с ЧПУ при обработке партии деталей на операциях с высокой концентрацией технологических переходов. Повышение эффективности производства связано с развитием и усовершенствованием методов и средств входного и промежуточного контроля режущего инструмента в процессе его эксплуатации. Вследствие работы в различных условиях и с различными режимами резания, разного времени работы инструментов одного комплекта, задачи оценки их остаточной стойкости является весьма сложной.

Твердосплавные пластины в основном разрушаются из-за выкрашивания в процессе эксплуатации. Причиной этого является неоднородность структуры, (неравномерность распределения дефектов, вариации химического и фазового состава) и следовательно, физико-механических свойств материала твердосплавных пластин, возрастающая в результате теплового, физико-механического и химического воздействий, в ходе изготовления пластин и их эксплуатации.

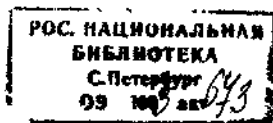
Достоверно исследовать структуру рабочих поверхностей режущего инструмента можно только методами разрушающего контроля. Неразрушающий косвенный контроль структуры по физическим характеристикам материала в области рабочих поверхностей не позволяет получить достаточно достоверную информацию, ввиду наличия огромного количества случайных факторов. Кроме того, в результате такого контроля определяют только интегральные оценки свойств достаточно большого объёма материала, а не тонкого поверхностного рабочего слоя. Полученные оценки практически не позволяют оценивать остаточную стойкость инструмента в процессе его эксплуатации.

Поэтому, необходимо выявление физической характеристики твердосплавного материала, позволяющей разработать неразрушающий метод контроля, обладающий достаточной достоверностью для оценки однородности структуры материала, и позволяющий контролировать малые объёмы поверхностного рабочего слоя инструмента, соответствующие процессу выкрашивания.

Цель работы. Разработка метода и средства неразрушающего контроля состояния режущих кромок твердосплавного инструмента с целью оценки их остаточной стойкости.

Основные задачи работы:

- Исследование существующих методов контроля металлорежущего инструмента.



- Анализ причин формирования неоднородностей рабочих поверхностей твердосплавных пластин в процессе изготовления и эксплуатации и выявление связи указанных неоднородностей с термоэлектрическими свойствами твердых сплавов.
- Разработка метода контроля остаточной стойкости твердосплавного режущего инструмента по распределению термоэлектрической чувствительности вдоль его режущей кромки.
- Разработка средства контроля и методики его применения, позволяющих исследовать распределение термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки твердосплавного инструмента
- Экспериментальная проверка возможности использования предложенного метода и средства контроля состояния режущих кромок твердосплавного инструмента с целью оценки их остаточной стойкости.

Методы и средства исследования. В данной научной работе были использованы следующие методы исследований:

- аналитические методы;
- методы математического моделирования;
- статистические методы обработки экспериментальных данных;
- методы корреляционного и частотного анализов.

Экспериментальные исследования проведены на разработанной установке с использованием современных средств измерений.

Обработка экспериментальных данных выполнена на ЭВМ с использованием программных пакетов *Microsoft Excel, Math Soft MathCAD.*

Научная новизна.

- На основании анализа термоэлектрических явлений предложена схема для определения термоэлектрической чувствительности режущей кромки твердосплавной пластины.
- Установлена зависимость дисперсии распределения термоэлектрической чувствительности режущей кромки твердосплавного инструмента от состояния твердого сплава;
- Установлена возможность контроля состояния режущих кромок твердосплавного инструмента с целью оценки остаточной стойкости по значению дисперсии распределения термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки;

Практическая ценность.

- Разработано средство контроля и методика его применения, позволяющие измерять термоэлектрическую чувствительность вдоль режущей кромки резца с шагом 0,1 мм для определения её состояния;

Апробация работы. Материалы диссертационного исследования доложены и обсуждены на конференциях:

- Всероссийская научно-техническая конференция «Диагностика веществ, изделий и устройств». – Орёл: ОрёлГТУ, 1999.
- Международная дистанционная научно-техническая конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения» - Орёл: ОрёлГТУ, 2001, 2002, 2003.

- II международная научно-практическая конференция «Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики» - Новочеркасск, 2001.
- Первая региональная научно-практическая интернет-конференция «Энерго- и ресурсосбережение – XXI век» – Орёл: ОрёлРЦЭ, 2001.
- Региональная научно-практическая конференция «Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве» - Воронеж, 23-25 апреля. 2002.
- III международная научно-практическая конференция «Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики» - Новочеркасск, 2002.

По содержанию и результатам теоретических и экспериментальных исследований опубликовано 3 статьи в периодической печати, поданы две заявки на патент. Разработанная методика оценки распределения коэффициента термоэлектрической чувствительности вдоль режущих кромок твердосплавного металлорежущего инструмента при контроле их состояния с целью оценки их стойкости принята на ОАО «Ливенский завод противопожарного машиностроения», г. Ливны в 2003 г.

Положения, выносимые на защиту:

- 1 Связь дисперсии распределения термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки твердосплавного металлорежущего инструмента с накоплением и концентрацией в ней дефектов структуры и физико-механических неоднородностей.
- 2 Метод контроля термоэлектрической чувствительности в точках режущей кромки.
- 3 Определение поврежденности режущей кромки твердосплавного металлорежущего инструмента по значению дисперсии распределения термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки с целью возможности оценки остаточной стойкости.
- 4 Принцип действия средства контроля и методика его использования, реализующие разработанный метод.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определена ее цель, а также раскрыто научное и практическое значение работы.

В первой главе обоснована необходимость контроля твердосплавного металлорежущего инструмента с целью оценки его остаточной стойкости.

Установлено, что неоднородность механических свойств твердых сплавов возникает уже в процессе спекания и заточки из-за неоднородности химического состава и структуры, наличия пор, трещин, неравномерного распределения внутренних напряжений; сплавы гетерогенны; микропрочность в различных участках поверхности инструмента различается значительно. Это обуславливает появление новых неоднородностей механических свойств и их накопление в процессе эксплуатации на разных микроучастках режущей кромки, что определяет различные стойкости указанных участков.

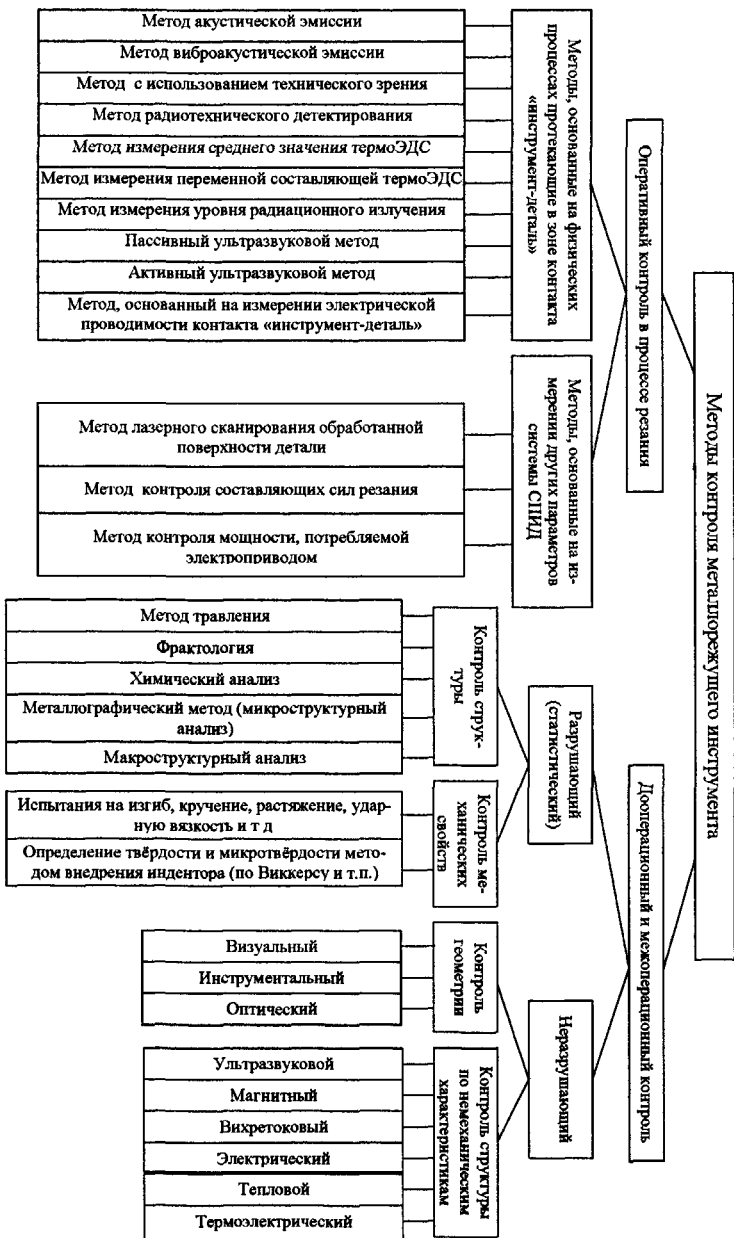


Рисунок 1 – Классификация методов контроля металлообрабатывающего инструмента

Во второй главе показана необходимость создания метода контроля, который позволил бы проводить 100%-ный неразрушающий контроль твердосплавного инструмента с целью оценки его остаточной стойкости.

Проведён анализ существующих методов контроля металлорежущего инструмента и их классификация (рисунок 1). Показано, что существующие методы можно разделить на две группы: оперативный контроль в процессе резания и дооперационный и межоперационный контроль. При использовании первой группы методов осуществляют диагностику текущего состояния инструмента или системы СПИД, однако они не дают представление о структуре режущей кромки инструмента, в основном, регистрируют процесс разрушения режущего инструмента и не позволяют оценивать его остаточную стойкость. Большинство существующих стандартных методов контроля структуры и свойств металлов и сплавов являются разрушающими и поэтому не применимы для 100%-ного контроля режущего инструмента, а используемые методы неразрушающего контроля не позволяют достичь требуемой локальности исследований.

Анализ физической сущности термоэлектрических явлений показал, что термоэлектрический метод контроля обладает высокой чувствительностью к возникающим изменениям химического и фазового состава, структуры и субструктуры твёрдых сплавов в процессе их изготовления и эксплуатации. На основании указанных свойств был предложен метод определения термоэлектрической чувствительности поверхностного слоя твердосплавной пластины и рассчитана электрическая цепь, представленная на рисунке 2. На режущую кромку 1 твердосплавной пластины 2, припаянную припоем 3 к державке 4, в исследуемую точку опускается нагретый электрод 5, создающий в точке касания с кромкой температуру θ_1 . Поэтому суммарная ЭДС в рассматриваемой цепи

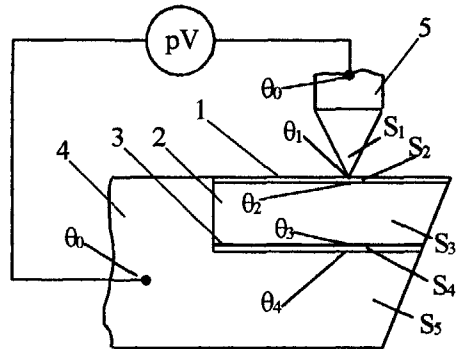


Рисунок 2 – Электрическая цепь определения термоэлектрической чувствительности поверхностного слоя режущей кромки твердосплавной пластины

$$E = -S_1(\theta_1 - \theta_0) + S_2(\theta_1 - \theta_2) + S_3(\theta_2 - \theta_3) + S_4(\theta_3 - \theta_4) + S_5(\theta_4 - \theta_0), \quad (1)$$

где S_1 – термоэлектрическая чувствительность нагретого электрода;

S_2 – местная термоэлектрическая чувствительность поверхностного слоя твердосплавной пластины;

S_3 – термоэлектрическая чувствительность твердосплавной пластины;

S_4 – термоэлектрическая чувствительность припоя;

S_5 – термоэлектрическая чувствительность державки;

$\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ – температуры соответственно холодного конца нагреваемого электрода и державки, на границах между нагреваемым электродом и поверхностным слоем твердосплавной пластины, между поверхностным слоем твердосплавной пластины и твердосплавной пластиной, между твердосплавной пластиной и припоем, между припоем и державкой.

При $\theta_3 = \theta_4 = \theta_0$ и $S_1 = S_3$ выражение (1) принимает вид:

$$E = S_{12}(\theta_2 - \theta_1). \quad (2)$$

где S_{12} – термоэлектрическая чувствительность термопары, образованной нагреваемым электродом из твёрдого сплава и поверхностным слоем твердосплавной пластины.

Если не учитывать влияние паразитных термопар, то есть тело резца считать однородным, то термоэлектрическая способность термопары S_{12} может быть определена из выражения

$$S_{12} = \frac{E_{12}}{\Delta\theta}, \quad (3)$$

где E_{12} – термоЭДС термопары, составленной из нагреваемого электрода и твердосплавной пластины;

$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_0$ – разность температур между горячим спаем полустержневной термопары и её свободными концами.

В третьей главе на основании рассчитанной электрической цепи разработана схема (рисунок 3), с помощью которой определяется распределение термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки твердосплавного инструмента.

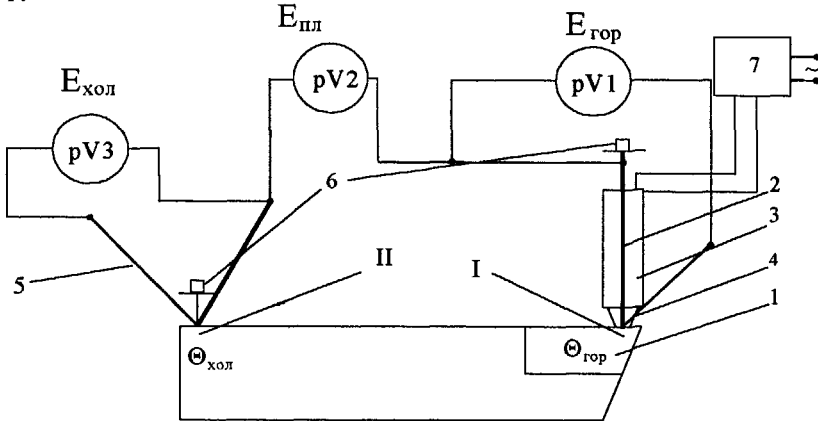


Рисунок 3 – Схема экспериментальной установки для определения термоэлектрической чувствительности режущей кромки твердосплавной пластины напаянной на державку

На режущую кромку твердосплавной пластины 1 в точке контроля устанавливается заостренный спай хромель-копелевой термопары, хромелевый электрод 2 которой помещён в нагревательный элемент 3. Соответственно, через нагреваемый хромелевый электрод тепловая энергия поступает в контролируемую точку твердосплавной пластины. К нагревательному элементу прикреплен слюдяной конус 4, уменьшающий циркуляцию воздуха около точки контроля. На другой конец пластины также установлена хромель-копелевая термопара 5. Для обеспечения надежного контакта термопар они прижимаются к контролируемой поверхности грузами 6 подобранными таким образом, чтобы обеспечивать силу прижатия $P=1$ Н, создающую достаточную площадь контакта и неприводящую к разрушению спая термопары. Мощность нагрева плавно регулируется с помощью ЛАТРа (Э30) 7. Класс точности ЛАТРа 1,5. В схему экспериментальной ус-

тановки входят 2 милливольтметра $pV1$ и $pV3$ (Щ301-1), измеряющие ЭДС термопар 2 и 3. Кроме того, в схему был введен милливольтметр $pV2$ (Щ301-1), включенный между двумя идентичными термоэлектродами термопар 2 и 3, измеряющий ЭДС, создаваемую за счёт разности температур $\theta_{гор}$ и $\theta_{хол}$.

Термоэлектрическая чувствительность термопар в предложенной схеме при идентичности градуировочных кривых стандартных хромель-копелевых термопар, характеризующих температуру исследуемой точки твердосплавной пластины и холодного конца державки реза, рассчитывалась на основании законов термоэлектрических цепей.

$$E_{гор} = S_{ХК}(\theta_1 - \theta_3); \quad (4)$$

$$E_{пл} = -S_X(\theta_1 - \theta_3) + S_{пл}(\theta_1 - \theta_2) + S_X(\theta_2 - \theta_3); \quad (5)$$

$$E_{хол} = S_{ХК}(\theta_2 - \theta_3); \quad (6)$$

где S_X — термоэлектрическая чувствительность хромелевого термоэлектрод стандартной термопары;

$S_{ХК}$ — термоэлектрическая чувствительность термопар, спаи которых расположены в исследуемой точке твердосплавной пластины и в холодном конце державки реза;

$S_{пл}$ — термоэлектрическая чувствительность точки исследуемой твердосплавной пластины;

θ_1 — температура в исследуемой точке твердосплавной пластины;

θ_2 — температура холодного конца державки реза;

θ_3 — температура окружающей среды.

Из выражений (4-6) находим термоэлектрическую чувствительность термопары, образованной исследуемой точкой поверхности твердосплавной пластины и термоэлектродом термопары.

$$S_{хпл} = \frac{E_{пл}}{E_{хол} - E_{гор}} \cdot S_{ХК}. \quad (7)$$

Таким образом, термоэлектрическая чувствительность термопары, образованная нагреваемым хромелевым термоэлектродом контрольной термопары и исследуемой твердосплавной пластиной, определяется только значениями термоЭДС, регистрируемыми вольтметрами, и термочувствительностью термопар.

Для удобства расчетов определялся коэффициент термоэлектрической чувствительности твердосплавной пластины, выраженный в единицах термоэлектрической чувствительности контрольной хромель-копелевой термопары:

$$k = \left| \frac{S_{хпл}}{S_{ХК}} \right| = \left| \frac{E_{пл}}{E_{хол} - E_{гор}} \right|. \quad (8)$$

На основании приведённой схемы разработана экспериментальная установка и методика её применения, позволяющие исследовать распределение коэффициента термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки твердосплавного инструмента с требуемой разрешающей способностью. Определена величина случайной составляющей погрешности при определении коэффициента термоэлектрической чувствительности.

Для оценки влияния паразитных термопар при определении термоэлектрической чувствительности режущей кромки твердосплавного инструмента был проведён расчёт теплового поля. При протекании теплового потока от нагревателя экспериментальной установки мощностью q через нагреваемый электрод на поверхность контролируемого изделия, через точку контакта в контролируемом теле происходит растекание тепловой волны. Если начало координат располо-

жить в точке контакта ($x'=0, y'=0, z'=0$) и рассматривать распределение температуры по нормали к поверхности тела, то есть при $y=0, z=0$, то температура в точке с координатой x

$$T(x, \tau) = \frac{q}{4\pi\lambda x} \left(1 - \Phi \left[\frac{x}{\sqrt{4\omega\tau}} \right] \right), \quad (9)$$

где q – мощность теплового потока, Дж;
 λ – теплопроводность, Дж/м·с·град;
 ω – коэффициент температуропроводности, м²/с;
 τ – время, с;
 Φ – модифицированная функция интеграла вероятности.

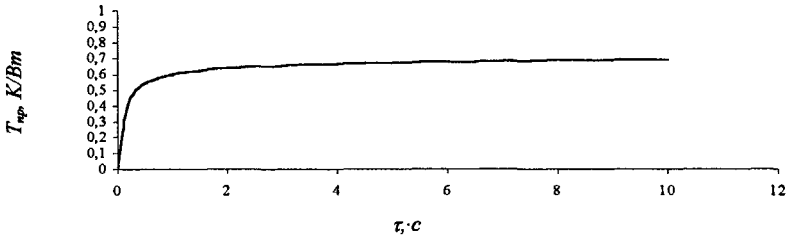


Рисунок 4 – Зависимость изменения приведенной температуры в твердосплавной пластине марки ВК8 на глубине 2 мм от продолжительности воздействия теплового источника, расположенного на поверхности пластины

На рисунке 4 приведена зависимость $T_{пр} = f(\tau)$ для случая, когда $\omega = 0,246$ м²/с, $\lambda = 0,13$ Дж/м·с и $x = 0,002$ м, что соответствует наибольшей температуропроводности твердых сплавов, используемых при изготовлении резцов и минимальной толщине твердосплавных платин.

Скорость изменения приведенной температуры в точке, удаленной на величину минимальной толщины твердосплавной пластины от точечного источника тепла будет

$$\frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = -\frac{1}{4\pi\lambda\sqrt{\pi\omega}} \exp\left(-\frac{x^2}{4\omega\tau}\right) \left(-\frac{1}{2}\tau^{-1/2}\right) = \frac{1}{8\pi\lambda\tau\sqrt{\pi\omega}} \exp\left(-\frac{x^2}{4\omega\tau}\right). \quad (10)$$

По формуле (10) построена зависимость исследуемой скорости при минимальной толщине твердосплавной пластины 2 мм для твердого сплава ВК8 на рисунке 5.

Из приведенных зависимостей вычислено, что максимально вносимая систематическая составляющая погрешности от паразитной термопары составляет не более 0,07% от величины регистрируемой термоЭДС, а скорость изменения температуры на паразитной термопаре через 6 с не превышает 0,0015 К/Вт·с.

Проанализированы условия прижатия нагреваемого хромелевого электрода к твердосплавной пластине, по которым определены площадь и диаметр пятна контакта между ними, которые не превышают $S_{пов} = 2300$ мкм² и $d = 54$ мкм соответственно. Расчеты показали наличие пластической деформации только нагреваемого электрода из-за его невысоких механических характеристик и отсутствие повреждения исследуемого твердого сплава ввиду значения твердости и предела прочности, превышающих на порядок аналогичные параметры хромеля. Следовательно, разработанный метод контроля можно считать неразрушающим.

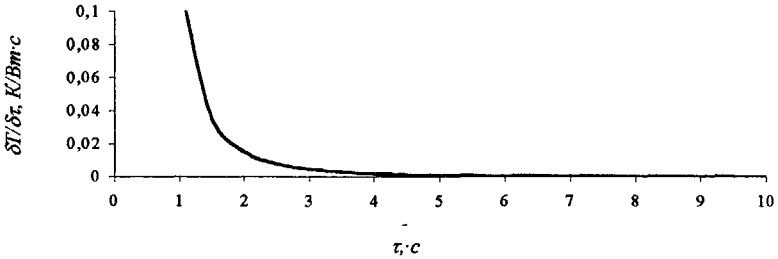


Рисунок 5 – Зависимость скорости изменения приведённой температуры в твердосплавной пластине марки ВК8 на глубине 2 мм от продолжительности воздействия теплового источника, расположенного на поверхности пластины

В четвертой главе приведены описание оборудования и результаты экспериментальной проверки разработанного метода контроля твердосплавного инструмента с целью оценки его остаточной стойкости.

В качестве образцов использовались резы с напайной твердосплавной титановольфрамовой пластиной 0025 Т5К10 ГОСТ 25395-90 (химический состав: 84,5-85% WC , 6% TiC , 9-9,5% Co , до 0,25% O_2 , до 0,02% SiO_2 , до 0,05 % Fe) и резцедержателем 2102, предназначенные для черного точения при неравномерном сечении среза и прерывистом резании, фасонного точения углеродистых и легированных сталей, преимущественно в виде поковок, штампов и отливок по корке и окалине.

Такой выбор реза с указанной маркой напайной пластины для эксперимента объясняется тем, что данный твёрдый сплав и тип резцедержателя являются одними из наиболее часто применяющихся на машиностроительных предприятиях в технологическом процессе обработки металлов и сплавов резанием. Близкими физико-механическими свойствами и химическим составом обладают следующие марки твёрдых сплавов по ГОСТ 3882-74: Т15К6, Т14К8, Т5К12.

С целью определения дисперсий рассеяния полученных результатов измерений и проверки устойчивости показаний во времени были проведены две серии по 25 измерений в одной точке. В результате анализа полученных данных определено, что с вероятностью $P=0,98$ отклонения в сериях можно считать распределенными по нормальному закону, что подтверждает случайный характер анализируемых отклонений. Полученные данные являются реализацией одной генеральной совокупности и условия проведения эксперимента в сериях можно признать одинаковыми. Колебания коэффициента термоэлектрической чувствительности, измеренных в точке режущей кромки реза, обуславливает величину случайной составляющей погрешности, которую характеризует значение дисперсии серии экспериментальных значений коэффициента термоэлектрической чувствительности $E_{пл}/E_{гор}$, которая составляет $D=2,25 \cdot 10^{-6}$.

На основании результатов экспериментальных исследований, представленных на рисунке 6, установлено, что дисперсии результатов измерений распределения коэффициента термоэлектрической чувствительности, измеренного в различных точках вдоль режущей кромки (где нулевая точка соответствует вершине режущей кромки, а остальные расположены по мере удаления от неё на среднем расстоянии 0,2 мм), для каждой из новых твердосплавных титановольфрамовых пластин превосходят на два порядка указанную выше дисперсию повторных измерений, полученных в одной и той же точке и соответствует среднеквадратическому отклонению 0,002. Следовательно, полученные значения средних значе-

ний коэффициентов термоэлектрической чувствительности характеризуют состояние режущей кромки в её различных точках. Сравнение средних значений этих коэффициентов для различных экземпляров пластин из одного и того же материала, показывает, что эти значения сильно отличаются друг от друга, что свидетельствует о различии физико-механических свойств твёрдого сплава пластин, которые могут варьироваться в пределах требований ГОСТ.



Рисунок 6 - Распределение коэффициента термоэлектрической чувствительности на участке режущей кромки новых резцов с напайными твердосплавными титановольфрамовыми пластинами 0025 Т5К10 ГОСТ 25395-90

Исследования твердосплавных резцов эксплуатировавшихся при низкоскоростном ($t=0,5$ мм, $S=0,12$ мм/об, $V \approx 26$ м/мин) и высокоскоростном ($t=0,5$ мм, $S=0,12$ мм/об, $V \approx 108$ м/мин) резании стали марки сталь 45 показали (рисунок 7, рисунок 8), что дисперсия распределения коэффициента термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки изношенных резцов увеличивается на два порядка по сравнению с новыми резцами, однако существенное отличие значения термоэлектрической чувствительности рабочих участков (первые 4 точки) говорит о наибольших изменениях их свойств и высокой интенсивности разрушающих физико-химических процессов, протекающих при резании по сравнению с остальным исследованным участком режущей кромки. В то же время среднее значение коэффициента термоэлектрической чувствительности увеличивается всего на 10-15%, что значительно меньше стандартного отклонения указанного распределения и, следовательно, не может служить показателем износа инструмента. Это объясняет, почему попытки связать термоэлектрическую чувствительность с остаточной стойкостью инструмента не увенчались успехом. Необходимо отметить разный характер изменения коэффициента термоэлектрической чувствительности рабочего участка режущей кромки при низкоскорост-

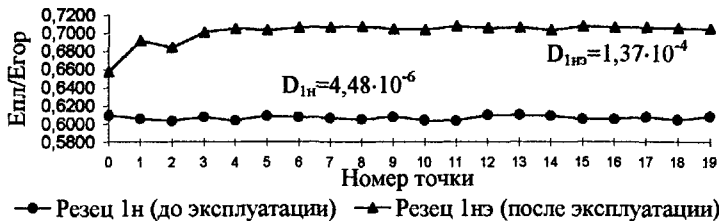


Рисунок 7 - Распределение коэффициента термоэлектрической чувствительности на участке режущей кромки резца с напайной твердосплавной титановольфрамовой пластиной 0025 Т5К10 ГОСТ 25395-90 до и после эксплуатации со скоростью резания $V \approx 26$ м/мин

ном и высокоскоростном резании. Это указывает на доминирование различных физико-химических процессов протекающих при металлорезании и на различные механизмы износа в том и другом случае.

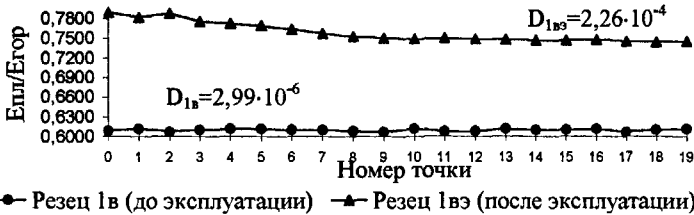


Рисунок 8 - Распределение коэффициента термоэлектрической чувствительности на участке режущей кромки резца с напайной твердосплавной титановольфрамовой пластиной 0025 Т5К10 ГОСТ 25395-90 до и после эксплуатации со скоростью резания $V \approx 108$ м/мин

Исследование резцов, с различной степенью износа показало (рисунок 9), что значение дисперсии распределения коэффициентов термоэлектрической чувствительности вдоль участка режущей кромки возрастает со степенью износа. Детальное рассмотрение характера изменения термоэлектрической чувствительности точек режущей кромки с различной степенью износа показывает, что абсолютная величина коэффициентов термоэлектрической чувствительности более существенно изменяется за вторую половину эксплуатации резца. Следовательно, процесс резания к концу эксплуатации протекает с более интенсивными физико-химическими процессами разрушения твёрдого сплава. Более того, рост дисперсии происходит значительно быстрее, нежели средние значения коэффициента термоэлектрической чувствительности, что объясняется концентрацией дефектов в точках режущей кромки, описанной в первой главе.



Рисунок 9 - Распределение коэффициента термоэлектрической чувствительности на участке режущей кромки резца с напайной титановольфрамовой пластиной 0025 Т5К10 ГОСТ 25395-90 до эксплуатации и с разной степенью износа (скорость резания $V \approx 108$ м/мин)

На рисунке 10 представлено распределение коэффициента термоэлектрической чувствительности участка режущей кромки твердосплавной титановольфрамовой пластины до и после эксплуатации, у которой в процессе металлорезания в окрестностях точки 1 произошло выкрашивание. Исследование участка режущей кромки пластины до эксплуатации выявило значение дисперсии распределения коэффициента термоэлектрической чувствительности вдоль ис-

следованного участка режущей кромки на порядок больше по сравнению с другими экземплярами аналогичных новых пластин.



Рисунок 10 - Распределение коэффициента термоэлектрической чувствительности на участке режущей кромки реза с напайкой твердосплавной титановольфрамовой пластиной 0025 Т5К10 ГОСТ 25395-90 до и после эксплуатации с двумя выкрашенными точками (1 и 5)

Исследование твердосплавных пластин с выкрашенными участками на режущей кромке показало, что в точках, имеющих выкрашивание, наблюдается значительное отклонение коэффициента термоэлектрической чувствительности от среднего значения термоэлектрической чувствительности всего исследованного участка кромки и значительное увеличение дисперсии распределения указанного коэффициента вдоль режущей кромки.

Анализ дисперсий распределения коэффициентов термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки с различной поврежденностью выявил её увеличение с ростом поврежденности (рисунок 11). Таким образом, значение дисперсии распределения термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки реза может служить основой для оценки его остаточной стойкости.

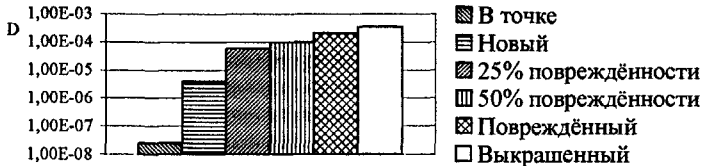


Рисунок 11 - Дисперсии значений коэффициентов термоэлектрической чувствительности, измеренных в одной и той же точке режущей кромки пластины и в различных точках на рабочем участке режущей кромки новой, с разной поврежденностью и выкрашенной пластин

На основании проведенных экспериментальных исследований предложена методика определения распределения коэффициента термоэлектрической чувствительности вдоль режущих кромок твердосплавного металлорежущего инструмента при контроле их состояния с целью оценки их остаточной стойкости.

Перед установкой на металлорежущее оборудование необходимо провести измерение коэффициента термоэлектрической чувствительности режущей кромки металлорежущего инструмента не менее чем в 20-ти точках от рабочей вершины твердосплавной пластины с шагом не более 0,2 мм. По полученным данным должна быть рассчитана дисперсия (величина которой обычно для новых пластин составляет 10^{-4}). После завершения технологического цикла работы станка необходимо повторить измерение распределения коэффициента термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки и рассчитать диспер-

сию. При увеличении дисперсии 50÷100 раз, что соответствует 50% повреждённости режущей кромки инструмента, его рекомендуется сменить.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

- 1 Проведённый анализ отказов показал, что внезапные отказы инструмента наступают в результате выкрашивания, сколов и отделения пластин от державки, причём первая причина играет доминирующую роль.
- 2 Повышение эффективности производства требует разработки методов прогнозирования отказов и оценки его остаточной стойкости режущего инструмента.
- 3 Концентрация в режущей кромке дефектов структуры, изменение химического и фазового состава, накопление внутренних механических напряжений под действием высокой температуры и нагрузок, взаимодействия материала с другими средами, адгезии и диффузии в процессе резания, сопровождается значительным изменением термоэлектрической чувствительности, которые могут быть обнаружены в производственных условиях термоэлектрическими методами.
- 4 Теоретически определена максимально вносимая систематическая составляющая погрешности от паразитной термопары, которая составляет не более 0,07% от величины регистрируемой термоЭДС.
- 5 При увеличении дисперсии распределения коэффициента термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки в 50÷100 раз, что соответствует 50% повреждённости, рекомендуется снимать инструмент с эксплуатации.
- 6 Экспериментальные исследования показали:
 - а) в результате работы реза дисперсия распределения термоэлектрической чувствительности материала режущей кромки возрастает (для твердосплавной титановольфрамовой пластины Т5К10 с $4,5 \cdot 10^{-6}$ до $1,04 \cdot 10^{-4}$);
 - б) в областях поверхности контакта режущей кромки с обрабатываемым металлом изменение термоэлектрической чувствительности существенно отличается от её изменения в соседних областях;
 - в) возникновению выкрашивания предшествует значительное изменение дисперсии распределения коэффициента термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки;
 - г) изменение дисперсии распределения коэффициента термоэлектрической чувствительности вдоль режущей кромки связано с остаточной стойкостью режущего инструмента;
 - д) на основании экспериментальных исследований разработана схема измерительной установки, по которой она изготовлена, и на практике проверена методика диагностики с целью оценки остаточной стойкости режущей кромки, которая может быть использована в производственных условиях.

Основное содержание диссертационной работы отражено в следующих публикациях:

- 1 Мельник Е.Е. Перспективные направления диагностики винтовых объемных гидромашин.// Всероссийская научно-техническая конференция «Диагностика веществ, изделий и устройств». – Орёл: ОрёлГТУ, 1999, С. 106-107.
- 2 Мельник Е.Е. Влияние неоднородности твёрдосплавного инструмента на его механические свойства.// Международная дистанционная научно-техническая конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения – Технологии - 2001». *International Distance Conference Technol-*

- ogy - 2001 «Fundamental and applied technological problems of machine buildings» - Орёл: ОрёлГТУ, 1 марта – 10 сентября 2001, С. 248-250.
- 3 Мельник Е.Е. Конструкция электродов для термоэлектрического контроля твердосплавного металлорежущего инструмента.// II международная научно-практическая конференция «Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики» - Новочеркасск, 2001, ч.1, С. 71-72.
 - 4 Мельник Е.Е. Диагностика инструмента, как средство уменьшения энергозатрат на производство изделий.// Первая региональная научно-практическая интернет-конференция «Энерго и ресурсосбережение – XXI век» – Орёл: ОрёлРЦЭ, 2001, С. 370.
 - 5 Мельник Е.Е. Исследование термоэлектрической неоднородности режущей кромки твердосплавного резца.// Региональная научно-практическая конференция «Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве» - Воронеж, 23-25 апреля. 2002, С. 80.
 - 6 Мельник Е.Е. Входной и межоперационный контроль твердосплавного металлорежущего инструмента.// Международная научно-техническая Интернет конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения – Технологии - 2002». *International Scientific-Technical Internet Conference Technology - 2002 «Fundamental and applied technological problems of machine buildings»* - Орёл: ОрёлГТУ, 1 марта – 10 сентября 2002, С.337-339.
 - 7 Мельник Е.Е. Термоэлектрическое устройство для контроля механической неоднородности твердосплавного инструмента.// III международная научно-практическая конференция «Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики» - Новочеркасск, 2002, ч.1, С. 6.
 - 8 Мельник Е.Е. Входной и межоперационный контроль твердосплавного металлорежущего инструмента.// Международная научно-техническая конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения – Технологии – 2003». *International Scientific-Technical Conference Technology - 2003 «Fundamental and applied technological problems of machine buildings»* - Орёл: ОрёлГТУ, 25-27 сентября 2003, С.408-411.
 - 9 Мельник Е.Е. Термоэлектрический метод контроля твердосплавного напайного инструмента./ С.Ф. Корндорф, Е.Е. Мельник// СТИН.-2002.-№9. – С.19-20.
 - 10 Мельник Е.Е. Термоэлектрический метод диагностики режущего инструмента./С.Ф. Корндорф, Е.Е. Мельник//Контроль. Диагностика.-2003.-№1.-С.44-46.
 - 11 Мельник Е.Е. Термоэлектрическое устройство для контроля механической неоднородности рабочей кромки металлорежущего инструмента./С.Ф. Корндорф, Е.Е. Мельник//Приборы и техника эксперимента.-2003.-№2.-С.166-167.
 - 12 Мельник Е.Е. Термоэлектрический способ контроля металлов и сплавов./ С.Ф. Корндорф, Т.И. Ногачёва, Е.Е. Мельник// Заявка на изобретение № 2002127868 от 17.10.2002
 - 13 Мельник Е.Е. Устройство для термоэлектрического контроля режущей кромки металлорежущего / С.Ф. Корндорф, Т.И. Ногачёва, Е.Е. Мельник// Заявка на изобретение № 2003108466 от 26.03.2003

Подписано к печати «20» октября 2003 г.

Тираж 100 экз. объем 1 пл.

Заказ №

Типография ОрёлГТУ

302030, г. Орёл, ул. Московская, 65