

Учёному секретарю диссертационного совета 24.2.417.01  
при ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» Анцеву А.В.

300012, г. Тула, проспект Ленина, д. 92  
Тульский государственный университет

### **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу Воронина Владислава Вадимовича «Формирование условий максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин на основе вибрационных характеристик», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

#### **1. Общие сведения**

Диссертация Воронина Владислава Вадимовича «Формирование условий максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин на основе вибрационных характеристик», по цели, задачам исследования и содержанию соответствует паспорту научной специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки по следующим пунктам:

п. 4 «Создание, включая проектирование, расчеты и оптимизацию, параметров рабочего инструмента и других компонентов оборудования, обеспечивающих технически и экономически эффективные процессы обработки»;

п. 6 «Исследование влияния режимов обработки на силы резания, температуру, стойкость инструмента и динамическую жесткость оборудования».

Работа состоит из введения, пяти глав и заключения общим объемом 149 страниц, содержит 114 рисунков и 4 таблицы. Список используемых источников включает 146 наименований.

Диссертация прошла апробацию на международных конференциях и научно-технических семинарах, тематика которых соответствует основному направлению исследований соискателя.

Личный вклад соискателя в решение поставленных задач исследований заключается в проведении экспериментальных исследований, анализе полученных данных, разработке и практической реализации методики формирования УМР СРТП сборных резцов, реализованного в прототипе автоматической системы управления скоростью резания в виде способа сбора

данных и алгоритма их математической обработки. Основные положения, выносимые на защиту, получены автором лично.

## **2. Актуальность диссертации**

Диссертационная работа Воронина Владислава Вадимовича направлена на формирование условий максимальной работоспособности (УМР) сменных режущих твердосплавных пластин (СРТП) сборных резцов в автоматическом режиме при точении труднообрабатываемых сталей и сплавов на основе математического анализа вибрационных характеристик (виброускорение) резца с использованием явления высокотемпературного охрупчивания обрабатываемых материалов. Формирование УМР СРТП сборных резцов необходимо при изготовлении крупногабаритных деталей из труднообрабатываемых материалов, когда период стойкости СРТП сборных резцов недостаточен для завершения обработки за один проход. Критериями достижения УМР СРТП сборных резцов в диссертационной работе приняты минимальные значения главной составляющей силы резания и минимальный износ по задней поверхности режущей пластины резца. Существующие способы экспериментального назначения режимов резания требуют долговременных, ресурсоемких исследований. Таким образом, исследования Воронина Владислава Вадимовича являются актуальными.

## **3. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы использованием экспериментально подтвержденных теоретических зависимостей и корректностью выбранных методов исследования.

Все этапы исследований логичны и обоснованы. Экспериментальные исследования дублировались в лаборатории и на производстве с применением разного оборудования и систем сбора данных, полученные результаты демонстрировали повторяемость и системность, а также проверялись теоретически. Выводы по итогам работы достоверны и сделаны на основе материалов исследований, представленных в диссертационной работе.

## **4. Научная новизна диссертационной работы состоит в:**

1. Установлении взаимосвязи между диапазоном скоростей резания, обеспечивающим УМР СРТП сборных резцов, и изменением величины СКЗ главной составляющей виброускорения резца при разных скоростях резания в процессе точения деталей из ряда труднообрабатываемых сталей и сплавов в зоне высокотемпературного охрупчивания.

2. Установлении взаимосвязи между минимальными значениями главной составляющей силы резания, износом резца по задней поверхности, изменением вида стружки и диапазоном скоростей резания, определенном по зависимости СКЗ главной составляющей виброускорения резца от скорости резания.

3. Установлении на основании математического анализа наличия критических точек зависимости СКЗ главной составляющей виброускорения от скорости резания, позволяющих определить границы диапазона скоростей резания, обеспечивающего УМР СРТП сборных резцов, при точении деталей из ряда труднообрабатываемых сталей и сплавов в зоне высокотемпературного охрупчивания.

**5. Практическая значимость** диссертационной работы состоит в:

1. Разработанной методике определения диапазона скоростей резания, обеспечивающего УМР СРТП сборных резцов, на основе математического анализа зависимости СКЗ главной составляющей виброускорения резца от скорости резания при точении деталей из ряда труднообрабатываемых сталей и сплавов.

2. Разработанном алгоритме математического анализа зависимости главной составляющей виброускорения резца от скорости резания, позволяющий определить диапазон скоростей резания, обеспечивающий УМР СРТП сборных резцов в автоматическом режиме.

3. Разработанном прототипе системы автоматического определения и поддержания диапазона скоростей резания, обеспечивающего УМР СРТП сборных резцов, на основе математического анализа зависимости главной составляющей виброускорения резца от скорости резания при точении ряда труднообрабатываемых сталей и сплавов.

4. Внедрении в производство результатов исследований в виде методики формирования УМР СРТП сборных резцов, а также в виде прототипа автоматической системы определения и поддержания диапазона скоростей резания, обеспечивающего УМР СРТП сборных резцов.

## **6. Содержание**

Введение раскрывает актуальность работы, ее научную значимость и практическую ценность. Во введении сформулированы положения, выносимые автором на защиту, и научная новизна.

В первой главе приведены результаты анализа состояния вопроса по использованию вибрации резца в качестве диагностического параметра процесса резания и обзор известных способов оптимизации процесса резания при точении

металлов. Определены исходные данные и область экспериментальных исследований для достижения поставленной цели.

Во второй главе на основе анализа справочных данных и различий хрупкого и вязкого видов разрушения сталей и сплавов установлено характерное для ряда труднообрабатываемых сталей и сплавов явление высокотемпературного охрупчивания. С помощью основного уравнения динамики колебательного движения проанализирована взаимосвязь виброускорения вершины резца при точении с колебанием главной составляющей силы резания. Сформулирована научная гипотеза, состоящая в том, что формирование УМР СРТП сборных резцов при точении возможно путем определения диапазона скоростей резания (температур резания), обеспечивающего изменение механических свойств обрабатываемого материала в результате высокотемпературного охрупчивания обрабатываемого материала, приводящего к изменению вида стружки со сливной в элементную, что определяет состав колебаний главной составляющей и связанной с ней главной составляющей виброускорения.

В третьей главе проведены экспериментальные исследования колебаний составляющей силы резания при точении. Изложены материалы и методики оцифровки колебаний вершины резца и составляющей силы резания при точении с целью анализа спектра вибрации. Математический анализ полученных спектров с помощью функции когерентности подтвердил причинно-следственную взаимосвязь между главной составляющей силы резания и главной составляющей виброускорения резца, а также обоснованность применения виброускорения резца для диагностики процесса точения.

В четвертой главе изложены результаты экспериментальных исследований вибрации резца при точении деталей из ряда труднообрабатываемых сталей и сплавов. Соотнесены по скорости резания диапазоны высокотемпературного охрупчивания, изменения вида стружки со сливной в элементную, минимальных значений составляющей силы резания, износа и главной составляющей виброускорения резца между искомыми критическими точками. Проведен анализ совокупности данных для сталей 10X11H23T3MP, 14X17H2, 12X18H10T и сплавов ХН78Т, ХН60ВТ, на основании которого разработана методика определения диапазона скоростей резания, обеспечивающего УМР СРТП сборных резцов при точении по зависимости главной составляющей виброускорения сборного резца от скорости резания. Диапазон скоростей резания, установленный автором, позволяет уточнить диапазон скоростей резания, рекомендованный производителем СРТП (КЗТС и ISCAR), в среднем

на 70%. Диапазон скоростей резания, обеспечивающих УМР СРТП сборных резцов, полученные по методике автора в автоматическом режиме, отличаются в среднем не более 7,5% от оптимальных по методике профессора А.Д. Макарова и в среднем не более 6,5% по методике профессора С.С. Силина, полученных в результате ресурсоемких исследований.

В пятой главе изложена практическая реализация разработанной методики, основные этапы и результат опытно-конструкторских работ по разработке системы автоматического определения и поддержания диапазона скоростей резания при точении.

#### **7. Замечания по работе**

1. Автор неправомерно использует термин «разработан метод» вместо термина «разработана методика».
2. Отсутствуют сведения о применении сменных режущих пластин с покрытиями.
3. Не указано как отсеивалось влияние образования и срыва нароста из общей картины вибрационных характеристик?
4. Не указано с помощью каких параметров оценивалось наличие высокотемпературного охрупчивания у исследуемых материалов?

#### **8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней**

Диссертационная работа Воронина Владислава Вадимовича «Формирование условий максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин на основе вибрационных характеристик» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научная задача, имеющая существенное значение для развития машиностроительной отрасли.

Разработанные автором методика, реализующая ее система автоматического определения и поддержания скорости (температуры) резания, формирующей условия максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин сборных резцов при точении заготовок деталей, выполненных из труднообрабатываемых сталей и сплавов, вносят существенный вклад в решение проблем современной металлообработки.

Тема диссертации актуальна, а представленные результаты обладают научной новизной и практической значимостью. Материалы работы показаны четко и структурированно, обладают внутренним единством. Диссертация изложена на грамотном техническом языке с использованием общепринятой терминологии.

Автореферат диссертации верно отражает ее содержание и позволяет судить о цели, задачах работы, выводах и результатах исследований. Основные результаты работы с достаточной полнотой изложены в 19 печатных работах, в том числе 5 статьях в журналах из перечня ВАК РФ, 1 публикации в издании, включенном в систему цитирования Scopus. По результатам исследований получен патент РФ на изобретение (№2806933) и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ (№2023685988).

Считаю, что работа по своему содержанию, объему, актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным в пунктах 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Воронин Владислав Вадимович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Официальный оппонент Б. Я. Мокрицкий, профессор кафедры «Машиностроение» ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», доктор технических наук, (специальность 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»), профессор.

Адрес: 681013, г. Комсомольский-на-Амуре, пр. Ленина, 27  
Мокрицкий Борис Яковлевич

Подпись Мокрицкого Б.Я. удостоверяю:  
Ученый секретарь совета университета  
Сериков А.В., доктор технических наук,  
профессор

Контактные данные официального оппонента Мокрицкого Бориса Яковлевича:  
Телефон: +7 (914)175-7562



e-mail: boris@knastu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:  
05.02.07 Технологии и оборудование механической и физико-технической  
обработки.

Адрес места работы: 681013, Дальневосточный федеральный округ,  
Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, д. 27

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «КНАГУ»)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Телефон: +7 (4217) 52-83-04.

e-mail: office@knastu.ru,.

В диссертационный совет 24.2.417.01,  
созданный на базе ФГБОУ ВО «Тульский  
государственный университет»  
300012, г. Тула, проспект Ленина, д. 92

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА ЯНОВА ЕВГЕНИЯ СЕРГЕЕВИЧА**

на диссертационную работу Воронина Владислава Вадимовича «Формирование условий максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин на основе вибрационных характеристик», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

### **1. Актуальность темы диссертационного исследования**

В представленной диссертационной работе приведены результаты комплексного исследования, направленные на формирование условий максимальной работоспособности (УМР) сменных режущих твердосплавных пластин (СРПТ) сборных резцов в автоматическом режиме на основе математического анализа вибрационных характеристик (виброускорение) сборного резца с использованием явления высокотемпературного охрупчивания обрабатываемых материалов. Максимальная работоспособность СРПТ сборных резцов (максимальный путь резания) требуется при точении деталей из труднообрабатываемых материалов для завершения обработки за проход. Условия максимальной работоспособности достигаются при минимальных значениях главной составляющей силы резания и минимальном относительном износе СРПТ сборных резцов. Известные способы экспериментального назначения режимов резания требуют трудоемких исследований и не могут быть реализованы в автоматическом режиме. Таким образом, исследования Воронина Владислава Вадимовича являются актуальными для направления современной металлообработки.

### **2. Общие сведения**

Рассматриваемая диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения общим объемом 149 страниц, содержит 114 рисунков и 4 таблицы. Список используемых источников включает 146 наименований.

Цель, поставленные задачи исследования и содержание диссертации соответствуют паспорту научной специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки п. 4 «Создание, включая проектирование, расчеты и оптимизацию, параметров рабочего инструмента и других компонентов оборудования, обеспечивающих технически и экономически эффективные процессы обработки», п. 6 «Исследование влияния режимов обработки на силы резания, температуру, стойкость инструмента и динамическую жесткость оборудования».

Работа апробирована на профильных конференциях разного уровня, научно-технических семинарах кафедр, тематика которых соответствует направлению проведенных исследований. Основные результаты работы в достаточной степени изложены в 19 печатных работах: 5 статей - в журналах из перечня ВАК РФ, 1 публикация в издании, включенном в систему цитирования Scopus и 13 публикаций в иных изданиях. По результатам исследований получен патент РФ на изобретение (№2806933) и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (№2023685988).

Поставленная в работе цель достигнута, задачи решены. Результаты работы доведены до внедрения на предприятиях машиностроительной отрасли.

Соискателем лично проведены все экспериментальные исследования, обработаны их результаты и выявлены выносимые на защиту взаимосвязи. Разработан способ формирования УМР СРТП сборных резцов по критическим точкам зависимости среднеквадратичного значения главной составляющей виброускорения от скорости резания и реализован на практике.

### **3. Содержание**

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, ее научная новизна и практическая ценность. Показана степень апробации материалов и достоверности полученных результатов. Сформулированы положения, выносимые автором на защиту, цель и задачи исследования.

В первой главе приведен обзор известных способов оптимизации процесса резания при точении металлов и проанализировано текущее состояние вопроса по использованию вибрации резца в качестве диагностического параметра процесса резания.

Во второй главе приведены и проанализированы теоретические основы, необходимые для решения поставленных задач. Сформулирована научная гипотеза, что формирование УМР СРТП сборных резцов при точении возможно путем назначения диапазона скоростей резания (температур резания),

обеспечивающего изменение механических свойств обрабатываемого материала в результате его высокотемпературного охрупчивания, приводящего к изменению вида стружки со сливной в элементную, что влияет на состав спектра колебаний главной составляющей силы резания и связанной с ней главной составляющей виброускорения сборного резца при точении.

В третьей главе изложены результаты экспериментальных исследований колебаний главной составляющей силы резания при точении. Выявлена взаимосвязь части спектра колебаний главной составляющей силы резания и вынужденной части спектра виброускорения резца, что обосновывает применение виброускорения резца для диагностики процесса точения.

В четвертой главе изложены результаты экспериментальных исследований главной составляющей виброускорения резца при точении деталей из ряда труднообрабатываемых сталей и сплавов. Проанализированы в системном виде диапазоны высокотемпературного охрупчивания, изменения вида стружки (со сливной в элементную), минимальных значений главной составляющей силы резания, относительного поверхностного износа СРТП сборных резцов и главной составляющей виброускорения резца для совокупности данных, полученных при точении деталей из сталей 10X11H23T3MP, 14X17H2, 12X18H10T и сплавов ХН78Т, ХН60ВТ. Разработан и апробирован способ математического анализа зависимости главной составляющей виброускорения резца от скорости резания для определения диапазона скоростей резания, формирующего УМР СРТП сборных резцов.

В пятой главе описаны этапы практической реализации разработанного метода, заключающиеся в разработке системы автоматического определения и поддержания диапазона скоростей резания при точении.

В заключении приведены основные результаты и выводы.

Содержание автореферата в полной мере раскрывает содержание диссертации, содержит основные результаты и положения научного исследования.

#### **4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендации, сформулированных в диссертации, их достоверность**

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, в полной мере обоснованы соответствием основных выводов поставленной цели и задачам, логичной структурой изложения результатов исследований и внутренним единством. Выявленные автором взаимосвязи получены экспериментально и подтверждены теоретическими исследованиями.

Выводы по итогам работы сделаны на основе практических материалов исследований, изложенных в диссертационной работе.

Достоверность результатов исследований подтверждается их верификацией с известными методами, а также повторяемостью и системностью первичных данных, полученных в лабораторных и производственных условиях. Результаты работы прошли промышленную апробацию, что отражено в технических актах внедрения в производство ПАО «Тюменские моторостроители» и НПО «Базовое машиностроение».

#### **5. Научная новизна диссертационной работы состоит в:**

1. Установлении взаимосвязи между диапазоном скоростей резания, обеспечивающим УМР СРТП сборных резцов, и изменением величины СКЗ главной составляющей виброускорения резца  $A_z$  при разных скоростях резания в процессе точения деталей из ряда труднообрабатываемых сталей и сплавов в зоне высокотемпературного охрупчивания.

2. Установлении взаимосвязи между минимальными значениями главной составляющей силы резания  $P_z$ , относительным поверхностным износом резца по задней поверхности  $h_{онз}$ , изменением вида стружки и диапазоном скоростей резания, определенном по зависимости СКЗ главной составляющей виброускорения резца  $A_z$  от скорости резания.

3. Установлении на основании математического анализа наличия критических точек зависимости СКЗ главной составляющей виброускорения от скорости резания, позволяющих определить границы диапазона скоростей резания, обеспечивающего УМР СРТП сборных резцов, при точении деталей из ряда труднообрабатываемых сталей и сплавов в зоне высокотемпературного охрупчивания.

#### **6. Практическая значимость диссертационной работы состоит в:**

1. Разработанной методике определения диапазона скоростей резания, обеспечивающего УМР СРТП сборных резцов, на основе математического анализа зависимости СКЗ главной составляющей виброускорения  $A_z$  резца от скорости резания при точении деталей из ряда труднообрабатываемых сталей и сплавов.

2. Разработанном алгоритме математического анализа зависимости главной составляющей виброускорения резца  $A_z$  от скорости резания, позволяющий определить диапазон скоростей резания, обеспечивающий УМР СРТП сборных резцов в автоматическом режиме.

3. Разработанном прототипе системы автоматического определения и поддержания диапазона скоростей резания, обеспечивающего УМР СРТП сборных резцов, на основе математического анализа зависимости главной составляющей виброускорения резца от скорости резания при точении ряда труднообрабатываемых сталей и сплавов.

4. Внедрении в производство результатов исследований в виде методики формирования УМР СРТП сборных резцов, а также в виде прототипа автоматической системы определения и поддержания диапазона скоростей резания, обеспечивающего УМР СРТП сборных резцов.

### **7. Замечания по работе**

1. В диссертационной работе не приведена матрица планирования эксперимента.

2. Не ясно, было ли учтено влияние образования и срыва нароста из общей картины главной составляющей виброускорения.

3. В главе 4 приведены результаты исследований вибрации резца при точении и описывается коррекция результатов измерений по собственным частотам узлов станка. Как введенная коррекция влияет на конечный результат и можно ли ее исключить?

4. В работе не показано, как измерялся относительный износ сменных режущих твердосплавных пластин.

5. В диссертационной работе представлено значительное количество выдержек из научной и учебной литературы, представляющих справочную информацию, но не дополняющих и не поясняющих суть исследования.

### **8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней**

Диссертация Воронина Владислава Вадимовича «Формирование условий максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин на основе вибрационных характеристик» выполнена на актуальную тему и является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по разработке и практической реализации метода формирования условий максимальной работоспособности СРТП сборных резцов на основе выявленной взаимосвязи явления высокотемпературного охрупчивания обрабатываемого материала и параметров виброускорения сборного резца при резании ряда труднообрабатываемых сталей и сплавов, имеющей важное

