

УТВЕРЖДАЮ

проректор по науке и цифровой трансформации
ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»
(ФГБОУ ВО РГАТУ имени П.А. Соловьева)
к.т.н., доцент



А. Н. Сутягин

2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования

«Рыбинский государственный авиационный технический университет имени
П.А. Соловьева» (ФГБОУ ВО РГАТУ имени П.А. Соловьева) на диссертационную
работу АЛЬ-КАДХИМИ МОХАММЕД ФАЙЯДХ ДЖАССАМ
по теме

«ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ ПУТЕМ
РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ
ПОКРЫТИЙ», представленную на соискание ученой степени кандидата техни-
ческих наук по специальности 2.5.5 - Технология и оборудование механической
и физико-технической обработки

На отзыв представлены: диссертация – 1 экз., автореферат – 1 экз.

Актуальность темы диссертации

В современном машиностроении сверление отверстий является одной из самых распространённых операций механической обработки. Процесс сверления протекает в сложных условиях, связанных с затрудненным отводом тепла и удалением стружки из зоны обработки. Режущие кромки спирального сверла

имеют сложную геометрическую форму и работают в существенно различающихся условиях. В диссертации предлагается для повышения эффективности процесса сверления использовать нанесение многослойных износостойких покрытий на контактные поверхности сверл.

Исследование влияния инструментальных покрытий на функциональные процессы резания при сверлении и тепловое состояние режущих кромок, а также и интенсивность их изнашивания, позволяет определить направления повышения работоспособности спиральных сверл. В этом плане автором предлагается использовать преимущества многослойных износостойких покрытий на основе методики оценки теплового состояния спиральных сверл с инструментальными покрытиями, учитывающей особенности процесса сверления. Поэтому разработка рекомендаций по формированию архитектуры многослойных покрытий – по толщине слоев и их взаимному расположению, общей толщине покрытий, представляет актуальную научно-практическую задачу, имеющую важное значение для машиностроения.

Структура и содержание диссертации

Представленная диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Диссертация изложена на 137 страницах машинописного текста, включая 37 рисунков, 24 таблицы, 2 приложения и содержит список цитируемой литературы из 183 наименования.

Введение раскрывает сущность исследуемой проблемы, ее актуальность и предлагаемые пути решения, основные положения, выносимые на защиту, определяющие научную новизну и практическую ценность работы. Определяются цель и задачи исследования.

В первой главе рассмотрены особенности процесса резания и пути повышения эффективности режущего инструмента на операциях сверления. Рассмотрены основные современные методы нанесения износостойких покрытий на режущие инструменты. Показано, что наиболее эффективными являются методы физического осаждения покрытий (ФОП), в частности метод КИБ. Проанализировано влияние условий процесса резания на изнашивание и работоспособность режущих инструментов с износостойкими покрытиями. Показано, что основной причиной потери работоспособности режущего инструмента с износостойкими покрытиями является разрушение покрытия в результате образования в нем трещин, являющихся следствием влияния тепловых и силовых нагрузок и адгезионно-усталостных процессов. Отсутствие данных о влиянии

многослойных инструментальных покрытий на работоспособность режущих кромок спирального сверла определило основное направление проведенных исследований.

Во второй главе приведены результаты экспериментальных исследований параметров структуры и механических свойств однослойных износостойких покрытий, используемых в качестве функциональных слоев многослойных покрытий. В результате была разработана общая методика проведения экспериментальных исследований и технология нанесения различных слоев износостойких покрытий.

В третьей главе предложен принцип формирования и выбора состава функциональных слоев многослойных износостойких покрытий спиральных сверл. В основе принципа лежит численное моделирование теплового состояния рабочих элементов спиральных сверл с однослойными износостойкими покрытиями. В результате предложены архитектуры перспективных многослойных покрытий и разработана технология их нанесения. Приведены результаты исследований параметров структуры многослойных износостойких покрытий. На основе исследований механических свойств многослойных износостойких покрытий и интенсивности изнашивания спиральных сверл с разработанными многослойными износостойкими покрытиями была определена требуемая конструкция многослойных износостойких покрытий – общая толщина и соотношение толщин функциональных слоев.

Идентичность влияния покрытий на контактные характеристики процесса резания при сверлении и непрерывном продольном точении позволила автору при формировании многослойных износостойких покрытий для спиральных сверл использовать принцип их построения применяемый для условий непрерывного резания. Для окончательного выбора составов функциональных слоев многослойных износостойких покрытий и формирования их архитектуры проводилось численное моделирование теплового состояния спиральных сверл с износостойкими покрытиями.

Численное моделирование теплового состояния рабочих элементов спиральных сверл с однослойными износостойкими покрытиями проводили в два этапа. На первом этапе определялась интенсивность тепловыделения $q(\psi)$ и её распределение на контактных площадках сверла, на втором – построение температурных полей в режущем клине спирального сверла.

В четвертой главе представлены результаты исследований функциональных параметров процесса сверления, работоспособности спиральных

сверл, опытно-промышленных испытаний, а также определена экономическая эффективность применения спиральных сверл с разработанными двухслойными покрытиями.

Установлено, что нанесение двухслойных покрытий TiAlN- TiAlCrN снижает осевую силу и крутящий момент по сравнению со сверлом без покрытия. Наибольшее снижение значений данных параметров имеет место на вспомогательных режущих кромках. Снижение составило в среднем в 1,8-3,1 раза для осевой силы и 2-2,7 раза для крутящего момента в зависимости от режима резания. На главной режущей кромке снижение указанных параметров составило в среднем 16-27 % для осевой силы и 18-25 % для крутящего момента, на поперечной кромке – соответственно 4-7,3 % и 7,7-10 % в зависимости от режимов резания.

Приложение содержит акт испытаний спиральных сверл с многослойными покрытиями в производственных условиях и акт внедрения результатов работы в учебный процесс.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

В рецензируемой диссертации можно выделить следующие наиболее существенные результаты, имеющие значение для науки и производства.

Основным научным результатом диссертации следует считать результаты экспериментальных исследований влияния конструкции многослойных покрытий на их структурные параметры, механические свойства и интенсивность изнашивания спиральных сверл.

К результатам, обладающим научной новизной относятся следующие отличительные черты выполненного исследования.

1. Результаты численного моделирования теплового состояния спирального сверла, позволившие выявить влияние износостойких покрытий на процесс теплообразования на режущих кромках.

2. Закономерности влияния конструкции многослойных покрытий на параметры структуры, механические свойства и интенсивность изнашивания спиральных сверл.

3. Математические модели периода стойкости спиральных сверл с разработанными многослойными покрытиями.

Основная практическая ценность работы состоит в повышении работоспособности спиральных сверл за счет использования многослойных износостойких покрытий.

стойких покрытий, что позволило увеличить период стойкости инструмента. Также практическую ценность имеют следующие разработки:

1. Рекомендации по формированию архитектуры многослойных покрытий спиральных сверл, соотношению толщин слоёв и общей толщины покрытия, обеспечивающих высокую работоспособность инструмента.

2. Технологические параметры процесса нанесения многослойных покрытий: компоновочные схемы, время осаждения слоёв, опорное напряжение, ток дуги, ток фокусирующих катушек.

Опытно-промышленные испытания, выполненные в производственных условиях АО «Ульяновский механический завод» (г. Ульяновск), подтвердили высокую работоспособность спиральных сверл с разработанными многослойными покрытиями.

Результаты диссертационной работы предложены для использования в учебном процессе: в лабораторном практикуме и в лекционном курсе дисциплин «Технологические методы нанесения износостойких покрытий режущего инструмента» и «Физические основы процесса резания и изнашивания режущего инструмента с износостойкими покрытиями».

Таким образом, в ходе выполнения диссертации автор получил научно значимые для технологии механической обработки результаты, имеющие существенное значение в рамках соответствующей научной специальности.

Замечания по диссертационной работе

1. В обосновании актуальности работы автор указывает, что поперечная кромка сверла лишь сминает металл (с. 3 автореферата и с. 6 диссертации). Сейчас доказано, что практически по всей длине поперечной кромки (до 90 % и более (в зависимости от диаметра сверла) длины полуперемычек (половин поперечной кромки)) происходит резание металла. Это было обосновано аналитически и подтверждено экспериментами с получением отдельных стружек от полуперемычек сверла. Также подтверждено исследованиями износа передней поверхности последних, где образовывалась хорошо заметная лунка износа. (Журналы: «Вестник машиностроения» № 11 за 2006 г. с. 54 – 56 и № 10 за 2021 г. с. 79 - 84; «СТИН» № 11 за 2016 г. с. 29 – 34 и др.).

2. Формулы для расчёта интенсивности тепловыделения на контактных площадках спирального сверла (3.1 – 3.4 с. 74 - 75 диссертации и 1 – 4 с. 8 автореферата) дают лишь очень приближённую оценку данной интенсивности. После П.А. Юдковского (1965 год) было немало работ по этому вопросу со значи-

тельно более точными расчётными зависимостями (в частности работы учеников школы профессора С.С. Силина).

3. Разработанная методика расчёта тепловых полей (расчётная модель) не учитывает ни радиуса округления режущей кромки сверла, ни величины износа по задней поверхности режущего клина, что для операций сверления весьма актуально.

4. При расчете интенсивности тепловыделений на режущей кромке сверла согласно табл. 3.1 (с. 76) автор использовал линейные источники тепла с размерностью Вт/м. При моделировании температурных полей в ANSYS (рис. 3.3, с. 79) использовались плоские источники тепла с размерностью Вт/м². Как осуществлялся переход между источниками?

5. Автор ограничился экспериментальными исследованиями только на стали 30ХГСА. Хотелось бы оценить, как будет работать сверло с разработанными покрытиями при обработке, например, титановых сплавов и жаропрочных сплавов?

В целом данные замечания не влияют на общее положительное впечатление о работе и носят в большей степени рекомендательный характер.

Заключение

Практическое значение результатов диссертации

Разработана и апробирована в лабораторных условиях технология модификации поверхности режущего инструмента на основе исследования закономерностей взаимосвязи состава и конструкции многослойных износостойких покрытий с функциональными параметрами процесса сверления.

Сформулированы практические рекомендации по использованию технологии нанесения многослойных износостойких покрытий для повышения работоспособности спирального сверла.

Результаты работы могут быть рекомендованы к использованию на машиностроительных предприятиях, занимающихся вопросами создания и применения износостойких покрытий на поверхности режущего инструмента, в области производства режущего инструмента и технологической подготовки производства.

Достоверность полученных результатов сомнений не вызывает. Положения, выносимые на защиту, обоснованы корректным применением известных научных методов исследования взаимосвязи состава и конструкции износостойких покрытий с функциональными параметрами процесса сверления. Гео-

ретические результаты подтверждаются сопоставлением данных, полученных автором в ходе экспериментальных исследований и результатами других исследователей.

Основные результаты диссертации опубликованы в 7 научных работах, среди которых, две из Перечня ВАК РФ, одна в журнале, индексируемом в базе Scopus, а также прошли апробацию на четырех научно-технических конференциях соответствующего профиля.

Структура диссертации является логически стройной, отражает включенный в нее материал, главы равноценны; претензий к языку и стилю изложения нет: диссертация написана ясным, технически грамотным языком.

Качество оформления диссертации является достаточно высоким, к нему имеются лишь небольшие замечания, на которые автору указано.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Общий вывод

Оценивая работу в целом, считаем, что работа АЛЬ-КАДХИМИ МОХАММЕД ФАЙЯДХ ДЖАССАМ является законченным научным исследованием, в ней решена важная научно-техническая задача, по доказательству возможности и обоснованию целесообразности применения многослойных износостойких покрытий для повышения работоспособности спиральных сверл.

Результаты исследования вносят вклад в решение задачи повышения работоспособности спиральных сверл путем разработки и применения износостойких покрытий.

Автор работы является сложившимся специалистом, способным ставить и решать задачи в области технологии механической обработки материалов.

Представленные теоретические и практические результаты позволяют заключить, что рассматриваемая работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям; ее автор, АЛЬ-КАДХИМИ МОХАММЕД ФАЙЯДХ ДЖАССАМ, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен на заседании кафедры «Мехатронные системы и процессы формообразования имени С.С.

Силина» ФБГОУ ВО РГАТУ имени П.А. Соловьева «25» января 2022 г., протокол № 6-22.


28.01.2022

Волков Дмитрий Иванович

Заведующий кафедрой «Мехатронные системы и процессы формообразования имени С.С. Силина» ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева», доктор технических наук, профессор.

Научная специальность диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук – 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Служебный адрес: 152934, Ярославская обл., Рыбинск, ул. Пушкина, д. 53, ФГБОУ ВО «РГАТУ имени П.А. Соловьева», кафедра «Мехатронные системы и процессы формообразования имени С.С. Силина».

Телефон: (+7 4855) 222556.

E-mail: d_i_volkov@rsatu.ru

Подпись Волкова Д.И. заверяю

Ученый секретарь РГАТУ имени П.А. Соловьева

канд. технических наук, доцент



С. А. Волков