На правах рукописи

ОРЛОВ Александр Станиславович

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПУТЕМ УПРОЧНЕНИЯ ИМПУЛЬСНОЙ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Специальность 05.02.07 – технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Иваново — 2012

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

Научный руководитель	доктор технических наук, профессор, **Полетаев Владимир Алексеевич**
Официальные оппоненты:	**Васильков Дмитрий Витальевич,** доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова», заведующий кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»
	Егорычева Елена Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина», доцент кафедры «Конструирование и графика»
Ведущая организация:	ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет путей сообщения»

Защита состоится «25» мая 2012 г. в 13.00 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.062.03 при ФГБОУ ВПО « Ивановский государственный университет» (153025, г. Иваново, пр-т Ленина, д. 136, ауд. 1).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный университет»

Автореферат разослан «___» апреля 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета В.В. Новиков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Прогресс современного машиностроительного производства приводит к ужесточению условий эксплуатации режущего инструмента и возрастанию требований, предъявляемых к его работоспособности. Быстрорежущие стали остаются одним из наиболее распространенных материалов для изготовления инструментов.

Одним из прогрессивных методов упрочнения деталей является магнитная импульсная обработка (МИО). Применяемые на практике методы магнитной обработки материалов различны как по своим физическим и технологическим принципам, так и по конструктивным исполнениям установок. Импульсная магнитная обработка отличается низкой стоимостью процесса, высокой производительностью, простотой технологии. В то же время в научных публикациях недостаточно информации о механизмах упрочнения МИО, и о трибологических эффектах данного вида обработки, что требует накопления нового теоретического и практического материала в этой области.

Работа выполнена по Госконтракту № 133.G25.31.0057 с Министерством образования и науки Российской федерации в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства.

Объект исследования: Режущие инструменты из быстрорежущей стали упрочняемые методами МИО и влияние упрочнения на изнашивание сверл.

Цель и задачи исследования. *Целью работы* является повышение работоспособности сверл из быстрорежущей стали путем упрочнения импульсной магнитной обработкой.

В рамках данной цели решали следующие *задачи*:

– выполнить аналитический обзор разработок в области упрочнения металлов методом МИО с оценкой возможности применения этого метода к различным маркам инструментальных материалов;

– разработать модель влияния МИО на прочность и износостойкость быстрорежущей стали;

– предложить варианты МИО в комбинации с применением динамических методов позиционирования инструмента в индукторе и ферромагнитных порошковых концентраторов магнитного поля;

– определить влияние МИО на стойкость сверл при обработке углеродистых качественных конструкционных и легированных конструкционных сталей и характер изнашивания режущих кромок;

– модернизировать установку МИО с целью применения разрабатываемой технологии упрочнения;

– провести лабораторные и производственные испытания сверл, упрочненных МИО согласно рекомендуемым методам и режимам.

Методы исследования. Методической и теоретической основой работы явились труды по технике и технологии упрочнения МИО, технологии машиностроения, физике твердого тела, магнетизму, теории резания, режущему инструменту. Измерения параметров резания, износа инструмента, интенсивности магнитного поля проводились в соответствии со стандартными методиками. Для обработки и анализа экспериментальных данных применяли компьютерные статистические программы.

Научная новизна работы:

1. Предложена математическая модель повышения прочности и износостойкости металла режущих инструментов методом МИО на базе описания динамики дислокационной структуры упрочняемого материала.

2. Разработан комбинированный метод МИО, включающий, помимо магнитных импульсов, одновременное использование при упрочнении динамического позиционирования инструмента и ферромагнитного порошкового концентратора магнитного поля;

Практическая значимость работы:

1. Разработаны рекомендации по применению технологии упрочнения МИО режущего инструмента из быстрорежущей стали.

2. Выполнена модернизация установки МИО для обеспечения применения метода комбинированной обработки.

3. Результаты исследований используются в учебном процессе на кафедре «Технология автоматизированного машиностроения» ИГЭУ в лекционных спецкурсах, лабораторных практикумах, при выполнении курсовых и дипломных проектов студентами направления 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель механизма повышения прочности и износостойкости режущих инструментов из быстрорежущей стали методом МИО на базе описания динамики дислокационной структуры упрочненного материала.

2. Принцип комбинированной упрочняющей обработки МИО, включающей динамическое позиционирование обрабатываемого объекта и порошковый концентратор магнитного поля

3. Данные по оптимизации режима комбинированной МИО.

Соответствие паспорту специальности. Выводы и положения диссертации соответствуют п. 2 «Теоретические основы, моделирование и методы экспериментального исследование процессов механической и физико-технической обработки, включая процессы комбинированной обработки с наложением различных физических и химических воздействий» паспорта специальности 05.02.07 – технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Апробация результатов работы. Основные положения диссертационной работы автор докладывал на заседаниях кафедры «Технология автоматизированного машиностроения» Ивановского государственного энергетического университета, (Иваново, 2001–2012), Международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электротехнологии» (Бенардосовские чтения) (Иваново, 2001, 2005, 2007, 2011), «Современная электротехнология в машиностроении» (Тула, 2001), «Актуальные проблемы машиностроения» (Владимир, 2001), «Прогрессивные технологии в современном машиностроении» (Пенза, 2007), «Инновации, качество и сервис в технике и технологиях» (Курск, 2011); региональной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Электромеханика» (Иваново, 2006).

Получено Свидетельство РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006613391 от 27.09.06. Управление микропроцессором PIC12F629 импульсной магнитной установки УМ-ИМУ-629.

Публикации. Основные теоретические положения и результаты исследований опубликованы в 12 печатных работах, в том числе 3 публикации в изданиях, входящих в Перечень ВАК. Общий объем публикаций 2,45 п. л., лично автору принадлежит 1,35 п. л.

Реализация результатов работы. Техническая информация о результатах диссертационной работы передана ООО «Экспометаллик». Результаты исследований используются в учебном процессе на кафедре «Технология автоматизированного машиностроения» ИГЭУ в лекционных спецкурсах, лабораторных практикумах, при выполнении курсовых и дипломных проектов студентами направления 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 185 страницах, содержит Введение, 4 основные главы, Заключение, список литературы из 116 наименований. Работа включает 65 рисунков, 16 таблиц и приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** раскрыта актуальность темы исследования. Даны аннотация работы и общая характеристика полученных результатов.

В Главе 1 содержится литературный обзор проблемы повышения эксплуатационных характеристик режущих инструментов, а также разработок в области упрочнения металлов с применением МИО. Сформулированы цель и задачи исследования, обоснован выбор исследуемых материалов.

Установлено, что из всего спектра режущих материалов применение метода МИО оправдано только для одной группы — быстрорежущие стали. Это обусловлено наличием ферромагнитного компонента и технологией изготовления сверл из быстрорежущей стали, включающей пластическую деформацию, а именно накатку канавок и скручивание. Попытки применить МИО для твердых сплавов успехом не увенчались.

Изучению вопросов теории МИО и характера происходящих при этом структурных изменений упрочняемого материала посвящены работы М.Л. Берштейна, М.А. Кривоглаза, В.Н. Пустовойта, Б.В. Малыгина, С.Н. Постникова, М.Т. Галлея, А.Д. Макарова, Ю.М. Барона и др. Эти авторы рассматривают физические принципы МИО, причины ее эффективности с точки зрения повышения эксплуатационных характеристик упрочненных изделий. В качестве возможных механизмов упоминают магнитно-стрикционное упрочнение и магнитно-дисперсное твердение металла. В то же время недостаточно полно изучен механизм повышения прочности и износостойкости металла режущих инструментов методом МИО на базе описания динамики дислокационной структуры упрочняемого материала, отсутствуют данные о характере разрушения режущих кромок упрочненным инструментом. Не отражен в литературе вопрос комбинации МИО с динамическими методами позиционирования инструмента при упрочнении и использованием ферромагнитных порошковых концентраторов магнитного поля.

В Главе 2 модернизированы и/или разработаны и изготовлены следующие установки и приборы: установка МИО, прибор для снятия микрофотографий, стенд для измерения омического сопротивления сверла, установка для заточки режущего инструмента, динамометр для измерения момента резания, а также созданы методики экспериментов на этих установках.

Объектом испытаний являлись сверла из быстрорежущей стали Р6М5 диаметром 6 мм. Режимы механической обработки для легиро-

ванных конструкционных сталей (40Х, 12Х18Н10Т): S = 0,12–0,2 мм/об, V = 6–10 м/мин; для углеродистых качественных конструкционных сталей (20, 30, 45): S = 0,18–0,22 мм/об, V = 14–18 м/мин. Эксперименты проводили на радиально-сверлильном станке 2А135 с автоматической подачей инструмента и охлаждением СОТС «Эмульсол ОТ» при концентрации 5 %. Были выбраны заготовки в форме пластин толщиной 15 мм.

Испытываемые сверла обрабатывали на установке МИО, конструкция которой позволяла варьировать количество импульсов (2–10), их длительность (0,1–0,2 с), время между импульсами (1–2 с) и напряженность магнитного поля (100–800 кА/м).

МИО сверл проводили с использованием ферромагнитного порошка и без него при сверлении отверстий в заготовках из сталей 20, 45, 40Х и 12Х18Н10Т; без вибрации и с вибрацией сверла во время обработки стали 30. В дальнейшем принцип комбинированной обработки был еще более усложнен: наряду с МИО одновременно использовали вибрацию обрабатываемого сверла и применяли ферромагнитные порошковые концентраторы магнитного поля.

Проводили измерения фаски износа по задней поверхности сверла через каждые 100 мм глубины сверления и на пределе стойкости сверла, а также фотографировали кромки сверла через каждые 100–300 мм глубины сверления (использовали микроскоп МИС-11 и камеру Canon PowerShot A610 5.0 MPix).

В **Главе 3** предложена модель механизма повышения прочности и износостойкости режущих инструментов из быстрорежущей стали импульсной магнитной обработкой на базе описания динамики дислокационной структуры.

Согласно дислокационной теории, в процессе усталостного разрушения металла действуют три стадии.

В начальной стадии под действием переменных нагрузок в металле происходит накопление упругих искажений кристаллической решетки за счет увеличения плотности дислокаций и возникновения субмикроскопических трещин (1-я стадия усталости). Вторая стадия разрушения связана с необратимыми искажениями кристаллической решетки в процессе массового выхода дислокаций на поверхность, нарушаются межатомные связи, субмикроскопические трещины перерастают в микротрещины.

Третья стадия усталостного разрушения (стадия необратимой повреждаемости), связанная с ростом числа и длины микротрещин и с последующим образованием магистральной трещины, приводит к раз-

рушению. Продолжительность этих стадий у разных металлов различная. Следовательно, долговечность детали определяется процессом превращения зародышевой субмикроскопической трещины в макротрещину, рост которой приводит к разрушению детали.

Пусть имеем систему из двух рядом расположенных зерен 1 и 2. Величина переданных из одного зерна 1 в зерно 2 растягивающих напряжений (по благоприятной плоскости) изменяется с расстоянием от границы зерен. В некоторой точке X зерна 1 эти напряжения будут равны:

$$\sigma_x = q \cdot \sigma_\theta + (\sigma - \sigma_0)(d/2\ell)^{0,5}, \qquad (1.)$$

где σ_x – напряжение для образования новой субмикротрещины в зерне П; q – коэффициент концентрации растягивающих компонент напряжений σ_θ в конце ранее образовавшейся трещины в зерне 1; σ – приведенное касательное внешнее напряжение превышающее предел текучести сплава; d – средний диаметр зерна; ℓ – расстояние от границы зерна до рассматриваемой точки X по благоприятной плоскости ; σ_0 – напряжение сопротивления движущимся дислокациям со стороны растворенных атомов и дисперсных фаз в матрице, дислокационного леса и субграниц, а также напряжения трения Пайерлса-Набарро.

$$\sigma_0 = \sigma_\Pi + \sigma_D, \qquad (2)$$

где σ_Π – напряжение Пайерлса-Набарро

$$\sigma_\Pi = \alpha \cdot G \cdot \frac{b}{W} \cdot e^{-2\pi(w/b)}, \qquad (3)$$

где α – коэффициент, зависящий от геометрии дислокации; G – модуль сдвига матрицы; b – вектор Бюргерса; W – ширина дислокации.

Напряжение σ_Π необходимо для того, чтобы осуществить старт незаблокированной прямолинейной дислокации в кристалле.

$$\sigma_D = \alpha_1 \cdot G \cdot b\sqrt{\rho}, \qquad (4)$$

где σ_D – напряжение, необходимое для продолжения пластической деформации; α_1 – коэффициент, зависящий от кристаллографической структуры металла; ρ – плотность дислокаций.

Уравнение (4) позволяет расчитать напряжение, необходимое для продолжения пластической деформации

Отличие предлагаемой модели заключается в двух моментах:

1) концентрация напряжений растяжения на границе зерна усиливается присутствием в этом месте уже готовой трещины;

2) образование субмикротрещины в соседнем зерне происходит за счет превышения создавшегося напряжения σ_x над прочностью зерна.

Отсюда вытекает очень важное условие образования трещины (скола) в соседнем зерне: напряжение σ_x должно достигнуть критической величины, равной величине теоретической прочности, которая согласно основным положениям линейной механики, равна $(\gamma \cdot E / a)^{0,5}$.Если $\sigma_x = (\gamma \cdot E / a)^{0,5}$, то создаются все условия для возникновения новой трещины в зерне 2 как прямого следствия уже имеющейся трещины и развития скольжения в зерне 1. При росте внешнего напряжения этот процесс может распространяться на ряд других зерен (зерно 3 и т.д.) до тех пор, пока общая сумма длин элементарных трещин не составит величину магистральной макротрещины. Рассмотренный дислокационный механизм образования и роста трещины в металле, не упрочненном МИО, позволяет определить критерий разрушения:

$$\sigma_x = g \cdot \sigma_\theta + (\sigma - \sigma_0)(d / 2\ell)^{0,5} = (\gamma E / a)^{0,5} \qquad (5)$$

Этот критерий количественно связывает теоретическую прочность со структурно-дислокационными обстоятельствами развития скольжения; возникновения и распространения трещины.

Теперь рассмотрим механизм развития микротрещин в металле, упрочненном импульсной магнитной обработкой. В результате МИО происходит образование субзерен в зернах исходной структуры. Считаем, что в поверхностном слое металла уже имеются микротрещины, возникшие в результате пластической деформации при изготовлении резцов из быстрорежущей стали.

При увеличении внешнего напряжения (например, при резании металла) на границе между зерном I и субзерном 1 в зерне 2 возникает концентрация растягивающих напряжений. В результате МИО происходит уменьшение граничной энергии на границах зерен и потому они становятся более устойчивы к межзеренному разрушению. Кроме того, в результате дробления исходного зерна возникли новые малоугловые и специальные границы субзерен. Эти границы являются менее жесткими барьерами для дислокаций по сравнению с границами зерен, и поэтому они менее эффективные концентраторы напряжений. Это значит, что напряжение растяжения в конце полосы скольжения будет значительно ниже. Напряжение σ_x в точке X субзерна 1 зерна 2 не достигнет критической величины и не создадутся условия для продолжения трещины в субзерне 2 и далее в субзерне 3 зерна 2.

Расчетами установлено: для исходного материала (без термообработки и МИО) $\sigma_п$ =1,3 МПа; для пластически обработанного материала $\sigma_п$ = 7,5 МПа; для пластически обработанного и подвергнутого МИО $\sigma_п$ = 45 МПа. Это значит, что для осуществления старта незаблокированной прямолинейной дислокации необходимо приложить к кристаллу напряжение не менее 1,3 МПа; 7,5 МПа и 45 МПа.

Таким образом, МИО увеличивает критическое разрушающее напряжение и уменьшает возможность образования новых и развитие уже имеющихся микротрещин за счет увеличения напряжения сопротивления движению дислокаций в сплаве.

Были проведены эксперименты, подтверждающие предложенную модель механизма повышения прочности и износостойкости режущих инструментов из быстрорежущей стали импульсной магнитной обработкой на базе описания динамики дислокационной структуры. О формировании субзеренной (доменной) структуры судим по изменению физического уширения на дифрактограммах при рентгеноструктурном анализе металла, который проводился на дифрактометре рентгеновском типа ДРОН-4 с использованием фокусировки по Брэггу-Бренталю. Подтверждено изменение размеров областей когерентного рассеяния и плотности дислокаций в результате МИО. Проведено измерение омического сопротивления материала сверл после МИО. Сверла обрабатывались МИО с напряженностью магнитного поля 500 кА/м, количеством импульсов 2–10, длительностью импульса – 0,1 с. Измерение омического сопротивления материала сверл после МИО показало значительное его увеличение в течение первых трех импульсов и незначительное его последующее увеличение.

Это значит, что МИО приводит к увеличению количества дефектов (плотности дислокаций) в материале сверла. Дальнейшее увеличение количества импульсов лишь незначительно увеличивает рост омического сопротивления. Поэтому эксперименты по исследованию влияния импульсной магнитной обработки на стойкость сверл необходимо проводить при количестве импульсов не более трех.

В главе 4 представлены результаты исследований влияния импульсной магнитной обработки на стойкость и величину износа фаски задней поверхности сверл диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 при резании углеродистых качественных конструкционных сталей (20, 30, 45) и легированных конструкционных сталей (40Х, 12Х18Н10Т).

Проведены исследования относительной стойкости сверл, обработанных и не обработанных МИО напряженностью магнитного

поля 100-800 кА/м, количеством импульсов 3, длительностью импульса – 0,1 с ферромагнитным порошком при сверлении стали45. Исследования показали наибольшую относительную стойкость сверл при МИО напряженностью магнитного поля 500 кА/м. Далее все исследования с использованием ферромагнитного порошка проводились МИО напряженностью магнитного поля 500 кА/м.

На рис.1 показана зависимость износа задних поверхностей кромок сверла диаметром 6 мм сверла из быстрорежущей стали Р6М5 от суммарной глубины сверления при обработке стали 45 при МИО с применением ферромагнитного порошка с Н =500 кА/м и с разным количеством импульсов.

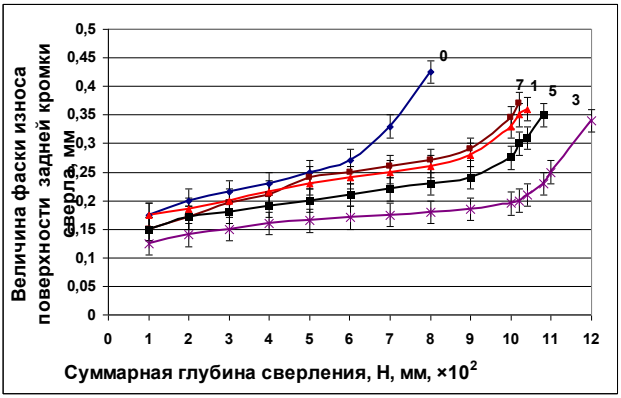

Рис.1. Зависимость износа фаски задних поверхностей кромок сверл диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 от суммарной глубины сверления при обработке стали 45 при МИО с применением ферромагнитного порошка с Н =500 кА/м: 0 – без обработки МИО;1 – с МИО и одним импульсом; 3 – с МИО и тремя импульсами; 5 – с МИО и пятью импульсами; 7 – с МИО и семью импульсами

Анализ рис. 1. показывает, что при обработке стали 45 износ задних поверхностей кромок сверла при обработке МИО с применением ферромагнитного порошка напряженностью Н=500 кА/м и с разным количеством импульсов находится в пределах 0,34–0,42мм, а суммарная глубина сверления в пределах 800–1200 мм. Причем наименьший износ фаски задней поверхности сверла происходит при количестве импульсов равным трем.

Эксперименты по измерению крутящего момента при обработке деталей из стали 45 показали, что наименьший крутящий момент

возникает при обработке сверлами, обработанными Н = 500 кА/М с применением ферромагнитного порошка и количестве импульсов равным трем.

На рис.2. представлены фотографии износа фасок задней поверхности кромок сверл, упрочненных МИО с применением ферромагнитного порошка при обработке стали 45.

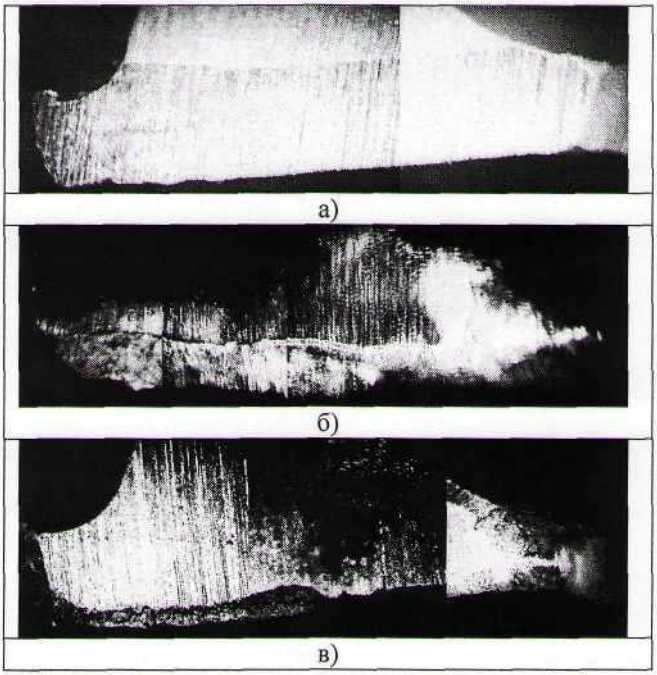

Рис.2. Фотографии износа фасок задних поверхностей кромок сверл, упрочненных МИО с применением ферромагнитного порошка при обработке стали 45: а) – без износа; б) – без упрочнения МИО; в) – упрочненных МИО (увеличение ×40)

На основании полученных результатов проведенных экспериментов все дальнейшие исследования со сталями 20, 40Х, 12Х18Н10Т проводились при режимах МИО с применением ферромагнитного порошка для сверл ∅ 6 мм из стали Р6М5: напряженность магнитного поля Н=500 кА /м; количество импульсов 3.

На рис. 3–5 показаны зависимости износа величины фасок задних поверхностей кромок сверл от суммарной глубины сверления

при МИО с Н = 500 кА/М и тремя импульсами сверлами диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 при обработке стали 20,40Х и 12Х18Н10Т:

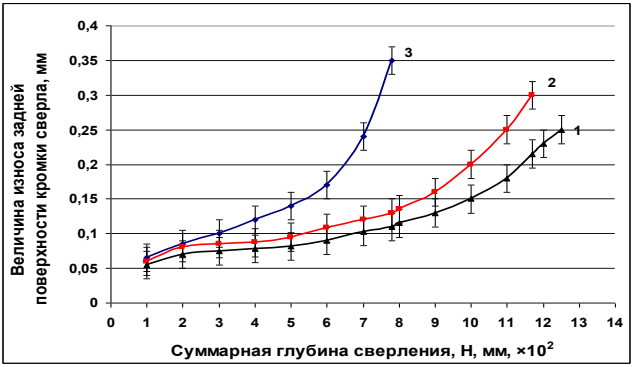

Рис. 3. Зависимость износа величины фасок задних поверхностей кромок сверл от суммарной глубины сверления при МИО с Н = 500 кА/М и тремя импульсами сверлами диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 при обработке стали 20: 1 – МИО с ферромагнитным порошком; 2 – МИО без ферромагнитного порошка; 3 – без МИО

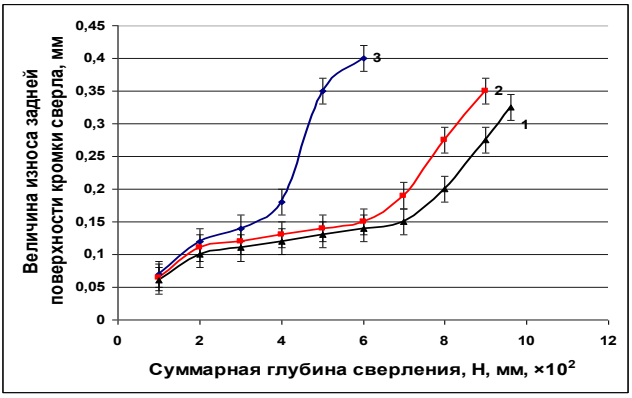

Рис.4. Зависимость износа величины фасок задних поверхностей кромок сверл от суммарной глубины сверления при МИО с Н = 500 кА/М и тремя импульсами сверлами диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 при обработке стали 40Х: 1 – МИО с ферромагнитным порошком; 2 – МИО без ферромагнитного порошка; 3 – без МИО

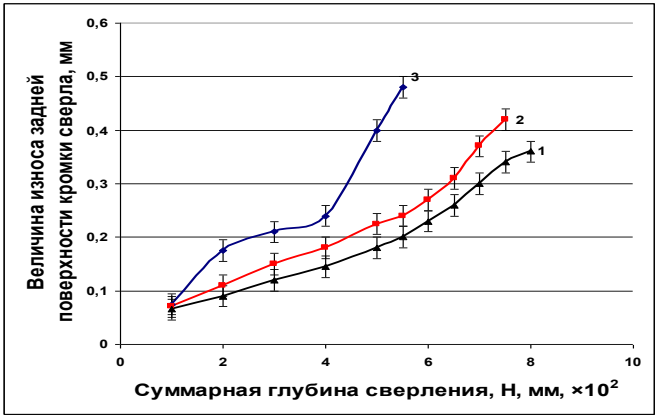

Рис. 5. Зависимость износа величины фасок задних поверхностей кромок сверл от суммарной глубины сверления при МИО с Н = 500 кА/М и тремя импульсами сверлами диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 при обработке стали 12Х18Н10Т: 1 – МИО с ферромагнитным порошком; 2 – МИО без ферромагнитного порошка; 3 – без МИО

Имеется различие в величине износа задних поверхностей кромок сверл и в суммарной глубине сверления при обработке разных сталей.

При обработке стали 20 величина износа задней поверхности кромки без упрочнения МИО составляет 0, 35 мм, стали 40Х–0,4 мм, стали 12Х18Н10Т – 0,48 мм. После упрочнения МИО без использования ферромагнитного порошка величина износа составляет, соответственно – 0,3 мм, 0,35 мм и 0,42 мм для сталей 20, 40Х и 12Х18Н10Т. Использование ферромагнитного порошка при упрочнении сверл приводит к уменьшению износа фасок задней поверхности кромки сверл до 0,27 мм, 0,32 мм и 0,36 мм, соответственно, для сталей 20, 40Х и 12Х18Н10Т.

При обработке стали 20 суммарная глубина сверления без упрочнения МИО составляет 800 мм, стали 40Х–600 мм, стали 12Х18Н10Т – 550 мм. После упрочнения МИО без использования ферромагнитного порошка суммарная глубина сверления составляет, соответственно – 1150 мм, 900 мм и 750 мм для сталей 20, 40Х и 12Х18Н10Т. При использовании ферромагнитного порошка суммарная глубина сверления составляет 1250 мм, 950 мм и 800 мм, соответственно, для сталей 20, 40Х и 12Х18Н10Т

В исследованиях по испытанию сверл на стойкость использовались также следующие виды упрочнения МИО: с вибрацией и без виб-

рации испытуемого сверла. При упрочнения МИО с вибрацией сверло опускалось в магнитную катушку и под воздействием магнитного поля совершало колебания.

При обработке стали 30 суммарная глубина сверления без упрочнения МИО составляет 1000 мм. После обработки МИО без вибрации и с вибрацией суммарная глубина сверления составляет, соответственно, 1300 мм и 1500 мм.

Далее испытываемые сверла обрабатывались МИО с напряженностью магнитного поля в пределах 100–800 кА/М и количеством импульсов 2–10 в комбинации с применением динамических методов позиционирования инструмента (с вибрацией) сверла при упрочнении и ферромагнитных порошковых концентраторов магнитного поля при последующем сверлении отверстий в заготовках из стали 30.

На основе априорных данных выбраны основные уровни факторов x_1, x_2 (напряженность магнитного поля Н, и количество импульсов t) и интервалы их варьирования. В качестве критерия оптимизации была выбрана напряженность магнитного поля Н. Были использованы методы математического планирования экспериментов. Для определения оптимального режима обработки данных применяли метод «крутого восхождения». Анализ результатов показывает, что зона оптимума лежит в пределах изменения факторов: напряженность магнитного поля Н=415 кА /м; количество магнитных импульсов t =4; длительность импульса – 0,1 с; промежуток времени между импульсами – 1 с.

На рис. 6 показана зависимость износа фаски задней поверхности сверла диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 от суммарной глубины сверления при обработке стали 30 МИО с применением комбинации вибрации и ферромагнитного порошка.

Экспериментами установлено, что при обработке стали 30 сверлами, упрочненными МИО с применением комбинации вибрации и ферромагнитного порошка, суммарная глубина сверления без упрочнения МИО составляет 800мм. После обработки МИО суммарная глубина сверления составляет 1300 мм. Величина износа задней поверхности кромки без упрочнения МИО составляет 0,42мм, а после упрочнения МИО – 0,34 мм.

Производственные испытания сверл, упрочненных импульсной магнитной обработкой в соответствии с рекомендуемыми методами и режимами, проведенные на ООО «Экспо-металлик», показали увеличение стойкости сверл в 1,6 раза.

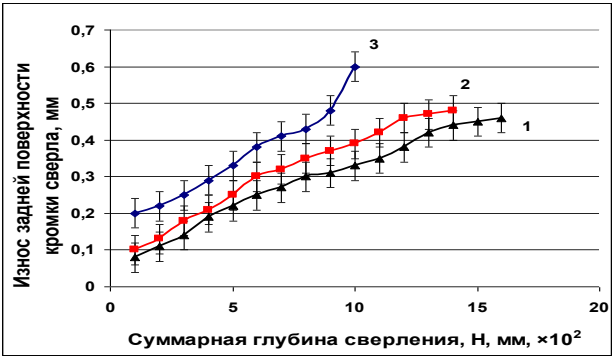

Рис.6. Зависимость износа фаски задней поверхности сверла диаметром 6 мм из быстрорежущей стали Р6М5 Р6М5 ,упрочненного МИО с применением комбинации вибрации и ферромагнитного порошка от суммарной глубины сверления при обработке стали 30: 1 – МИО с вибрацией и ферромагнитным порошком 2 – МИО без вибрации и ферромагнитного порошка; 3 – без МИО

Основные результаты и выводы:

1. Проведен аналитический обзор разработок в области упрочнения металлов методом МИО с оценкой возможности применения этого метода к отдельным маркам инструментальных материалов. Установлено, что из всего спектра режущих материалов применение метода МИО оправдано только для одной группы – быстрорежущие стали. Это обусловлено наличием ферромагнитного компонента и технологией изготовления сверл из быстрорежущей стали, включающей пластическую деформацию, а именно накатку канавок и скручивание. Попытки применить МИО для разных типов твердых сплавов успехом не увенчались. Выявлено, что в научных работах, посвященных изучению вопросов МИО и характера происходящих при этом структурных изменений, рассматриваются физические принципы МИО, вопросы ее эффективности с точки зрения повышения эксплуатационных характеристик деталей и инструментов. В качестве возможных механизмов упоминают магнитно-стрикционное упрочнение и магнитно-дисперсное твердение металла.

2. Сделана попытка объяснения механизма повышения прочности и износостойкости металла режущих инструментов , упрочненного импульсной магнитной обработкой. При упрочнении импульсной магнитной обработкой в стали происходит формирование внутри исход-

ного зерна новых субзерен (доменов), создание организованных дислокационных построений внутри субзерен и на их границах, препятствующих выходу подвижных дислокаций при действии приложенных напряжений, приводит к увеличению сопротивления сдвига, т.е. к увеличению прочности.

3. Разработан метод МИО в комбинации с применением динамических методов позиционирования инструмента при упрочнении и ферромагнитных порошковых концентраторов магнитного поля. Установлено, что оптимальными режимами МИО с применением комбинации вибрации и ферромагнитного порошка для сверл ∅ 6 мм из марки стали Р6М5 при сверлении отверстий в образцах из стали 30 являются: напряженность магнитного поля H = 415 кА /м; количество магнитных импульсов t = 4; длительность импульса – 0,1 с; промежуток времени между импульсами – 1 с.

4. Определено влияние МИО на стойкость сверл при обработке углеродистых качественных конструкционных и легированных конструкционных сталей и характер изнашивания режущих кромок.

Установлено, при сверлении стали 20 суммарная глубина сверления без упрочнения МИО составляет 800 мм, стали 40Х–600 мм, стали 12Х18Н10Т – 550 мм. После упрочнения МИО без использования ферромагнитного порошка суммарная глубина сверления составляет, соответственно, – 1150 мм, 900 мм и 750 мм для сталей 20, 40Х и 12Х18Н10Т. Использование ферромагнитного порошка увеличивает суммарную глубину сверления до 1250 мм, 950 мм и 800 мм, соответственно, для сталей 20, 40Х и 12Х18Н10Т. Установлено, при сверлении стали 20 величина износа задней поверхности кромки без упрочнения МИО составляет 0, 35 мм, стали 40Х–0,4 мм, стали 12Х18Н10Т – 0,48 мм. После упрочнения МИО без использования ферромагнитного порошка величина износа составляет, соответственно – 0,3 мм, 0,35 мм и 0,42 мм для сталей 20, 40Х и 12Х18Н10Т. Использование ферромагнитного порошка при упрочнении сверл приводит к уменьшению износа фасок задней поверхности кромки сверла до 0,27 мм, 0,32 мм и 0,36 мм, соответственно, для сталей 20, 40Х и 12Х18Н10Т.

При сверлении стали 30 суммарная глубина сверления без упрочнения МИО составляет 1000 мм. После обработки МИО без вибрации и с вибрацией суммарная глубина сверления составляет, соответственно, 1300 мм и 1500 мм, а после упрочнения МИО с применением комбинации вибрации и ферромагнитного порошка –1600 мм.

При сверлении стали 30 величина износа задней поверхности кромки без упрочнения МИО составляет 0, 6 мм, после упрочнения МИО без вибрации и вибрацией величина износа составляет, соответ-

ственно, 0,5 мм и 0,48 мм, а после упрочнения МИО с применением комбинации вибрации и ферромагнитного порошка величина износа задней поверхности кромки– 0,46 мм.

5. Модернизированы, разработаны конструкции и изготовлены следующие установки: импульсная магнитная, микрофотографическая, для измерения омического сопротивления сверла, для заточки режущего инструмента, для измерения момента резания.

6. Производственные испытания сверл, упрочненных импульсной магнитной обработкой в соответствии с рекомендуемыми методами и режимами, на ООО «Экспо-металлик» показали увеличение стойкости сверл в 1,6 раза.

Основное содержание работы отражено в следующих публикациях:

1. **Орлов А.С., Полетаев В.А. Упрочнение сверл методом импульсной магнитной обработки // Вестник ИГЭУ. – 2006. — Вып. 3. — С. 27-28. (автора – 0,1 п.л.)**
2. **Орлов А.С. Повышение износостойкости сверл методом импульсной магнитной обработки // Вестник ИГЭУ. – 2007. — Вып. 3. — С. 54–55. (автора – 0,25 п.л.)**
3. **Полетаев В.А., Марков М.Г., Красильникъянц Е.В., Орлов А.С. Импульсная магнитная установка для упрочнения режущих инструментов. //Вестник ИГЭУ. – 2011. — Вып. 4. — С. 35–39. (автора – 0,05 п.л.)**
4. Полетаев В.А., Басыров И.З., Орлов А.С., Севрюгин Д.П. О природе разрушения поверхности металла упрочненного импульсной магнитной //Мат-лы докладов междунар. науч.-технич. конф. «Современная электротехнология в машиностроении» Тула, 4—5 июня 2001. — Тула :ТулГу, 2001 — С.411–416. (автора – 0,05 п.л.)
5. Полетаев В.А., Воробьев В.Ф., Басыров И.З., Орлов А.С. Обеспечение качества поверхностей при импульсной магнитной обработке.// Мат-лы докладов междунар. науч.-технич. конф. «Актуальные проблемы машиностроения» Владимир, 15—17 мая 2001. — Владимир : ВГУ, 2001. — С .71–73. (автора – 0,05 п.л.)
6. Полетаев, В.А., Воробьев В.Ф., Орлов А.С., Такендо Д. Формирование поверхностного слоя при упрочняющей обработке // Мат-лы докладов междунар. науч.-технич. конф. «Состояние и перспективы развития электротехнологии» Иваново, 4—6 июня 2001. — Иваново : ИГЭУ, 2001. — Т.2 — С. 210. (автора – 0,05 п.л.)

7. Орлов, А.С., Полетаев В.А. Упрочнение сверл из Р6М5 импульсной магнитной обработкой // Мат-лы докладов междунар. науч.-технич. конф. «Состояние и перспективы развития электротехнологии» Иваново, 1—3 июня 2005 г. — Иваново : ИГЭУ, 2005. — Т. 2. — С. 153. (автора – 0,05 п.л.)

8. Большаков, А.С., Полетаев В.А., Орлов А.С. Исследование упрочнения режущих кромок сверла импульсной магнитной обработкой // Мат-лы докладов региональной науч.-технич. конф. студентов и аспирантов «Электромеханика» Иваново, 16—18 апреля 2006 г. — Иваново : ИГЭУ. – С. 28. (автора – 0,05 п.л.).

9. Орлов, А.С. Исследование влияния импульсной магнитной обработки на стойкость режущего инструмента // Мат-лы докладов междунар. науч.-технич. конф. «Состояние и перспективы развития электротехнологии». Иваново, 29—31 мая 2007 г. — Иваново : ИГЭУ, 2007.— Т. 2. — С. 162. (автора – 0,1 п.л.)

10. Орлов, А.С. Исследование на износостойкость сверл, упрочненных импульсной магнитной обработкой // Прогрессивные технологии в современном машиностроении: сб. статей III Междунар. науч.-технич. конф. Пенза, 14—16 июня 2007 г. — Пенза : ПГТУ, 2007. — С. 35–37, (автора – 0,2 п.л.)

11. Орлов, А.С., Полетаев В.А. Исследование влияния магнитного поля на стойкость режущего инструмента // Мат-лы докладов междунар. науч.-технич. конф. «Инновации, качество и сервис в технике и технологиях». Курск, 19—21 мая 2011 г. – Курск : ЮгЗапГУ, 2011. —С. 286–289, (автора – 0,1 п.л.)

12. Орлов А.С., Полетаев В.А. Исследование упрочнения режущих инструментов импульсной магнитной // Мат-лы докладов междунар. науч.-технич. конф. «Состояние и перспективы развития электротехнологии». Иваново, 1—3 июня 2011 г. Иваново: ИГЭУ, 2011. — Т. 3. — С. 274–276, (автора – 0,1 п.л.)

Объекты интеллектуальной собственности

1. Свидетельство РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006613391 от 27 сентября 2006. Управление микропроцессором PIC12F629 импульсной магнитной установки УМ-ИМУ-629 // Марков, М.Г., Полетаев В.А., Зайцев А.А., Третьякова Н.В., Орлов А.С.

ОРЛОВ Александр Станиславовна

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПУТЕМ УПРОЧНЕНИЯ ИМПУЛЬСНОЙ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Специальность 05.02.07 – технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано в печать: 20.04.2012 г. Формат 60×84 1/16.
Печать плоская. Усл. печ.л.1.16
Тираж – 100 экз. Заказ №
ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина»
153003. Иваново, ул. Рабфаковская ,34.
Отпечатано в УИУНЛ ИГЭУ