

АННОТАЦИЯ

Диссертационной работы на тему:

«Исследование и разработка конструкции термодинамического рабочего органа для поверхностной обработки блоков из крепких горных пород» представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности **6D071200 – «Машиностроение»**
БУКАЕВОЙ АМИНЫ ЗАХАРОВНЫ

Актуальность исследований. В настоящее время в Казахстане наблюдается ряд тенденций, требующих развития и модернизации инфраструктуры. В условиях переходного периода Казахстана от плановой к рыночной экономике её минерально-сырьевые ресурсы приобретают исключительно важное значение. В условиях жесткой международной конкуренции Президентом Республики Казахстан поставлена задача диверсификации отечественной экономики.

Несмотря на то, что запасы гранитов в странах содружества значительно выше, чем в зарубежных странах, добыча и обработка их отстает в 3 - 4 раза по сравнению с Италией, Бельгией, США, Великобританией.

Природный камень занимает особое место среди обширной номенклатуры строительных материалов. За последние 70 лет мировое производство природного камня увеличилось почти в 25 раз, при этом в течение последних двадцати лет ежегодный прирост производства и потребления камня в среднем составлял 7,4%. По прогнозным оценкам на ближайшие десятилетия, этот рост продолжится, и мировая добыча камня увеличится более чем в 4 раза. Гранит удивительно прочен, несложен в обработке и, главное, невероятно красив, причем обладает колоссальным множеством расцветок.

На казахстанском рынке природного камня также прослеживается устойчивая тенденция роста объемов потребления данного материала. Начиная с 1999 г. потребление природного камня в Казахстане возрастает в среднем на 10...12 % в год. С учетом запланированных темпов экономического развития страны, предполагающими значительного роста ВВП за 10 лет, можно ожидать, что к 2020 г. потребление природного камня в Казахстане возрастет почти в 2 раза и составит не менее 1,2 млн. м² в год.

Однако, из-за низкого технического уровня предприятий отрасли, обусловленного отсутствием эффективных средств добычи и обработки крепких пород, эти природные богатства используются недостаточно. Потребности народного хозяйства стран содружества в изделиях из природного камня обеспечиваются лишь на 10...15 %, а запросы экспорта – на 5...10 %. Развитие камнеобрабатывающих отраслей промышленности рассматривается как одна из перспективных задач, решение которой возможно за счет внедрения совершенной технологии и высокопроизводительного оборудования.

Действующий ГОСТ 23342-91 допускает, чтобы гранитные плиты отличались друг от друга по длине на ± 2 мм, по толщине: ± 3 мм. Требования европейских стандартов еще жестче, допустимое отклонение всего ± 2 мм.

Именно поэтому китайский гранит, в отличие от отечественного, активно ввозится на европейский рынок (особенно в Германию), при этом объем поставок ежегодно растет на 5...7 %.

Вместе с тем, столь стремительный рост спроса на природный камень отнюдь не означает аналогичных темпов развития отечественной камнедобычи и камнеобработки. Чтобы устоять конкуренции импортных производителей каменных изделий необходимо внедрить в отечественную промышленность высокоэффективные инструменты, машины и технологические линии, не уступающих своим зарубежным аналогам.

Термоинструмент для обработки горной породы обладает высокой стойкостью и надежностью ввиду отсутствия его контакта с разрушаемой поверхностью, но, при реализации способа в виде ручных термоинструментов, рабочий и окружающая среда подвергаются воздействию мощного аэродинамического шума горелки. Создание термоинструментов повышенной мощностью при сохранении конструктивных параметров является важной конструктивной и технологической задачей, а при оснащения этими инструментами манипуляционных устройств позволит полностью механизировать ручной труд, защитить рабочего и окружающую среду от шума, повысить производительность и культуру труда, обеспечить безопасность работы.

Однако существуют нерешенные проблемы в теории разрушения и в практике конструирования механизированных термоагрегатов, с разработкой которых необходимо их решение. А именно, уточнение механизма разрушения горных пород при различных способах ориентации газовых струй и физико-механических свойств разрушаемых пород; определение рациональных технологических параметров обработки и конструктивных параметров термоинструментов; разработка эффективных рабочих органов термоинструментов, реализующих новые способы сгорания топливной смеси; обеспечение нормальных санитарно-гигиенических условий работы работающих.

Следовательно, задачи исследования процесса разрушения крепких горных пород, разработка на этой основе инженерного метода расчета параметров термоинструментов, совершенствование технологии механизированной добычи и обработки блочного камня являются актуальными, решение которых позволяет повысить эффективность термического способа разрушения.

Работа выполнялась в Казахском национальном исследовательском техническом университете имени К.И. Сатпаева, на камнеобрабатывающем предприятии по обработке камня ИП «Титушин» (г. Алматы).

Целью работы является исследование конструкции термодинамического рабочего органа для поверхностной обработки блоков из крепких горных пород, позволяющее создать конструкцию повышенной мощности и экономичной в использовании.

Идея работы заключается в выборе и обосновании параметров термоинструментов для поверхностной обработки горных пород,

позволяющих повысить их производительность разрушения при обработке блоков, горных пород и резке щелевых выработок.

В связи с поставленной целью, сформулированы следующие **задачи исследований**:

- анализ современного состояния камнедобывающей отрасли добычи и обработки блочного камня из крепких горных пород;
- обоснование использования высокоскоростных огневых струй в технологических процессах и производствах;
- исследование процессов, технологии и оборудования для добычи и обработки блочного камня из крепких горных пород с применением огнеструйных горелок;
- обоснование параметров конструкции бензовоздушного термоинструмента с интенсификатором горения для разрушения крепких горных пород;
- экспериментальные исследования новой конструкции бензовоздушного термоинструмента для обработки гранитных блоков;
- обоснование применения промышленного робота с огнеструйным рабочим органом для поверхностной обработки крупных блоков из крепких горных пород.

Объект исследования: обработка блоков из крепких горных пород термоинструментами повышенной мощности.

Предмет исследования: инструменты для огнеструйной обработки крепких горных пород.

Методы исследования. Результаты исследования получены на основе теоретических и практических положений теории газодинамики, теплопроводности и теории горения углеводородных топлив, а также теории планирования эксперимента и статистической обработки данных. Экспериментальные исследования проводились в стендовых условиях на действующем оборудовании с использованием оригинальных методик и современной измерительной аппаратуры, методов математического и физического моделирования и планирования экспериментов.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- осуществлено моделирование процесса разрушения горных пород термоинструментами с интенсификаторами горения, с использованием многофакторного эксперимента, позволяющее получить уравнения регрессии для определения их режимных параметров работы;
- установлено, что в сверхзвуковом потоке газа, истекающего из сопла Лаваля горелки, в цилиндрическую перфорированную камеру насадка, трением о внутренние стенки насадка и контакта с холодным атмосферным воздухом, образуется мощный стационарный скачок уплотнения – ударная волна, питающаяся кислородом из эжектируемого, через перфорацию насадка, атмосферного воздуха, чем обеспечивается интенсивное догорание горючего в струе;
- установлены аналитические зависимости теплового потока горелки термоинструмента, температуры газа на срезе сопла, температуры в камере

сгорания и скорости истечения факела от коэффициента избытка окислителя при различных расходах горючего, позволяющие обосновать структурные и режимные параметры новой конструкции термоинструмента с эжекционным насадком: определить температуру смешанного потока; параметры выходного сечения сопла эжекционного насадка, диаметр свободной струи и ее длину;

- экспериментально установлена эффективная зона разрушения горной породы по длине струи факела, составляющая 0,05...0,35 м, что обеспечивается бензовоздушной горелкой с насадкой – интенсификатором горения, при расходе топливных компонентов: бензина – 0,0035...0,0077 кг/с; воздуха – 0,1057...0,228 кг/с, при коэффициенте избытка окислителя $\alpha_T = 0,7...1,1$.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена результатами экспериментов на опытно-промышленных образцах термоинструментов, а также использованием апробированных инженерных методов расчета, методов математической статистики при обработке данных с использованием ЭВМ. Сходимость экспериментальных данных и теоретических расчетов подтверждена актами внедрения.

На защиту выносятся следующие основные научные положения:

- построенная модель процесса разрушения горных пород термоинструментами с интенсификаторами горения, с использованием многофакторного эксперимента, позволяет получить уравнения регрессии для определения их режимных параметров работы;

- интенсивное догорание горючего в сверхзвуковом потоке газа, истекающим из сопла Лавалья горелки в цилиндрический перфорированный насадок, обеспечивается повышением тепловой мощности потока, за счет трения о внутренние стенки насадка и контакта с холодным атмосферным воздухом и, вновь образованного мощного стационарного скачка уплотнения – ударной волны, питающейся кислородом из эжектируемого, через перфорацию насадка, атмосферного воздуха;

- методика расчета конструктивных и режимных параметров новой конструкции термоинструмента с эжекционным насадком, включает расчет теплового потока горелки базового термоинструмента, температуры газа на срезе сопла Лавалья, температуры в камере сгорания и скорости истечения факела от коэффициента избытка окислителя при различных расходах топливных компонентов;

- экспериментально определена эффективная зона разрушения горной породы по длине струи факела, которая обеспечивается бензовоздушной горелкой с насадкой – интенсификатором горения, при установленном расходе топливных компонентов – бензина и воздуха, а также коэффициента избытка окислителя.

Теоретическая значимость работы заключается в научном обосновании основных параметров процесса огнеструйного разрушения горных пород методом крупного скола; в разработке новой конструкции термоинструмента, реализующего новый вид горения топливной смеси в

струе горелки, истекающей из сопла Лавалия в цилиндрическую полость эжекционного насадка, в ударных волнах.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- выполнено обоснование и расчет геометрических параметров новой конструкции бензовоздушного термоинструмента с эжекционным насадком, определены основные параметры давления во входном сечении камеры смешения, а также основные геометрические размеры газоструйного эжектора с диффузором, изготовлен опытный образец горелки с газодинамическим насадком;

- разработана методика определения технологических параметров огнеструйной обработки (разрушения) поверхности блоков из крепких горных пород, включающая: толщину отделяемой частицы; время отделения частиц от массива; линейную скорость разрушения; потребный тепловой поток; объемную производительность разрушения; продольную скорость перемещения обрабатываемого блока горной породы; производительность разрушения при грубом сбое; общую производительность разрушения;

- предложена структурная схема манипулятора промышленного четырехзвенного робота типа ПППВ, описываемая в виде матрицы однородного преобразования методом Денавита-Хартенберга и установлены аналитические зависимости четырехзвенного манипулятора с учетом действующих сил и моментов (инерциальные, центробежные, кориолисовы и гравитационные).

- на базе термоинструмента ТРВ-12М разработана новая конструкция бензовоздушного термоинструмента повышенной мощности, с эжекционным насадком, прошедшего производственные испытания и рекомендованного к внедрению;

- ожидаемая годовая экономическая эффективность внедрения термоинструментов с интенсификаторами горения для обработки крупных блоков из крепких горных пород составит более 2 760 тыс. тенге в год.

Отдельные устройства переданы для внедрения в камнеобрабатывающие предприятия г.Алматы и Алматинской области. Методологические основы расчета кинематических и динамических параметров роботов-манипуляторов могут быть применены для преподавания курсов по механике роботов технических вузов.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:

- анализом большого объема производственных данных и эмпирических материалов на горных предприятиях Казахстана и стран СНГ по огнеструйной обработке (пассировке) гранитных блоков из крепких горных пород;

- использованием основных положений и методов технологии машиностроения, теоретической механики, теории упругости и пластичности, теории газодинамики и термоупругости, решением задач на ЭВМ;

- проведением математического моделирования и экспериментальных лабораторных исследований технологических параметров термоинструмента для обработки гранитных блоков;

- установлением сходимости результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Реализация результатов работы. Результаты исследования переданы для внедрения в производство камнеобрабатывающего предприятия по обработке камня ИП «Титушин» (г.Алматы) и использованы в учебном процессе при подготовке бакалавров по специальности 5В071200 – «Машиностроение» в КазНИТУ имени К.И. Сатпаева.

Апробация работы. Основные положения диссертации и результаты исследования докладывались и обсуждались на Международной научно-технической конференции «Геологоразведочное и нефтегазовое дело в XXI веке: технологии, наука, образование», посвященной 50-летию кафедры «Технология и техника бурения скважин» (Алматы, 2016); XII международной заочной научно-практической конференции: «Развитие науки в XXI веке» (Харьков, 2016); the 22-nd International conference on Vibroengineering "Dynamics of Strong Nonlinear Systems" (Moscow, 2016), the 24-th International Conference on Vibroengineering "Theories, Technologies and Applications in Vibration Engineering" (Shanghai, 2016), Международной научно-технической конференции Сатпаевских чтений «Научное наследие Шахмардана Есенова» (Алматы, 2017); XXIII международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века» (Севастополь, 2016), XXIV международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века» (Севастополь, 2017).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 18 печатных работах, в том числе 5 статей в журналах, рекомендованных ККСОН МОН РК; 3 статьи в научных журналах РК и РФ, 9 публикации на международных конференциях, 7 из которых - зарубежных, из них 2 статьи в базе данных Scopus; 1 статья в научном журнале в базе данных Scopus; 3 зарегистрированных заявок в РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК на получение патентов на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов и заключения, изложенных на 137 страницах, содержит 61 рисунков, 16 таблиц, 132 использованных источников и 7 приложений.