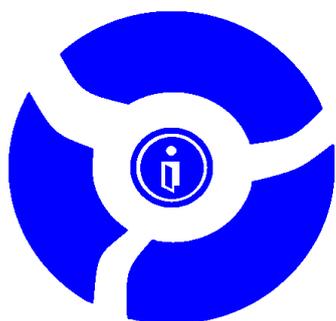


Перспективные научно-технические разработки
и инновационное развитие регионов

2022

КАТАЛОГ

ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАЗРАБОТОК
И ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ



БИРЖА
ДЕЛОВЫХ
КОНТАКТОВ

Сентябрь-декабрь 2022

СОДЕРЖАНИЕ

От организатора	3
Сведения о подчиненном Государственному комитету по науке и технологиям Республики Беларусь Республиканском унитарном предприятии «Центр научно-технической и деловой информации», осуществляющем научно-техническое информирование в регионах Республики Беларусь	4
Перспективные разработки и инновационные предложения, представленные в ходе конгрессных мероприятий, проведенных в 2022 году	5
Высокоэффективные технологии упрочнения инструмента и оснастки	5
Разработки, представленные в ходе конгрессного мероприятия 22 сентября 2022 года	5
Технологии формирования упрочнённых покрытий	5
Разработки, представленные в ходе конгрессного мероприятия 29 сентября 2022 года	5
Белорусско-Российский университет	6
Механически легированные композиционные порошки для газотермических покрытий.....	6
Технологии и установки инженерии поверхностного слоя материалов в тлеющем разряде	7
Технологические аппараты адаптивного действия	9
Технология и инструменты для совмещенного магнитно-динамического накатывания	11
Технология повышения износостойкости инструментальной и технологической оснастки.....	13
Технология сварки и аддитивного наращивания стальных и алюминиевых деталей в среде защитных газов с управлением параметрами дуги.....	14
Технология совмещенного магнитно-динамического накатывания в активной технологической среде	16
Белорусский национальный технический университет	20
Оборудование и технология нанесения износостойких покрытий методом газотермического напыления	20
Технология лазерного термоупрочнения с использованием сканирующих устройств	22
Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого	25
Новые комплексно-легированные ферромагнитные материалы на основе металлических отходов для финишной магнитно-абразивной обработки труднообрабатываемых материалов	25
Институт технологии металлов Национальной академии наук Беларуси	28
Повышение эффективности твердосплавного инструмента, создаваемого в Республике Беларусь, за счет аэродинамического звукового упрочнения.....	28
Библиографический список статей по теме «Высокоэффективные технологии упрочнения инструмента и оснастки»	31

От организатора

Поддержка научной и инновационной деятельности является важной частью государственной политики и Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь на системной основе ведётся работа в этом направлении.

Одним из эффективных инструментов интенсификации связей науки и производства является формирование и развитие публичных мероприятий и платформ по содействию коммерциализации результатов научно-технической деятельности (выставки, ярмарки, биржи, аукционы).

Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь организует проведение конгрессных мероприятий биржи деловых контактов «Перспективные научно-технические разработки и инновационное развитие регионов». Мероприятия имеют региональную направленность, их целью является повышение эффективности коммерциализации результатов научно-технической деятельности и инновационной активности организаций в регионах Республики Беларусь, содействие эффективному взаимодействию научных, образовательных и производственных структур.

В 2022 году проводятся пять конгрессных мероприятий. В каждой из областей имеются примеры решения организациями региона сложных производственно-технических задач, достижения положительных результатов, которым способствовала эффективность конгрессных мероприятий, проведённых в предшествующие годы.

Организовано в этом направлении работает Республиканское унитарное предприятие «Центр научно-технической и деловой информации», которое осуществляет подготовку и проведение конгрессных мероприятий 2022 года.

Желаем всем участникам конгрессных мероприятий успехов в установлении деловых контактов и развитии взаимовыгодного сотрудничества!

*Государственный комитет по науке
и технологиям Республики Беларусь*

Сведения

о подчиненном Государственному комитету по науке и технологиям Республики Беларусь Республиканском унитарном предприятии «Центр научно-технической и деловой информации», осуществляющем научно-техническое информирование в регионах Республики Беларусь

Полное наименование юридического лица (по уставу)	Республиканское унитарное предприятие «Центр научно-технической и деловой информации»
Сокращенное название юридического лица	Государственное предприятие «Центр научно-технической и деловой информации»
Год основания	1977
Юридический адрес	пр. Ленина, д.3, к.306, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон	+375 232 315-859
Факс	+375 232 506-736
Адрес электронной почты	mail@cntdi.gomel.by
Адрес веб-сайта	www.cntdi.gomel.by
ФИО директора	Шамров Дмитрий Алексеевич
Основные направления деятельности	Организация и осуществление информационного обеспечения органов местного управления, юридических и физических лиц в сфере научной, научно-технической, организационной и инновационной деятельности. Выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике основных направлений деятельности предприятия.
Наименование продукции и услуг	Информационно-аналитические услуги. Консалтинговые услуги. Организация национальных и международных семинаров и конференций.

Подготовка и выпуск настоящего каталога осуществлены Республиканским унитарным предприятием «Центр научно-технической и деловой информации» по материалам редакции, предложенной организациями, предоставившими информацию, с учётом редакторских правок.

Редактор – С.Б. Клейнер.

**Перспективные разработки и
инновационные предложения,
представленные в ходе конгрессных
мероприятий, проведенных в 2022 году**



**Высокоэффективные
технологии
упрочнения
инструмента и
оснастки**

**Разработки, представленные
в ходе конгрессного
мероприятия
22 сентября 2022 года**

**Технологии
формирования
упрочнённых
покрытий**

**Разработки, представленные
в ходе конгрессного
мероприятия
29 сентября 2022 года**

Белорусско-Российский университет

 [53.9080374, 30.3418076](https://www.google.com/maps/place/53.9080374,30.3418076)

Механически легированные композиционные порошки для газотермических покрытий

Отрасли экономики

Машиностроение.

Наименование организации-разработчика

Межгосударственное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», пр. Мира, 43, 212000, г. Могилев, Республика Беларусь.

Фамилия, имя, отчество разработчика

Федосенко Алексей Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология металлов»

Телефон разработчика

+375 29 546-96-34.

Электронная почта разработчика

5trannik@tut.by.

Практический опыт реализации аналогичных проектов

Выполнено более 30 договорных работ по упрочнению и восстановлению деталей машин и оборудования.

Краткое описание разработки

Порошковые материалы на основе металлов и оксидной керамики, полученные с применением технологии реакционного механического легирования. Применяемая технология позволила синтезировать порошки широкого химического состава, отличающиеся комплексом повышенных физико-механических свойств. Покрытия из них характеризуются более высокой твердостью и жаропрочностью по сравнению с покрытиями из серийно выпускаемых порошков аналогичного состава.

Технические преимущества:

- улучшенный комплекс свойств покрытий по сравнению с аналогами, формируемыми из промышленно выпускаемых материалов;
- возможность получения требуемого количества порошка заданного химического состава;
- простота и надежность применяемого оборудования.

Ожидаемый результат применения

Применение разработанных материалов позволит снизить затраты на упрочнение и ремонт деталей машин и оборудования, а также увеличить срок их службы.

Текущая стадия развития

Разработаны технологии получения порошков и нанесения покрытий из них.

Ориентировочный срок окупаемости

1 год.

Предлагаемая разработчиком форма представления

Натуральные образцы порошков.

Потенциальные потребители и/или заинтересованные в разработке

Предприятия Республики Беларусь, использующие в технологическом процессе изготовления деталей газотермические покрытия, а также занимающиеся восстановлением деталей машин и оборудования.

Предполагаемый объем вложений со стороны партнера
25 000 белорусских рублей.

Контактное лицо, реквизиты для связи

Федосенко Алексей Сергеевич, +375 29 546-96-34, 5strannik@tut.by.

Иллюстрации



Рисунок 1 – Пример деталей, упрочняемых разработанными материалами

Географические координаты организации, представляющей разработку

[53.9080374, 30.3418076](#)



Технологии и установки инженерии поверхностного слоя материалов в тлеющем разряде

Отрасли экономики

Машиностроение, сельское хозяйство, нефтехимическая, деревообрабатывающая и пищевая промышленность, медицина.

Наименование организации-разработчика

Межгосударственное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», пр. Мира, 43, 212000, г. Могилев, Республика Беларусь.

Фамилия, имя, отчество разработчика

Логвин Владимир Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты».

Телефон разработчика

+375 29 541-77-00.

Электронная почта разработчика

logvinvladim@yandex.ru.

Практический опыт реализации аналогичных проектов

Выполнено внедрение установки и технологии упрочнения ножей для резки волокна на ОАО «Могилёвхимволокно».

Краткое описание разработки

Разработан ряд запатентованных технологий и устройств для повышения износостойкости рабочих поверхностей различных деталей из инструментальных и конструкционных материалов, что обеспечивает повышение эксплуатационных свойств изделий из металлов и сплавов и создаёт условия для производства импортозамещающей продукции. В результате обработки на поверхности упрочняемых изделий формируется приповерхностный слой с изменённой структурой и повышенной микротвёрдостью.

Технические преимущества:

- в сельском хозяйстве повышается всхожесть семян, а также увеличивается срок их хранения;
- в машиностроении – повышение износостойкости рабочих поверхностей деталей машин, инструментов, быстроизнашиваемых элементов сварочного оборудования из конструкционных, инструментальных и полимерных материалов, что обеспечивает конкурентоспособность и импортозамещение;
- возможна модернизация при минимальных затратах серийно выпускаемых вакуумных постов под установки для реализации разработанных технологий обработки в контролируемой газовой среде и создание автоматизированной технологической среды;
- в пищевой и химической промышленности предлагаемые технологии позволяют избежать повторной перегонки спирта при производстве этанола, при обработке воды повышается её активность;
- в медицине применение данной технологии позволяет очищать и обеззараживать медицинский инструмент.

Ожидаемый результат применения

Снижение себестоимости выпускаемой продукции.

Иллюстрации

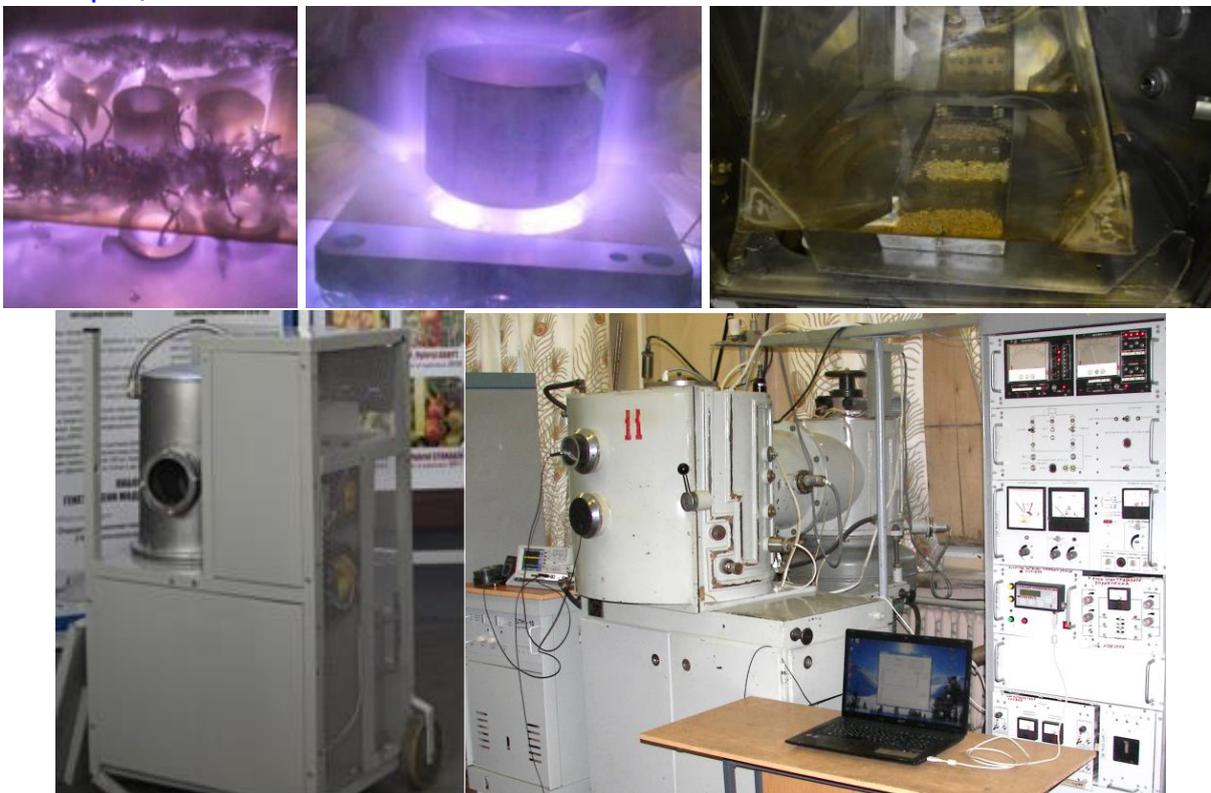


Рисунок 2 –Примеры устройств и применения технологии инженерии поверхностного слоя материалов в тлеющем разряде

Текущая стадия развития

Разработаны технологии и установки для промышленного использования.

Ориентировочный срок окупаемости

1–2 года.

Предлагаемая разработчиком форма представления

Любая удобная заказчику.

Потенциальные потребители и/или заинтересованные в разработке

Предприятия машиностроения, сельского хозяйства, нефтехимической, деревообрабатывающей и пищевой промышленности, медицинские организации.

Предполагаемый объем вложений со стороны партнера

Зависит от пожеланий и технической оснащённости партнёра. Стоимость полного комплекта разработки необходимой технологии (учитывающей вид, материал, форму и размеры подлежащего упрочнению изделия) и устройства (габариты рабочей камеры зависят от размеров упрочняемого изделия) для её реализации с внедрением составляют от 250 000 белорусских рублей.

Контактное лицо, реквизиты для связи

Логвин Владимир Александрович, +375 29 541-77-00, logvinvladim@yandex.ru.

Географические координаты организации, представляющей разработку

 [53.9080374, 30.3418076](#)



Технологические аппараты адаптивного действия

Отрасли экономики

Машиностроение.

Наименование организации-разработчика

Межгосударственное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», пр. Мира, 43, 212000, г. Могилев, Республика Беларусь.

Фамилия, имя, отчество разработчика

Сиваченко Леонид Александрович, д-р техн. наук, профессор.

Телефон разработчика

+375 44 792-86-83.

Электронная почта разработчика

228011@mail.ru.

Практический опыт реализации аналогичных проектов

40 лет.

Технические преимущества

Повышение в 2 раза удельной производительности и снижение в 2,0 – 2,5 раза удельной энергоёмкости.

Краткое описание разработки

Предложено семейство технологических машин для комплексной переработки сырья и материалов на основе измельчения, смешивания, диспергирования, механоактивации, разделения по крупности, сушки, уплотнения, микрогранулирования и других процессов.

Разработка основана на адаптивных механизмах воздействия на обрабатываемую среду и реализована в виде:

- дробилок с управляемым движением материала,
- волновых аппаратов для переработки неоднородных и сложных по составу и свойствам продуктов,
- пружинных мельниц,
- смесителей и грохотов,
- иглофрезерных измельчителей,
- балансирных вибромельниц и других технологических машин.

По данному направлению опубликовано более 400 научных статей, зарегистрировано более 200 изобретений и патентов, защищены 2 докторские и 7 кандидатских диссертаций.

Ожидаемый результат применения

Снижение эксплуатационных издержек в 1,5–2,0 раза, снижение капитальных затрат в 2,0–2,5 раза, импортозамещение.

Текущая стадия развития

Стадия НИОКР.

Ориентировочный срок окупаемости

2–3 года.

Предлагаемая разработчиком форма представления

Электронная презентация.

Потенциальные потребители и/или заинтересованные в разработке

Предприятия строительной, химической, горнорудной, пищевой, фармацевтической и других отраслей промышленности.

Предполагаемый объем вложений со стороны партнера

3 миллиона долларов США.

Контактное лицо

Сиваченко Леонид Александрович, +375 44 792-86-83, 228011@mail.ru.

Иллюстрации



Рисунок 3 – Технологические аппараты с максимальной приспособленностью рабочих органов

Географические координаты организации, представляющей разработку

[53.9080374, 30.3418076](https://www.google.com/maps/place/53.9080374,+30.3418076)

Технология и инструменты для совмещенного магнитно-динамического накатывания

Отрасли экономики

Разработанная технология относится к нанотехнологиям поверхностной модификации и может быть использована в машиностроении, автомобилестроении, приборостроении, авиастроении, станкостроении, ремонтном производстве для упрочнения поверхности отверстия, плоской поверхности и наружной поверхности вращения деталей.

Наименование организации-разработчика

Межгосударственное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», пр. Мира, 43, 212000, г. Могилев, Республика Беларусь.

Фамилия, имя, отчество разработчика

Руководитель группы Довгалец Александр Михайлович, канд. техн. наук, доцент.

Телефон разработчика

+375 222 25-36-03; +375 29 345-40-56.

Электронная почта разработчика

rct.bru@tut.by.

Краткое описание разработки

Разработана принципиально новая технология, при реализации которой на поверхность ферромагнитной детали одновременно воздействуют концентрированным потоком энергии вращающегося постоянного или переменного магнитного поля с индукцией от 0,10 до 1,20 Тл и колеблющимися деформирующими шарами, осуществляющими многократное импульсно-ударное деформирование. Принципиальной новизной созданной технологии является возможность получения на деталях машин упрочнённого модифицированного слоя с наноразмерной субзёрненной структурой глубиной до 3 мкм и размером фрагментов (блоков) от 20 до 100 нм с повышенным содержанием углерода.

Совмещение во времени процессов магнитно-силового воздействия на деформируемый металл позволяет сформировать в поверхностном слое детали наноразмерную структуру, обеспечить благоприятное протекание фазово-структурных превращений в металле и восходящую диффузию атомов углерода из глубины на поверхность упрочняемой детали.

Для реализации указанной технологии была разработана широкая гамма инструментов для упрочнения наружных, внутренних поверхностей вращения и плоских поверхностей различных деталей.

Технические преимущества:

- снижение исходной шероховатости поверхности с $Ra\ 6,3-0,16$ мкм до $Ra\ 0,8-0,05$ мкм;
- упрочнение поверхностного слоя детали на глубину 0,1–2 мм;
- повышение исходной микротвёрдости на 35–40%;
- получение на поверхности детали маслостойкого микрорельефа;
- упрочнение деталей с твёрдостью поверхностного слоя до 50–55 HRC;
- повышение износостойкости поверхности деталей пар трения в 1,8–4 раза;
- формирование в поверхностном слое стальных и чугунных деталей наноразмерной субзёрненной структуры на глубину до 3,0 мкм с размером блоков 18–100 нм;
- повышение производительности процесса упрочнения (за счет совмещения операций и увеличения подачи инструмента) в 1,6–3 раза;
- снижение коэффициента трения в 1,2–1,4 раза;

- повышение точности геометрической формы деталей из пластичных материалов на 25–40%;
- исключение из технологического процесса изготовления деталей пар трения операций шлифования и химико-термической обработки, обеспечивающей насыщение поверхностного слоя углеродом.

Ожидаемый результат применения

Повышение ресурса работоспособности упрочнённых деталей, исключение из технологического процесса операции абразивной обработки, получение комплекса новых физико-механических свойств поверхностного слоя детали, снижение себестоимости изготовления деталей пар трения за счет использования более дешёвых материалов.

Текущая стадия развития

Трансфер технологии, продажа лицензии, разработка технологической и конструкторской документации, сопровождение внедрения технологии у заказчика.

Ориентировочный срок окупаемости

Срок окупаемости технологии составляет 1–1,5 года.

Предлагаемая разработчиком форма представления

Натурные образцы.

Потенциальные потребители и/или заинтересованные в разработке

Предприятия машиностроения и металлообрабатывающей отрасли, ремонтное производство.

Предполагаемый объем вложений со стороны партнера

Разработанная технология отделочно-упрочняющей обработки является законченным продуктом.

При внедрении технологии у заказчика объем инвестиций определяется серийностью, номенклатурой и качеством упрочняемых изделий.

Стоимость реализации технологии составляет 5 000 – 15 000 долларов США.

Контактное лицо, реквизиты для связи

Довгалев Александр Михайлович, канд. техн. наук, доцент, +375 222 25-36-03; +375 29 345-40-56, rct.bru@tut.by.

Иллюстрации



Рисунок 4 – Инструменты, обеспечивающие упрочнение наружных, внутренних поверхностей вращения и плоских поверхностей различных деталей

Географические координаты организации, представляющей разработку

[53.9080374, 30.3418076](https://www.google.com/maps/place/53.9080374,+30.3418076)

Технология повышения износостойкости инструментальной и технологической оснастки

Отрасли экономики

Машиностроение, металлообработка, станкостроение.

Наименование организации-разработчика

Межгосударственное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», пр. Мира, 43, 212000, г. Могилев, Республика Беларусь.

Фамилия, имя, отчество разработчика

Шеменков Владимир Михайлович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология машиностроения».

Телефон разработчика

+375 44 740-06-64.

Электронная почта разработчика

vshemenkov@yandex.by.

Практический опыт реализации аналогичных проектов

Технология повышения износостойкости инструментальной и технологической оснастки апробирована на ОАО «ТАИМ», ЧНПП «Технолит», ОАО «Могилевлифтмаш».

Краткое описание разработки

Для реализации технологии разработана установка, в которой расположены два электрода один из которых катод является столом. На столе размещают изделия из металлов или металлических сплавов. В процессе обработки в камере создается разряжение и между электродами зажигается тлеющий разряд, при помощи которого производится обработка изделия.

Повышение износостойкости инструментальной и технологической оснастки осуществляется за счёт структурно-фазового модифицирования поверхностного слоя изделия в результате бомбардировки рабочих поверхностей заряженными частицами под действием катодного падения потенциала тлеющего разряда в среде остаточных атмосферных газов.

Технические преимущества:

- простота конструкции используемого оборудования;
- нет жёстких требований к качеству подготовки поверхностей;
- возможность обработки изделий сложной формы;
- экономичность;
- малая длительность процесса обработки (до 45 мин);
- сохранность конструктивных размеров и макрогеометрии изделий;
- экологическая безопасность. Обработка осуществляется в среде остаточных атмосферных газов и процесс не предусматривает никаких выбросов в атмосферу;
- износостойкость инструментальной и технологической оснастки увеличивается в 1,5...2 раза.

Ожидаемый результат применения

Использование низкоэнергетического тлеющего разряда.

Иллюстрации



Рисунок 5 – Оборудование для обеспечения технологии повышения износостойкости инструментальной и технологической оснастки

Текущая стадия развития

Внедрено в производство на ОАО «ТАИМ».

Предлагаемая разработчиком форма представления

Электронная презентация.

Потенциальные потребители и/или заинтересованные в разработке

Любое металлообрабатывающее предприятие.

Предполагаемый объем вложений со стороны партнера

Стоимость оборудования для реализации технологии до 500 000 белорусских рублей.

Контактное лицо

Шеменков Владимир Михайлович, +375 44 740-06-64, vshemenkov@yandex.by.

Географические координаты организации, представляющей разработку

[53.9080374, 30.3418076](https://www.google.com/maps/place/53.9080374,+30.3418076)



Технология сварки и аддитивного наращивания стальных и алюминиевых деталей в среде защитных газов с управлением параметрами дуги

Отрасли экономики

Машиностроение, нефтехимия, энергетика.

Наименование организации-разработчика

Межгосударственное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», пр. Мира, 43, 212000, г. Могилев, Республика Беларусь.

Фамилия, имя, отчество разработчика

Коротеев Артур Олегович, канд. техн. наук, доцент.

Телефон разработчика

+375 29 845-49-70

Электронная почта разработчика
karatseyeu_artur@fastmail.com.

Практический опыт реализации аналогичных проектов

Имеется богатый опыт реализации подобных проектов в качестве головной организации по сварке в Республике Беларусь с внедрением технологии и оборудования в реальное производство.

Краткое описание разработки

Технология относится к способам дуговой сварки в среде защитных газов. Отличительной особенностью предлагаемого способа является реализация возвратно-поступательной подачи присадочной проволоки в зону горения дуги совместно с цифровым управлением источником питания, что позволяет посредством гибкого высокочастотного управления силой сварочного тока осуществить контролируемое тепловложение в основной материал.

Это особенно актуально для сталей и сплавов со сложными системами упрочнения и легирования, для которых воздействие термического цикла способно вызвать появление нежелательных структурных превращений, существенно снижающих эксплуатационные характеристики соединений. Технология хорошо показала себя при сварке низколегированных высокопрочных сталей, элементов трубопроводов с антикоррозионными полимерными покрытиями для транспортировки нефтепродуктов, тонкостенных корпусных деталей из термоупрочняемых алюминиевых сплавов системы легирования *Al-Mg-Cu* (с реальным внедрением в производство), а также для аддитивных способов (*WAAM*¹) создания изделий сложной геометрии с заданными механическими свойствами по сечению заготовки.

Кроме того, имеется возможность создания градиента механических свойств и химического состава по сечению заготовки, что может быть использовано для создания функционально-градиентных материалов специального назначения, а также материалов с уникальными свойствами путем активного управления скоростью охлаждения и термическим циклом наплавки.

Технические преимущества:

- технология сварки сталей и сплавов со сложными системами упрочнения;
- возможность получения материалов с уникальными свойствами при помощи штатного оборудования;
- широкие возможности механизации и автоматизации процесса;
- возможность создания функционально-градиентных материалов специального назначения;
- технологическое сопровождение проекта высококвалифицированными специалистами.

Ожидаемый результат применения:

- повышение эффективности технологий сварки и аддитивного синтеза;
- возможность применения современных сложно свариваемых материалов для конструкций;
- снижение затрат на производство изделий;
- механизация и автоматизация производства.

Текущая стадия развития

Готовая технология, адаптируемая под конкретные условия.

¹ WAAM – (*Wire Arc Additive Manufacturing*) – метод аддитивного производства, использующий дуговую сварку для сплавления металлической проволоки. *Примечание редактора.*

Предлагаемая разработчиком форма представления
Технология с сопровождением внедрения разработки.

Потенциальные потребители и/или заинтересованные в разработке

Предприятия машиностроительной отрасли, энергетики и нефтехимии, использующие современные материалы и сплавы для создания деталей, работающих в нестандартных условиях эксплуатации.

Контактное лицо

Коротеев Артур Олегович, +375 29 845-49-70, karatseyeu_artur@fastmail.com.

Иллюстрации



Рисунок 6 – Изделия из алюминиевых сплавов *Al-Mg-Cu*, полученные по технологии WAAM



Рисунок 7 – Элемент шнека, выполненный из высокопрочных материалов по технологии WAAM

Географические координаты организации, представляющей разработку

[53.9080374, 30.3418076](https://www.google.com/maps/place/53.9080374,30.3418076)



Технология совмещенного магнитно-динамического накатывания в активной технологической среде

Отрасли экономики

Разработанная технология относится к нанотехнологиям поверхностной модификации и может быть использована в машиностроении, автомобилестроении, приборостроении, авиастроении, станкостроении, ремонтном производстве и при изготовлении изделий космической техники, работающих в сложных условиях (ограниченной смазки, без смазки, в вакууме и т.д.).

Наименование организации разработчика

Межгосударственное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», пр. Мира, 43, 212000, г. Могилев, Республика Беларусь.

Фамилия, имя, отчество разработчика

Руководитель группы Довгалева Александр Михайлович, канд. техн. наук, доцент.

Телефон разработчика

+375 222 25-36-03; +375 29 345-40-56.

Электронная почта разработчика

rct.bru@tut.by.

Практический опыт реализации аналогичных проектов

Разработана принципиально новая технология модификации поверхностного слоя деталей пар трения, обеспечивающая повышение их ресурса, согласно которой на поверхность ферромагнитной детали одновременно воздействуют вращающимся магнитным полем с индукцией 0,01–1,20 Тл и многократным импульсно-ударным деформированием, осуществляемым колеблющимися деформирующими шарами инструмента. При этом процесс совмещенной упрочняющей обработки выполняют в активной технологической среде, состоящей из соединений мягких металлов и веществ, восстанавливающих металлы и активизирующих процесс растворения химически стойких окислов.

Принципиальной новизной созданной технологии является возможность получения на деталях пар трения модифицированного поверхностного слоя, состоящего из антифрикционного твёрдосмазочного покрытия различного состава (зависит от компонентов применяемой активной технологической среды), расположенного под покрытием в основном материале наноструктурированного субзёрненного слоя с размерами субзёрен до 100 нм и размещенного еще ниже (вглубь детали) мелкодисперсного субзёрненного слоя.

Ожидаемый результат применения

Технология совмещенного магнитно-динамического накатывания (МДН) в активной технологической среде, основанная на комплексном химико-магнитно-силовом воздействии, имеет ряд преимуществ и позволяет:

- получать на поверхности ферромагнитных деталей антифрикционные твёрдосмазочные покрытия различного состава (включая комбинированные, состоящие из нескольких металлов или сплавов);
- сформировать в поверхностном слое основного материала ферромагнитных деталей наноразмерную субзёрненную структуру, обеспечивающую создание новых физико-механических свойств;
- отказаться от изготовления деталей пар трения из дорогостоящих цветных металлов и сплавов, а необходимые им триботехнические свойства обеспечить получением твёрдосмазочного покрытия соответствующего состава;
- получить на поверхности детали антифрикционные покрытия различного состава, не требующие дальнейшей механической обработки;
- обеспечить повышение производительности получения твёрдосмазочных покрытий и снижение себестоимости изготовления деталей пар трения;
- совместить во времени процессы формирования твёрдосмазочного покрытия и его отделочно-упрочняющей обработки;
- снизить коэффициент трения скольжения упрочнённых поверхностей деталей трибосопряжений и повысить их износостойкость в 4,1–4,9 раза.

Кроме того, предложенная технология позволяет совместить в один переход три операции технологического процесса:

- формирование на поверхности детали маслоудерживающего микрорельефа;

- нанесение твёрдосмазочного покрытия и его отделочно-упрочняющую обработку, что существенно снижает трудоемкость изготовления деталей пар трения.

-

Технические преимущества:

- экономия цветных металлов и сплавов;
- повышение производительности упрочняющей обработки;
- исключение из технологического процесса операции абразивной обработки;
- снижение себестоимости изготовления деталей пар трения;
- повышение износостойкости поверхностей ферромагнитных деталей до 5 раз.

Краткое описание разработки

Технология предназначена для получения на деталях пар трения антифрикционного поверхностного слоя, обладающего высокими эксплуатационными свойствами.

В соответствии с технологией, поверхность ферромагнитной детали упрочняют совмещённой обработкой вращающимся магнитным полем и импульсно ударным деформированием в активной технологической среде. Активная технологическая среда состоит из соединений мягких металлов наносимого твёрдосмазочного покрытия и веществ, восстанавливающих металлы и активизирующих процесс растворения химически стойких окислов. Совмещённую обработку внутренней поверхности тонкостенных тел вращения осуществляют комбинированным инструментом, содержащим: оправку 1; диски 2, 3; кольцевую камеру 4; деформирующие шары 5; магнитную систему, включающую цилиндрические постоянные магниты 6–8, кольцевой 9 и зубчатый 10 магнитопроводы (рисунок 8). Активную технологическую среду наносят на поверхность детали 11 известными методами (распылением, поливом, намазыванием).

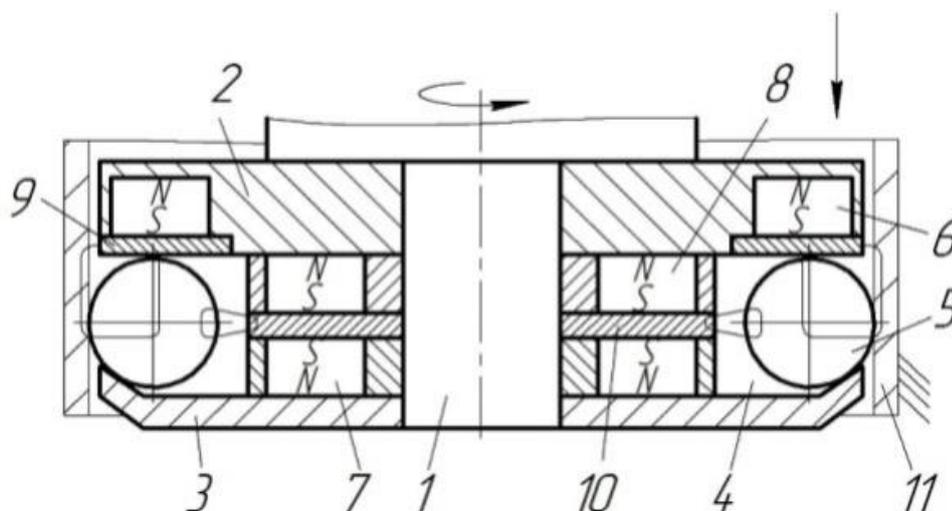


Рисунок 8 – Схема комбинированного инструмента для совмещенного магнитно-динамического накатывания

В результате комплексного магнитно-силового и химического взаимодействия на поверхности упрочняемой детали формируется антифрикционный поверхностный слой, представляющий собой последовательно расположенные слои полученного твёрдосмазочного покрытия из цветного металла или сплава, упрочнённого основного металла с мелкодисперсной субзёрненной структурой наноразмерного диапазона и упрочнённого основного металла с изменённой микроструктурой (рисунок 9).



Рисунок 9 – Фотография упрочнённых колец и инструмента для совмещенного магнитно-динамического накатывания

Разработка защищена патентом Республики Беларусь 22193.

Текущая стадия развития

Трансфер технологии, внедрение технологии в производство.

Ориентировочный срок окупаемости

Срок окупаемости технологии составляет 1–1,5 года.

Предлагаемая разработчиком форма представления

Натурные образцы, информационный планшет.

Потенциальные потребители и/или заинтересованные в разработке

Применение разработки на машино-, автомобиле-, авиа-, судо-, приборостроительных, ремонтных и других предприятиях металлообрабатывающей отрасли.

Предполагаемый объем вложений со стороны партнера

Разработанная технология отделочно-упрочняющей обработки является законченным продуктом.

При внедрении технологии у заказчика объём инвестиций определяется серийностью, номенклатурой и качеством упрочняемых изделий.

Стоимость реализации технологии составляет 15 000 – 25 000 долларов США.

Контактное лицо, реквизиты для связи

Довгалев Александр Михайлович, +375 222 25-36-03; +375 29 345-40-56, rct.bru@tut.by.

Географические координаты организации, представляющей разработку

[📍 53.9080374, 30.3418076](https://www.google.com/maps/place/53.9080374,30.3418076)

Белорусский национальный технический университет

 [53.9210216, 27.5908435](https://www.bntu.by)

Оборудование и технология нанесения износостойких покрытий методом газотермического напыления

Отрасли экономики

Машиностроение, нефтехимическая промышленность, легкая промышленность, агро-промышленный комплекс

Наименование организации-разработчика

Белорусский национальный технический университет, филиал БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Республика Беларусь.

Фамилия, имя, отчество разработчика

Девойно Олег Георгиевич, д-р техн. наук, профессор. Отраслевая научно-исследовательская лаборатория плазменных и лазерных технологий,

Телефон разработчика

+375 29 654-54-48, +375 17 331-30-58.

Электронная почта разработчика

plazteh@bntu.by.

Практический опыт реализации аналогичных проектов

Участки газотермического напыления на ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин», ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат», ОАО «Барановичский автоагрегатный завод»; ОАО «Камволь».

Краткое описание разработки

Технологии плазменного и газопламенного напыления обеспечивают возможность создания покрытий из широкой номенклатуры порошковых материалов. Возможно напыление металлических, керамических, плакированных и композиционных материалов, а также материалов, обладающих экзотермическим эффектом. Износостойкость деталей, как правило, повышается в 3–5 раз по сравнению с серийными. Принцип нанесения покрытий методами плазменного и газопламенного напыления основан на разогреве порошкового материала в генерируемой плазмотроном струе плазмы или в пламени газопламенной горелки до температуры плавления с последующей кристаллизацией на упрочняемой рабочей поверхности деталей. Разработана и выпускается установка для газопламенного напыления, которая состоит из пульта управления, снабжённого контролирующими приборами, вентилями для регулировки рабочих газов, системой автоматики и газораспределения, термораспылительной горелки пистолетного типа для ручного и полуавтоматического напыления. Для напыления внутренних и труднодоступных поверхностей установка комплектуется специальным удлинителем. Размер напыляемых частиц составляет 30–150 мкм, максимальная производительность на пропан-бутане – 6 кг/час, коэффициент использования порошкового материала – до 95 %. Установка может дополнительно комплектоваться горелкой для газопорошковой наплавки.

Технические преимущества

Предлагаемые технологии и оборудование соответствуют уровню разработок передовых промышленно развитых стран.

Ожидаемый результат применения

Увеличение в 2–3 раза межремонтных сроков широкой номенклатуры узлов и деталей, значительное сокращение затрат на ремонт.

Иллюстрации

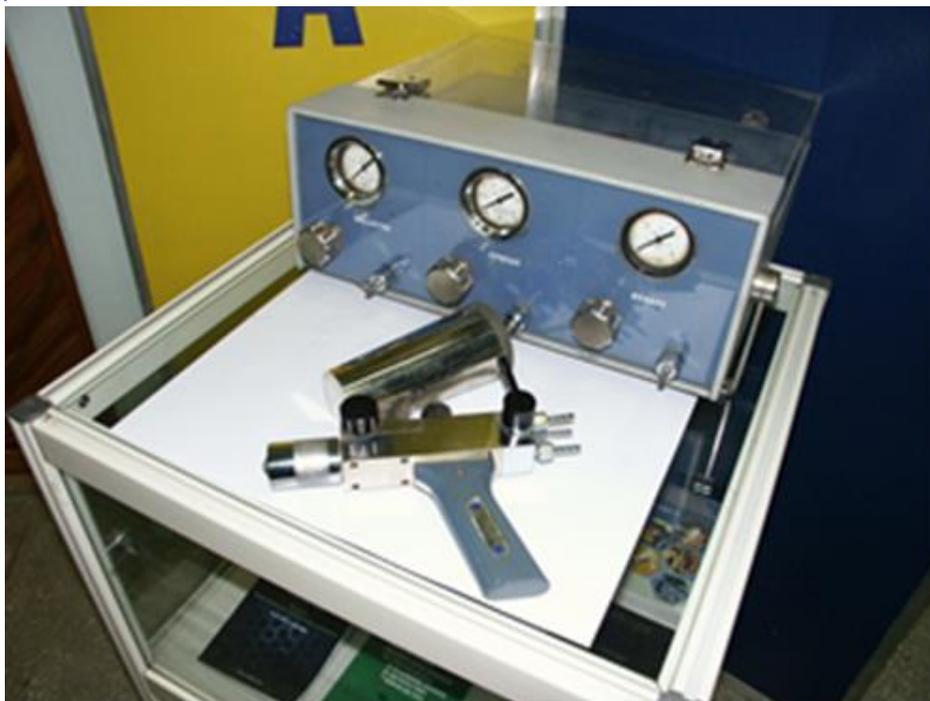


Рисунок 10 – Установка газопламенного напыления ТРУ-2.1.Р



Рисунок 11 – Рабочие колеса нефтеперекачивающих насосов, упрочненные газопламенным напылением

Текущая стадия развития

Получен патент РБ №16498 «Способ нанесения газотермического покрытия». Заявка № 20101176 от 02.08.02 г., зарег. 07.02.2012 г. Оковитый В.А., Пантелеенко Ф.И., Девойно О.Г., Оковитый В.В.

Созданы и внедрены на предприятиях опытные образцы.

Ориентировочный срок окупаемости

От 3 до 5 лет

Предлагаемая разработчиком форма представления

Электронная презентация, натурный образец.

Потенциальные потребители и/или заинтересованные в разработке

Предприятия РО «Белагросервис», Белорусская железная дорога, ОАО «Гродно Азот», ОАО «Светлогорскхимволокно», ОАО «Могилевхимволокно», СОАО «Гомель-кабель», ОАО «Беларускабель», ОАО «Белорусский металлургический завод», заводы по производству стройматериалов.

Предполагаемый объем вложений со стороны партнера

Стоимость установки газопламенного напыления с передачей технологии напыления – от 10 000 \$.

Стоимость оборудования и технологии плазменного напыления – от 100 000 \$

Контактное лицо, реквизиты для связи

Девоино Олег Георгиевич, +375 29 654-54-48, +375 17 331-30-58, plazteh@bntu.by

Географические координаты организации, представляющей разработку

📍 [53.9210216, 27.5908435](#).



Технология лазерного термоупрочнения с использованием сканирующих устройств

Отрасли экономики

Машиностроение, нефтехимическая промышленность, легкая промышленность, агро-промышленный комплекс

Наименование организации-разработчика

Белорусский национальный технический университет, филиал БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Республика Беларусь.

Фамилия, имя, отчество разработчика

Девоино Олег Георгиевич, д-р техн. наук, профессор. Отраслевая научно-исследовательская лаборатория плазменных и лазерных технологий,

Телефон разработчика

+375 29 654-54-48, +375 17 331-30-58.

Электронная почта разработчика

plazteh@bntu.by.

Практический опыт реализации аналогичных проектов

Участки лазерного термоупрочнения на Белорусском автомобильном заводе, Минском тракторном заводе.

Краткое описание разработки

Технология лазерной закалки основана на перемещении с определенной скоростью сфокусированного лазерного луча по упрочняемой поверхности. Благодаря большой скорости нагрева-охлаждения обеспечивается закалка поверхности без объёмного разогрева деталей, что позволяет использовать такой вид упрочнения для деталей сложной

формы, крупногабаритных и других, упрочнение которых традиционными методами невозможно. Лазерное термоупрочнение эффективно для углеродистых, легированных инструментальных сталей, чугунов и твердых сплавов. Лазерное легирование предусматривает нанесение перед обработкой лазером легирующих компонентов на упрочняемую поверхность.

Так как обработка лазером ведётся в режиме проплавления поверхности, лазерное легирование позволяет производить упрочнение материалов, не подвергающихся закалке (малоуглеродистых сталей аустенитного класса, цветных сплавов). Выбор легирующей обмазки и режимов лазерной обработки обеспечивает формирование слоёв с требуемым комплексом физико-механических свойств. Небольшие размеры лазерного луча на наплавляемой поверхности позволяют восстанавливать детали со сложной формой поверхности с большой точностью.

Технология предусматривает использование специальной адаптивной оптической системы, обеспечивающей возможность управления распределением плотности мощности по площади пятна лазерной обработки, что, в свою очередь, позволяет обеспечить высокое качество лазерной закалки.

Технические преимущества

Предлагаемое оборудование и технологии соответствуют научно-техническому уровню таких стран как США, Германия, Великобритания, Япония.

Ожидаемый результат применения

Методы лазерной закалки и лазерного легирования позволяют достигать глубины упрочнённого слоя до 0,3...1 мм и твёрдости 1000–1200 HV. Износостойкость поверхности повышается в 2–3 раза.

Текущая стадия развития

Получены патенты:

Патент РБ № 22197. Способ поверхностного упрочнения металлических изделий перемещающимся лазерным лучом // Жарский В.В., Девойно О.Г., Ларченко Ю.В. МПК В 23К 26/62, С 21D 1/09. Заявка № 20121143 от 27.07.2012, зарег. 10.07.2018.;

Евразийский патент № 023676 Способ поверхностного упрочнения металлических изделий перемещающимся лазерным лучом. Заявка № 201301033 от 17.07.2013 г. Зарег. 30.06.2016 г. Девойно О.Г., Жарский В.В., Ларченко Ю.В.

Созданы и внедрены на предприятиях опытные образцы.

Ориентировочный срок окупаемости

От 3 до 5 лет.

Предлагаемая разработчиком форма представления

Электронная презентация, натуральный образец.

Потенциальные потребители и/или заинтересованные в разработке

ОАО «Минский завод колесных тягачей»; ОАО «Гомсельмаш»; ОАО «Минский автомобильный завод»; ОАО «Минский моторный завод», ОАО «Гродно Азот», Могилевский «Лифтмаш»

Предполагаемый объем вложений со стороны партнера

Стоимость оборудования для лазерного термоупрочнения с передачей технологии упрочнения – от 200 000 долларов США.

Контактное лицо, реквизиты для связи

Девойно Олег Георгиевич,

+375 29 654-54-48, +375 17 331-30-58, plazteh@bntu.by.

Иллюстрации



Рисунок 12 – Установка для лазерной закалки деталей автомобилей БелАЗ



Рисунок 13 – Корпус тормоза трактора, упрочненный лазерной закалкой

Географические координаты организации, представляющей разработку

📍 [53.9210216, 27.5908435](https://www.google.com/maps?q=53.9210216,27.5908435).

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого

 [52.4067166, 30.9381836.](#)

Новые комплексно-легированные ферромагнитные материалы на основе металлических отходов для финишной магнитно-абразивной обработки труднообрабатываемых материалов

Отрасли экономики

Машиностроение, приборостроение, металлургия

Фамилия, имя, отчество разработчика

Петришин Григорий Валентинович, канд. техн. наук, доцент.

Наименование организации-разработчика

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», пр. Октября, 48, г. Гомель.

Телефон разработчика

+375 29 188-76-50.

Электронная почта разработчика

Petrishin@gstu.by, Petrishinrig@gmail.com.

Практический опыт реализации аналогичных проектов

Автор разработки руководит реализацией крупных научно-производственных работ по прямым договорам с предприятиями Гомельского региона и организациями Российской Федерации. Ориентировочный ежегодный объём работ, выполненных по данной тематике под руководством автора, – не менее 100 тысяч белорусских рублей.

Краткое описание разработки

Область применения разработки – финишная обработка деталей с криволинейным профилем, в том числе изготовленных из труднообрабатываемых материалов: нержавеющей и жаропрочной стали, дюралюминий, титановые сплавы, спеченные материалы на основе никеля.

Аналоги – спеченные ферромагнитные порошковые материалы на основе железа, содержащие на поверхности каждой частицы твердые элементы: синтетические алмазы, оксиды и карбиды металлов.

Предлагаемый магнитно-абразивный порошковый материал представляет собой диффузионно-легированные мелкодисперсные частицы на основе железа, имеющие оболочку, состоящую из твердых фаз: нитридов, карбидов, боридов. Такая структура частиц абразивного материала обеспечивает высокие режущие свойства при сохранении их магнитных свойств за счет существенного повышения площади режущей части частиц – в отличие от аналогов режущей частью является вся поверхность частицы, и даже при разрушении частиц порошка режущая способность не снижается. Это повышает производительность процесса магнитно-абразивной обработки (МАО) на 50–200 % в сравнении со спеченными ферромагнитными абразивными материалами и обеспечивает требуемое качество поверхности. Технология диффузионного легирования поверхности частиц позволяет управлять технологическими свойствами порошковых материалов, изготавливая их с различным фазовым составом и требуемой твердостью поверхности в зависимости от обрабатываемого материала: на поверхности могут присутствовать бориды железа, хрома, титана, карбиды тугоплавких элементов, нитриды, оксиды алюминия и др. Себестоимость изготовления таких материалов при этом ниже себестоимости изготов-

ления спеченных ферромагнитных абразивных материалов. Достижимая шероховатость обработанной диффузионно-легированными борированными порошковыми материалами поверхности – Ra 0.08 мкм.

Технические преимущества

В сравнении с отечественными и зарубежными аналогами технология магнитно-абразивной обработки с использованием новых борированных материалов повышает производительность в 1,8–3,8 раза, обеспечивает шероховатость поверхностного слоя до 0,08 мкм.

Иллюстрации

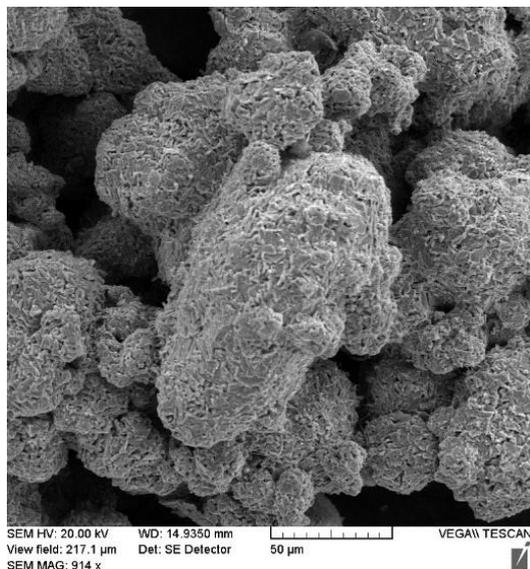


Рисунок 14 – Топография поверхности частиц диффузионно-борированного порошка для магнитно-абразивной обработки

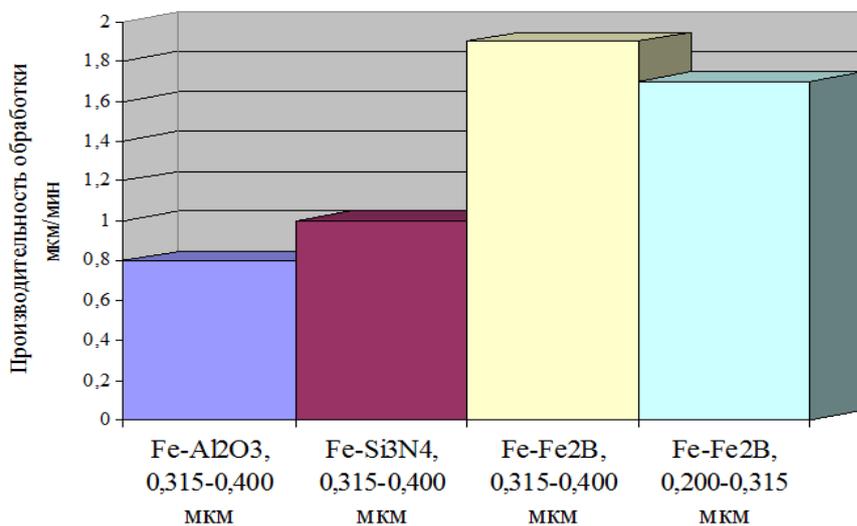


Рисунок 15 – Сравнительные характеристики производительности магнитно-абразивной обработки с использованием различных порошков



Рисунок 16 – Участок плунжера насоса, подвергнутый магнитно-абразивной обработке с использованием борированного порошка на основе железа фракции 0,063...0,080 мм (правая часть плунжера)

Ожидаемый результат применения:

- повышение срока службы быстроизнашивающихся элементов и деталей оборудования;
- повышение производительности финишной обработки сложнопрофильных изделий.

Текущая стадия развития

- а) выполнена научно-исследовательская работа;
- б) выполнена опытно-конструкторская (технологическая) работа;
- в) внедрено в опытное производство.

Ориентировочный срок окупаемости

Не более 5 лет.

Предлагаемая разработчиком форма представления

Презентация.

Потенциальные потребители и/или заинтересованные в разработке

Предполагаемый рынок сбыта: Российская Федерация, Республика Беларусь.

Потребители: предприятия точного машиностроения (гидравлика, приборы, медицинские изделия).

Предполагаемый объем вложений со стороны партнера

Предполагаемый объем инвестиций – 50 тысяч белорусских рублей.

Контактное лицо, реквизиты для связи

Петришин Григорий Валентинович +375 29 188-76-50, petrishin@gstu.by.

Географические координаты организации, представляющей разработку

[52.4067166, 30.9381836](https://www.gmap.net/52.4067166,30.9381836).



Институт технологии металлов Национальной академии наук Беларуси

 [53.914536, 30.271285](#)

Повышение эффективности твердосплавного инструмента, создаваемого в Республике Беларусь, за счет аэродинамического звукового упрочнения

Отрасли экономики

Машиностроение, металлургия, станкостроение

Наименование организации-разработчика

Государственное научное учреждение «Институт технологии металлов Национальной академии наук Беларуси» (ИТМ НАН Беларуси), ул. Бялыницкого-Бирули, д.11, 212030, г. Могилев, Республика Беларусь.

Фамилия, имя, отчество разработчиков

Жигалов Анатолий Николаевич, д-р. техн. наук, доцент, директор ИТМ НАН Беларуси.

Поляков Андрей Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, заведующий отраслевой лабораторией металлургии сплавов ИТМ НАН Беларуси.

Телефоны разработчиков

+375 29 630-15-17 (Жигалов А.Н.); +375 29 328-57-15 (Поляков А.Ю.).

Электронная почта разработчиков

jigalov6@mail.ru , mortis2008@mail.ru.

Практический опыт реализации аналогичных проектов

Положительный эффект от аэродинамического звукового упрочнения металлорежущего инструмента зафиксирован на ряде машиностроительных предприятий Республики Беларусь, таких как ОАО «СтанкоГомель», ОАО «Мозырский машиностроительный завод» и др.

Краткое описание разработки

Создана новая технология, в которой применен метод воздействия на упрочняемое подогретое твердосплавное изделие энергии резонансных волн в звуковом спектре частот, что позволяет увеличивать энергию свободного колебания атомов компонентов твердого сплава в кристаллической решетке, смещать их и, в конечном итоге, уменьшать плотность дислокаций при сохранении высокой твердости. Происходит уменьшение поверхностных пор и повышение пластичности кобальтовой связки, что в совокупности обеспечивает увеличение ударной вязкости до 20 %.

Технические преимущества

В сравнении с существующими технологиями:

- низкая стоимость;
- простота технологии.

Ожидаемый результат применения

Повышение износостойкости твердосплавного инструмента в 2–4 раза.

Текущая стадия развития

1. Имеется оборудование для реализации технологии.
2. Получены патенты BY 21049, RU 2557175.
3. В декабре 2021 года защищена докторская диссертация на тему «Теоретические и технологические основы аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного

инструмента для процессов прерывистого резания» (автор – Жигалов Анатолий Николаевич).

4. С июля 2022 года выполняется НИР 2.18 «Исследование структурных изменений твердосплавного инструмента, полученного металлургическим способом и упрочненного аэродинамическим звуковым методом, предназначенного для обработки прерывистых поверхностей деталей из чугунов» в рамках ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении» (подпрограмма «Металлургия»).

Ориентировочный срок окупаемости

До 1 года

Предлагаемая разработчиком форма представления

Электронная презентация

Потенциальные потребители и/или заинтересованные в разработке

Более 110 машиностроительных предприятий республики, в том числе ОАО «БМЗ», ОАО «Минский завод шестерён», ОАО «НПО Центр», ОАО «АМКОДОР», ОАО «Оршанский инструментальный завод», ОАО «Беларуськалий».

Предполагаемый объём вложений со стороны партнера

От 10 000 долларов США в зависимости от условий, объёма производства и т.д.

Контактное лицо, реквизиты для связи

Жигалов Анатолий Николаевич, +375 29 630-15-17; jigalov6@mail.ru.

Поляков Андрей Юрьевич (+375 29 328-57-15; mortis2008@mail.ru).

Иллюстрации

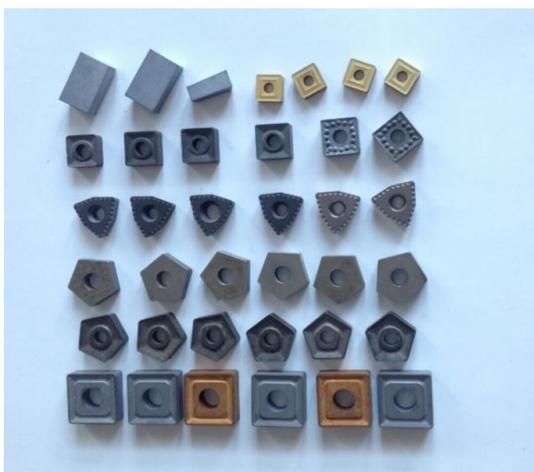


Рисунок 17 – Фрезерные твердосплавные пластины



Рисунок 18 – Зубки и резцы для ОАО «Беларуськалий»



Рисунок 19 – Инструмент для бурения и металлорежущий инструмент

[Географические координаты организации, представляющей разработку](#)

[📍 53.914536, 30.271285.](#)



Библиографический список статей по теме «Высокоэффективные технологии упрочнения инструмента и оснастки»

Подготовлено Гомельской областной научно-технической библиотекой
(филиал РНТБ)

1. Гурьянов, Г. Н. Влияние интенсивности деформационного упрочнения, контактного трения и противонапряжения на показатели процесса волочения проволоки / Г. Н. Гурьянов, Н. Г. Гурьянов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2021. – № 1. – С. 11-22. – (Механическая упрочняющая обработка). – Библиография: 17 назв.
2. Житников, Ю. З. Обоснование глубины упрочнения слоя плоской поверхности детали в зависимости от скорости ударного взаимодействия с дробью / Ю. З. Житников, Б. Ю. Житников, А. Е. Матросов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – № 5. – С. 223–225. – (Механическая упрочняющая обработка). – Библиография: 7 назв.
3. Житников, Ю. З. Упрочнение цилиндрических поверхностей заготовок методом накатки / Ю. З. Житников, Б. Ю. Житников // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – № 2. – С. 66–68. – (Механическая упрочняющая обработка). – Библиография: 5 назв.
4. Завистовский, В. Э. Влияние компонентов покрытия на процесс взаимодействия микропор с трещинами при восстановлении деталей машин / В. Э. Завистовский, С. Э. Завистовский // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. *Series B, Industry. Applied sciences*. – 2022. – № 3. – С. 91-94.– (Транспорт). – Библиография: 5 назв.
5. Задорожний, Р. Н. Повышение износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин вторичными твердосплавными материалами / Р. Н. Задорожний, И. В. Романов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – № 1. – С. 24–27. – (Полимерные и композиционные покрытия). – Библиография: 12 назв.
6. Логвин, В.А. Автоматизированная система управления эффективностью работы инструментального участка по упрочнению инструментов в тлеющем разряде / Логвин В.А., Карлова Т.В. // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2021. - № 1 (98). - С. 19-27.
7. Методология повышения стойкости технологической оснастки при сферодвижной штамповке точных заготовок деталей датчиковой аппаратуры с использованием эффекта сферодинамики / В. Г. Бещеков [и др.] // Технология машиностроения. – 2021. – № 3. – С. 10-15. – (Технологии и оборудование механической, физико-технической обработки, обработка давлением). – Библиография: 2 назв.
8. Повышение эксплуатационной стойкости зубьев ковшей экскаватора легированием в литейной форме / Н. А. Кидалов [и др.] // Заготовительные производства в машиностроении (кузнечно-штамповочное, литейное и другие производства). – 2022. – № 1. – С. 9-12. – (Литейное и сварочное производства). – Библиография: 5 назв.
9. Половнева, Л. В. Повышение эксплуатационных характеристик медицинского вращающегося режущего инструмента путем внесения в гальваническую связку абразивного порошка меньшей зернистости / Л.В. Половнева // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – № 4. – С. 160–164. – (Общие вопросы упрочнения). – Библиография: 10 назв.
10. Полянский, И. П. Применение диффузионного насыщения бором совместно с алюминием для упрочнения штамповой оснастки из стали 5ХНМ / И. П. Полянский, И. Г. Сизов, Е. С. Мокрый // Технология металлов. – 2021. – № 11. – С. 2–7. – (Металловедение. Технологии термической и химико-термической обработки). – Библиография: 29 назв.
11. Прокопец, Г. А. Формирование частично регулярного микрорельефа многоконтактной виброударной обработкой / Г. А. Прокопец, А. А. Прокопец // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – № 1. – С. 14–17. – (Механическая упрочняющая обработка). – Библиография: 6 назв.
12. Прохоров, А. П. Имитационное моделирование на основе подходов искусственного интеллекта изменения механических свойств по сечению поковок разных диаметров в процессе упрочняющей обработки / А. В. Прохоров // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – № 5. – С. 226–231. – (Термическая обработка). – Библиография: 11 назв.

13. Скрябин, В. А. Технология ремонта штамповой оснастки / В. А. Скрябин // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2022. – № 5. – С. 12–15. – (Практика ремонта, восстановления и модернизации). – Библиография: 6 назв.
14. Технологические возможности управления эффективной глубиной наклепа поверхностного слоя волновым деформационным упрочнением / А. В. Киричек [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2021. – № 2. – С. 73-76. – (Механическая упрочняющая обработка). – Библиография: 4 назв.
15. Упрочнение поверхностного слоя валков холодной прокатки многослойной плазменной наплавкой в среде азота / Н. Н. Малушин [и др.] // Заготовительные производства в машиностроении (кузнечно-штамповочное, литейное и другие производства). – 2022. – № 1. – С. 42-48. – (Материаловедение и новые материалы). – Библиография: 13 назв.
16. Филиппов, А. И. Анализ методов упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин / Филиппов А.И., Калугин Ю.К., Лещик С.Д. // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 6. Техника. 2022. - Т. 12. № 1. - С. 6-14.
17. Формирование композитных покрытий карбовибродуговым упрочнением / Н. В. Титов [и др.] // Вестник машиностроения. – 2022. – № 1. – С. 62-66. – (Технология машиностроения). – Библиография: 22 назв.
18. Хорев, А.И. Фундаментальные и прикладные работы по термической и термомеханической обработке титановых сплавов для машиностроения / А. И. Хорев // Технология машиностроения. – 2021. – № 2. – С. 5-14. – (Конструкционные материалы, материаловедение). – Библиография: 17 назв.
19. Чигринова, Н. М. Высокоэнергетические технологии упрочнения металлообрабатывающего инструмента / Н. М. Чигринова, А. И. Кащенко // Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий. – Минск, 2021. – С. 203-206. – (Секция Е, Оборудование и технологии производства, торговли, рекламы). – Библиография: 6 назв.
20. Численное моделирование распределения упрочняющих дисперсных частиц при центробежном литье на машине с вертикальной осью вращения / И. В. Чуманов [и др.] // Электротеплометаллургия. – 2022. – № 2. – С. 13–18. – (Моделирование металлургических процессов). – Библиография: 13 назв.
21. Шиганов, И. Н. Новые технологии модифицирования поверхности алюминиевых сплавов карбидом кремния / И. Н. Шиганов, В. В. Овчинников // Электротеплометаллургия. – 2022. – № 1. – С. 31–38. – (Технология упрочнений и покрытий). – Библиография: 12 назв.
22. Шматов, А.А. Методы упрочняющей обработки металлообрабатывающих инструментов / А.А. Шматов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2021. – № 8. – С. 59-63.
23. Шматов, А.А. Практическая реализация термохимической технологии для поверхностного карбидного упрочнения металлообрабатывающих инструментов / А.А. Шматов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2021. – № 10. – С. 84-89.
24. Эдигаров, В. Р. Методический подход и алгоритм обоснования выбора способа модифицирования поверхностей трения деталей трибоузлов / В. Р. Эдигаров, Б. Ш. Алимбаева, Е. А. Омельченко // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – № 4. – С. 154–159. – (Общие вопросы упрочнения). – Библиография: 10 назв.
25. Ярьсько, С.И. Оптимальная схема лазерного упрочнения вершины режущего клина инструмента / С.И. Ярьсько, С.Н. Балакиров // *Frontier Materials & Technologies*. – 2021. – № 4. – С. 98-106.