

Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 2

Номер Соглашения Электронного бюджета: 075-02-2018-1275, Внутренний номер соглашения 14.577.21.0274

Тема: «Разработка конструкции портативного оборудования и комплекса измерительных методик для роботизированного технологического контроля геометрических и механических характеристик материалов и изделий, применяемых в машиностроительной и атомной отраслях»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем (ИН)

Критическая технология: Технологии диагностики наноматериалов и наноструктур

Период выполнения: 26.09.2017 - 30.06.2020

Плановое финансирование проекта: 300.00 млн. руб.

Бюджетные средства 150.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 150.00 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов"

Индустриальный партнер: открытое акционерное общество "Тяжпрессмаш"

Ключевые слова: Инструментальное индентирование, наноиндентирование, модуль упругости, твердость, диаграмма напряжение-пластическая деформация, механические свойства, конструкционные материалы

1. Цель проекта

1. Задачей реализуемого проекта является разработка экспериментального образца портативного роботизированного твердомера, использующего принципы инструментального индентирования и работающего в автоматическом режиме, а также методик, реализующих автоматизированные процедуры измерения предела текучести, коэффициента и показателя деформационного упрочнения, твердости, модуля упругости, высоты формы и шероховатости рельефа поверхности, включая программное обеспечение для управления работой прибора и расчета измеряемых характеристик.
2. Целью реализуемого проекта является обеспечение возможности оперативного роботизированного контроля рельефа поверхности, твердости, модуля упругости, предела текучести, коэффициента и показателя деформационного упрочнения широкого круга конструкционных материалов и функциональных покрытий на крупногабаритных элементах узлов и агрегатов изделий и механизмов, применяемых в машиностроительной и атомной отраслях.

2. Основные результаты проекта

На данном этапе работ проведены экспериментальные исследования методами многоциклового инструментального индентирования, по результатам которых разработана методика, реализующая автоматизированную процедуру измерения предела текучести, коэффициента и показателя деформационного упрочнения с использованием разрабатываемого экспериментального образца iPoRTH. Разработан комплект ЭКД для изготовления макета измерительного модуля оперативного контроля iPoRTH. Макет данного модуля изготовлен, разработана Программа и методики его исследовательских испытаний. Проведенные испытания подтвердили полное соответствие данного макета всем требованиям Технического задания. Спроектированы элементы радиоэлектронного обеспечения, реализующего управление и сбор данных, регистрируемых прибором iPoRTH. Разработана ЭКД и изготовлены макеты электронных блоков прибора. Проведены исследовательские испытания макетов электронных блоков в соответствии с разработанной программой и методикой испытаний. Проведенные испытания подтвердили полное соответствие макетов требованиям Технического задания.

Разработано встроенное программное обеспечение (ПО) электронной схемы управления, выполняющее измерительные операции в автоматическом режиме, а также пользовательское ПО вычислительного блока сбора и обработки данных для визуализации результатов измерений. Разработаны программы и методики испытаний для всех модулей ПО. Проведенные испытания встроенного и пользовательского ПО подтвердили работоспособность разработанного ПО и соответствие его

требованиям Технического задания. Проведены экспериментальные исследования методами индентирования на ряде модельных материалов, в результате которых разработана методика, реализующая автоматизированную процедуру измерения твердости и модуля упругости с использованием разрабатываемого экспериментального образца iPoRTH. Разработана ЭКД на экспериментальный образец iPoRTH в целом, пригодная для изготовления на следующем этапе работы экспериментальных образцов приборов iPoRTH.

Принципиальная новизна результатов ПНИЭР обеспечивается отсутствием в настоящее время на рынке портативных приборов, позволяющих в автономном режиме выполняться измерения механических свойств по методу инструментального индентирования. Кроме того, новым является предложенный комплексный подход к характеристике в полевых условиях механических свойств по результатам вдавливания сферических и пирамидальных наконечников, в том числе использованием данных оптической конфокальной микроскопии.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Заявка на патент на изобретение «Индентор-объектив», Дата подачи 18.05.2018, входящий номер 028762, регистрационный номер 2018118400, РФ

Программа для ЭВМ «Программа построения объемных карт твердости и модуля упругости с помощью нанотвердомера», свидетельство 2018664511, дата 19.11.2018, РФ

4. Назначение и область применения результатов проекта

1. Основная область применения - контроль механических свойств крупных объектов в полевых условиях. Задача контроля механической прочности объектов в полевых условиях является особенно актуальной с точки зрения обеспечения надежности работы охлаждающих контуров АЭС и предотвращения техногенных катастроф на промышленных трубопроводах. Одним из основных факторов, ограничивающих время работы АЭС, является охрупчивание корпуса реактора и усталостное и коррозионное разрушение трубопроводов первого охлаждающего контура. Проведение регламентного контроля состояния объекта, принятие решения о продлении срока эксплуатации возможно только при неразрушающем контроле охлаждающих контуров. Данная задача решается за счет использования портативных устройств, позволяющих проводить индентационные испытания подобных объектов.

2. Практическое внедрение результатов ПНИЭР предполагается вести через создание линейки новых контрольно-измерительных приборов. Разрабатываемый прибор, включая получаемые технические решения и методики, алгоритмы измерений и программное обеспечение, могут быть использованы компаниями, занятыми в области металлообработки и металлопроката, производителями автоматизированных производственных линий в области общего машиностроения, на трубопроводах, а также на объектах атомных и тепловых электростанций. Предложенные решения приведут к повышению производительности труда в отраслях общего машиностроения, а также к повышению уровня роботизации производства. Комплексный подход к характеристике механических свойств, реализуемый в разрабатываемом приборе, позволит существенно повысить точность и достоверность оценки ресурса материалов и конструкций, подверженных деградации и старению в процессе эксплуатации.

3. Основное внимание при выполнении ПНИЭР направлено на проведение комплексной диагностики механических характеристик материалов как через измерение диаграммы напряжение – пластическая деформация, так и через измерение индентационной твердости с помощью заостренных инденторов. Использование такого подхода позволяет не только фиксировать изменения механических свойств, вызванные ионизирующим излучением и нейтронными потоками, но и фиксировать факт усталостного разупрочнения материала, а также рост внутренних напряжений в элементах конструкций и трубопроводах высоко давления. Особенно актуальны такого рода измерения для изделий, полученных с использованием аддитивных технологий, поскольку внутренние напряжения и объемная структура таких изделий могут зависеть от режимов работы лазерного оборудования, алгоритма формирования детали и ее формы. Возможность локального измерения механических свойств конечных изделий позволяет не только оптимизировать технологию производства, но и внедрить систему автоматизированного контроля готовых изделий с использованием разрабатываемого роботизированного портативного измерительного оборудования.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Основной эффект от внедрения результатов ПНИЭР будет проявляться через повышение информативности контрольно-измерительных и диагностических процедур на объектах инфраструктуры в машиностроительной и атомной отраслях за счет применения новых измерительных методик. Повышение информативности, в свою очередь, является одним из основных условий при совершенствовании технологий в материаловедении и получении новых материалов с заданными свойствами, направленными на повышение эксплуатационных характеристик объектов либо на повышение безопасности их эксплуатации.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Предполагаемой формой коммерциализации полученных результатов является вывод на рынок нового контрольно-измерительного оборудования на базе разрабатываемого роботизированного портативного инструментального твердомера, в том числе, организация его промышленного. На основании полученных в ходе выполнения ПНИЭР результатов данные приборы могут быть адаптированы к определенным диагностическим процедурам на реальных промышленных объектах, включая трубопроводы, агрегаты ТЭЦ и АЭС, а также других изделий, применяемых в машиностроительной и атомной отраслях.

При повсеместном внедрении разрабатываемых контрольно-измерительных приборов для диагностики состояния изделий и объектов оценка потребности в полнофункциональных приборах составляет порядка 50 шт. в год при стоимости 3 млн. руб. за шт. При этом модуль оперативного контроля представляет интерес как самостоятельный продукт с оценочной потребностью 800 шт. в год при цене 200 тыс. руб. Таким образом, перспективный объем производства продукции в стоимостном выражении по годам с 2020 по 2025 гг составляет около 1550 млн. руб., а предполагаемые сроки окупаемости проекта около 5 лет.

Необходимым условием для коммерциализации является выполнение опытно-конструкторской работы по доведению конструкции разрабатываемого прибора до готовности к серийному выпуску, внесение прибора в Государственный реестр средств измерений, а также создание соответствующей производственной инфраструктуры.

7. Наличие соисполнителей

Общество с ограниченной ответственностью "РЭА-Т". Договор № 62/К/2018 от 05.09.2018 г. На этапе 2 соисполнителем выполнялись работы по теме «Разработка встроенного программного обеспечения для портативного роботизированного твердомера, использующего принципы инструментального индентирования».