Информация на сайт

**На данном этапе были проведены следующие работы:**

Основными результатами ПНИЭР являются:

1. Проведён анализ научно-технической литературы, нормативно-технической документации и других материалов, относящихся к разрабатываемой теме. Показаны последствия применения существующего оборудования и актуальность разработки материалов с увеличенным ресурсом работы, задействованных в газо-нефтедобычи.

2. Проведены основные и дополнительные патентные исследования, которые позволили сделать вывод о новизне научных, технологических и конструкторских решений, разработанных в результате проекта.

3. Выполнен анализ существующих коррозионностойких марках стали, позволяющих разработать состав композиции стали, наиболее стойкой к сероводородной коррозии и  анализ существующих способов получения полых слитков, на основании которых можно сделать вывод, что одним из самых эффективных методов увеличения качества получаемого металла является усиление рафинирующего влияния металл при его капельном переносе.

4. Металлографические исследования деталей запорной арматуры вышедших из строя, позволили сделать вывод о причинах выхода их из строя (абразивный износ наплавки на внутренней стороне детали, разнотолщинность наплавки, коррозия торцевой стороны патрубка, локальные непровары наплавки, расслоение наплавки, локальная межкристаллитная коррозия основного материала патрубка).

5. Индустриальными партнерами выполнена закупка и входящий анализ материалов, необходимых для проведения исследования и получения экспериментальных металлов металлов методами ЭШП по классической технологии или с вращением расходуемого электрода, и с помощью разливки на машине центробежного литья, дано описание закупленного оборудования и материалов, необходимых для изготовления образцов.

6. Выполнен анализ существующих типоразмеров запорной арматуры, применяемой при газонефтедобыче с целью определения технологических параметров необходимого оборудования. Приведены классификация типоразмеров, конфигураций, способов монтирования и материалов изготовления запорной арматуры, применяемой при газонефтедобыче.

7. Проведена система расчетов параметров ЭШП, в том числе оценки толщины плёнки жидкого металла, в результате которого установлено, что толщина плёнки по порядку величин совпадает со значениями, рассчитанными по уравнениям Жмойдина, существенно уменьшается при увеличении скорости вращения электрода. Выполнены аналитические расчёты эволюции оплавляемого торца расходуемого электрода в зависимости от скорости его вращения, рассмотрено движение капли металла в шлаке. На основании расчета предложен способ, позволяющий увеличивать плотность выплавляемого металла за счет изменения режимов кристаллизации ванны и обеспечивающего чистый по неметаллическим включениям металл, уменьшить энергетические потери при переплаве на 20-30%.

8. Разработаны способы получения полого электрошлакового слитка, исключающего операцию дальнейшего высверливания центральной части слитка. Данные способы основаны на: 1) введении легкоплавкой фазы при переплаве ЭШП (из-за разности температур плавления легкоплавкая фаза вытесняется в центр слитка и потом ее просто удалить нагрев слиток); 2) прошивке формируемой заготовки водоохлаждаемым дорном, что позволяет получать изделие, близкое к финальному размеру, сократив себестоимость получаемого изделия. Способы подтверждены теоретическими расчетами тепловых балансов, скорости переплава, скорости опускания капли легкоплавкой фазы и т.д.

9. Произведена разработка ЭКД на устройство вращения расходуемого электрода и образец запорной арматуры, предназначенный для испытания на предприятиях газо-нефтедобычи. Согласно данным документациям были изготовлены устройства и применены при получении экспериментальных материалов, а также при изготовлении экспериментального образца запорной арматуры.

10. Разработаны лабораторные технологические регламенты для изготовления в лабораторных условиях экспериментальных материалов, программы и методики их испытаний, включающие в себя схемы вырезки образцов, методы, оборудование и критерии изучения структуры и свойств получаемых материалов, согласно которым изготовлены образцы для оценки механических свойств из всех экспериментальных слитков.

11. Проведены металлографические исследования всех экспериментальных материалов (получаемых, прошедших испытания на коррозионную стойкость в лабораторных условиях, а также после натурных испытаний.  Данные исследования позволяют сделать вывод , что применение ЭШП с вращением снижает физическую ликвацию слитка,  получить более плотную структуру, уменьшить количество неметаллических включение на величину до 37%. Также выявлено, что введение дисперсных упрочняющих частиц измельчает структуру металла (разница в балле зерна достигает 3-4 балла), ввиду реализации механизма  увеличения скорости кристаллизации, а количество неметаллических включений прямо пропорционально концентрации вводимых частиц.

11. Исследование механических свойств всех экспериментальных материалов показало что: 1) применение технология вращения электрода дает прирост на величины:  ударная вязкость до 45% (65 и 118 Дж/см2 на внешних краях слитка), практически не влияет на предел прочности, увеличивает твердость не термообработанного материала до 40% (15,7 и 26,3 HRC в соотв. сечениях); 2) свойства полых слитков, получаемых прошивкой дорна выше, чем у полного слитка, что объясняется повышенной скоростью кристаллизации из-за охлаждения с обоих сторон; в то же время при получении полых слитков методом введения легкоплавкой фазы уменьшает свойства, что объясняется расположение фазы н по границам зерен; 3) для цилиндрических слитков: при раздельное введение дисперсных частиц позволяет увеличить ударную вязкость на порядок (6,5 до 6,22 Дж/см2); неоднозначно влияет на предел прочности и твердость (колебания в зависимости от типов частиц и их расположение в слитке); при одновременном введении закономерности приобретения механических свойств идентичны – наблюдается значительное увеличение ударной вязкости и неоднозначное влияние на предел прочности. Твердость во всех случаях увеличивается на величину 15-40% в зависимости от типа, дисперсности и количества вводимых частиц.

12. Из всех полученных экспериментальных материалов подготовлены образцы и проведены эксперименты на испытательном комплексе «GLEEBLE 3800» в интервале температур 900-1200 °С и скоростей деформации 0,01-10 с-1, которые позволяют сделать вывод, что напряжения деформирования всех образцов падают с ростом температуры деформации и уменьшением скорости деформации. Оптимальным режимом деформации возможно считать деформацию при температуре 1000 °С при минимальной скорости 0,01 с–1.

13. Разработаны и проведены режимы термообработки образцов из экспериментальных слитков ЭШП и цилиндрических слитков с различными типами частиц (введенными как вместе, так и раздельно). Оптимальным режимом термической обработки для экспериментальных материалов является закалка в масле при температуре выдержки 1050 °С с последующим низким отпуском при температуре 225 °С. Данная обработка не влияет на вторичное выпадение частиц в структуре металлической матрицы при этом не нарушая ее, одновременно обеспечивая ее стабильность и увеличиваю твердость.

14. Исследования коррозионной стойкости, проведенные в лабораторных и промышленных условия показали, что один из составов, предложенных коллективом исполнителей показал результаты, превышающие необходимые показатели коррозионной стойкости более чем в 2 раза (данные образцы были получены методом ЭШП с вращение расходуемого электрода). Применение метода введения дисперсных частиц как по отдельности, так и в смеси незначительно увеличивает коррозионную стойкость (6-14%), что при значительной себестоимости дисперсных частиц делает экономически  нецелесообразным применение данного способа для обеспечения коррозионной стойкости. Образец запорной арматуры успешно прошел испытания на предприятии, занимающемся газонефтедобычей длительностью 720 часов. Металлографические исследования образцов после испытаний показали, что имеется питтинговая коррозия по всей площади поверхности образцов и деталей арматуры, при этом  наибольшей стойкостью обладают образцы с применением вращения расходуемого электрода.

 15. Разработаны рекомендаций и предложения по использованию результатов ПНИЭР в дальнейших исследованиях и разработках с учетом технологических возможностей индустриального партнера ООО НПП «ИННОТЕХ», а также разработан ТЗ на ОТР на тему «Разработка способа получения полого электрошлакового слитка из марки стали, имеющей повышенную устойчивость к сероводородной коррозии». ТЗ включает в себя требования к материалам, применяемым в техническом процессе, последовательность действий, требования к оборудованию и т.д.

16. Произведены участия в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов работы на конференциях различного уровня.

ПНИЭР проведена на высоком научно-техническом уровне, который полностью соответствует  лучшим достижениям мировой науки в  данной области. Полученные результаты работы ПНИЭР являются новыми. Его результаты свидетельствуют о перспективности продолжения работ по избранному направлению и будут востребованы Индустриальными партнерами при производстве новых материалов и продвижению их на рынки. Состав выполненных работ удовлетворяет условиям Соглашения о предоставлении субсидии, в том числе Техническому заданию и Плану-Графику исполнения обязательств. Результаты выполненных работ соответствуют мировому уровню.

**Назначение и область применения результатов проекта**

Разрабатываемая технология создания материалов стойких к сероводородной коррозии будет востребованной на предприятиях металлургической и машиностроительной отрасли. После разработки, апробации и внедрения данной технологии, практически каждое из этих предприятий может являться потенциальным производителем коррозионно-стойких металлических материалов. Потребителем создаваемых материалов является добывающая отрасль промышленности, в частности, это предприятия занимающиеся добычей нефти и газа по всей стране и прилегающим к ней территориям.

Разрабатываемые материалы позволят увеличить долговечность и срок безаварийной эксплуатации запорной арматуры, применяемой при добыче нефти и газа, при одинаковой или меньшей себестоимости по сравнению с существующими материалами. Это в свою очередь приведет к увеличению эффективности добычи нефти и газа, а также снижения затрат на ликвидацию последствий аварий на добывающих предприятиях. Одним из вариантов влияния результатов исследования на развитие технического потенциала страны является усиление позиций российских предприятий металлургической, машиностроительной и нефтедобывающей сферы на внутреннем и международных рынках.

Результаты проекта будут коммерциализированы индустриальными партнерами путем реализации металлов и сплавов, а также изделий из них, получаемых согласно разрабатываемой технологии.

Потенциальными потребителями таких металлов являются предприятия металлургической, машиностроительной и нефтедобывающей сферы. Одним из примеров применения разрабатываемых технологий и материалов может служить запорная арматура, предназначенная для работы в условиях сероводородной коррозии.