**АННОТИРОВАННЫЙ ОТЧЕТ**

о результатах выполнения научно-исследовательской работы

по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы»

**Общие сведения о НИР**

Наименование работы

Разработка новых наноструктурированных и субмикрокристаллических сталей с повышенными физико-механическими свойствами и коррозионной стойкостью для современных транспортных ядерно-энергетических установок и других приложений в машиностроении

Срок выполнения работы

14.10.2011-30.11.2012

Номер контракта

Государственный контракт №**14.740.11.1367** от 14.10.2011 г.

Мероприятие ФЦП

Программное мероприятие: 1.5 - Проведение научных исследований коллективами под руководством приглашенных исследователей.

Тема лота: Проведение научных исследований коллективами под руководством приглашенных исследователей, проживающих в странах СНГ по приоритетным направлениям развития науки и технологий

Руководитель проекта

Руководитель проекта: Чувильдеев В.Н., д.ф.-м.н., проф., зам. директора НИФТИ ННГУ по науке.

Приглашенный исследователь: Копылов В.И., к.т.н., в.н.с. ФТИ НАН Беларуси.

**Краткое описание результатов НИР**

Цель проекта:

Разработка новых научных подходов к созданию новых наноструктурированных и субмикрокристаллических коррозионно-стойких сталей с повышенными физико-механическими свойствами для высокоответственных изделий ядерной техники и различных приложений в машиностроении.

Краткое описание основных результатов

В качестве основного объекта исследования выступала промышленная аустенитная сталь 08Х18Н10Т. Формирование СМК структуры в стали проводилось методом равноканального углового прессования (РКУП) при повышенных температурах обработки.

В состоянии поставки сталь 08Х18Н10Т имеет однородную зеренную структура аустенита. Средний размер аустенитного зерна ~20 мкм. В структуре наблюдаются тонкие (толщиной до 10 мкм) полосы ферритной фазы, вытянутые вдоль направления деформации. Длина полос феррита 500 мкм. После РКУП в стали формируется СМК структура со средним размером зерна 0.3-0.5 мкм.

Показано, что в СМК стали после РКУП при повышенных температурах происходят процессы деформационно-стимулированного выделения частиц карбидов хрома, а при более низких температурах - процесс деформационно-стимулированного распада аустенита.

Температура начала рекристаллизации СМК стали составляет *Т*1=750 °С, а процессы рекристаллизации имеют ярко выраженный аномальный характер, сопровождающийся формированием разнозернистой структуры и выделением частиц карбида хрома [Cr,Fe]23C6. Проведены исследования закономерностей роста зерен и выделения частиц карбидов при отжиге образцов СМК стали, полученных по различным режимам РКУП.

Установлено, что РКУП приводит к повышению предела макроупругости от 205 МПа до 425 МПа и предела текучести от 380 МПа до 1050 МПа, соответственно. Испытания на растяжение при комнатной температуре показывают, что пластичность СМК стали составляет 45-60%, а величина предела прочности достигает 1100 МПа (табл. 1).

В работе проведены исследования влияния режимов отжига на термическую стабильность механических свойств СМК стали 08Х18Н10Т.

Фрактографический анализ изломов образцов после испытаний на растяжение при комнатной температуре показывает, что в изломах образцов крупнозернистой и СМК стали наблюдаются три характерные зоны – волокнистая, радиальная и зона среза. Проведены фрактографические исследования влияния температуры отжига на характер изломов образцов СМК стали 08Х18Н10Т, полученных по различным режимам РКУП.

Проведены исследования характеристик сверхпластичности образцов СМК стали и определены оптимальные температурно-скоростные режимы сверхпластической деформации, в которых пластичность СМК стали достигает 220-250%. Показано, что причиной немонотонного характера зависимости пластичности СМК стали от температуры сверхпластической деформации являются процессы рекристаллизации, а также процесс выделения и роста частиц карбидов. Проведен фрактографический анализ изломов образцов после испытаний на растяжение. Показано, что с увеличением температуры испытаний на сверхпластичность волокнистая и радиальная зоны увеличиваются по площади, а зона среза - уменьшается. Установлено, что в крупнозернистой стали при температуре испытания 600 °С зона среза не превышает 5-10% от общей площади излома, а у СМК сталей (*T*ркуп=450 °С) зона среза отсутствует.

Для исследования влияния РКУП на стойкость стали 08Х18Н10Т к горячесолевой коррозии, в ОАО «ОКБМ Африкантов» проводились сравнительные автоклавные коррозионные испытания образцов сталей в различных структурных состояниях. Степень коррозионного повреждения оценивалась в соответствии с ГОСТ 9.908-85.

Проведенные испытания показывают, что глубина межкристаллитной коррозии после обработки стали 08Х18Н10Т по оптимальным режимам РКУП в 2.5-3 раза превышает коррозионную стойкость образцов крупнозернистой стали. Аналогичные результаты были получены и при электрохимических (потенциастатических) исследованиях образцов крупнозернистой и СМК стали.

Следовательно, однозначно можно утверждать, что измельчение зерна в стали 08Х18Н10Т при РКУП привело к заметному снижению интенсивности коррозионного процесса при повышенных температурах.

Полученные экспериментальные результаты были положены в основу нового подхода к расчету механических свойств и параметров коррозионной стойкости наноструктурированных и субмикрокристаллических аустенитных сталей, полученных с использованием методов интенсивного пластического деформирования.

Вывод

С использованием технологии РКУП в стали 08Х18Н10Т сформирована высокопрочная СМК структура. Показано, что прочностные свойства СМК стали в 1,5-2 раза превышают аналогичные характеристики стандартной крупнозернистой стали, а стойкость к межкристаллитной коррозии СМК стали превышает коррозионную стойкость стали в состоянии поставки. Показано, что формирование СМК структуры позволяет реализовать в стали 08Х18Н10Т эффект сверхпластичности - при повышенных температурах деформации пластичность СМК стали в 2–2.5 раза превышает пластичность стали в обычном состоянии.

Область применения результатов

Основной областью применения полученных результатов является атомное и ядерное машиностроение и ядерная энергетика.

Практическое внедрение новых наноструктурированных и субмикрокристаллических коррозионно-стойких сталей с повышенными физико-механическими свойствами осуществляет ОАО «Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова» (ОАО «ОКБМ Африкантова»), входящий в состав ГК «Росатом», - один из ведущих российских разработчиков ядерно-энергетических установок нового поколения различного функционального назначения.

По результатам выполненной работы коллективами НИФТИ ННГУ и ОАО «ОКБМ Африкантов» подана заявка на совместный патент «Способ одновременного повышения прочности и коррозионной стойкости в аустенитной стали и изделия (заготовки), полученные этим способом» (авторы: Чувильдеев В.Н., Нохрин А.В., Копылов В.И. и др.), которая в настоящее время проходит рассмотрение в соответствии с установленной процедурой.