Шамсутдинов Ринат Нурисламович Разработка и исследования численных моделей оборудования для фабрикации нитридного уран-плутониевого ядерного топлива

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

кандидат наук Шамсутдинов Ринат Нурисламович

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА 1. ТЕХНОЛОГИЯ ФАБРИКАЦИИ НИТРИДНОГО УРАН-ПЛУТОНИЕВОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

1.1. Общие сведения о технологии фабрикации таблеток (U, Pu)N топлива

1.1.1. Карботермический синтез нитридного уран-плутониевого топлива из оксидов урана и плутония

1.1.2. Спекание таблеток нитридного уран-плутониевого топлива

1.2. Высокотемпературное печное оборудование для фабрикации таблеток нитридного уран-плутониевого топлива

1.2.1. Проблемы разработки высокотемпературного печного оборудования для крупномасштабной фабрикации таблеток нитридного уран-плутониевого топлива

1.2.2. Печь карботермического синтеза нитридов урана и плутония

1.2.3. Печь спекания таблеток нитридного уран-плутониевого топлива

1.3. Использование CFD-моделирования при разработке высокотемпературного печного оборудования для фабрикации таблеток нитридного уран-плутониевого топлива

1.3.1. Разработка и экспериментальная проверка численных моделей

1.3.2. Разработка и экспериментальная проверка численных моделей высокотемпературного печного оборудования для фабрикации нитридного уран-плутониевого топлива

1.4. Выводы по главе

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА CFD-МОДЕЛИ ПЕЧИ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НИТРИДОВ УРАНА И ПЛУТОНИЯ

2.1 Краткое описание объекта моделирования

2.1.1. Печь карботермического синтеза нитридов урана и плутония

2.1.2. Требования к режимам карботермического синтеза нитридов урана и плутония

2.2 CFD-модель печи карботермического синтеза нитридов урана и плутония

2.2.1. Физическая постановка задачи

2.2.2. Геометрическая (CAD) модель

2.2.3. Математическая модель

2.2.4. Сеточная модель

2.3 Результаты экспериментальной проверки CFD-модели печи карботермического синтеза нитридов

2.4 Выводы по главе

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ CFD-МОДЕЛИ ПЕЧИ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НИТРИДОВ УРАНА И ПЛУТОНИЯ

3.1. Цель и задачи расчетных исследований CFD-модели печи карботермического синтеза нитридов

3.2. Геометрия и теплофизические свойства моделируемого продукта в CFD-модели печи карботермического синтеза нитридов

3.3. Исследуемые параметры CFD-модели печи карботермического синтеза нитридов

3.4. Влияние экзотермической реакции карботермического синтеза на распределение температуры на продукте

3.5. Расчетные варианты

3.6. Результаты расчетных исследований CFD-модели печи

3.7. Рекомендации по выбору эксплуатационных параметров печи карботермического синтеза нитридов урана и плутония

3.8. Возможности моделирования аварийных режимов работы печи карботермического синтеза нитридов с помощью разработанной CFD-модели

3.9. Выводы по главе

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА CFD-МОДЕЛИ КАНАЛА ПЕЧИ СПЕКАНИЯ

4.1. Краткое описание объекта моделирования

4.1.1. Печь спекания таблеток нитридного уран-плутониевого топлива

4.1.2. Технология спекания таблеток нитридного уран-плутониевого топлива в печи. Требования по составу газовых сред в различных зонах канала печи спекания

4.1.3. Технические решения по обеспечению заданного состава газовых сред в канале печи спекания

4.2. Использование CFD-моделирования для расчетно-экспериментального обоснования принятых технических решений в канале печи спекания

4.3. CFD-модель канала печи спекания

4.3.1. Физическая постановка задачи

4.3.2. Геометрическая (CAD) модель

4.3.3. Математическая модель

4.3.4. Используемые модели турбулентности

4.3.5. Сеточная модель

4.4. Экспериментальный стенд для газодинамических исследований канала печи спекания

4.4.1. Макет канала печи спекания

4.4.2. Имитаторы подложек с лодочками

4.4.3. Расположение точек пробоотбора газовых сред в макете канала печи спекания

4.4.4. Выбор модельного газа для экспериментов на макете канала печи спекания

4.4.5. Система измерения концентрации газов

4.4.6. Порядок проведения эксперимента

4.5. Результаты расчетно-экспериментальной проверки CFD-модели канала печи спекания

4.5.1. Расчетно-экспериментальная проверка CFD-модели макета канала печи

4.5.2. Расчетно-экспериментальная проверка CFD-модели канала печи спекания при комнатной температуре

4.6. Расчетно-экспериментальные исследования CFD-модели канала печи спекания при комнатной температуре

4.7. Выводы по главе

ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ CFD-МОДЕЛИ КАНАЛА ПЕЧИ СПЕКАНИЯ

5.1 Результаты расчетного моделирования распределения концентрации азота в аргоне в канале печи спекания при рабочих температурах

5.1.1 Проверка основного варианта подачи расходов технологических газов в канал печи спекания при рабочих температурах

5.1.2 Влияние соотношения расходов азотоводородной смеси и аргона со стороны охлаждения на распределение концентрации азота в зоне спекания при рабочей температуре

5.1.3 Оценка минимально возможных значений (соотношения) расходов технологических газов, при которых не выполняется требование для концентрации азота менее 0,1 об.% в температурной области ниже 1500 °С

5.2 Рекомендации по выбору газодинамических и теплофизических параметров эксплуатации печи спекания таблеток нитридного уран-плутониевого топлива

5.3 Выводы по главе

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЕ А Акт внедрения результатов диссертационной работы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Программа для расчета

температуры в ретортной садочной печи»

ПРИЛОЖЕНИЕ В Акт изготовления и внедрения стенда для экспериментальных исследований

канала печи спекания таблеток нитридного уран-плутониевого топлива

ПРИЛОЖЕНИЕ Г Свидетельство о регистрации базы данных «Результаты расчетно-экспериментальных исследований распределения газов в прямоугольном канале высокотемпературной печи»

ВВЕДЕНИЕ