

где λ – теплопроводность при температуре 45°C; λ_0 – теплопроводность при нулевой пористости 217,8 Вт/(м·К); A – постоянная, равная 2,3; ε – относительная пористость.

Цель данной работы было качественное определения пористости исследуемых заготовок по наличию сквозных пор и, соответственно, возможности количественного определения размеров пор по методу максимального давления пузырьков.

В соответствии с поставленной целью были спрессованы графитовые таблетки из чистого углерода и с добавлением различных пластификаторов. Анализ образцов на наличие сквозных пор проводился с помощью керосина. Результат считался положительным в случае, когда керосин проходил через таблетку насквозь и с обратной ее стороны на поверхности, покрытой меловой суспензией, образовывался мокрый след.

Анализ показал, что таблетки, спрессованные из чистого графита и с добавлением стеарата натрия, имеют сквозные поры и, вероятно, высокую пористость, т.к. через них прошел керосин, о чем свидетельствует цветовая индикация на обратной стороне таблеток. Следовательно, данные таблетки пригодны для определения размеров пор по максимальному давлению пузырьков В тоже время, образцы, полученные с добавлением в качестве пластификатора при прессовании фторопласта, показали низкую проницаемость по керосину и, скорее всего, имеют низкую пористость и малый их объем и не пригодны для вышеуказанного метода анализа размеров пор.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что таблетки, спрессованные при добавлении фторопласта как пластификатора, имеют лучшие эксплуатационные свойства, в случае применения их в качестве матричного материала для дисперсионного ядерного топлива, чем другие образцы. С другой стороны таблетки, полученные из чистого графита и с добавлением стеарата натрия, имеют перспективы использования как сорбирующие элементы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рогайлин М.И., Чалых Е.Ф. Справочник по углеродным материалам. – Л.: Химия, 1974. – 208 с.
2. Вяткин С.Е. и др. Ядерный графит. – М.: Атомиздат, 1967. – 279 с.
3. Видяев Д.Г., Борецкий Е.А., Верхорубов Д.Л. Определение сорбционных свойств наноразмерных материалов // Альтернативная энергетика и экология. - 2015 - №. 23. - С. 73-77.
4. Видяев Д.Г., Савостиков Д.В., Селянин А.С., Сидоркин А.С. О кинетике сорбции водорода наноструктурными композитными материалами // Изв. высш. учеб. заведений. Физика. – 2013. – Т. 56., № 11-3. – С. 280–283.
5. Самойлов А.Г. и др. Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 400 с.

ПРОВЕДЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА УГЛЕРОДНЫХ-КОМПОЗИЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ SOLIDWORKS

Колесников Е.В.

Научный руководитель: Видяев Д.Г., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: evk58@tpu.ru

Система автоматизированного проектирования SolidWorks (SolidWorks Corp., США) создана для использования на персональном компьютере в операционной среде Microsoft Windows.

В SolidWorks используется принцип трехмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования, что позволяет конструктору создавать объемные детали и компоновать сборки в виде трехмерных электронных моделей, по которым создаются двухмерные чертежи и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.

Трехмерное моделирование изделий дает массу преимуществ перед традиционным двумерным проектированием, например, исключение ошибок собираемости изделия еще на этапе проектирования, создание по электронной модели детали управляющей программы для обработки на станке с ЧПУ. С помощью программы SolidWorks можно увидеть будущее изделие со всех сторон в объеме и придать ему реалистичное отображение в соответствии с выбранным материалом для предварительной оценки дизайна.

Трехмерная деталь SolidWorks получается в результате комбинации трехмерных примитивов. Большинство элементов основаны на плоском эскизе, по которому создается базовый трехмерный объект. Последовательное наращивание 3D объектов и позволяет в итоге получить желаемый результат.

В ходе проведения работы были созданы модели таблеток из реакторного графита, спрессованных при 20 и 100 МПа соответственно.

После построения геометрии были заданы физические свойства материала моделей таблеток с учетом полученной плотности. После того как был задан материал таблетки, было проведено термическое исследование при приложении потока теплоты к боковой поверхности и к одному из оснований цилиндрической таблетки. Начальная температура всех поверхностей модели была задана равной 20°C.

Тепловой поток, подводимый к таблетке рассчитывался исходя из скорости реакции деления ^{235}U изотопа урана тепловыми нейтронами и того, что на 1 акт деления в среднем приходится 200 МэВ энергии.

Из полученных результатов видно, что наибольшую температуру имеют участки модели, находящиеся вблизи граней, к которым подводится тепловой поток. Однако из-за небольшого объема таблетки градиент температур в ней имеет малое значение.

Сравнительный анализ, проведенный на основании полученных данных, показал, что модель таблетки, имеющая меньшую плотность, нагревается сильнее при подведении теплового потока ко всем граням и к боковой поверхности, а при подведении теплового потока к основанию цилиндрической таблетки нагрев уменьшается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов В.В., Монахов В.С. Материалы ядерной техники. – М.: Атом-издат, 1976. – 260 с.
2. Самойлов А.Г. и др. Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 400 с.
3. Исследование перспектив использования таблеток на основе технического углерода для сорбции водорода [Электронный ресурс] / Д. Е. Адильханов [и др.] // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине (ФТПНПМ-2019) сборник научных трудов Международ. научно-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 30 сентября – 04 октября 2019 г.: Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); под ред. А. Г. Горюнова [и др.]. – Томск : Изд-во ТПУ, 2019. – С. 107.
4. Подготовка пресс-порошков при фабрикации углеродных материалов в таблетки [Электронный ресурс] / В. Н. Акимов [и др.] // Изотопы: технологии, материалы и применение материалы V Международ. научн. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 19–23 ноября 2018 г.: Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск : Графика, 2018. – С. 95.

ПРИМЕНЕНИЯ BF_3 В КАЧЕСТВЕ КОМПЕНСИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ В ВТГР

Кнышев В.В., Луцик И.О., Зорькин А.И.

Научные руководители: Шаманин И.В., д.ф.-м.н., профессор, Беденко С.В., к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: vvk28@tpu.ru

Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторные установки (ВТГР) в силу особенностей состава конструкции активной зоны и компоновки, обладают благоприятными характеристиками в отношении ядерной безопасности. В них практически исключено расплавление активной зоны, состоящей в основном из графита, имеющего температуру сублимации около 3600°C . При потере теплоносителя не происходит резкого возрастания температуры, что обусловлено высокой теплоемкостью активной зоны. Кроме того, реакторы ВТГР имеют высокий отрицательный температурный коэффициент реактивности [1].

Традиционные реакторные установки работают в критическом режиме с управляемой цепной реакцией деления и поддерживается на стабильном уровне, тремя видами регулирования реактивностью: 1) компенсация большого запаса реактивности; 2) небольшие изменения для управления мощностью ядерного реактора; 3) быстрое уменьшение реактивности для аварийной остановки. Во всех случаях задача заключается во влиянии на баланс нейтронов в размножающейся среде активной зоны [2].

В качестве дополнительного метода регулирования реакторов ВВЭР-1000 используется борное регулирование. В теплоноситель добавляется борная кислота (H_3BO_3), которая позволяет компенсировать избыточную реактивность и упрощает управление установкой [3-4]. По этому принципу рассматривается возможность применения борсодержащих материалов в теплоносителе разрабатываемой реакторной установки ВТГР в Томском политехническом университете [5].

Из рассмотренных вариантов, наиболее оптимальным, по теплофизическим и химическим свойствам, выбран трифторид бора (BF_3) [6]. BF_3 имеет высокую термостойкость, что очень важно при температуре теплоносителя в 1000°C [5]. Применение данного материала позволяет упростить управление критичностью установки и соответственно повысить безопасность самой установки. Применение обогащенного BF_3 до 50% по B^{10} повысит эффективность добавляемого соединения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90132 и № 19-29-02005.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребенник В.Н., Кухаркин Н.Е., Пономарев-Степной Н.Н. Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы – инновационное направление развития атомной энергетики. - М.: Энергоатомиздат, 2008, 136 с.