

(ОЯТ). Распределение стронция под воздействием внешнего асимметричного поля можно отслеживать при помощи гамма радиоактивной метки  $^{85}\text{Sr}$ .

Цель работы – наработка радиоактивной метки  $^{85}\text{Sr}$  и расчет биологической защиты для проведения анализа распределения ионов во внешнем асимметричном электрическом поле.

Проведены расчеты длительности облучения мишени из хлорида стронция природного состава показавшие необходимость облучение не менее 2 суток облучения в сухом канале №6 реактора ИРТ-Т ( $2,9 \cdot 10^{13}$  нейтр./см<sup>2</sup>/с) Учитывая незначительное сечение захвата тепловых нейтронов ( $270 \pm 40$  мбарн) целевым нуклоном, при облучении необходимо увеличивать время облучения природного стронция. При увеличении облучения активируется массивный контейнер, изготовленный из алюминия марки АД-1, что затрудняет перегрузку мишени и ее последующую распаковку.

Таблица 1. Ядерно-физические характеристики некоторых изотопов стронция

Активируемый нуклид	$\sigma$ (0,025эВ), мбарн	Распределение, %	Образующийся радионуклид (n, $\gamma$ )	$T_{1/2}$	Энергия гамма излучения, кэВ	Выход, %
$^{84}\text{Sr}$	270±40	0.5574	$^{85}\text{Sr}$	64.8 дн	514	99,3
	600±60		$^{85m}\text{Sr}$	1.13 ч.	231,9	84,4
$^{86}\text{Sr}$	840±60	9.8566	$^{87m}\text{Sr}$	2.8 ч.	388,4	82,5
$^{87}\text{Sr}$	17000	7.0015				
$^{88}\text{Sr}$	5.8±0.4	82.5845	$^{89}\text{Sr}$	50.6 дн	слаб. $\gamma$	

Для подтверждения проведенных расчетов нами была облучена мишень с хлоридом стронция массой 10,7 мг и 199,7 мг. Облучение проводили сухом канале №6 реактора ИРТ-Т в течение 18 и 42 часов соответственно. После «охлаждения» проводили измерение мощности дозы при перегрузке и вскрытии мишени. Измерение образовавшегося стронция-85 проводили на гамма-спектрометр многоканальный для измерения рентгеновского и гамма излучения CANBERRA на базе многоканального анализатора DSA-1000 с полупроводниковым блоком детектирования GS2018. После недельного «охлаждения» мощность дозы составляла 35 мкР/с. Теоретическая активность по  $^{85}\text{Sr}$  составила 46,7 кБк (мишень массой 10,7 мг) и 871,6 кБк (мишень массой 199,7 мг)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. V. Shamanin, M. A. Kazaryan, S. N. Timchenko, I. A. Ushakov Mechanistic models of the ion-solvation shell system// Bulletin of the Lebedev Physics Institute -2017 – vol. 44 -iss. 9. – pp. 254–257.
2. Li Hongda , Kazaryan M. A. , Shamanin I. V. , Timchenko S. N. , Ushakov I. A. Electroinduced drift of solvated ions in salt solution of Ce and Ni // Journal of Chemical Physics. - 2018 - Vol. 130 - №. 8, Article number 111. - pp. 1-6.

## ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА НА ПОРИСТОСТЬ ГРАФИТОВЫХ ПРЕСС-КОМПОЗИЦИЙ

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](mailto:evk58@tpu.ru)

В ядерной технике графит широко применяется как хороший замедлитель с малым сечением захвата нейтронов и как конструкционный материал, а также как матричный материал твэлов и материал противоосколочных покрытий сферических топливных частиц в высокотемпературных газоохлаждаемых реакторах.

Графит имеет большую анизотропию свойств, которая обусловлена кристаллической структурой, а также текстурой, образованной в процессе изготовления. В связи с этим наблюдается значительное различие физических и механических свойств в направлениях, параллельном и перпендикулярном к оси прессования или выдавливания.

Наиболее высокая степень анизотропии у графитовых материалов, полученных выдавливанием, в то время как при прессовании удается получать изотропные изделия [1, 2].

Качество графита применяемого как матричный материал в основном оценивается по общей пористости, доле открытых пор, их распределению и размерам [2]. Характер пористости во многом зависит от исходных материалов и способа изготовления. При этом пористость оказывает влияние на другие свойства графита, в частности, на сорбционные свойства, прочность и теплопроводность [3–5]. Для определения теплопроводности графита используют следующее уравнение:

$$1 - \frac{\lambda}{\lambda_0} = A\varepsilon;$$

где  $\lambda$  – теплопроводность при температуре 45°C;  $\lambda_0$  – теплопроводность при нулевой пористости 217,8 Вт/(м·К);  $A$  – постоянная, равная 2,3;  $\varepsilon$  – 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](mailto: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.