

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.И. Войчишин, А.В. Борзенко, И.Г. Гончаров, А.В. Мазиллов, И.В. Гуринов
Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,
 г. Харьков, Украина; E-mail: igor@kipt.kharkov.ua; тел/факс +38 (057) 335-39-83

Исследован метод создания радиационно-защитных материалов с помощью введения частиц металлов в состав углерод-углеродных композиционных материалов с их дальнейшей инкапсуляцией пироуглеродом при газофазном уплотнении. Показано, что введение железа и свинца может обеспечить радиационно-защитные свойства, а углеродная основа должна предоставить материалу высокие механические и высокотемпературные свойства. Показано, что инкапсуляция пироуглеродом обеспечивает удержание металла внутри композита даже при температуре, превышающей температуру его кипения.

ВВЕДЕНИЕ

Введение свинца и железа в углерод-углеродный композиционный материал (УУКМ) [1] должно обеспечить ему радиационно-защитные свойства, а углеродная основа – прочность при высоких температурах, термостабильность, низкий коэффициент термического расширения. С такими показателями новый композит может найти применение в ответственных узлах и элементах ядерных реакторов, может использоваться для контейнеров, служащих для транспортировки, хранения и утилизации ядерных отходов.

Цель работы – попытка введения радиационно-защитных веществ таких, как свинец и железо в УУКМ, путем пропитки с последующей инкапсуляцией пироуглеродом во время газофазного уплотнения, а так же исследование свойств полученного материала.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛА

Для получения УУКМ было изготовлено восемь преформ из углеродной ткани (рис. 1). Чтобы равномерно распределить частицы металла в объеме преформ [2], их вводили с помощью пропитки. Преформы пропитывались водными растворами солей свинца и железа. Эти соли хорошо растворимы в воде, что позволило получить нанодисперсные частицы металла.



Рис. 1. Внешний вид преформы

Пропитка преформ осуществлялась погружением в кювету с соответствующим раствором. Преформы в растворе выдерживались на протяжении 3 ч, после чего сушились при температуре 80...90 °С до посто-

янного веса. Температура 80...90 °С была избрана во избежание потерь молекулярной воды, которая входит в молекулы соединений.

Во время уплотнения частицы металла, находящиеся в теле преформы, были закапсулированы пироуглеродом. Схема оснастки для уплотнения показана на рис. 2. Добавление свинца и железа в композит не повлияло на его механические свойства по сравнению с чистым УУКМ (табл. 1).

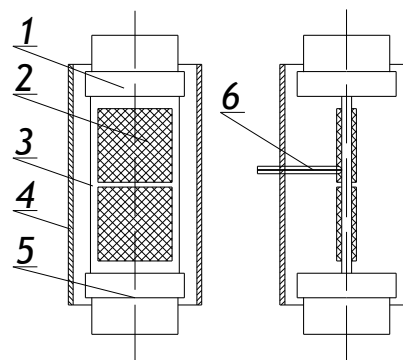


Рис. 2. Схема расположения преформ в установке пиролиза: 1 – верхний токоподвод; 2 – уплотняемые преформы; 3 – графитовый нагреватель; 4 – тепловой экран (асбест); 5 – нижний токоподвод; 6 – термопара

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ОБРАЗЦОВ УУКМ

В результате взаимодействия с природным газом при температуре 1150 °С в УУКМ, пропитанном азотнокислым свинцом, остался чистый свинец, а в УУКМ, пропитанном сульфатом железа 7-водным – чистое железо и карбид железа (цементит). Тот факт, что в композите содержатся именно эти вещества был подтвержден во время восстановления.

Восстановление проводилось в тех же условиях, что и уплотнение преформ. Из порошка $Pb(NO_3)_2$ получили слиток металлического свинца, а из гранулированного $Fe_2SO_4 \cdot 7H_2O$ было получено железо с частицами цементита в виде спаянных гранул (рис. 3).

Если рассмотреть молекулу каждого соединения и атомные массы элементов, которые удерживаются в них, можно вычислить количество веществ, которые нас интересуют. В одной молекуле сульфата же-

леза содержится 26,8% чистого железа, в азотнокислом свинце - 62,5% свинца.

Таблица 1

Характеристики УУКМ

Характеристика	УУКМ со свинцом	УУКМ с железом	Чистый УУКМ
Плотность, г/см ³	1,46	1,58	1,41
Открытая пористость, %	11,96	8,7	8,9
Предел прочности при сжатии, МПа	83,54	74,38	93,85
Содержание металла, %	18	7	-
Масса металла в 1 см ³ композита, г	0,17	0,6	-



Рис. 3. Внешний вид веществ после восстановления: а - железо; б - свинец

По завершении процесса восстановления сравнивали количество чистых металлов в исходных солях с количеством полученных веществ (табл. 2).

Таблица 2

Результаты восстановления

Вещество	Расчетное содержание, мас. %	Фактическое содержание, мас. %
Pb	62,5	62
Fe	26,8	21

Чтобы выяснить, способен ли металл удержаться в теле композита при температуре, превышающей его температуру кипения, была проведена высокотемпературная обработка (ВТО).

Первая ВТО была проведена с образцами УУКМ с содержанием свинца. Процесс проводили в вакуу-

ме (-1 атм). Необходимо было нагреть образцы до температуры, которая превышает температуру кипения свинца (1751 °С). Поэтому образцы нагрели до температуры 1850 °С и выдерживали при этой температуре 15 мин. Аналогичный эксперимент провели над УУКМ с содержанием железа. Температура кипения железа – 2872 °С, поэтому образцы нагрели к температуры 3000 °С. В результате проведенной ВТО образцов композита со свинцом потеря массы по сравнению с исходными образцами составила в среднем 1,3%, потеря массы образцов с железом составила в среднем 3,8%.

Исследованы защитные свойства образцов от гамма-излучения различных энергий. Использовались источники гамма-излучения из Am-241 (E_γ = 60 кэВ) и Co-57 (E_γ = 122 и 136 кэВ). Исследования показали, что массовые коэффициенты ослабления образцов, содержащих добавки Pb и Fe, в области низких энергий существенно выше, чем образцов, не содержащих добавок. Для гамма-излучения более высоких энергий, например Cs-136 (E_γ = 660 кэВ) или Co-60 (E_γ = 1,2 и 1,3 МэВ), образцы становятся практически прозрачными.

ВЫВОДЫ

Освоена методика введения радиационно-защитных веществ в УУКМ с помощью пропитки. В результате восстановления свинца и железа из их солей, определили, в каком виде эти вещества содержатся в УУКМ после газофазного уплотнения.

Высокотемпературная обработка подтвердила, что введенные в УУКМ вещества удерживаются внутри материала даже при температуре выше их температуры кипения.

Проведение испытаний композита на радиационно-защитные свойства показало, что материал действительно может результативно работать, только при малых энергиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Меткальф, Э. Плюдеман, Р.Крок, К. Крейдер. *Композиционные материалы*. М.: «Мир», 1978.
2. А.А. Конкин. *Углеродные и другие жаростойкие волокна*. М.: «Химия», 1974.

ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНІ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСТНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЬ-ВУГЛЕЦЕВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

С.І. Войчішин, О.В. Борзенко, І.Г. Гончаров, А.В. Мазілов, І.В. Гурін

Показано технологію створення радіаційно-захисних матеріалів за допомогою введення часток металів до складу вуглець-вуглецевих композиційних матеріалів з їхньою подальшою інкапсуляцією пировуглецем під час газофазного ущільнення. Введення заліза і свинцю повинне забезпечити гарні радіаційно-захисні властивості, а вуглецева основа повинна надати матеріалу високі механічні й високотемпературні властивості. Показано, що інкапсуляція пировуглецем забезпечує втримання металу усередині композита навіть при температурі, що перевищує температуру його кипіння.

HIGH TEMPERATURE RADIATION-DEFENSIVE MATERIALS ON BASIS FOR CARBON-CARBON COMPOSITIONS MATERIALS

S.I. Voychishin, A.V. Borzenko, I.G. Goncharov, A.V. Mazilov, I.V. Gurin

Technology of creation of radiation-protective materials is shown by introduction of particles of metals in the complement of carbon-carbon of materials of compositions with their further encapsulation of pirocarbon at a газофазном compression. Introduction of iron and lead must provide good radiation-protective properties, and carbon basis must give material high mechanical and high temperature properties. It is shown that encapsulation of pirocarbon provides retaining of metal into composite even at a temperature, exceeding the temperature of his boiling.