

Так же существуют другие подобные методы, такие как: «Метод конечных объемов (МКО); Метод граничных элементов (МГЭ); Метод галеркинской проекции (МГП) и т. д.» Другие методы в сравнение с нашим имеют меньший функционал и гораздо меньше развиты. Таким образом, метод конечных элементов является мощным и эффективным инструментом для численного анализа различных физических процессов и имеет ряд преимуществ перед другими методами численного моделирования.

Компьютерное моделирование позволяет оптимизировать геометрию деталей для улучшения производственных характеристик, таких как жесткость, прочность, вес и т. д., что позволяет создавать более эффективные и конкурентоспособные изделия

Заключение. На основании вышеизложенного можно выделить следующие преимущества компьютерного моделирования методом конечных элементов, по сравнению с подобными методами: возможность расчёта большого количества операций за небольшое количество времени и ресурсов, высокая точность и надёжность расчётов, оптимизация деталей, изучение влияния различных параметров на качество изделия, снижение затрат на тестирование, улучшение качества продукции.

Список цитируемых источников

1. Майер, Р. В. Основы компьютерного моделирования : учеб. пособие. — Глазов : ГГПИ, 2005. — 25 с.

УДК 549.212

И. М. Самотья¹, И. А. Богданович¹, Д. А. Богданович²

¹ Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

² Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФИТА В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Введение. Графит является термодинамически стабильной аллотропной модификацией углерода — элемента 4-ой группы главной подгруппы 2-го периода периодической системы Менделеева, порядковый номер 6, атомная масса природной смеси изотопов 12 г/моль. Графит — минерал из класса самородных элементов. В природе графит образуется на небольшой глубине, благодаря метаморфизму горных пород, состоящих из органических остатков. Он представляет собой кристаллическое тугоплавкое вещество, слегка жирное на ощупь, черного или серого цвета, с характерным металлическим блеском [1]. Плотность составляет от 2,08 до 2,23 г/см³.

По сравнению с алмазом графит очень мягкий. Структура углерода слоистая, т. е. атомы углерода расположены в графите послойно, причем расстояние между слоями больше, чем между атомами в одном слое, и электроны, которые связывают слои между собой, образуют сплошное электронное облако. Такое строение обуславливает такие свойства графита, как мягкость, хорошую электропроводимость (его удельное электрическое сопротивление при комнатной температуре в 765 раз выше, чем у меди), теплопроводность и характерный металлический блеск.

Мягкость графита (в смеси с каолином) нашла свое применение при производстве карандашей. При их использовании на бумаге остаются чешуйки, формирующие след от карандаша.

Целью данной работы является изучение свойств и рассмотрение возможностей применения графита в электротехнике и электроэнергетике.

Основная часть. Физические и химические особенности графита обусловили его широкое применение в электротехнике. Высокая химическая стойкость, тугоплавкость и высокая электропроводность обусловили применение графита в качестве электродов и нагревательных элементов различного назначения. Например, при получении активных металлов с помощью электролиза, именно из графита делают электроды. При получении алюминия, графит сам улетучивается из зоны реакции электролизера в составе углекислого газа, так что нет необходимости применять иные сложные меры по его утилизации [1].

Графит используется в составе токопроводящих клеев в качестве проводящего компонента, а также из этого материала изготавливают различные контактные щетки и токосъемники электрического оборудования (коллекторные двигатели на электротранспорте и подъемных кранах, контакты токовых реостатов и т.п.), где необходим подвижный и в то же время надежный электрический контакт. Графитовые щетки достаточно часто используются в бытовых приборах: в миксере, электробритве, кофемолке, электродрели и т. д.

Несмотря на мягкость самого графита, щетки для электротехники могут быть достаточно прочны, тверды и износостойки. Это обусловлено тем, что данные изделия содержат, помимо графита, специальное связующее вещество, например, политетрафторэтилен, поливинилацетат или фторопласт [2—8]. Кроме того, щетки подвергаются специальной термической обработке и предварительному прессованию. На последнем этапе производства электрографитовые щетки подвергаются насыщению углеродом в печи при температуре в 2500 °С (стадия графитизации) и механической обработке [1,3—8]. Поверхности некоторых типов

электрощеток после механической обработки покрывают тонким слоем меди для создания надежного электрического контакта между телом электрощетки и щеткодержателем в электрической машине.

Разработанные предприятием ООО «Графитопласт» технические условия на электрощетки предусматривают использование в качестве наполнителя «Графит искусственный и мельченый» по ТУ 1916-109-71- 2000. Этот графит имеет насыпную плотность $0,85 \text{ г/см}^3$, массовую долю серы не более 0,05 %, влаги не более 1,0 % и его зольность не превышает 1,0 %. В качестве связки используется порошковая фенолформальдегидная смола новолачного типа марки СПФ-011А по ТУ6-05751768-35-94 [4].

Существуют твердые, средние и мягкие электрографитовые щетки [1]. Мягкие и средние щетки ЭГ-4 и ЭГ-71; ЭГ-14; твердые ЭГ-8 и ЭГ-74 — содержат в своем составе абразивный порошок. Твердые щетки применяются при эксплуатации при высоких температурах и затрудненной коммутации, входящий в состав щетки абразив придает щетке дополнительную чистящую функцию от нагара.

Графит обладает тем уникальным набором качеств, которые делают его незаменимым для задач ядерной физики и энергетики [9].

Он относится к числу лучших замедлителей, широко используемых в ядерной физике и ядерной технике для превращения быстрых нейтронов в тепловые [9—11]. Он относится к тяжёлым замедлителям. Применение его в данной области обусловлено ввиду его теплостойкости, радиационной стойкости, малого сечения захвата нейтронов, довольно хорошей замедляющей способности и достаточной прочности. Кроме того, замедляющая способность графита объясняется его малым атомным весом.

Графит для реакторов получают искусственно из смеси нефтяного кокса и каменноугольной смолы. Технология получения графитов для кладки реакторов и колец твердого контакта состоит в подготовке наполнителя (стадии прокаливании, измельчения и разделения на фракции), смешивании подготовленной шихты с песком и прессовании подученной массы в заготовки. Полученные заготовки подвергаются обжигу, пропитываются специальными массами и графитизируются [11].

В энергетических реакторах графит содержится в инертной атмосфере ввиду того, что нагретый в воздухе до 400°C графит горит. Бывали неоднократно случаи самовозгорания могильников с облучёнными графитовыми втулками с полным их выгоранием, что свидетельствует о стабильном горении графита в компактном объёме.

Ещё один недостаток графита связан с тем, что при облучении свойства графита значительно изменяются.

Размерные изменения графитовых блоков при облучении являются одним из основных факторов, ограничивающих срок службы графитовой кладки. С течением времени происходит исчерпание технологических зазоров между блоками и технологическими каналами, что приводит к росту напряжений в графитовых блоках, их растрескиванию и, в конечном счете, к потере работоспособности графитовой кладки. Кроме того, искривление графитовых колонн, вызванное размерными изменениями, может приводить к изгибу технологических каналов и заклиниванию тепловыделяющих сборок [9]. Наиболее подходящим углеродным материалом для модификации малопрочного и пористого наполнителя на основе является стеклоглерод, получаемый отверждением термореактивных фенолформальдегидных смол с последующей высокотемпературной обработкой.

Нейтронная мишень в виде графита должна выдерживать высокие тепловые нагрузки, то есть обладать достаточной термочувствительностью, а также в минимальной степени изменять структуру под действием частиц с высокой энергией.

Заключение. Таким образом, графит является материалом, применение которого в электротехнике и электроэнергетике, актуально и целесообразно. Однако, ввиду особенностей свойств данного материала и возможности их изменения, оптимизация режимов получения и эксплуатации графита и композиционных материалов на его основе является вопросом актуальным и требующим постоянного изучения.

Список цитируемых источников

1. Графит и его применение в электротехнике [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://electricalschool.info/spravochnik/material/2384-grafit-i-ego-primenenie-v-elektrotehnike.html>. — Дата доступа: 12.03.2024.
2. А.с. 1130928 СССР. Способ изготовления электрографитированных щеток для электрических машин / Фиалков А.С. [и др.] / МПК H01R 43/12; Заявлено: 08.02.1982; Опубликовано: 12.23.1984.
3. Щетки для электрических машин: простая технология и универсальное применение [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.elec.ru/publications/peredacha-raspredelenie-i-nakoplenie-elektroenergi/1120/>. — Дата доступа: 13.03.2024.
4. Самодурова, М. Н. Исследование и разработка упрощенной технологии производства графитопластовых щеток / М. Н. Самодурова [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». — 2013. — Том 13, № 2. — С.77 — 83.
5. Чалых, Е. Ф. Щетки электрических машин / Е. Ф. Чалых. — М.: Информэлектро, 1990. — 186 с.
6. Лившиц, П. С. Справочник по щеткам электрических машин / П. С. Лившиц — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 216 с.
7. Скурихин, А. А. Получение и исследование электрохимического поведения модифицированных металлами окисленных и терморасширенных графитов: дис. канд. тех. наук: 05.17.03/ Скурихин Александр Аркадьевич. — Иваново, 2008. — 137 с.
8. Фиалков, А. С. Углеродные материалы / А. С. Фиалков. — М.: Энергия, 1979. — 320 с.
9. Жмуриков, Е. И. Графит в науке и ядерной технике / Е. И. Жмуриков [и др.]: монография. — Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской академии наук, 2013. — 159 с.
10. Бекман И. Н. Атомная и ядерная физика / И. Н. Бекман. — М.: Юрайт, 2020. — 493 с.
11. Виргильев, Ю.С. Реакторный графит: разработка, производство и свойства / Ю.С. Виргильев [и др.] // Росс. хим. журнал (Ж. Рос. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева). — 2006, №1. — С. 4—12.