

пировкой кристаллической решетки. Кроме этого указанный переход характерен для многих соединений алюминия.

Компоненты рассматриваемой системы, представленные соединениями магния при прокаливании до 1000°C способны к переходу в окись магния MgO, находящуюся в аморфном состоянии и трансформирующуюся в кристаллическое состояние по достижении температуры 900-1000°C [4].

Наибольшее количество химических форм характерных для рассматриваемых условий характерно для кальция, что связано с чрезвычайным разнообразием его природных форм, особенно относящихся к классу алюмосиликатов: волластонит $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$, диопсид $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, геденберgit $\text{CaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, эпидот $\text{Ca}_2(\text{Al, Fe})_3(\text{OH})(\text{SiO}_4)_3$, монтичеллит $\text{CaMg}(\text{SiO}_4)$, анортит $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{SiO}_8)$, плагиоклаз $(\text{Ca, Al, Na, Si})\text{AlSi}_2\text{O}_8$, актинолит $\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5(\text{OH, F})(\text{Si}_8\text{O}_{22})$, микролин $(\text{Ca, Na})_2(\text{Ta, Nb, Ti})_2\text{O}_6(\text{OH, F, O})$, аксинит $\text{Ca}_2\text{FeAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{15}(\text{OH})$, везувиан $\text{Ca}_{10}(\text{Mg, Fe})_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_6$, известковый глинистый гранат $\text{Ca}_3(\text{Al, Fe})_n\text{Si}_3\text{O}_{12}$, андрадит $\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ [4, 5]. Реакционная способность и пространственная ориентация кристаллических и аморфных форм подобных соединений кальция, а также алюминия, магния и железа, определяется, прежде всего, индивидуальными характеристиками конкретного соединения. Наиболее склонны к такому превращению пироксены, трансформирующиеся по твердофазному механизму в амфиболы, в частности в железистый флогопит по схеме: пироксены $\xrightarrow{900^\circ\text{C}}$ амфиболоподобные формы $\xrightarrow{500-700^\circ\text{C}}$ железистый флогопит $\xrightarrow{1100^\circ\text{C}}$ слоистые формы — настыль.

В основе этого процесса лежит природа амфиболов, которые относятся к силикатам цепочечного структурного типа и кристаллизуются в моноклинной и ромбической сингониях. Чаще всего химический состав амфиболов выражается формулой $\text{X}_{2-3}\text{Y}_5[\text{Z}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$, где X — катионы (по Гольдшмидту /1, 24/): Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Li^+ ; Y — катионы: Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , Ti^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} ; Z — чаще всего это Si^{4+} , частично замещенный Al^{3+} , Fe^{3+} , Ti^{4+} ; в природных амфиболах группа (OH) может изоморфно замещаться на F^- , Cl^- , O^{2-} . Структуру амфиболов составляют сдвоенные цепи (ленты) кремнекислородных тетраэдров состава $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6+}$. Цепи связаны между собой катионами в октаэдрическом окружении кислорода, гидроксила или фтора. Такая структура дает разнообразие изоморфных замещений. Доминирующей при про-

цессах изоморфизма является катионная группа X (из кристаллохимической формулы); при этом амфиболы делятся на три группы: а) бескальциевые или магниевые, с преобладанием катионов магния в группе X; б) кальциевые или кальций-железистые с преобладанием ионов кальция; в) щелочные и кальциево-натровые, когда катионы X представлены в основном натрием. При температурах от 500 до 900°C наиболее вероятно трансформация амфиболов типа (б), соответствующих теоретическим формулам $(\text{Mg, Fe}^{2+})_7[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$, $\text{Na}_2\text{Fe}_3\text{Fe}_2^{2+}[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$, $\text{Na}_3(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}^{2+})_4(\text{Fe}^{3+}, \text{Al}^{3+})[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH, F})_2$, $\text{CaMg}_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_4$ [6, 7].

Список литературы

1. Синтез минералов. — М.: Недра, 1987.
2. Грум-Гржимайло О.С. Муллит в керамических материалах // Труды НИИ Стройкерамика. — 1975. — вып. 4а. — С. 79-116.
3. Фторфлогопит и материалы на его основе. — М. Недра, 1984
4. Тихонов В.Н. Аналитическая химия магния. — М.: Наука, 1975
5. Фурмина Н.С., Кручкова Е.С., Муштакова С.И. Аналитическая химия кальция. — М.: Наука, 1974
6. Либау Ф. Структурная химия силикатов, пер. с англ. — М., 1988.
7. Изюмов Ю.А., Сыромятников В.Н. Фазовые переходы и симметрия кристаллов.

ОЦЕНКА ОПЕРАТОРНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВЕРМИКУЛИТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Прошкин А.В.¹, Набиулин А.Б.², Федоров В.А.³, Калиновская Т.Г.²

¹ ООО «РУСАЛ ИТЦ»,
г. Красноярск, Россия,

² ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

³ ГОУ ВПО Сибирский государственный аэрокосмический университет,
г. Красноярск, Россия

Проведение расчетов теплового и напряженно-деформированного состояния электролизеров требует знания динамики изменения свойств теплоизоляционных и огнеупор-

ных материалов в процессе их службы. При работе электролизеров наблюдается неоднородный износ футеровки и изменение свойств теплоизоляционных материалов вследствие сложных физико-химических процессов, происходящих как на поверхности, так и в объеме футеровки. Это ведет к увеличению тепловых потерь и снижению КПД агрегатов. Для анализа причин снижения эффективности работы электролизеров за счет износа огнеупоров и теплоизоляции катодных устройств в процессе службы требуются статистически достоверные значения теплофизических характеристик.

В настоящее время известны многочисленные методы измерения коэффициента теплопроводности. Стационарные методы основаны на измерении тепловых потоков при фиксированных температурах. Недостатками данного метода являются длительность процедуры измерений и узкий температурный диапазон, а также большие погрешности при определении свойств высокотеплопроводных материалов.

Нестационарные методы основаны на динамике изменения температурного поля объекта при воздействии на него тепловым импульсом. Одним из наиболее перспективных нестационарных методов является метод лазерной вспышки, основным преимуществом которого являются возможность проведения исследования в широких диапазонах изменения температур и коэффициентов теплопроводности. В установке по определению коэффициентов теплопроводности методом лазерной вспышки «LaserFlash LFA457» тепловой поток от лазерного импульса распространяется по цилиндрическому образцу и вызывает изменение температуры на противоположном его основании. Это изменение регистрируется с помощью инфракрасного детектора. На основе полученной зависимости изменения температуры от времени рассчитывается коэффициент температуропроводности, а затем — коэффициент теплопроводности. Обработка результатов измерений производится с учетом влияния фронтальных, боковых тепловых потерь, а также концевых эффектов лазерного импульса (этапы нарастания и спада импульса) на динамику изменения температуры тыльной поверхности образца. Математическая модель составлена для образца, одно из оснований которого, облучаемое вспышками лазера, имеет высокую поглощательную способность. В уста-

новке предусмотрены возможности изменения в широких пределах как скорости нагрева образца так и частоты лазерных импульсов.

Однако, несмотря на преимущества, точность и воспроизводимость результатов, полученных методом лазерной вспышки, зависит от многих факторов (точность размеров образца, скорость нагрева образца, частота вспышек лазера, и т.д.), которые могут быть охарактеризованы как операторные погрешности эксперимента. Влияние этих факторов следует учитывать при проведении серийных исследований теплофизических свойств материалов. В данной работе проводилась оценка степени влияния операторных погрешностей на определение коэффициентов теплопроводности теплоизоляционных вермикулитовых изделий методом лазерной вспышки.

Согласно методике эксперимента, для корректного исследования геометрические параметры образца должны быть идентичны эталону ($d=9,88$ мм и $h=2,5$ мм), а поверхности оснований образца должны быть плоскопараллельными (выкрашивание зерен вермикулита не допускается). Для оценки влияния точности геометрических размеров на результаты измерений теплопроводности исследовались два образца различной высоты 2,5 мм и 3,5 мм. Для каждого образца определялись три значения коэффициента теплопроводности при разных температурах в интервале 20-600°C. Полученные данные подвергались статистической обработке по методу t -критерия Стьюдента. Анализ результатов показал с высокой степенью достоверности, что несоблюдение геометрии образцов в указанных пределах вносит в определение коэффициента теплопроводности погрешность (30-36%), не зависящую от температуры и значительно превышающую инструментальную погрешность самой установки (3%).

С целью повышения достоверности результатов измерений, в установке в течение одного испытания формируется несколько последовательных лазерных импульсов. Период следования импульсов задается оператором. Очевидно, что с увеличением периода следования лазерных импульсов измерения становятся более точными из-за уменьшения взаимного влияния измерений друг на друга. Однако при проведении серийных испытаний период между вспышками приходится сокращать.

Для оценки влияния частоты импульсов на точность измерений были исследованы образцы с временем между вспышками 5 мин и 1 мин. Статистическая обработка результатов измерений показала, что уменьшение периода следования лазерных импульсов с 5 до 1 минуты на образцах вермикулита недопустимо, так как приводит к погрешности до 14%, что существенно превышает инструментальную погрешность установки. Замечено, что с ростом температуры погрешность уменьшается до 0,6% при 600°C.

Для измерения коэффициента теплопроводности при повышенных температурах образцы материала предварительно нагревают в восстановительной среде. Повышение скорости нагрева образца с целью сокращения времени испытания приводит к высокой температурной нестабильности образца при измерении и, как следствие, к увеличению погрешности измерений. Исследование двух образцов с различной скоростью показало, что при снижении скорости нагрева с 5 до 0,5 К/мин температурная нестабильность в процессе измерения снизилась с 0,067 до 0,017 К/с. Результаты статистической обработки полученных данных свидетельствуют о том, что погрешность измерения, вызванная высокой скоростью нагрева, может значительно превышать инструментальную погрешность установки и достигает максимальных значений 20-21% в диапазоне 200-300°C.

Известно, что степень черноты вермикулита меньше единицы, в связи с чем, из-за частичного отражения лазерного пучка в измерениях появляется дополнительная погрешность. Для исследования влияния радиационных свойств на точность получаемых результатов было подготовлено два образца, с покрытием и без покрытия графитизированным слоем поверхности воздействия лазерного пучка. Результат исследования показал, что отсутствие покрытия приводит к получению заниженных значений коэффициентов теплопроводности. Статистическая обработка результатов измерений показывает, что операторная погрешность измерений, возникающая вследствие отклонений в технологии подготовки поверхности образца, значительно превышает инструментальную погрешность установки и достигает максимума 11-15% в среднем интервале температур 200-300°C. Для получения достоверных экс-

периментальных данных образец должен быть подвергнут графитизированному напылению с целью повышения степени черноты поверхности. Эталонный и исследуемый материалы должны покрываться напылением одновременно, чтобы иметь одинаковую толщину слоя графита. Кроме того, поверхности вермикулитовых изделий, имеющих большое количество открытых пор, должны перед напылением обрабатываться специальной пастой на основе карбида кремния.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод о том, что операторная погрешность при определении коэффициента теплопроводности вермикулита, возникающая вследствие некачественной подготовки образцов и неверного выбора режимов работы установки «LaserFlash LFA 457» может значительно превышать инструментальную погрешность измерений. Для минимизации операторной погрешности до уровня инструментальной при измерении коэффициента теплопроводности вермикулитовых изделий на установке «LaserFlash LFA 457» необходимо выполнять следующие требования:

- допустимое отклонение высоты образца от значений, рекомендованных инструкцией по эксплуатации установки не должно превышать $\pm 0,08$ мм;
- период времени между лазерными вспышками в одном эксперименте должен составлять не менее 4 мин;
- скорость нагрева образцов не должна превышать значения 1,24 К/мин;
- обязательной процедурой подготовки образцов является графитовое напыление поверхности воздействия лазерного пучка.

Список литературы

1. Крылов Б.В., Жужи С.И. Огнеупоры и футеровки, 1976. — С. 416.
2. Пивинский Ю.Е. Неформованные изделия — справочное издание. В 2-х томах. Т. 1. Книга 1. Общие вопросы технологии, 2003. — с. 448.
3. Юрков А.Л. Огнеупоры и углеродные материалы для алюминиевой промышленности. Красноярск: Бона компания, 2005.
4. Дубенецкий К.Н., Пожнин А.П. Вермикулит, свойства и применение. — Л.: Изд-во литературы по строительству, 1971. — С. 41-71, 143-157.

5. Саркисов Р.Б. Вермикулито-керамические изделия // Строительные материалы. — 1966. — №10. — С. 12-14.

6. Саркисов Р.Б. Исследование технологических факторов получения керамического теплоизоляционного материала на основе вермикулита // Автореферат диссертации. — М.: Издательство МИСИ, 1967.

7. J. Blumm. Measuring Thermal Conductivity // Ceramic Industry, June 2002. — P. 53-59.

8. J. Blumm, J. Opfermann. Improvement of the mathematical modeling of flash measurements // High Temperatures — High Pressures, vol. 34, 2002. — P. 515-521.

Материалы Международной научной конференции «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ»

(Париж (Франция) 15-22 октября 2010 г.)

Медико-биологические науки

ВЛИЯНИЕ ФЕНИБУТА НА КЛЕТОЧНОЕ И ГУМОРАЛЬНОЕ ЗВЕНЬЯ ИММУНОГЕНЕЗА В УСЛОВИЯХ СОЦИАЛЬНОГО СТРЕССА

**Кулешевская Н.Р.,
Самотруева М.А., Тюренков И.Н.,
Теплый Д.Л., Кушниренко Е.А.,
Бахтиярова С.А.**

*Астраханская государственная
медицинская академия,
Волгоградский государственный
медицинский университет,
Астраханский государственный
университет,
Негосударственное учреждение
здравоохранения «Медико-санитарная
часть»*

В последние годы актуальными являются междисциплинарные исследования принципов психонейроиммуномодуляции в терапии социально значимого психического расстройства — депрессии. В связи с чем поиск средств коррекции нарушений гомеостаза, в том числе среди препаратов влияющих на функции ЦНС, является вполне оправданным. В данной работе мы провели изучение иммуномодулирующей активности фенибута на модели социального стресса.

Исследование выполнено на 60 крысах-самцах линии Wistar 5-6 мес. возраста. Патологическое состояние у животных формировали путем хронического социального конфликта. В результате были получены агрессоры и жертвы с ежедневным опытом побед и поражений в 20-ти межсамцовых конфронтациях. Контролем 1 служили интактные самцы, рассажены по одному в аналогичные клетки на 5 дней и получавшие внутрибрюшинно физиологический раствор. В контроле 2 использованы крысы с экспериментальной моделью депрессии. Опытная группа представлена животными с депрессией, получавшие внутрибрюшинно фенибут в дозе 25 мг/кг в течение 10 дней. Изучение влияния вещества на иммунный ответ осуществляли на основе реакции прямой гемагглютинации (РПГА), и реакции гиперчувствительности замедленного типа (РГЗТ). Установлено, что межсамцовые конфронтации в течение 20 дней способствовали подавлению клеточно-опосредованной РГЗТ и снижению образования антиэритроцитарных антител в РПГА более чем на 20% по сравнению с интактными животными. Фенибут, применяемый в опытных группах, проявил себя как эффективный иммунокорректор, восстанавливая процесс антителообразования и клеточную реакцию иммуногенеза, что свидетельствует о наличии у препарата психоиммуномодулирующих свойств.