

увеличить плотность (относительную плотность) образцов до 3,92 (98 %) (или 3,86 г/см³ (96,7 %) при температуре спекания 1550⁰С, время выдержки 2 ч). Оптимальными физико-механическими свойствами обладали образцы М1+1 %Mn₂O₃ и М1+ 1 % TiO₂, спеченные при температуре 1550 ⁰С, 2ч.

Анализ микроструктуры образцов на основе порошков ГН и М1 показал, что температуры спекания 1580⁰С недостаточно для получения высокой плотности первых образцов. Пористость у них достаточно высокая (~15 – 20 %), размер пор – до 3 мкм, кристаллиты от 1,5 до 3 мкм и более. Легирующие добавки (Mn₂O₃ и TiO₂) до 1масс. % не позволяли на много повысить относительную плотность (до 88-90 %). Поэтому материал на основе порошка ГН не может использоваться в качестве изоляционных втулок блоков источников питания сварочных аппаратов (высокая пористость существенно снижает пробивное напряжение, особенно при работе во влажной атмосфере).

Материал на основе порошка М1 даже без легирующих добавок получился однородным (размер кристаллитов ~ 1мкм) и плотным ($\rho_{отн.} \sim 91 \%$). Легирующие добавки (Mn₂O₃ и TiO₂) приводили к повышению плотности до 96-98 %. Причем последняя добавка приводила к лучшей спекаемости и лучшему сцеплению кристаллитов. Этот материал и был выбран в качестве изоляторов блоков питания сварочных аппаратов.

Для экспериментальных образцов, содержащих добавку 1% Mn₂O₃, полученных после спекания при 1550 ⁰С, 2ч., твердость по Роквеллу составляла 92 НРА, микротвердость – 18090 МПа, предел прочности при сжатии – 1250 МПа, коэффициент вязкости разрушения – 4,58 МПа х м^{1/2}. Образцы с добавкой 1 масс. % TiO₂, полученные по тем же режимам, имели твердость по Роквеллу ~ 92 НРА, микротвердость – 19130 МПа, предел прочности при сжатии ~850 МПа и коэффициент вязкости разрушения ~ 4,64 МПа х м^{1/2}.

На основании проведенных исследований были изготовлены и переданы изоляционные керамические втулки различного типоразмера для блоков питания сварочных аппаратов, производимых ОАО "ЭНЭФ-завод".

УДК 631.171

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ТЕПЛИЦ ЧЕТВЕРТОГО И ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЙ

Якубовская Е.С., Щербак В.И., студент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В настоящее время наиболее распространены многопролетные блочные теплицы типа Venlo [1, с.11], представляющее собой сложное инженерное сооружение из стали, алюминия и стекла. Они относятся к четвертому поколению теплиц. Основой теплицы являются стальные несущие конструкции (ширина пролета – 8,0, 9,6 или 10м, высота колонн – 5,5, 5,8, 6,4, 7м, шаг колонн – 4, 4,5, 5м). Благоприятные условия для роста растений в таких теплицах поддерживаются за счет следующих инженерно-технических систем: отопления, вентиляции, испарительного охлаждения, зашторивания, досвечивания, капельного полива и внесения удобрений, подкормки углекислым газом. Однако поскольку тепло в теплицах Venlo уходит через боковое остекление и форточки на крыше, то имеется повышенный расход тепла и электроэнергии. Также наблюдается биологическая незащищенность: вредители, споры, грибки попадают через фрамуги в теплицу.

Снять данные проблемы позволяет использование теплиц 5-го поколения Ultra Clima. Благодаря зоне активного климата с жалюзи (с антимоскитной сеткой для предотвращения попадания насекомых) и клапаном смешивания воздуха, расположенного с торца теплицы обеспечивается точное поддержание температуры воздуха (1-2 °С). В теплицах UltraClima теплый воздух, поднимающийся вверх, отбирается вентиляторами и снова подается на отопление по пластиковым рукавам, расположенным под каждой грядкой. Это позволяет экономить затраты на отопление (за счет вторичного использования тепловой энергии). Теплица в любой период

Литература

1. Аутко, А.А. В мире тепличного производства : 2-е издание / А.А. Аутко, Д.Л. Вольфсон. – Минск : Колорград, 2017. – 449 с.
2. Теплицы 5-го поколения Active Climate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nivagreenhouse.ru/%D1%80%D1%83%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9/%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8B-5-%D0%B3%D0%BE-%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-active-climate/>. – Дата доступа: 20.01.2024.

УДК 004.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СВЧ-КАМЕРАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ СУШКИ МАТЕРИАЛОВ

Матвеев¹ В.В., к.ф.-м.н., доцент, **Матвеев² И.П.**, к.т.н., доцент

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Энергия электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ) позволяет ускорить процессы сушки различных материалов. Это связано с тем, что СВЧ-энергию можно подвести непосредственно внутрь высушиваемого материала. Градиент давления пара, который создается внутри материала, резко ускоряет процесс сушки за счет выдавливания влаги из внутренних областей материала на его поверхность к границе, где наиболее эффективны конвективные процессы сушки.

Использование СВЧ-поля позволяет, по сравнению с классическими вариантами, увеличить производительность сушки (зерна, древесины и т.д.), получить более равномерную просушку по всей толщине слоя, а также уменьшить энергозатраты.

Основные полезные особенности СВЧ-нагрева – высокая степень поглощения энергии влажных материалов и соответственно скорость роста температуры, бесконтактный избирательный нагрев неоднородных материалов (по мере высушивания определенных участков нагрев в них автоматически уменьшается), большой КПД, отсутствие инерции в подводе мощности и простота автоматизации процесса. Эти преимущества предопределяют необходимость создания промышленных установок для СВЧ-обработки и сушки материалов.

При этом важно не только выявить оптимальную конструкцию СВЧ-камеры, но и оптимальные параметры электромагнитного поля.

Расчеты проводились путем математического моделирования с использованием пакета PDE Modeler.

Было исследовано три варианта конструкций СВЧ-камер:

- вариант 1: рупор, излучающий в свободное пространство;
- вариант 2: рупор нагружен на поглощающий диэлектрик;
- вариант 3: резонансная камера с диэлектрической поглощающей вставкой.

Уравнения для расчетной области представлены уравнением Максвелла в виде [1]:

$$\nabla \times \vec{H} = J + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}; \quad \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}.$$

Учитывая соотношения $\vec{D} = \epsilon_a \vec{E}$, $\vec{B} = \mu_a \vec{H}$ и $\vec{J} = \sigma \vec{E}$ получим:

$$\nabla \times \vec{H} = \sigma \vec{E} + \epsilon_a \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}; \quad \nabla \times \vec{E} = -\mu_a \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}.$$

Моделирование показало, что в первом варианте из-за возбуждения высших мод интенсивность ВЧ-поля на краях вдвое превосходит интенсивность в средней области.

Во втором варианте обеспечение равномерного прогрева возможно в конвейерном варианте конструкции технологической установки.