

Система автоматического управления линией должна обеспечивать контроль уровня по емкостям и резервуарам (датчики LS), точное поддержание температуры нагрева молока, пастеризации, температуры горячей и охлаждающей воды в пастеризационной установке (датчики температуры TE), также поддерживать жирность молока в потоке при нормализации (датчик DE) со стабилизацией частоты вращения привода сепаратора по загрузке (с помощью преобразователя частоты, дозировать витамин С с одновременным перемешиванием, обеспечивать согласованную работу оборудования с правилами включения/отключения поточной линии.

В качестве устройства управления необходимо использовать контроллер с панелью оператора, так как алгоритм поддержания параметров сложный. Точное поддержание температуры пастеризации требует использования программного ПИД-регулятора с функцией самонастройки при установленных начальных параметрах оптимизированной системы. Это в свою очередь требует провести моделирование работы системы регулирования.

Таким образом, система автоматического управления линией производства витаминизированного молока должна точно поддерживать технологические параметры, обеспечивать оптимальную загрузку линии с помощью насоса-дозатора с регулируемым приводом, обеспечивать плавный пуск двигателей гомогенизатора и сепаратора, обеспечивать точное дозирование витамина С.

### Литература

1. Технология молочных продуктов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://milk-industry.ru/tehnologiya-molochnyh-produktov/192-moloko-vitaminizirovannoe.html>. - Дата доступа: 10.09.2024.

УДК 621.791:621.762

### **КЕРАМИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Шевченко А.А.**, к.т.н., доцент, **Королевич М.В.**, д.ф.-м.н., профессор,  
**Болодон В.Н.**, к.б.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Стабильность работы выпрямительных устройств общехозяйственного назначения, используемых в подвижном рельсовом транспорте, гальванических ваннах электролиза и сварочных аппаратах, где применяются большие токи, во многом определяется типом и качеством используемых электроизолирующих материалов. В таких устройствах, с целью облегчения управления сварочным током и, соответственно, упрощения переключения режимов работы, широко используются неуправляемые (диодные), полууправляемые (диодно-тиристорные) и управляемые (тиристорные) блоки питания на токи от 10А до 10 кА, напряжением до 1000 В, частотой до 30 кГц. Такие блоки представляют собой сборки из нескольких охлаждаемых алюминиевых пластин с диодными модулями, соединенными вместе с помощью стяжек – болтов, шайб, гаек и изолирующих прокладок. В один такой блок входит около 40 штук втулок–изоляторов нескольких типоразмеров. В связи с этим к используемым втулкам - изоляторам предъявляются достаточно жесткие требования как по габаритам, так и по техническим требованиям. В частности, поскольку сварочные агрегаты работают во влажной атмосфере, керамические втулки-изоляторы должны обладать минимальной пористостью (не более 5%), высокой электрической прочностью (пробивным напряжением), не менее 10 кВ/мм, и высокой термостойкостью ( $\geq 400$  °С). Одним из важнейших компонентов таких блоков, наряду с диодами и тиристорами, является терморектопласт, выполняющий изоляционные функции. Однако производство последнего компонента является достаточно вредным, поскольку в его состав входят эпоксидные и

фенолформальдегидные смолы. В то же время блоки источников питания сварочных аппаратов, изготовленные с применением терморектопластов, не всегда удовлетворяют потребителей, вследствие низкой термической стойкости терморектопластов в жестких условиях работы оборудования, изменения линейных размеров, нарушения электрического контакта и пробоя при повышенных температурах. Использование в качестве изоляторов традиционных фарфоровых, стеклокристаллических материалов и даже некоторых видов глиноземистых керамик в условиях термоциклирования, комплекса высоких тепловых, механических и электрических нагрузок современного оборудования, часто приводит к недопустимому появлению микротрещин, нарушению целостности изделия и выходу из строя изоляторов при эксплуатации.

Наиболее подходящим материалом для таких целей является высокоплотная оксидная керамика на основе  $Al_2O_3$  (корундовая либо кордиеритовая), обладающая высокими механическими и электроизоляционными свойствами, а также высокой стойкостью к термоударам. Выпуском изделий такого назначения занимается ряд ведущих фирм Германии, Италии, Австрии, США и Японии и России. Однако цена таких керамических материалов достаточно высока, для их закупки требуется валюта. Производства высокопрочных термостойких изоляционных керамических материалов указанного выше назначения в настоящее время в Республике Беларусь не существует. В связи с этим целью данной работы является разработка и исследование высокопрочного термостойкого керамического материала на основе  $Al_2O_3$  с высоким уровнем физико-механических и электрофизических свойств для производства из него керамических втулок для блоков питания сварочных аппаратов.

Для разработки термостойкого материала в качестве основы композиции были использованы технический глинозем марки ГН по ГОСТ 30559-98 и микрошлифпорошок зернистости М1 марки 25 А (ТУ 3988-005-00658716-2000). В качестве легирующих добавок исследовались  $TiO_2$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $MgO$  и  $SiO_2$ , концентрацию которых варьировали от 0 до 5 масс. %. Композиции смешивали в лопастном смесителе, гранулировали, прессовали и спекали в камерной лабораторной электропечи сопротивления в воздушной атмосфере в интервале температур 1400 – 1600 °С с выдержкой 2 ч. Измерение электрической прочности и диэлектрической проницаемости проводили по ГОСТ 24409-80 на образцах с нанесенными серебряными контактами. Измеренное значение пробивного напряжения по указанным выше методикам экспериментальных образцов втулок из материала на основе порошка  $Al_2O_3$  марки М1 с добавкой 1 масс. %  $TiO_2$  находилось в пределах 10-18 кВ/мм, диэлектрической проницаемости 8-10 и удельного электросопротивления более  $10^8$  Ом·см. Поскольку сварочные агрегаты достаточно часто работают при жестких климатических условиях от – 40 до + 50 °С, прикладываемые токи от 10 А до 10 кА, напряжение 1000 В, частота до 30 кГц для определения термической стойкости нами использовался метод, используемый на предприятиях – производителях сварочной аппаратуры. Метод основывался на неоднократном нагревании блоков с керамическими втулками до температуры 150-180 °С и погружении их в воду с температурой 0-5 °С до появления на образцах первых визуально заметных трещин. Для более точного обнаружения трещин образцы после подсушки прокрашивали в спиртовом растворе фуксина. Результат испытаний выражали количеством циклов, выдержанных образцом, до появления на нем видимых невооруженным глазом трещин. По результатам испытаний керамические втулки из разработанного материала выдерживали более 500 циклов.

Проведены исследования по влиянию температуры спекания и типа легирующей добавки на микроструктуру и некоторые физико-механические свойства образцов. Анализ показал, что плотность (относительная плотность) экспериментальных образцов, спеченных из исходных порошков  $Al_2O_3$  без добавок при 1550 °С, 2 ч не превышала, соответственно, 3,46 (86 %) и 3,62 г/см<sup>3</sup> (91 %), для ГН и М1. С ростом температуры спекания до 1600 °С плотность образца из микронного порошка марки М1 возрастала до 3,80 г/см<sup>3</sup> (~ 95,3 %). Использование легирующих добавок 1 масс. %  $TiO_2$  (или 1 масс. %  $Mn_2O_3$ ) позволило

увеличить плотность (относительную плотность) образцов до 3,92 (98 %) (или 3,86 г/см<sup>3</sup> (96,7 %) при температуре спекания 1550<sup>0</sup>С, время выдержки 2 ч). Оптимальными физико-механическими свойствами обладали образцы М1+1 %Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и М1+ 1 % TiO<sub>2</sub>, спеченные при температуре 1550 <sup>0</sup>С, 2ч.

Анализ микроструктуры образцов на основе порошков ГН и М1 показал, что температуры спекания 1580<sup>0</sup>С 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 (Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и TiO<sub>2</sub>) 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 ( $\rho_{\text{отн.}} \sim 91\%$ ). Легирующие добавки (Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и TiO<sub>2</sub>) 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% Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, полученных после спекания при 1550 <sup>0</sup>С, 2ч., твердость по Роквеллу составляла 92 НРА, микротвердость – 18090 МПа, предел прочности при сжатии – 1250 МПа, коэффициент вязкости разрушения – 4,58 МПа х м<sup>1/2</sup>. Образцы с добавкой 1 масс. % TiO<sub>2</sub>, 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<sup>1/2</sup>.

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