

**Диагностика состояния футеровки индукционных тигельных печей**

Студенты гр.: 10405120 - Форнель А.Д.;

гр. 10405119 - Дайлид Е.С., Бусел А.А.

Научные руководители - Немененок Б. М., Румянцева Г. А.

Белорусский национальный технический университет

Футеровка имеет важное значение в обеспечении эффективной работы индукционных тигельных печей. Для ее изготовления применяют как огнеупорные материалы с огнеупорностью не менее 1500 °С, так и материалы с меньшей огнеупорностью. Для уменьшения потерь теплоты через футеровку применяют теплоизоляционные материалы.

Основными причинами выхода из строя футеровки печей для плавки алюминия являются механические повреждения, абразивный износ от воздействия твердой шихты при загрузке и инструмента при чистке печей, эрозия от размывающего действия потока жидкого металла при циркуляции, растрескивание вследствие термических ударов, инфильтрация или проникновение металла, химическое взаимодействие с алюминием и флюсами, а также рост настывшей корунда из-за взаимодействия расплава с кремнеземом и окисляющей средой. Как правило, стараются выполнить футеровку в виде многослойной конструкции с рабочим слоем, способным сопротивляться любым видам воздействий, и с внутренним теплоизоляционным слоем, позволяющим установить требуемый температурный градиент по толщине футеровки. При этом толщины всех слоев выбирают с учетом теплопроводности материалов таким образом, чтобы при работе печи изотерма 658 °С находилась в рабочем слое на глубине, равной 2/3 его толщины, или, в крайнем случае, на его границе с запорным слоем. Тогда кристаллизация проникшего внутрь футеровки металла предотвратит его дальнейшее продвижение к корпусу печи.

Применительно к индукционным тигельным печам проблематично изготовление многослойного набивного тигля. Поэтому необходима установка в футеровке специальных датчиков, позволяющих получать информацию о изменении температуры по сечению футеровки. Фирма SAVEWAY предлагает способ непрерывного измерения остаточной толщины стенок из огнеупорного материала, основанный на нелинейной зависимости электрического сопротивления огнеупорного материала от температуры.

С увеличением износа футеровки расплав перемещается в сторону размещения датчиков, которые также называются электродными пластинами. Вследствие этого увеличивается температура огнеупорного материала, находящегося перед датчиками, и его удельное электрическое сопротивление экспоненциально понижается. Для измерительного тока, поданного через электроды датчиков, это означает, что он течет от одного электрода через огнеупорный материал до расплава и оттуда обратно к другому электроду. Незначительная часть измерительного тока течет напрямую в огнеупорном материале от электрода к электроду. Эта часть с уменьшением толщины стенки уменьшается в сторону нуля, а общий измерительный ток значительно увеличивается.

Система обеспечивает непрерывную визуализацию состояния футеровки. При этом измеряется остаточная толщина стенок на основании видимого и невидимого износа любого вида, такого как эрозия, инфильтрация, трещины или козырьки металла. С другой стороны, надежно распознается влага вследствие утечек с индуктора, перегрева расплава и процесс высушивания при спекании. Для представления износа огнеупорная футеровка делится на сегменты по окружности, а толщина стенки для каждого сегмента разделяется на 16 уровней.

Критические для эксплуатации печи состояния выводятся в качестве дополнительных визуальных сообщений («Предупреждение», «Критический износ») на блоке управления и визуализации. Периодическое самодиагностирование измерительной системы распознает воз-

можное прерывание линии, а также неполадки электронного оборудования и датчиков. Индикация производится в непрерывном режиме и отличается надежностью. На рисунке 1 приведена информация системы SAVEWAY о состоянии износа футеровки в индукционной тигельной печи, а на рисунке 2 представлен вариант демонстрации состояния износа.

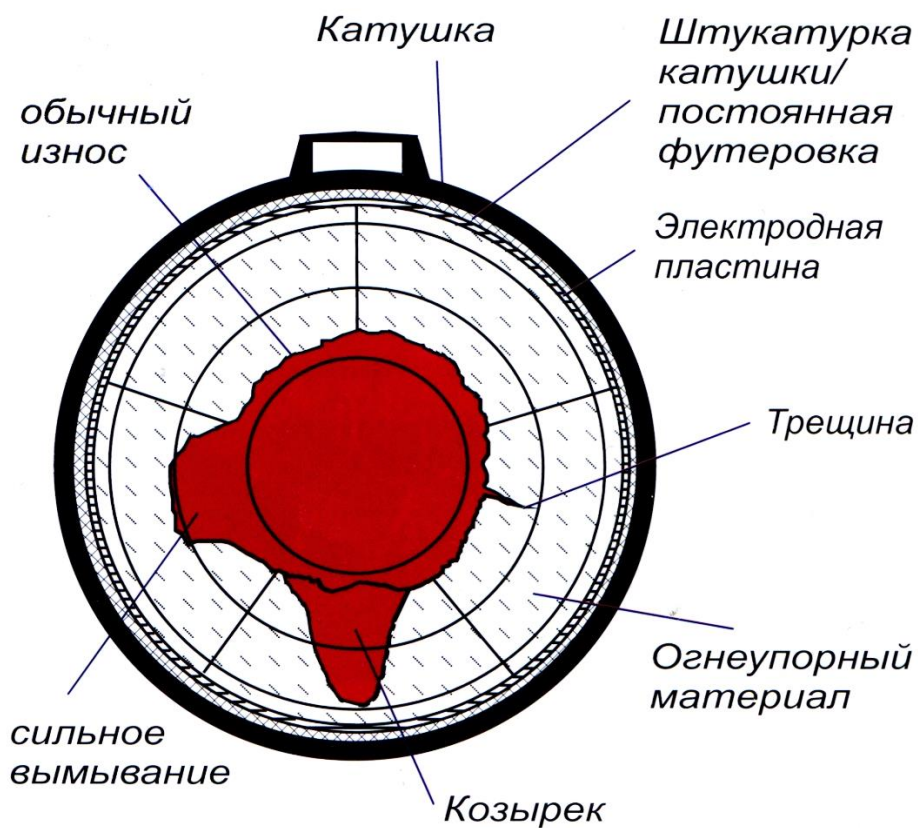


Рисунок 1 – Различные состояния износа в индукционной тигельной печи

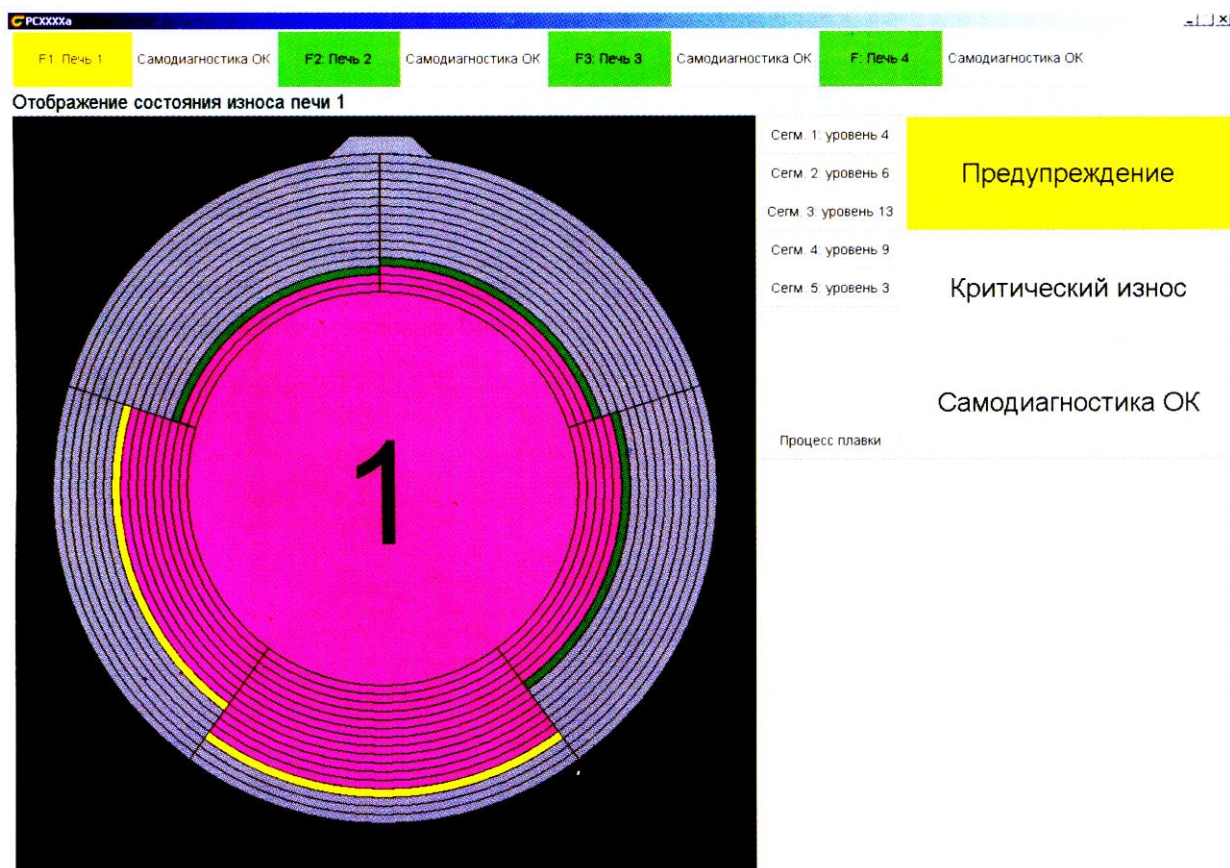


Рисунок 2 – Представление состояния износа на мониторе

На приведенном рисунке 2 на экране SAVEWAY показана ситуация с износом, которая отображена на рисунке 1. Пять смонтированных по окружности тигля электродных пластин (отдельные измерительные сегменты) позволяют получить подробную картину износа.