

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МИКСЕРАХ И ВНЕПЕЧНЫХ УСТАНОВКАХ

Михайлов К. А.

научный руководитель канд. техн. наук Михайлов Д. А.

Сибирский федеральный университет

В последнее время основными металлургическими предприятиями алюминиевой промышленности предъявляются все более высокие требования к энергетической эффективности и эксплуатационной надежности систем нагрева установок рафинирования и фильтрации сплавов на основе алюминия, а также электрических миксеров. Поэтому основными задачами при разработке систем нагрева новых конструкций являются повышение надежности и энергетической эффективности электронагревателей сопротивления.

Электронагреватели электрических миксеров, установок фильтрации и рафинирования отечественных предприятий представлены подвесными ленточными или стержневыми нагревательными элементами, которые размещаются в защитных трубах или располагаются над расплавом открыто. В нагревательных элементах такой конструкции проводниками являются или ленточный провод из высокоомных сплавов (нихром Х20Н80-Н, ХН70Ю и др.), или сплавы сопротивления. В процессе эксплуатации такие электронагреватели подвергаются воздействию агрессивной рабочей среды (брызги и всплесы расплава) на стадии рафинирования, в результате чего на их поверхности образуется слой отложений (рис. 1).



Рис. 1. Вид на подвесные ленточные электронагреватели Х20Н80-Н: а) в начале эксплуатации; б) вид поврежденного электронагревателя (фрагмент)

В ходе эксплуатации тепловое сопротивление между поверхностью расплава и нагревательными элементами возрастает, что ведет к увеличению скорости окисления нагревательных элементов, росту температуры и значительному снижению эксплуатационного срока. В результате многолетних исследований (1976-2011гг.) и анализа статистических данных (более 200 единиц электронагревателей различных типоразмеров) были выявлены основные факторы, которые влияют на срок службы и тепловую эффективность электронагревателей:

- ✓ Брызги расплава алюминия.
- ✓ Химическая коррозия компонентами флюса (элементы *P, K, Na, Cl, F*).
- ✓ Воздействие теплового удара на керамические части в момент включения.
- ✓ Перегрев защитных труб при снижении теплоотдачи (загрязнение поверхности).
- ✓ Механические повреждения.

На сегодняшний день в некоторых электрических миксерах и внепечных установках для повышения качества алюминиевых сплавов применяются подвесные трубчатые электронагреватели фирмы Kanthal, которые состоят из защитных труб Kanthal АРМ (Fe-22%, Al-6%) и нагревательных элементов Kanthal Tubothal. Основным недостатком таких электронагревателей являются низкая механическая прочность и склонность к насыщению элементами *N, K, Na, Cl, F, Cu, Mn* и *Mg* материала трубы (рис. 2).

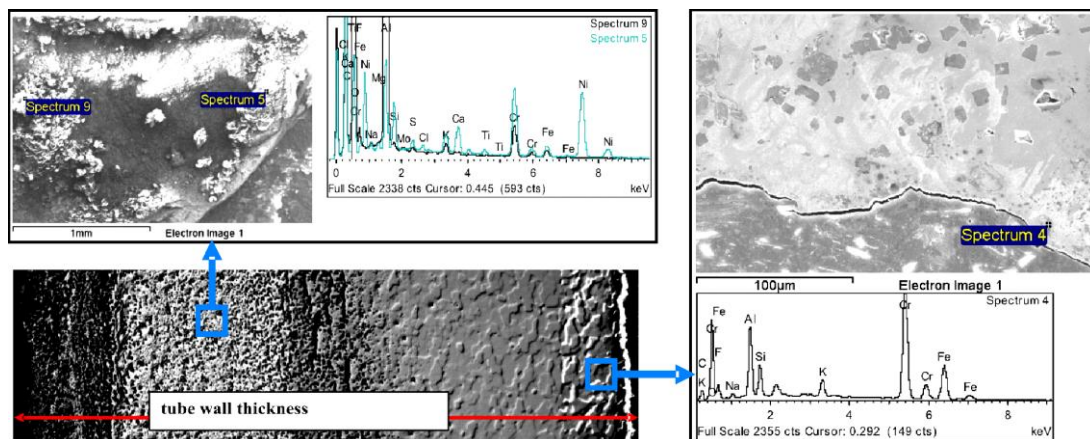


Рис. 2. EDS-анализ поперечного разреза защитной трубы. Наличие элементов *K, Na, Ca, F, P, Mn, V* и *Si* в структуре поверхностного слоя.

Анализ причин выхода из строя данных электронагревателей показал, что защитные трубы наиболее склонны к газовой коррозии при поддержании рабочей температуры в диапазоне (850-900) °С, а к механической деформации – в момент перехода материала через границу хладотвердости (850-870) °С. Проведенный анализ условий эксплуатации электронагревателей на ООО «РУСАЛ - Красноярск» и ООО «РУСАЛ - Саяногорск» в 2008-2010 гг. показал, что применяемые для защиты нагревательных элементов металлические трубы в наибольшей мере склонны к деформации и зарастанию при приготовлении алюминиевых сплавов с использованием флюсов. Очевидно, что применение дорогостоящих нагревательных элементов не является гарантией существенного увеличения срока эксплуатации электронагревателей.

Одним из наиболее перспективных путей повышение надежности электронагревателя является выполнение проводников нагревательных элементов из многокомпонентных сплавов, которые должны содержать в своем составе элементы *Y, La, Ce, Zr, Ti, Si* (GS23-5 и др.). В отличие от нихрома, такие сплавы обладают повышенной химической стойкостью, которая обусловлена образованием пленки оксида алюминия Al_2O_3 на поверхности проводника при температуре более 780 °С. Данное свойство и относительно низкая себестоимость многокомпонентных сплавов предопределили базовую концепцию конструкции нагревательных элементов повышенной надежности для электрических миксеров и внепечного оборудования.

Выводы:

1. Исключение газовой коррозии электронагревателей возможно при изготовлении защитных труб из металлов с высокой химической стойкостью (стойких к воздействию *P, K, Na, Cl, F, Cu, Ni, Mn* и *Mg*, брызг алюминия), повышенной жаропрочностью, термической стойкостью и хладотвердостью.
2. Повышение химической стойкости возможно за счет изготовления провода нагревательных элементов из многокомпонентных сплавов типа GS23-5.