

УДК 621.791

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТЕРМОПАР ХРОМЕЛЬ–АЛЮМЕЛЬ

Р. Б. ЭКСУЗЬЯН, А. Н. ГУБАЙДУЛЛИН

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева-КАИ
Казань, Россия

В 1821 г. Т. Й. Зеебек, германский ученый, родившийся в Таллине, обнаружил, что при соединении двух металлов с разной температурой в замкнутой электрической цепи возникает электрический ток. Изменение разницы температур также изменяет направление тока. Термопара – это устройство, использующее термоэлектрический эффект для измерения температуры. ТермоЭДС возникает из-за различия в температуре соединений различных металлов и сплавов.

В научных исследованиях и промышленности широко применяется термопреобразователь типа ТХА (хромель-алюмелевый, тип К) – это один из самых распространённых термоэлектрических преобразователей. Он используется для измерения температур до 1100 °С при длительной эксплуатации и до 1300 °С при кратковременном воздействии в окислительных и инертных средах. Печи, нагревательные установки и энергосиловое оборудование – лишь некоторые из областей, где данный термопреобразователь находит своё применение [1].

Термопара ТХА обладает практически линейной статической характеристикой и имеет дифференциальную термоЭДС величиной около 40 мкВ/°С по всему диапазону измеряемых температур. Один из главных плюсов данной термопары среди прочих моделей, изготовленных из нобельных металлов, заключается в её высокой степени устойчивости к окислению при повышенных температурах. При температурах ниже 850 °С долговечность термопар ограничивается исключительно дрейфом термоЭДС, т. к. термостойкие свойства хромеля и алюмеля обеспечивают возможность использовать их в течение многих тысяч часов [2].

В процессе производства и эксплуатации термопар возникают разнообразные трудности, такие как несоответствие химического состава термоэлектродов, нарушение технологических стандартов производства и неустойчивость формирования термоЭДС. Эти факторы способны вызвать неполное слияние области контакта термоэлектродов и снизить точность измерения температуры.

При превышении уровня серы в сплаве (более 0,005 %) на поверхности термоэлектродов образуется пленка серного оксида, которая мешает их слиянию во время сварки.

Для обеспечения прочного соединения никеля и его сплавов необходимо тщательно очищать кромки и области шириной 20...25 мм механическим способом, чтобы удалить налёт, содержащий серу. После этого поверхность дополнительно обезжиривают при помощи ацетона, уайт-спирита или бензина. В некоторых случаях, в частности при наличии окисной плёнки, может быть рекомендовано химическое травление. Для этого производится обработка металла в растворе, содержащем 1 л H_2O , 1,5 л H_2SO_4 , 2,25 л HNO_3 , 30 г $NaCl$, с выдержкой металла в растворе 5...10 с [3].

Для обеспечения стабильности термоэлектрических свойств термоэлектродов из сплава хромелево-алюмелевого важно провести процедуры промывки водой, нейтрализации аммиаком и сушки. Изучение процесса показывает, что с течением времени термоЭДС электродов изменяется, что может привести к неточным данным о температуре при длительном использовании. Это подчеркивает необходимость улучшения термоэлектрической стабильности. Определено, что этот процесс преимущественно зависит от термической обработки. Для улучшения стабильности следует провести отжиг хромелевого электрода при температуре 700 °С...750 °С и алюмелевого – при 900 °С...1000 °С.

Для улучшения стабильности термоЭДС хромель-алюмелевых термопар, специальная формула определяет время проведения дополнительного отжига при температуре 0,4 °С...0,45 °С от температуры плавления материала покрытия. Покрытие наносится на поверхность электродов методом термического испарения в вакууме, что после проведения отжига значительно улучшает характеристики термопар [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Каржавин, А. В.** Термоэлектрическая термометрия. Основы, проблемы, развитие / А. В. Каржавин, А. А. Улановский // Мир измерений. – 2002. – № 1.
2. Термоэлектрические преобразователи температуры. Теория, практика, развитие / А. В. Белевцев, А. В. Каржавин, А. А. Улановский [и др.] // В записную книжку инженера. – 2003.
3. **Мартемьянов, Д. Б.** Применяемые материалы для изготовления термопар / Д. Б. Мартемьянов, С. К. Крутько // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. – 2015. – № 1.
4. **Хомлянский, В. А.** Способ обработки электродов хромель-алюмелевой термопары // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность / В. А. Хомлянский. – 2007. – № 3.