

Данное изобретение относится к области электротермии, в частности, к нагревателям высокотемпературных электропечей сопротивления с окислительной атмосферой.

Известны (Kanthal Super Handbook, 2 nd. ed Kanthal Furnace Products. Örebro, 1986) работоспособные на воздухе до 1800°C нагреватели формы "КАНТАЛ" (Швеция), изготавливаемые из металлокерамики, основной составляющей которой является дисилицид молибдена. Аналогичные нагреватели выпускаются также фирмами Германии и Армении. Они получили широкое распространение как эффективное средство высокотемпературного нагрева в окислительных атмосферах.

Вместе с тем, сплошные дисилицидные нагреватели не лишены ряда недостатков, характерных для неметаллических материалов. Это - хрупкость, невысокие жаропрочность и термостойкость, а также ограниченность возможных конфигураций.

Хрупкость исключает малейшие деформации в процессе монтажа нагревателей в печах, требует особых предосторожностей при транспортировке и в обращении. Из-за недостаточной жаропрочности для работы при температурах выше 1600°C нагреватели должны быть выполнены в форме латинской буквы U и располагаться в печи только вертикально. Чувствительность к тепловым ударам и циклированию обуславливает эксплуатацию электропечей в непрерывном режиме с минимальным числом выключений, что ведет к большому непроизводительному расходу электроэнергии. Весьма ограниченный ассортимент конфигураций, обусловленный изготовлением нагревателей методами порошковой металлургии, сужает возможности конструкторов электропечей.

В значительной степени лишены перечисленных недостатков нагреватели из молибдена с дисилицидным диффузионным жаростойким покрытием [1, 2], выполненные в виде стержней и спиралей. Они обладают высокими жаропрочностью и термостойкостью, гораздо менее чувствительны к деформациям, могут быть изготовлены в широком ассортименте конфигураций. Максимальная рабочая температура нагревателей составляет 1850°C. Нагреватели из силицированного молибдена нашли практическое применение, в т.ч. в электронной промышленности.

Наиболее серьезным недостатком нагревателей этого типа является необходимость обеспечивать принудительное охлаждение токоподводов электропечей проточной водой. Это обуславливает снижение КПД и надежности печей, непроизводительные затраты электроэнергии, усложнение конструкции токоподводов и самих печей.

В основу изобретения поставлена задача создать такой нагреватель, в котором за счет снижения энергопотерь на выводах можно было бы сделать их воднеохлаждаемыми, что позволит экономить электроэнергию, повысит КПД и надежность работы электропечей, а также упростит их конструкцию.

Для решения указанной задачи предлагается выполнить нагреватель составным из рабочей

части и двух выводов, прочно соединенных между собой, причем места соединения снабжены дополнительным токопроводящим защитным покрытием, а отношение электропроводности одного вывода к рабочей части

$\frac{S_{в.}}{\rho_{в.} \cdot L_{в.}} : \frac{S_{р.ч.}}{\rho_{р.ч.} \cdot L_{р.ч.}}$ находится в пределах от 2,8 до 6,2, где $S_{в.}$, $S_{р.ч.}$ - площадь сечения выводов и рабочей части в см², соответственно;

$\rho_{в.}$, $\rho_{р.ч.}$ - удельное сопротивление выводов и рабочей части в Ом см, соответственно;

$L_{в.}$, $L_{р.ч.}$ - длина выводов и рабочей части в см, соответственно.

Такое выполнение нагревателя позволяет существенно снизить выделяющуюся на выводах тепловую энергию и в сочетании с эффектом теплопередачи от вывода нагревателя к токоподводу печи позволяет значительно облегчить тепловые условия работы последнего и отказаться от водяного охлаждения.

Проведенными экспериментами установлено, что при удовлетворении заявляемого условия обеспечивается такое снижение температуры разогрева выводов (при заданной температуре рабочей части), которое позволяет использовать в печи даже медные токоподводы с развитой поверхностью без охлаждения их водой.

Наиболее простым вариантом достижения указанного соотношения электропроводности является варьирование площадей поперечного сечения рабочей части и выводов при изготовлении их из одного и того же материала. Так, при использовании в качестве материала для нагревателя стержней из молибдена с дисилицидным покрытием возможность работать без водяного охлаждения токоподводов печи достигается уже при отношении диаметров выводов и рабочей части равном 5 : 3 (отношение электропроводности вывода к рабочей части при одинаковых длинах составляет в этом случае $\approx 2,8$).

Увеличение указанного отношения электропроводностей до значений свыше $\approx 6,2$ нецелесообразно, т.к. приводит к неоправданному увеличению расхода дефицитного тугоплавкого металла.

Необходимость экономии металла делает неоправданным также изготовление нагревателя из одной заготовки с уменьшением площади поперечного сечения рабочей части путем механической обработки.

Целесообразным представляется изготовление нагревателя сборным, что также дополнительно расширяет ассортимент конфигураций и диапазон габаритов. При этом, однако, возникает проблема исключения возникновения контактных сопротивлений в местах соединения частей нагревателя и защиты этих мест от окисления.

Поэтому предлагается наносить на места соединения дополнительное жаростойкое покрытие, электропроводность которого компенсировала бы контактные сопротивления, возникающие, например, при резьбовом или сварном соединении.

Таким образом, отличительные признаки предлагаемого нагревателя таковы:

- он имеет неодинаковую по длине электропроводность при определенном ее соотношении;

- он выполнен сборным из составных

частей;

- места соединения составных частей защищены жаростойким электропроводным покрытием.

Перечисленные признаки обеспечивают получение в результате нагревателя, имеющего ряд преимуществ. Изменяющаяся по длине электропроводность обеспечивает снижение температуры на концах выводов, которое дает возможность отказаться от водяного охлаждения токоподводов печи, что обуславливает повышение ее КПД и позволяет экономить электроэнергию. Изготовление нагревателя, собираемого из составных частей, обеспечивает экономию материала и расширяет ассортимент конфигураций и диапазон габаритов. Нанесение на места соединения дополнительного жаростойкого электропроводного покрытия повышает надежность и долговечность нагревателя.

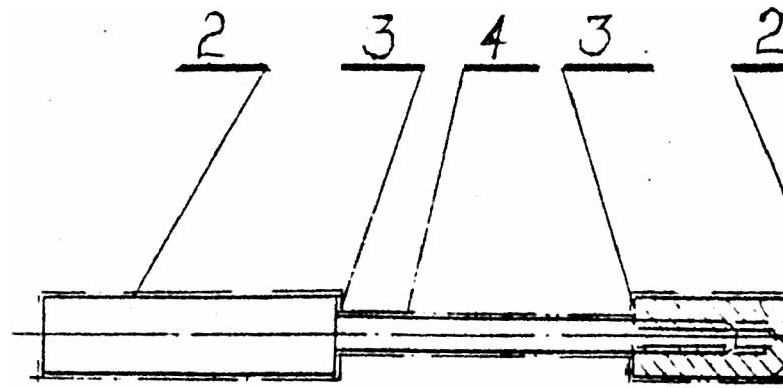
На чертеже (фиг.) показан общий вид нагревателя. Он состоит из рабочей части 1 и двух выводов 2. В данном случае выводы 2 соединены с рабочей частью 1 с помощью резьбы. Они могут быть и приварены. На места соединения нанесено дополнительное покрытие 3 из смеси дисилицида молибдена с медью.

Работает нагреватель следующим образом.

Выводы нагревателя подсоединяются к токоподводам печи и подают напряжение, которое варьируется в зависимости от температуры нагревателя. Как правило, в печи используется несколько нагревателей, соединенных между собой последовательно параллельно или смешано.

Пример. Был изготовлен нагреватель из молибдена с длиной рабочей части 100мм при диаметре 3мм и с выводами длиной по 100мм каждый при диаметре 5,5мм (отношение электропроводности вывода к рабочей части равно 3,36). Предварительно подвергнутые диффузионному силицированию части нагревателя соединяли между собой на резьбе. На места соединения было нанесено дополнительное сопротивление из токопроводящего дисилицида молибдена с металлической добавкой (например, медной), повышающей его электропроводность и одновременно способствующей устранению несплошностей соединения, приводящих к образованию контактных электросопротивлений.

Такой нагреватель имеет максимальную рабочую температуру 1850°C, а при соответствующей термообработке - 1950°C. Его долговечность позволяет выполнить свыше 50 циклов нагрева и охлаждения с 10-часовой выдержкой при 1700°C. При этом скорость нагрева и охлаждения не лимитируются.



Фиг.