

Зокирова Иродахон Закруллаевна-старшая преподавательница
Андижанский Государственный Технический Институт,
Республика Узбекистан
ORCID ID: 0009-0002-7704-6915
Zokirova Irodakhon Zakrullaevna-senior teacher
Andijan state technical institute,
Republic of Uzbekistan
ORCID ID: 0009-0002-7704-6915

РАСЧЕТ И ВЫБОР НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

CALCULATION AND SELECTION OF HEATING ELEMENTS

Аннотация

В случае промышленных предприятий и коммунальных служб ЭПС в основном оснащаются металлическими НЭ. Поэтому уместно остановиться на методе их электрического расчета. При расчете нагревательных элементов выбирают материал и тип НЭ, его размеры (сечение, длину); кроме того, НЭ должен быть расположен внутри печи. Расчет производится для одной фазы печи. Для трехфазной печи результат расчета умножается на три. Максимально допустимую температуру материала нагревательных элементов по температуре материала, допустимую удельную поверхностную мощность и основные значения НЭ определяют по графикам и таблицам принятой конструкции НЭ.

Подбор нагревательных элементов и их расчеты осуществляются на основе формулы. По результатам, полученным на основании необходимых формул, можно будет выбирать ТЭНы электропечей по областям использования.

При выборе нагревательных элементов электрических духовок целесообразно проводить расчеты, зная область применения, мощность и тип духовки.

Ключевые слова: электрическая печь, нагревательный элемент, тепло, мощность, температура, керамика, металл, расплавить, нагреть.

Annotation

In the case of industrial enterprises and utilities, EPS are mainly equipped with metal NEs. Therefore, it is appropriate to dwell on the method of their electrical calculation. When calculating heating elements, select the material and type of heating elements HE, its dimensions (section, length); in addition, the HE must be located inside the oven. The calculation is made for one phase of the furnace. For a three-phase furnace, the calculation result is multiplied by three. The maximum permissible temperature of the material of the heating elements according to the temperature of the material, the permissible specific surface power and the main values of the HE are determined from the graphs and tables of the adopted HE design. The selection of heating elements and their calculations are carried out on the basis of a formula. Based on the results

obtained on the basis of the necessary formulas, it will be possible to select heating elements for electric furnaces according to areas of use.

When choosing heating elements for electric ovens, it is advisable to carry out calculations knowing the scope of application, power and type of oven.

Key words: electric furnace, heating element, heat, power, temperature, ceramics, metal, melt, heat.

Введение.

Нагревательные элементы являются основной и наиболее ответственной частью электропечей сопротивления. Они изготавливаются из металлических сплавов, некоторых металлических материалов и трудноплавких металлов. В промышленности широко используются три вида НЭ: металлические, металлокерамические и карборундовые.

Металлический НЭ изготавливается из следующих сплавов: никель-хром (нихром), железо-хром-никель; железо-хром-алюминий (фехрал). Металлические НЭ рассчитаны на рабочую температуру до 1300 °С, карборундовые до 1450 °С, металлокерамические бисилицидные молибденовые до 1700 °С. Характеризуется повышением температуры трансмиссии и быстрым увеличением сопротивления. При изменении температуры от 20°С до 1700°С сопротивление увеличивается в 10 раз. Карборундные НЭ обычно изготавливают в виде сердцевин (осетра). Сопротивление карборунда уменьшается при нагревании. Используются низкотемпературные трубчатые электронагреватели (ТЭН) ПЭС. Они представляют собой спиральную металлическую трубку (0,5-1,5 мм) с нихромовой проволокой, заполненную кварцевым песком. Используются высокотемпературные ПЭС тугоплавкие чистые металлы - вольфрам ($t = 3380$ °С), молибден ($t = 2610$ °С), тантал ($t = 2296$ °С), ниобий ($t = 2958$ °С). Они используются в вакууме или в защитной среде, потому что кислород воздуха быстро их окисляет.

Нагревательные элементы являются основной рабочей частью аппаратов для термообработки методом косвенного сопротивления и служат для преобразования электрической энергии в тепловую. К нагревательным элементам предъявляются следующие требования. Они должны обладать такими свойствами, как высокотемпературная стабильность (не окисляться при высоких температурах), высокотемпературная девственность (не терять своих свойств при высоких температурах) и обрабатываемость при высоких температурах. Они также должны иметь высокое удельное сопротивление, малый температурный коэффициент сопротивления и постоянное электрическое сопротивление.

В зависимости от температуры ТЭНы делятся на:

- низкотемпературные ТЭНы - 500 - 700 К;
- среднетемпературные ТЭНы - 900 - 1200 К;
- высокотемпературные нагревательные элементы - 2500 - 3300 К.

Поисковые элементы в основном изготавливаются из смесей, содержащих несколько металлов. Например, сплав под названием нихром содержит (75-85)% никеля, (22-27)% хрома и другие добавки, или проводник под названием фексраль содержит до 13% хрома, до 4% алюминия и до 83% состоит железа. За счет добавления титана, бора и других сплавов можно значительно повысить рабочую температуру нагревательных элементов. По своей конструкции нагревательные элементы (далее н.э) делятся на н.э с открытой конструкцией и н.э с закрытой конструкцией. Вместо этого н.э. открытой конструкции - спираль и зигзаг из круглого проводника с поверхностью поперечного сечения и зигзаг с прямоугольным (квадратным) ленточным сечением, разделенным на н.э.

К категории генераторов замкнутого цикла относятся низкотемпературные трубчатые генераторы (ТЭНы).



Рисунок 1. Общая структура ТЭН

На рис. 1 показана структура ТЭН, которая более безопасна для использования в электрической среде по сравнению с открытой конструкцией, т.е. Также ТЭНы могут применяться в воде, жидких углеводородах, смесях солей, жидкометаллических средах. ТЭНы имеют следующие характеристики, т.е. мощность от 100 Вт до 15 кВт, напряжение от 36 В до 380 В, рабочая температура от 400 до 1000 К, срок службы от 10 тыс. до 40 тыс. часов.

Для нагрева жидкостей и газов применяют н.э. из пористых металлокерамических металлов с пористостью 40-80 мкм. Их удельная теплоемкость 1 кВт/см², рабочая температура 400 - 600 К, напряжение на одном элементе 1 - 12 В.

Для высокотемпературной термообработки с рабочей температурой 1700 К применяют корбундовые стержни. (корбунд получают смешением угля и карбида кремния при температуре 1900-2000К). Такой кв. Изготавливаются в виде стержня диаметром 6-30 мм. Электроды из дисилицида молибдена (MoSi₂) используются в окислительных средах с температурой 2000К.

В условиях рабочей температуры 2300 К и выше применяют

тугоплавкие металлы (тантал, вольфрам, молибден и др.), уголь и графит.

Методы.

При расчете нагревательных элементов выбирают материал и тип НЭ, его размеры (сечение, длину); кроме того, НЭ должен быть расположен внутри печи. Расчет производится для одной фазы печи. Для трехфазной печи результат расчета умножается на три.

Для расчета исходных данных температура нагреваемого объекта, печи и мощность печных секций, результат теплового расчета, напряжение сети электроснабжения, поверхность, на которой размещается нагреватель, а в ряде случаев - требуемый срок службы.

$$P = V(P_H \cdot \frac{l}{S})$$

т. е. тепловая мощность, прошедшая через поверхность нагревателя к материалу, равна:

$$P = w F 10^3$$

здесь w — удельная поверхностная мощность нагревателя, Вт/см²; F - площадь поверхности нагревателя, м².

W является наиболее важным начальным размером в расчетах нагревателя. При прочих равных это измерение определяет температуру НЭ и связанный с ней срок службы.

Однако не все тепло от реального НЭ передается радиатору. Часть его уходит на потери тепла. Эта часть измеряется коэффициентом эффективности излучения α_e , поэтому в реальном НЭ

$$W = \alpha_e W_d$$

Здесь $\alpha_e = 0,1-0,8$ — коэффициент эффективности излучения, зависящий от размеров НЭ, его расположения в топке, материала нагреваемого объекта и условий теплообмена.

При использовании при максимально комфортных, оптимальных температурах срок службы металлических НЭ составляет 1000 часов, а металлокерамики и карборунда - 2000 часов.

Полученные результаты.

1. НЭ выбирают по максимальной температуре нагрева материала. Следует учитывать, что максимально допустимая температура материала следующая:

$$T_k = T_m (50 - 200).$$

Зная T_k , мы можем выбрать материал. Материал T_k , выбранный с учетом рабочей температуры, определяется по формуле (удельная поверхностная мощность идеальных нагревателей).

2. Допустимая удельная поверхностная мощность ($W_{\text{доп}}$) принятой

конструкции НЭ определяется по графикам и таблицам:

$$W_{\text{доп}} = d_c W_{\text{раб.}}$$

где $W_{\text{раб}}$ — полезная мощность.

Он показывает корреляцию между номограммами (разных размеров) в литературе.

3. Определяются основные размеры НЭ. Учитывая исходные данные, составляется следующее уравнение:

$$P_k = W_{\text{доп}} F_q = W_{\text{доп}} P l$$

$$P_q = U_f^2 / R = U_f^2 / P_g l / S$$

Здесь P_k — мощность нагревателя в каждой ветви фазы, кВт; U , — напряжение фазы нагревателя, В; F_q — поверхность утеплителя, м^2 ; $W_{\text{доп}}$ — допустимая удельная поверхностная мощность, $\text{Вт}/\text{см}^2$; P — сопротивление фазной сети, Ом; P , l , S — периметр, длина и сечение НЭ, м и м^2 .

$$P_g = P_{gr}(t + d\Delta t), \text{ Ом м};$$

P_g — удельное сопротивление, при 20 °С; d — термический коэффициент сопротивления; $1/\text{градус}$; Δt — разница температур.

Например, для нихрома

$$P_n = 1,1(t + 0,00013 \Delta t) 10^6, \text{ Ом м}.$$

Заменяя площадь F_n произведением периметра на длину ($F_n = Pl_n$), получаем:

$$l_n = R_n / (P W_{\text{доп}}) \text{ из второго уравнения: } l_n = U_f^2 S / (R_n P_g)$$

Приравнявая эти уравнения, получаем, $PS = R_n^2 P_g / U_f^2 W_{\text{доп}}$

Обсуждения.

Нагревательные элементы являются основной рабочей частью аппаратов для термообработки методом косвенного сопротивления и служат для преобразования электрической энергии в тепловую. К нагревательным элементам предъявляются следующие требования. Они должны обладать такими свойствами, как высокотемпературная стабильность (не окисляться при высоких температурах), высокотемпературная дееспособность (не терять своих свойств при высоких температурах) и обрабатываемость при высоких температурах. Они также должны иметь высокое удельное сопротивление, малый температурный коэффициент сопротивления и постоянное электрическое сопротивление.

В зависимости от температуры ТЭНы делятся на:

- низкотемпературные ТЭНы - 500 - 700 К;
- среднетемпературные ТЭНы - 900 - 1200 К;
- высокотемпературные нагревательные элементы - 2500 - 3300 К.

Выводы.

В результате проведенных расчетов можно сделать следующий вывод: поскольку основной наиболее ответственной частью электропечей

сопротивления является нагревательный элемент, к ним предъявляются следующие требования: стабильны при высоких температурах (не окисляются при высоких температурах), при высокотемпературная деактивность (имеет свойство не терять своих свойств при высоких температурах) и они должны обладать такими свойствами, как обрабатываемость при высоких температурах. Они также должны иметь высокое удельное сопротивление, малый температурный коэффициент сопротивления и постоянное электрическое сопротивление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водовозов Валерий Введение в энергетику 1-е издание. Bookboon. Лондон. 2010
2. К. Брокмайер. Индукционные плавильные печи. Энергия. Москва 1972
3. Т. Хакимов, Бобожанов, М. Джалилов, Ф. Туйчиев, Ж. Мавлонов. Электротехнологические устройства. Учебно-методическое пособие - Ташкент, 2015 г.
4. А.Т. Имомназаров Основы электротехники - Ташкент 2007
5. Джурабоев М., Матбабаев М.М. Мамадалиева Л.К. Основы электротехники - Фергана-2010
6. Аъзамов Саидикром. Зокирова Иродахон Закруллаевна. Махаммаджонов Содикжон. Philadelphia USA (01/81) "Teoriticheskaya i prikladnaya nauka" THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN USBEKISTAN. 2020 йил, № 1 сон, 756-759 ст. <http://T-Science.org>
7. Зокирова Ирода Закруллаевна, «Современные и научные исследования и инновации» Сокращённые и полные анализы трансформаторных масел. 2022 йил 29.03.
<https://web.snauka.ru/issues/2022/03/97842>
8. Зокирова Ирода Закруллаевна, Мамадалиев Махаммаджон Ахмадалиевич, Манноббоев Шухратбек Сойибжон ўғли, Узақов Рахмонжон. Германия «European international journal of multidisciplinary research and management studies» "Electric download diagrams and selection of electric engine power" 2022 г. Апрель.
<https://eipublication.com/index.php/eijmrms>