

# МОДУЛЬНАЯ ШАХТНАЯ ЭЛЕКТРОПЕЧЬ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ДЛИННОМЕРНЫХ МАССИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Модульная шахтная безмуфельная электропечь модели СШО-16.50/12,5-ИО-НИТТИН предназначена для термообработки длинномерных массивных изделий. Ее конструкция позволяет существенно снизить механические нагрузки, действующие на огнеупорный и теплоизоляционный материалы от вертикально-установленных смежных узлов, и как следствие, позволяет применять энергосберегающие легковесные огнеупорные и теплоизоляционные материалы с низкой механической прочностью. Механическая нагрузка, возникающая под весом крышки, верхнего модуля и садки (массой до 10 тонн), перераспределяется на раму, опирающуюся на пол цеха. Садка подвешивается на приспособлении (технологической оснастке), которая устанавливается на специальном ложементе балочного типа, работающего на изгиб.

# НИТТИН



## Annotation

*Is performed the innovative modulus pit muffleless electric furnace, type СШО-16.50/12,5-ИО-НИТТИН, for heat treatment the long-scale massive products. The modulus design allows to decrease significantly mechanic loads of refractory and heat insulating materials from the adjacent modules, and hence to use the energy-saving light-weight refractory and heat-insulating materials having low mechanic strength. The mechanic load, appeared under the weight of the lid, upper module and charge (mass up to 10tons) is re-distributed to the frame, supported by the shop floor. The charge is deing hung using the auxiliary (technological fixtures), which is being set in special locating block of beam-type under the bending.*

Шахтные безмуфельные электропечи по масштабам применения наряду с камерными электропечами составляют основную часть действующего парка общепромышленных электропечей периодического действия. Они наиболее просты по конструкции и в эксплуатации. Конструкция шахтной электропечи представляет собой вертикальный цилиндрический кожух, который изготавливается из листовой и профильной стали, а изнутри футеруется огнеупорными и теплоизоляционными материалами. На независимых элементах крепления устанавливаются нагреватели.

Основное отличие безмуфельных шахтных электропечей от камерных состоит в том, что садка при загрузке или выгрузке перемещается в вертикальном направлении. Электропечи этого типа имеют относительно небольшое рабочее пространство, диаметр которого может быть: 600 мм, 1000 мм, 1500 мм, а высота равна диаметру или его удвоенному значению. Они используются для тех же целей, что и камерные электропечи широкого назначения во многих отраслях промышленности. Везде, где можно, их применяют для нагрева деталей при единичном и серийном производстве. В шахтных печах возможна обработка изделий любой конфигурации. Как правило, их загружают в корзины, контейнеры или подвешивают на крестообразных приспособлениях, максимальный диаметр которых соответствует диаметру рабочего пространства.

Шахтные безмуфельные электропечи незаменимы для нагрева деталей в подвешенном вертикальном состоянии до температуры не выше 1200 °С под загрузку, отжиг, нормализацию в воздушной среде. Верхний диапазон рабочих температур для этих печей ограничен применением металлических нагревателей ( $T \leq 1200$  °С), т.к. использование нагревателей других типов, например карбид-кремневых (SiC), конструктивно затруднено.

Нагреватели обычно изготавливаются из проволоки, которой придана зигзагообразная форма. Эта конструкция зарекомендовала себя наиболее надежной. Возможно также использование спиральных нагревателей, уложенных в специальные каналы. Материал нагревателей — никель-хромовые и железо-хром-алюминиевые сплавы соответственно для печей с номинальной температурой 1000 °С, 1100 °С и 1200 °С. Питание нагревателей происходит от электросети.

В ряде случаев высота рабочего пространства шахтных электропечей может быть более двух диаметров. Такие шахтные электропечи относятся к категории специальных и используются для нагрева длинномерных изделий или деталей. Деталь или изделие считаются длинномерными, если один из ее геометрических размеров имеет величину более 0,3 м, а остальные — менее 0,3 м. К длинномерным деталям относятся валы, оси, трубы, стволы артиллерийских орудий, ходовые винты, шнеки, штанги, торсионы, штоки, стойки самолетных шасси, ножи гильо-

тин и др., нагрев которых в горизонтальном положении может приводить к их деформации. Длинномерные детали подвешиваются с опорой в верхней части рабочего пространства, где предусматривается местное усиление металлоконструкции кожуха и устанавливаются более прочные элементы в футеровке. Глубина рабочего пространства таких электропечей может быть больше 4000 мм. Для промышленной эксплуатации шахтную электропечь помещают в котлован с тем, чтобы загрузочный проем находился на удобной для обслуживания высоте (не более 800 мм над уровнем пола цеха). Одновременно с ростом длины изделия увеличивается его масса. Поэтому масса садки при нагреве длинномерных изделий может достигать 10 тонн и более. Шахтные электропечи для термообработки длинномерных изделий большой массы первого поколения представляли собой моноблочный цилиндрический кожух со сплошной футеровкой.

Таблица. Основные технические характеристики шахтной электропечи модели СШО-16.50/12-ИО-НИТТИН

Наименование параметра	Параметры	
	номинальный	допустимый
1. Номинальная мощность печи, кВт в том числе: *	363	400
установленная мощность электронагревателей; *	360	396
установленная мощность электродвигателя привода подъема крышки *	2,2	-
установленная мощность электродвигателя привода поворота крышки *	0,2	-
2. Номинальная температура в рабочем пространстве нагревательной шахты, °С	1150	1200
3. Равномерность температуры в рабочем пространстве печи, °С *	-	±10
4. Среда в рабочем пространстве нагревательной шахты	окислительная (воздушная)	
5. Масса садки, включая приспособления, кг, не более:	2000	
6. Параметры питающей сети:		
напряжение, В;	380	361 ÷ 399
частота тока, Гц;	50	49 ÷ 51
число фаз	3	



Рис. 1. Общий вид модульной шахтной безмуфельной электропечи модели СШО-16.50/12,5-ИО-НИТТИН.

**Буквенно-цифровое обозначение электропечи:**

- С — способ нагрева — сопротивлением;
- Ш — конструктивный признак — шахтная;
- О — среда в рабочем пространстве — окислительная (воздух);
- 16 — диаметр рабочего пространства, дм;
- 50 — высота (глубина) рабочего пространства, дм;
- 12,5 — номинальная температура, сотни градусов Цельсия;
- ИО — исполнение для отжига деталей;
- НИТТИН — торговая марка производителя электропечей.

Поэтому нижняя часть шахтной электропечи испытывала огромные механические нагрузки. Для их футеровки применялся тяжелый огнеупорный кирпич и высокопрочные теплоизоляционные материалы. Решением этой проблемы стало использование шахтных электропечей модульной конструкции. Данная публикация посвящена вопросам оптимизации конструкции шахтных электропечей сопротивления для нагрева длинномерных или массивных деталей (до 10 тонн) на примере модульной шахтной безмуфельной электропечи модели СШО-16.50/12,5-ИО-НИТТИН (рис. 1).

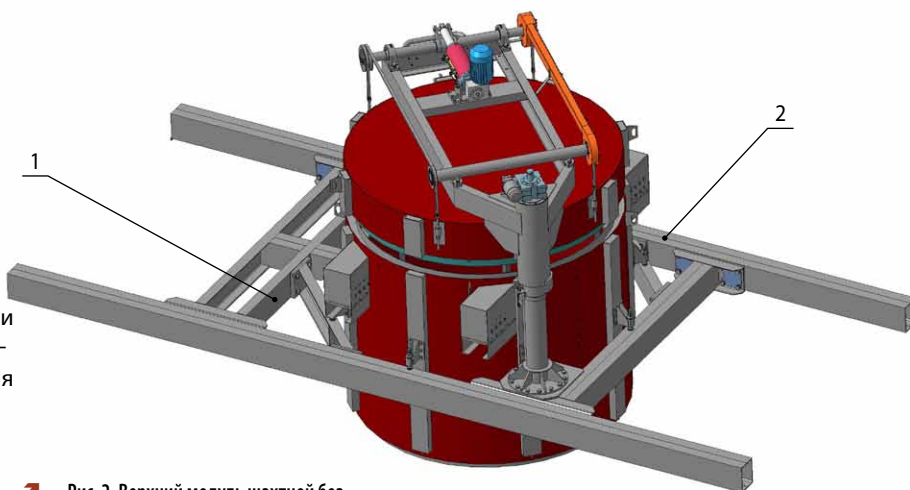
В электропечи можно осуществлять также термические операции нагрева под закалку или нормализацию с охлаждением в воздушной атмосфере.

легкие огнеупорные и теплоизоляционные материалы. Это позволяет изготавливать модульную шахтную безмуфельную электропечь модели СШО-16.50/12,5-ИО-НИТТИН в энергосберегающем исполнении благодаря уменьшению теплопотерь в футеровке. Также снижается температура на наружной поверхности кожуха электропечи. Ускоряется выход электропечи на номинальную температуру (снижение тепловой инерции).

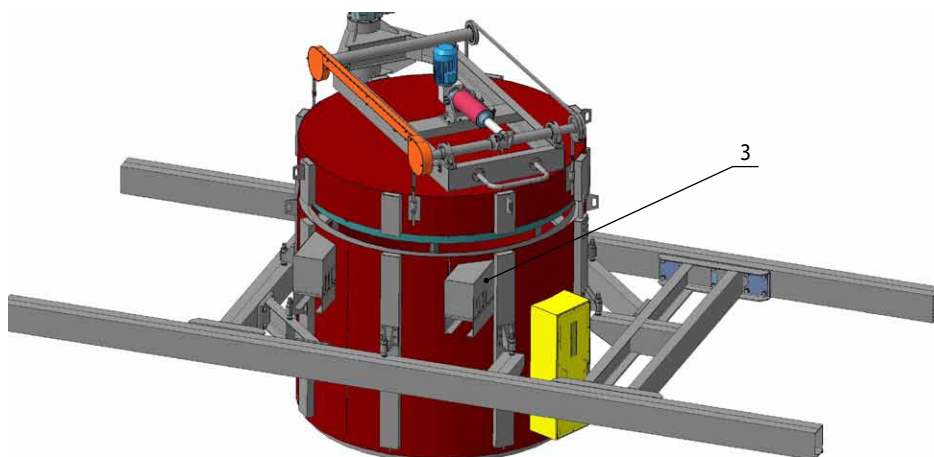
Конструкция печи состоит из подового модуля, нагревательного модуля, крышки, механизма подъема и поворота крышки, шкафа автоматического управления, изготовленного на базе современной контрольно-измерительной и регистрирующей аппаратуры для поддержания задан-

**■ Особенности конструкции модульной шахтной безмуфельной электропечи модели СШО-16.50/12,5-ИО-НИТТИН**

Основное отличие от предыдущих конструкций модульных шахтных безмуфельных электропечей для термической обработки длинномерных изделий, например, модели СШО-6.40/10-НИТТИН состоит в усилении верхнего нагревательного модуля (рис. 2, рис. 3). Садка большой массы подвешивается на приспособлении (технологической оснастке), которое устанавливается на специальном ложементе балочного типа, работающего на изгиб. Ложемент (рис. 2, позиция 1) опирается на специальные кронштейны, которые в свою очередь крепятся на кожухе верхнего модуля, смонтированного на опорной раме (рис. 2, позиция 2), которая устанавливается на полу цеха. На ней также устанавливается механизм подъема и поворота крышки (рис. 3, позиция 3). Таким образом, механическая нагрузка, возникающая от давления крышки, механизма ее поворота и подъема, а также садки (массой до 10 тонн), перераспределяется на раму, опирающуюся на пол цеха. Благодаря этому механические усилия от верхнего модуля, крышки и садки не передаются на ниже расположенные нагревательные модули. Исключение влияния механических нагрузок, действующих на огнеупорные и теплоизоляционные материалы от верхнего нагревательного модуля, позволяет гибко подбирать для них



➤ Рис. 2. Верхний модуль шахтной безмуфельной электропечи модели СШО-16.50/12,5-ИО-НИТТИН (вид спереди).



➤ Рис. 3. Верхний модуль шахтной безмуфельной электропечи модели СШО-16.50/12,5-ИО-НИТТИН (вид сзади).

ного температурного режима в рабочем пространстве.

В отличие от камерных электропечей, для установки которых обычно не требуется фундамент, монтаж данной электропечи происходит в котловане на фундаменте. Футеровка модулей (камер нагрева) выполнена из шамотно-волокнистого огнеупора, который не может нести больших механических нагрузок. Поэтому конструктивно он должен быть обязательно разгружен от сжимающих усилий, вызванных давлением верхних слоев футеровки большой массы. Под (дно шахтной электропечи) и нагревательные модули футеруются шамотным ультралегким кирпичом. Крышка электропечи футеруется плитами ШПГТ и муллитокремнеземистым войлоком. Межмодульное уплотнение выполнено из муллито-кремнеземистого рулонного материала в виде эластичного кольцевого терморукава. Подъем и опускание крышки, а также ее отвод в сторону осуществляется электромеханическими приводами. Дистанционное управление режимами перемещения крышки оператором осуществляется со специального кнопочного поста, установленного на удалении от электропечи. Применение современных высококачественных облегченных огнеупорных и теплоизоляционных волокнистых

материалов позволило существенно уменьшить массу электропечи и ее наружные габариты.

Система управления нагревом электропечи разработана с учетом ее многозонности. В данном случае — четырех зон. Система управления имеет автономные терморегуляторы на каждую зону. Терморегуляторы реализуют ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциальный)-закон регулирования мощности. Задаваемые параметры — скорость нагрева и время выдержки на площадках. Управление площадками происходит через тиристорные ключи с выработкой широтно-импульсного сигнала управления.

Контроль и регулирование температуры в электропечи, включение и отключение электропитания осуществляются автоматически (автоматика электронного типа) через шкафы управления серии ШОТ (шкаф одностороннего обслуживания для термических электропечей) торговой марки «НИТТИН». Система управления нагревом выполнена на базе микропроцессорного контроллера. Эта система позволяет работать в ручном (наладочном) и автоматических режимах. При этом на дисплее сенсорной панели системы управления,

выводятся параметры температуры в каждой зоне. Архивирование информации о режимах и процессах термообработки происходит в электронном виде с возможностью последующего вывода на бумажный носитель.

Упрощенный вариант системы управления позволяет достичь постоянства температуры до  $\pm 5$  °C на участках разогрева и до  $\pm 5$  °C на участках выдержки. В более сложной системе управления терморегуляторы зон являются приборами нижнего уровня. Они связаны с компьютером, который управляет температурными режимами по зонам, регистрирует текущие параметры термической обработки, коэффициенты ПИД-закона, тестирует печь.

Конструкция новой шахтной электропечи модели СШО-16.50/12,5-ИО-НИТТИН была выполнена методом блочно-модульного проектирования, который позволяет разрабатывать и изготавливать шахтные электропечи с заданными габаритами рабочего пространства для термической обработки длинномерных изделий большой массы.

