

# Патент № 2213311 ИНДУКЦИОННАЯ ТИГЕЛЬНАЯ ПЕЧЬ-ТЕРМОС

ПРЕЗЕНТУЕТ:

ЧИБИЗОВ МАКСИМ АНТОНОВИЧ

# Основная информация

- ▶ Изобретение относится к металлургии, а именно к тигельным индукционным печам для плавки и испарения цветных и черных металлов и неэлектропроводных материалов, шлаков для варки эмалей, стекла и других веществ. Предлагаемая печь позволяет изготавливать (сушить и обжигать) шамотные и графитовые тигли и может быть использована для выращивания и очистки кристаллов, например кремния, германия.
- ▶ Известна индукционная тигельная печь, содержащая индуктор и тигель, изготовленный из огнеупорных материалов, внутри которого свободно установлен графитовый нагревательный элемент, причем нагревательный элемент выполнен в виде полого цилиндра без дна с внутренним и внешним диаметрами, равными соответственно 0,4-0,6 и 0,9-0,95 от внутреннего диаметра тигля, кроме того, высота полого цилиндра составляет 0,8-1,5 высоты тигля (Авт. св. СССР 1091005, МПК F 27 В 14/10 - аналог).

# Недостатки

- ▶ - ограничение сферы применения графитового нагревательного элемента, поскольку при высокой температуре возможны химические реакции между материалом в тигле и графитом нагревательного элемента;
- технологические неудобства, связанные с обязательным удалением нагревательного элемента из тигля;
- водяное охлаждение индуктора;
- недостаточная безопасность работы печи, т.к. образование трещин в тигле может привести к тому, что расплавленный металл из тигля дойдет до водоохлаждаемого индуктора, нарушит его герметичность, что приведет к образованию парового взрыва.

# Прототип

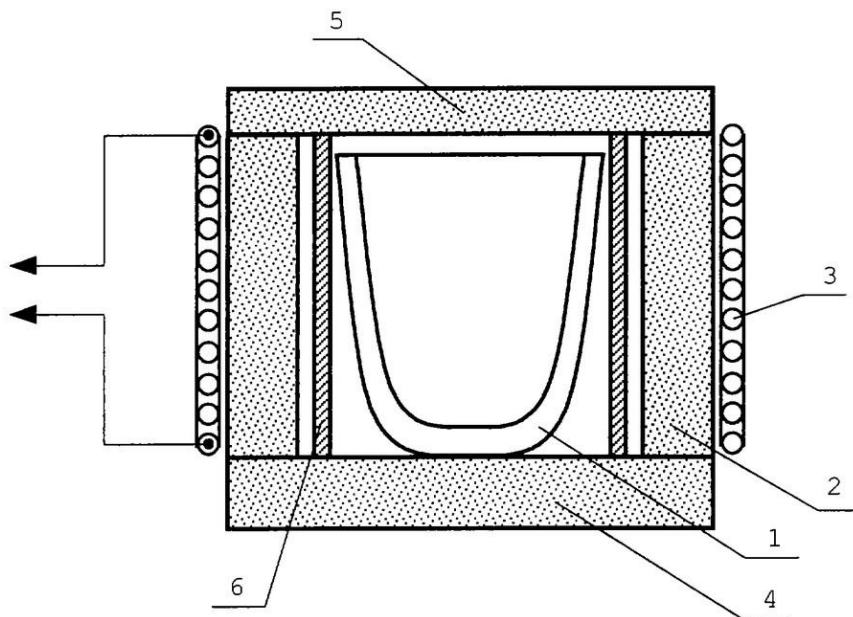
- ▶ Известна также индукционная тигельная печь, состоящая из огнеупорного тигля, индукционной катушки (индуктора) с водяным охлаждением, расположенной вокруг тигля, стального корпуса печи, магнитопроводов, подины, сигнализатора износа (проедания) тигля, огнеупорного покрытия (обмазки), футеровки (Сасса В. С. Футеровка индукционных плавильных печей и миксеров. М.: Энергоатомиздат, 1983 г., стр.5, 6, 7 - прототип).

# Недостатки прототипа

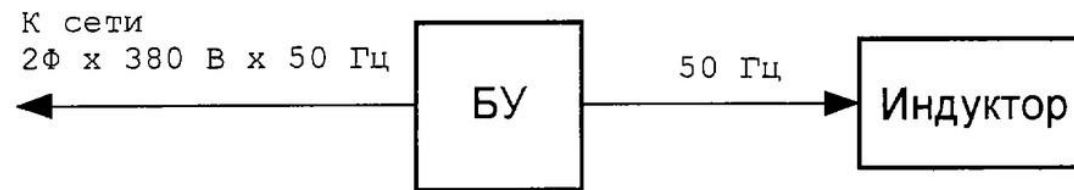
- ▶ - недостаточная безопасность печи, т.к. образование трещин в тигле может привести к тому, что расплавленный металл из тигля дойдет до водоохлаждаемого индуктора, что приведет к образованию парового взрыва;
- в качестве источника питания используется трансформатор, что делает печь стационарной, дорогой, громоздкой (занимающей большую площадь);
- для улучшения процесса плавки необходима разгонная чушка (калоша), которая должна иметь форму, повторяющую форму тигля;
- индуктор расположен на футеровке, что приводит к соприкосновению нагретой футеровки с водоохлаждаемой катушкой индуктора и, как следствие, уносу тепла, от тигля;
- печь рассчитана, как правило, на плавление какого-то одного металла, т.е. не является универсальной.

# Описание устройства

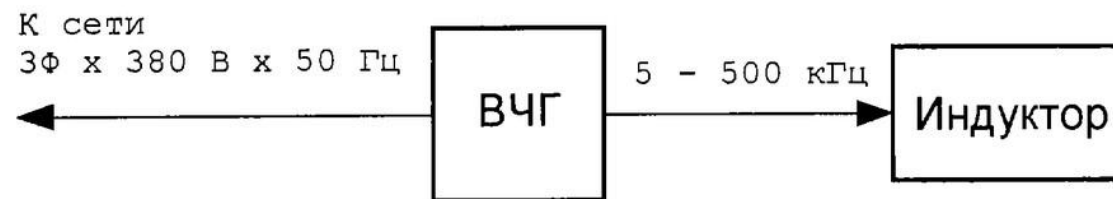
На фиг. 1 представлена конструкция предлагаемой плавильной индукционной тигельной печи; на фиг.2 - подключение индуктора печи от источника напряжения 2 Ф 380 В 50 Гц; фиг.3 - подключение индуктора печи от высокочастотного генератора (ВЧГ).



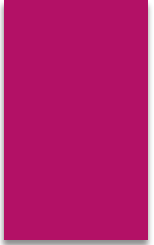
Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3



Тигельная индукционная печь содержит тигель 1, который может быть выполнен из различных огнеупорных материалов, например из керамики, металла, шамота, графита, или набивным из шамота или графитсодержащей массы; боковую футеровку 2, изготовленную из термостойкого материала с низкой теплопроводностью, обеспечивающего длительное поддержание необходимой температуры, которая может быть собрана насухо без обмазки из кирпичей-блоков, например легкого пористого шамота; индуктор 3, расположенный за футеровкой и не соприкасающийся с ней и имеющий воздушное охлаждение (естественное или принудительное); подину 4; крышку 5 с механизмом поворота и технологическими отверстиями для наблюдения, взятия проб и измерения температуры; футеровка подины и крышки также выполнены из термостойкого материала с низкой теплопроводностью, обеспечивающего длительное поддержание необходимой температуры, например, из легкого пористого шамота; цилиндр 6, расположенный вокруг тигля и выполненный из электропроводного материала, например стали. Материал, из которого изготовлен цилиндр 6, должен достаточно быстро нагреваться под действием протекающего по нему вихревого электрического тока и, следовательно, выделять тепловую энергию для разогрева тигля. Блок управления (БУ) (фиг.2) с батареей согласующих конденсаторов (выполняют компенсационную роль) осуществляет контроль за заданным технологическим процессом: следит за температурой металла в тигле, автоматически поддерживает заданную температуру, включает и выключает индуктор. Переворотное устройство печи для разлива металла и несущая стальная конструкция печи для крепления переворотного устройства на чертеже не показаны. Возможно использование индукционной тигельной печи с питанием от высокочастотного генератора (ВЧГ) (фиг.3), а также от дизель-генератора для работы в полевых условиях.

# Работа печи

Тигель 1 заполняется материалом, например металлом, подлежащим плавке, и закрывается крышкой 5. С помощью блока управления (БУ) задается необходимый режим работы индуктора 3. На индуктор 3 от блока управления подается переменное напряжение промышленной частоты. На фиг.2 показана индукционная тигельная печь с подключением индуктора от сети 2 Ф 380 В 50 Гц. На фиг.3 - печь с подключением индуктора от высокочастотного генератора (ВЧГ) с рабочим диапазоном частот 5-500 кГц. Высокочастотный генератор работает напрямую от сети 3 Ф 380 В 50 Гц. В переменном электромагнитном поле индуктора 3 в металле, находящемся в тигле 1, индуцируется нагревающий его электрический вихревой ток.

Конструкция печи обеспечивает быстрый нагрев шихты и длительное сохранение тепла по двум причинам. Во-первых, выполнение боковой футеровки 2, подины 4 и крышки 5 из термостойкого материала с низкой теплопроводностью, например из облегченного пористого шамота, превращает индукционную тигельную плавильную печь в печь-термос, обеспечивающую длительное поддержание нужной температуры. Во-вторых, зазор между индуктором и футеровкой обеспечивает естественное воздушное охлаждение индуктора. Охлаждение может быть и принудительным. Воздушное охлаждение индуктора делает ненужным применение водяного охлаждения, при котором возможно образование парового взрыва в случае утечки металла из тигля и его контакта с водоохлаждаемым индуктором. Таким образом, воздушное охлаждение обеспечивает взрывобезопасность печи.



Расположение индуктора за футеровкой, окружающей тигель, а не возле тигля приводит к существенному снижению тепловых нагрузок на него, что позволяет эксплуатировать индуктор в нормальных тепловых условиях. Это повышает надежность работы индуктора и увеличивает срок его службы. Кроме этого, в данном случае нагрев индуктора происходит только за счет внутреннего омического нагрева протекающим через него током и поэтому требуется значительно меньшая мощность системы воздушного охлаждения.

После завершения рабочего процесса крышка 5 отодвигается в сторону и расплавленный материал сливается из тигля 1 путем наклона всей печи с помощью переворотного устройства. Металл может черпаться из тигля, в этом случае переворотное устройство не обязательно.

Таким образом, перечисленные существенные признаки превращают индукционную тигельную печь в печь-термос, способную долго поддерживать необходимую температуру.

Предлагаемая конструкция печи-термоса позволяет легко набирать температуру в тигле до 2000°C и выше вплоть до разрушения и испарения огнеупорных материалов при потреблении электроэнергии, намного меньшей по сравнению с классическими печами, имеющими водоохлаждаемый индуктор: в печах с водоохлаждаемым индуктором температурный баланс и верхний предел температуры в тигле определяется количеством тепла, уносимого водой.

При внутреннем объеме тигля 300 дм<sup>3</sup> и температуре в нем 1200°C тепловой КПД печи достигает 90%. Мощность тепловых потерь печи при температуре тигля 1000°C не более 3 кВт. В аналогах (см., например, Индукционные тигельные печи для плавки и выдержки чугуна. М.: Информэлектро, 1974 г., с.7) для печи ИЧТ-2,5 мощность тепловых потерь составит 112 кВт.

Температура поверхности предлагаемой индукционной тигельной печи порядка 60-70°C.