

УДК 683.9

КРАТКИЙ ОБЗОР ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

Хорольский П.Д.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Сизиков С.В.

В этой статье предлагается кратко рассмотреть конструкцию и принцип работы трех основных видов электрометаллургических печей, используемых в металлургии.

Электрическая плавильная печь – это печь в которой электрическая энергия превращается в тепловую для расплавления металла. Одним из основных способов классификации электрических печей является классификация по способу превращения электрической энергии в тепловую. По этому признаку печи делятся на:

- 1) Дуговые печи
- 2) Печи сопротивления
- 3) Индукционные
- 4) И другие

Рассмотрим их по порядку.

Дуговые печи

Принцип работы дуговой печи заключается в нагреве металла за счет горения электрической дуги между электродом и самим металлом.

Основными составляющими дуговой плавильной печи являются: ванна, пространство над ванной, механизмы подачи и крепления электродов, и системы управления режимами печи с прочей электрооснасткой (рис. 1).

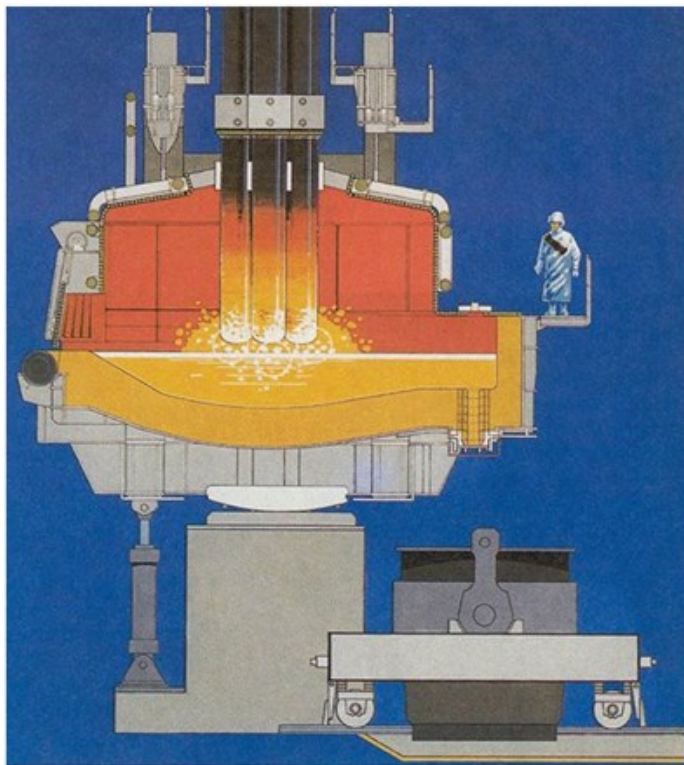


Рисунок 1. Схематичное изображение электродуговой печи

В ванне печи находится расплавленный металл, и происходит сама плавка. В пространстве над ванной находится шихта, которой еще предстоит расплавиться. Механизмы подачи электродов, ровно, как и электрододержатели, находятся на верхнем своде печи. Электрододержатели бывают клещевидные и клиновидные. Электрооборудование печи состоит из двигателей, предназначенных для наклона печи, открытие свода печи, перемещения электродов. Система управления печью состоит из приборов для поддержания горения дуги и регулирования режимов горения дуги. Основана на регуляторе мощности дуги.

На электрод печи подается одно напряжение, а сила тока регулируется уже длинной дуги, то есть перемещением электрода в вертикальной плоскости. Электроды обычно делают из графита. Они состоят из цилиндрических частей с резьбой, которые накручиваются друг на друга, образуя длинный стержень. Так как электроды опускаются с постоянной скоростью, такая конструкция дает возможность печи работать без остановок на замену электродов.

Плавка производится в рабочем пространстве печи, состоящем из ванны снизу, свода печи сверху и стенок по бокам. Вся внутренняя поверхность печи выложена огнеупорным кирпичом (футеровка) и хорошо теплоизолирована во избежание теплопотерь.

Перед плавкой печь осматривают и заменяют все поврежденные части футеровки. После того как футеровку привели в порядок, начинают загружать шихту (металл для плавки). После загрузки шихта начинает плавиться за счет электрической дуги.

Такие печи незначительно различаются по своему строению. Самые значимые отличия состоят в расположении электродов и передаче тепла металлу. Самый часто используемый вариант - это вертикальное расположение электродов, однако используются так же печи с вертикальным расположением электродов (рис. 2).



Рисунок 2. Фото электродуговой плавильной печи

При горизонтальном расположении тепло, в основном, передается металлу за счет излучения, а при вертикальном - напрямую в шихту, а шихта разогревается по всему объему за счет теплопроводности.

У такого метода есть как достоинства, так и недостатки.

К достоинствам относят то, что печь работает на электричестве и не выделяет такого количества газов, как угольные печи, а также точную температурную настройку, широкий спектр сплавов, пригодных для выплавки на такой печи (стали, чугуны, легированные сплавы и т.д.).

К недостаткам же относят сильный перегрев металла в местах под электродами, разный состав сплава в разных частях печи, сложность перемешивания металла внутри печи.

Печи сопротивления

Принцип работы печей сопротивления основан на явлении нагрева проводников при прохождении через них электрического тока. Конструкция этих печей (как и принцип их работы), пожалуй, самая простая среди всех электрических печей, рассматриваемых в этой статье. Состоят эти печи из корпуса, футеровки, нагревательных элементов и блока питания и управления печи. Внутри корпуса находится рабочее пространство печи, отделенное от него футеровкой, а внутри этого рабочего пространства нагревательные элементы так, что при включении печи, теплота от нагревательных элементов передается в рабочее пространство печи, а, вследствие этого и шихте (рис. 3).



Рисунок 3. Фото печи сопротивления

Максимальная температура таких печей ограничена только температурой плавления нагревательных элементов, которые зачастую делают из сплавов с высоким удельным сопротивлением (нихром, фехраль). Поэтому печи сопротивления часто используются для плавки цветных металлов или термообработки изделий. Однако бывают и печи с керамическими нагревателями (карбид кремния, дисилицид молибдена), которые могут работать в интервале температур вплоть до 1800 градусов Цельсия.

Существуют так же печи сопротивления, работающие в вакууме. В них используются нагреватели из металлов, которые в обычной воздушной среде быстро окисляются (молибден, тантал, вольфрам, ниобий), а также нагревательные элементы из графита и углерод-углеродных композитов. Такие печи могут нагреваться до 2500 градусов Цельсия.

Печи сопротивления по принципу действия делятся на две группы. Первая группа – это печи периодического действия, а вторая группа – печи непрерывного действия. В свою очередь, печи обеих групп делятся на множество видов в зависимости от строения нагревательной камеры и ее оборудования, например, шахтные, колпаковые, элеваторные, барабанные и т.д.

Существуют и другие типы печей сопротивления, с иной конструкцией и принципом работы. Например, печи, где нагревателем выступает сама шихта. Через металл проходит ток и нагревает его, до тех пор, пока он не расплавится. По конструкции такие печи слегка напоминают дуговые печи, так как подача тока в металл происходит с помощью металлических электродов. Эти электроды отливаются отдельно на других печах. В процессе плавки эти электроды расплавляются вместе с металлом.

Индукционные печи

Принцип работы индукционных печей основан на явлении вихревых токов в металле, вызываемых переменным магнитным полем.

В самом простом виде устройство подобных печей представляет собой обмотку с поданным на нее переменным током, который создает переменное магнитное поле, возбуждающее вихревые токи в металле. Эти самые вихревые токи и нагревают металлическое тело, помещенное в переменное магнитное поле (рис. 4).

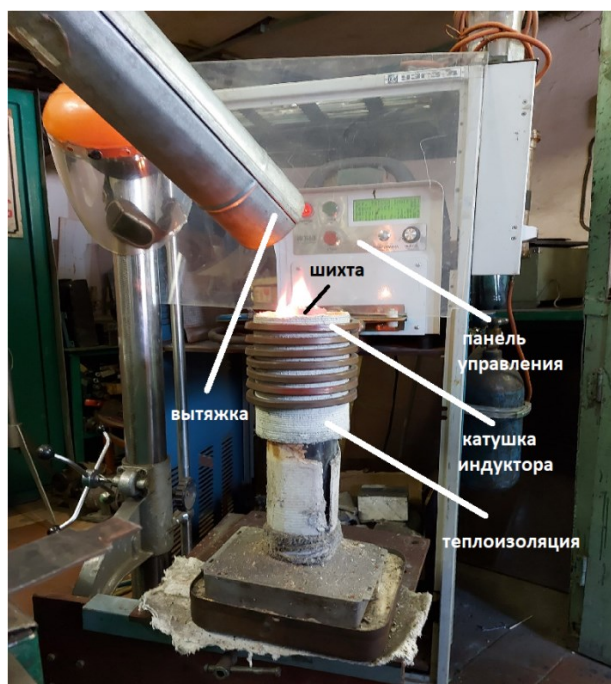


Рисунок 4. Фотоустановки для индукционной плавки с кафедры «Металлургия черных и цветных сплавов»

Существуют 2 основных вида индукционных печей в зависимости от конструкции. Первый это печи с сердечником, а второй это печь без сердечника. Отличаются они тем, что у печи с сердечником металл помещается в желоб, выложенный вокруг индуктора, а внутрь катушки индуктора помещают, собственно говоря, сам сердечник из трансформаторной стали. В печах второго типа желоба вокруг индуктора нет, а металл помещается в тигель, который, в свою очередь, вставляется внутрь катушки индуктора вместо сердечника. Устройство и схемы замещения очень сильно похожи на схемы и устройство трансформатора (а векторные диаграммы вообще практически идентичны). Так же индукционные печи без сердечника делятся на несколько видов в зависимости от среды, в которой производится плавка (вакуумные, открытые, компрессорные) и от времени действия печи (периодического, полу непрерывного и непрерывного действия).

Логично, что для поддержания эффективной работы печи, ее нужно выводить на определенный режим работы. Этот режим работы, по сути своей, просто поддержание в резонансе мгновенных значений тока на обмотке и напряжения на ней же, что значительно повышает активную мощность, и разогрев металла идет значительно более интенсивно.

Достоинства индукционных печей заключаются, в первую очередь, в том, что тепло при таком нагреве металла выделяется в самом металле, а не передается ему за счет теплопередачи. Это ведет к более экономному потреблению тепловой энергии. Так же достоинством таких печей является скорость нагрева металла.

К недостаткам же относят низкую температуру шлаков на поверхности металла и низкую стойкость футеровки при высоких температурах.

Литература

1. Брокмайер, К. Индукционные плавильные печи. Пер. с нем / К. Брокмайер. – М.: Энергия, 1972. – 304 с.: ил.
2. Гутман, М.Б. Электрические печи сопротивления и дуговые печи./ М.Б. Гутман, Л.С. Кацевич, М.С. Лейканд. Под ред. М.Б. Гутман. Учебник. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 360 с.: ил.
3. Лапшин, И.В. Автоматизация дуговых печей. – М.: Издательство МГУ, 2004. – 165 с.