

часть трубы на высоту 0,8–1,0 м защищена стопорными огнеупорными трубками. Выход природного газа из фурмы в расплав осуществляется из сопла, изготовленного из жаропрочной стали марки Х28 через восемь отверстий диаметром 14 мм. Процесс огневого рафинирования осуществляется следующим образом: при помощи электротали фурмы подвешивают на тросе механизма перемещения; проверяют состояние выходных отверстий сопел фурмы; открывают заслонку отверстия на своде анодной печи; после того, как фурма введена в газовое пространство печи, включают подачу природного газа и затем погружают фурму в расплав. В результате исследований, выполненных для промышленного внедрения, рекомендованы следующие параметры процесса восстановления меди природным газом:

Расход газа, м<sup>3</sup>/ч.....850–1000

Давление газа, МПа.....1,47–2,16

Заглубление фурмы в расплав, мм.....250–300

Температура расплава, °С.....1180–1200

Продолжительность восстановления, ч...1–2

Удельный расход природного газа на восстановление составляет 7–8 м<sup>3</sup>/т рафинированной меди.

С целью интенсификации процесса восстановления меди также были проведены промышленные опыты по вдуванию в расплав смеси природного газа с водяным паром. Для этого на фурме был предусмотрен патрубок для подачи пара. Испытания показали, что продолжительность восстановления анодной меди парогазовой смесью в сравнении природным газом снижается на 20–30% и вследствие сокращения расхода газа на 1 т меди растет экономический эффект.

Таким образом, процесс восстановления меди природным газом в 3–4 раза производительнее, чем процесс дразнения древесиной и раскисления мазутом. Также замена древесины и мазута природным газом создает возможность строгого дозирования восстановителя и осуществления автоматизации процесса. При этом улучшаются санитарно-гигиенические условия, исключается применение тяжелого ручного труда.

Предлагается предприятию ОАО «Уралэлектромедь», в структуру которого входит медеплавильный цех, в процессе анодной плавки на стадии восстановления закиси меди заменить мазут и древесину природным газом, что эффективно повлияет на экономические и технологические показатели. Заметно улучшится экология процесса.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ОРАЖАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ПЛАВКИ МЕДЬСОДЕРЖАЩЕЙ ШИХТЫ**

© А.А. Сагитдинова, С.Н. Гущин, 2012

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург*

Сто лет в мировом сталеплавильном производстве большую часть металла выплавляли в мартеновских печах, и только во второй половине XX в. мартен уступил свои лидирующие позиции кислородным конвертерам и дуговым электропечами. Сегодня доля мартеновской стали в мире не превышает 3 %. А вот в металлургии меди в течение 250 лет доминирующую роль играют отражательные печи, причем они и сегодня сохраняют свое ведущее положение, несмотря на то, что в связи с развитием автогенных процессов их удельный вес снижается. Тем не менее в настоящее время доля меди, полученной с использованием отражательной плавки, составляет почти 50 %. И хотя эта подовая печь имеет довольно ограниченные окислительные возможности и очень высокий удельный расход топлива (150–200 к гуд./т шихты), однако металлургов всегда привлекали в ней и высокая степень извлечения меди в штейн (96–98 %), и незначительный унос пыли (1,0–1,5 % от массы загружаемого материала),

и возможность переработки шихты любой крупности и влажности. Отражательная печь является агрегатом непрерывного действия с практически постоянными во времени тепловым и температурным режимами. Благодаря большой емкости печи, в которой одновременно может находиться до 1000 т перерабатываемых материалов, в ней достаточно просто поддерживать стабильные теплотехнические параметры плавки даже при значительных колебаниях в производительности предшествующего (подготовка шихты) и последующего (конвертирование штейна) переделов.

Отражательная печь представляет собой вытянутую в длину горизонтальную прямоугольную камеру, футерованную огнеупорным кирпичом магнезиальной группы (рис. 1).

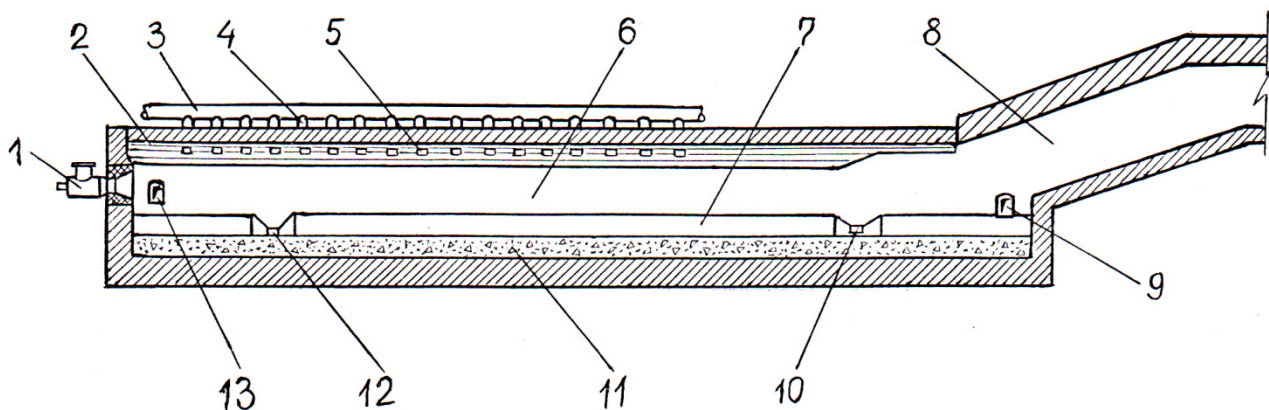


Рис. 1. Схема отражательной печи:

1 – топливосжигающие устройства; 2 – свод печи; 3 – центральная загрузочная труба; 4 – загрузочные патрубки; 5 – загрузочные отверстия в своде; 6 – рабочее пространство; 7 – откосы; 8 – аптейк; 9 – окно для выпуска шлака; 10 – рабочее шпуровое отверстие для выпуска штейна; 11 – набивная лещадь из дробленого кварца; 12 – аварийное шпуровое отверстие; 13 – окно для заливки конвертерного шлака

В торцевой стене рабочего пространства печи в один ряд по высоте установлено 4–6 топливосжигающих устройств, обеспечивающих сжигание топлива. Свод печи является наиболее ответственным элементом конструкции. При небольшой ширине рабочего пространства используют арочный свод, а в более широких печах применяют подвесной или распорно-подвесной своды, которые подвешивают к поперечным балкам, расположенным над печью, при помощи стальных подвесок. Свод монтируют из специальных кирпичей, обеспечивающих толщину свода 380–460 мм. Через каждые 3–7 метров в своде предусматривают температурные швы 50–75 мм.

В своде подавляющего большинства отражательных печей вдоль боковых стен через 1,0–1,2 метра выполняют металлические патрубки с воронками. Через них с помощью ленточных или скребковых транспортеров, а иногда шнековых питателей подают шихту, причем загрузку производят поочередно: сначала с одной, а затем с другой стороны печи. По специальному желобу через окно, расположенное, чаще всего, в торцевой стенке над горелками, в печь заливают конвертерный шлак, содержащий примерно 2–3 % меди. Необходимо подчеркнуть, что переработка конвертерного шлака ухудшает технические показатели работы отражательных печей вследствие высокого содержания в нем магнетита. Прежде всего уменьшается извлечение меди в штейн, в среднем на 1,0–1,1 % на каждые 10 % заливаемого конвертерного шлака. Кроме того, заметно возрастают потери меди с отвальным шлаком отражательной плавки. Выше уровня ванны стены имеют толщину 460–690 мм, а в области ванны, имеющей глубину около 1,0 м, их выполняют в виде откосов с утолщением к

низу до 1150 мм. Форма откосов оказывает влияние на технологию плавки, т.к. при крутых откосах уменьшается площадь тепловоспринимающей поверхности, а при пологих – загружаемая шихта начинает расплавляться по поверхности ванны. Многолетний опыт эксплуатации отражательных печей позволил определить оптимальные углы откосов при плавке концентратов (45–60°), а при плавке огарка – 35–40°. Выпуск из отражательной печи продуктов плавки производят периодически по мере их накопления. Шлак выпускают через специальные шлаковые окна, расположенные в конце рабочего пространства на высоте 0,8–1,0 м от поверхности пода, когда уровень штейна достигает уровня шлакового окна. Выпуск штейна осуществляют через разборные металлические шпуровые устройства с керамическими или графитовыми втулками, которые расположены в двух или трех местах вдоль боковых стен. Более удобным является выпуск штейна через сифоны, работающие по принципу сообщающихся сосудов. Применение сифонов обеспечивает высокую скорость выпуска расплава, сокращает материальные и трудовые затраты.

Дымовые газы из рабочего пространства отражательной печи удаляют через наклонный (15° к горизонту) дымовой боров, называемый аптейком. Наличие аптейка позволяет осуществить внутриванное пылеосаждение наиболее крупных частиц, которые после поворота газового потока вверх по инерции попадают на под аптейка и оседают на нем. Благодаря этому унос пыли из отражательной печи не превышает 1,5 %. Для утилизации теплоты отходящих газов используют водотрубный котел-утилизатор, установленный в сборном борове.

Для отопления отражательных печей можно использовать практически любое топливо, имеющее достаточно высокую теплоту сгорания: мазут, природный газ, угольную пыль. При значительной длине рабочего пространства отражательных печей большую роль в организации их тепловой работы играют длина факела и степень черноты. Нужно помнить, что если степень черноты мазутного факела может достигать 0,8, а пылеугольного – 0,66, то у факела природного газа она не превышает 0,22. Поэтому для увеличения светимости факела природного газа в него обычно добавляют 20–25 % мазута, что существенно увеличивает теплопередачу излучением от факела к ванне и кладке.

Когда на заводы цветной металлургии поступил природный газ, подавляющее большинство руководителей поспешило отказаться от сложного и трудоемкого мазутного хозяйства и тем более от пылеугольного отопления, требовавшего многостадийного производства достаточно «капризной» в эксплуатации аэросмеси. В первое время производственники не могли нарадоваться на это новое «голубое топливо», которое позволило исключить железнодорожные перевозки, содержание складского хозяйства и трудоемкие подготовительные операции. Однако очень скоро стало очевидным, что при использовании природного газа в плавильных печах возникают проблемы, не решив которые трудно обеспечить эффективную тепловую работу этих агрегатов. Основные проблемы в отражательных печах – это недостаточная длина и светимость газового факела, которые не могут обеспечить тепловые потоки необходимые для плавления загружаемой на 2/3 длины печи шихты. На тех заводах, где мазутное хозяйство сохранили, перешли на газомазутное отопление, добавив 20–25 % мазута для увеличения светимости и длины факела. На других заводах пришлось искать иные пути решения данной проблемы, в частности путем использования так называемого комбинированного отопления. В этом случае, помимо традиционного торцевого подвода топлива, используют дополнительную подачу топлива в конце плавильной зоны, то есть на расстоянии чуть меньше 2/3 длины печи. Дополнительные горелки чаще всего устанавливают в своде отражательной печи (рис. 2). Расход топлива через сводовые горелки составляет приблизительно 20 % от торцевого, т.е.  $V_{св}/V_{торц} = 0,2$ . В этом случае проплавление шихты по длине печи становится более равномерным, в результате чего удельная производительность увеличивается на 20–25 %, а термический КПД возрастает с 31 до 40 %.

Эти идеи положены в основу при разработке усовершенствованной системы отопления отражательной печи Красноуральского медеплавильного комбината «Святогор». А так как на

данной печи используют центральный способ загрузки и потому, естественно, откосы отсутствуют, то это позволяет установить дополнительные горелки в боковых стенах печи. Необходимо отметить, что на «Святогоре» осуществляют непрерывную выдачу из печи, как шлака, так и штейна, что требует четкой синхронизации процессов загрузки исходных материалов и выдачи готовой продукции. В связи с этим в данную печь конвертерный шлак заливают в очень небольшом количестве, а большую его часть охлаждают, затем дробят и в твердом измельченном виде добавляют к исходной шихте. Нами выполнены расчеты материального и теплового балансов, определен суммарный расход топлива, дано обоснование соотношения расходов топлива, подаваемого с торца и сбоку, выбраны конструкции горелок как для торцевого, так и для бокового отопления.

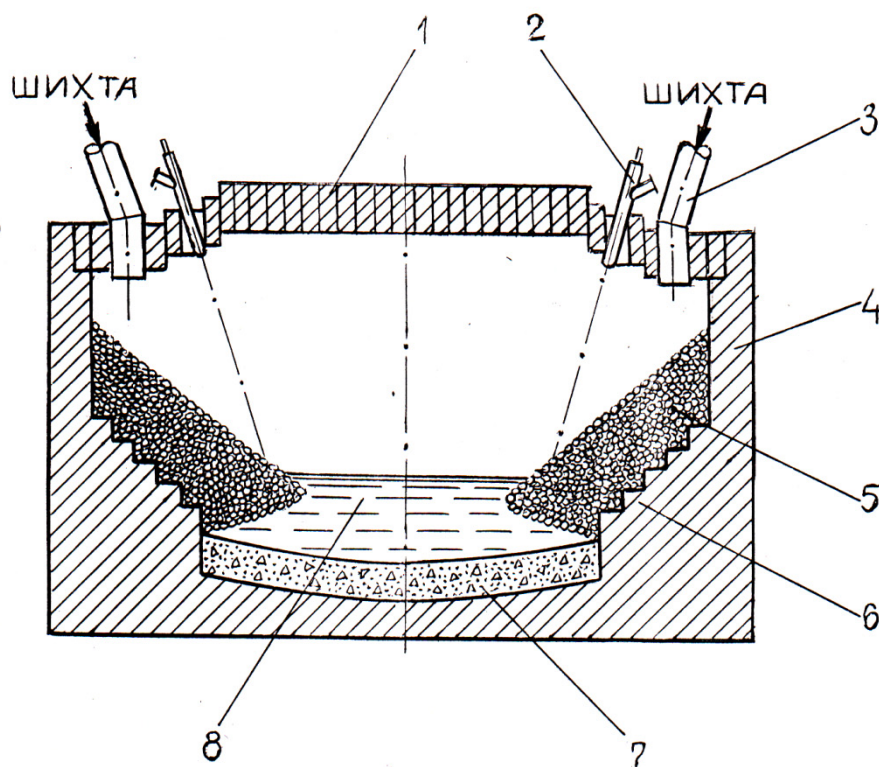


Рис. 2. Схема установки сводовых горелок при использовании комбинированного отопления отражательной печи:

- 1 – подвесной свод; 2 – сводовая горелка; 3 – загрузочный патрубок; 4 – стена печи;  
5 – конусообразные кучи загруженной шихты; 6 – откосы; 7 – набивная лещадь;  
8 – жидкая ванна

#### Выводы:

1. Установлена необходимость перехода на комбинированное отопление.
2. Для торцевого и бокового отопления необходимо использовать разные типы горелок.
3. Тепловая нагрузка на боковое отопление составляет 20 % торцевого отопления.