

готовой продукции используется система стопировки и упаковки плит. Для обеспечения экологической эффективности производства применяется система очистки газов шлакоприемной печи и печи полимеризации, система вытяжки и фильтрации пыли из технологической линии.

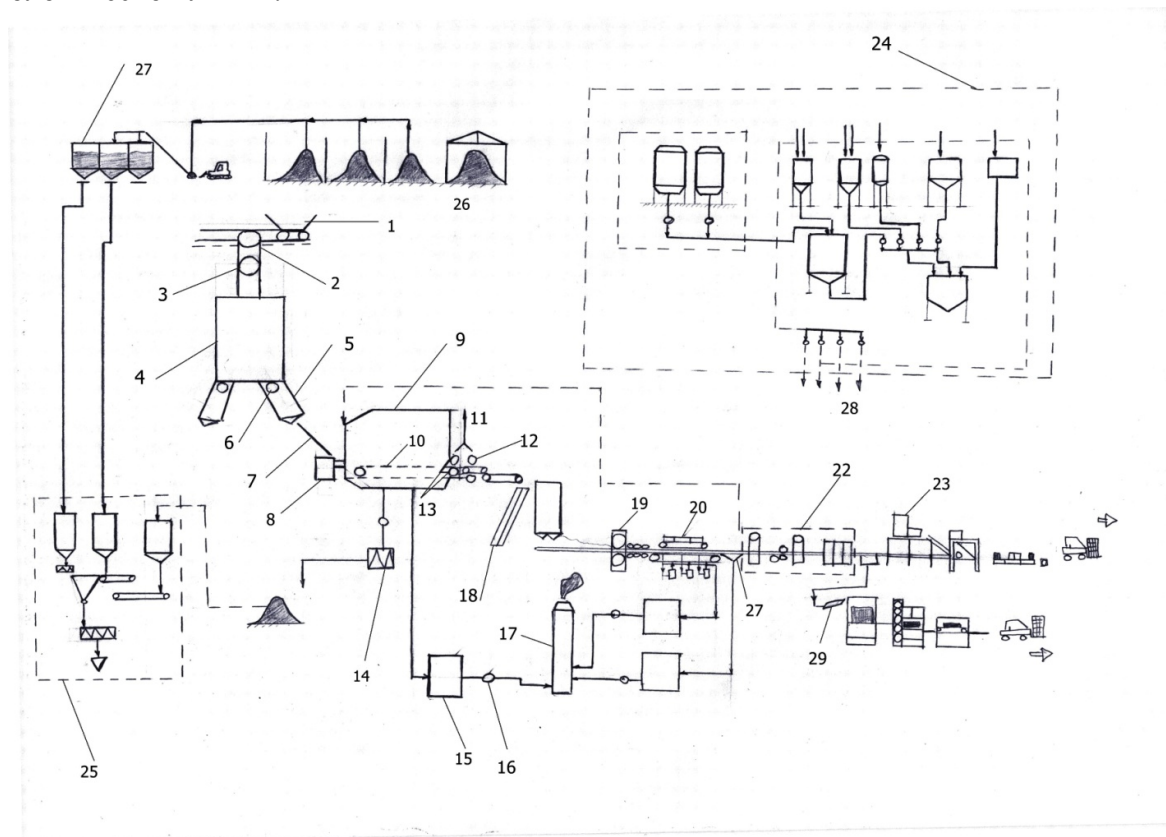


Рис. 1. Схема технологической линии по производству минераловатных изделий из огненно-жидких шлаков:

1 – ковш со шлаком; 2 – чугунный желоб; 3 – труба; 4 – шлакоприемная печь; 5 – фидер; 6 – труба отвода газов из фидера; 7 – желоб; 8 – центрифуга; 9 – камера волокноосаждения; 10 – сетчатый транспортер; 11 – зонты; 12 – выравнивающий валик; 13 – ролик очистки транспортера; 14 – удаление пыли; 15 – фильтр; 16 – дымосос; 17 – труба; 18 – раскладчик; 19 – гофрировщик; 20 – печь полимеризации; 21 – камера охлаждения изделий; 22 – участок пил; 23 – упаковка изделий; 24 – подготовка связующего; 25 – брикетирование твердых отходов; 26 – склад сыпучих материалов; 27 – бункера; 28 – подачу связующего на центрифугу; 29 – удаление обрезков

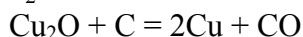
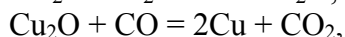
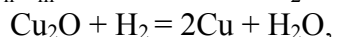
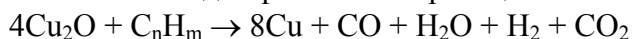
## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА СТАДИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАКИСИ МЕДИ В ПРОЦЕССЕ АНОДНОЙ ПЛАВКИ

© С.Т. Сабилов, Г.М. Дружинин, 2012

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

В настоящее время в процессе анодной плавки в отражательных печах предприятия ОАО «Уралэлектромедь» на стадии восстановления закиси меди восстановителем являются мазут и древесина. При восстановлении меди мазутом происходит термическая диссоциация углеводородов с образованием сажистого углерода и водорода. При восстановлении меди

древесиной происходит сухая перегонка древесины с выделением летучих углеводородов и твердого углерода. Восстановление меди протекает по реакциям:



В процессе анодной плавки использование в качестве восстановителя мазута ведет за собой некоторые пагубные последствия. По существующей технологии мазут поступает в отражательную печь через мазутную трубку вначале на поверхность расплавленной меди, а затем, после подогрева, трубка опускается в расплавленный металл. При изливе мазута на поверхность расплавленной меди и нарушениях в системе мазутоснабжения, приводящих к увеличению расхода мазута сверх установленного технологическим режимом, происходит процесс горения мазута в рабочем пространстве отражательной печи без организованной подачи дутьевого воздуха, т. е. при недостаточном количестве кислорода для нормального процесса горения. В результате такого процесса в отходящих газах могут присутствовать продукты неполного сгорания мазута в виде жидких частиц нефтепродуктов и сажи. Кроме того, не полностью сгоревшие газообразные углеводороды при резком охлаждении газов могут образовывать сажевый углерод в виде твердых частиц. Фильтрация газов, содержащих в составе пыли частицы жидких нефтепродуктов и сажи, приводит к замасливанию пор в фильтровальных элементах (фильтровальном полотне рукавов фильтра), что в свою очередь приводит к необратимому изменению структуры фильтровального материала. Процесс регенерации фильтровальных элементов (рукавов) ухудшается, и фильтр становится неработоспособным. Поры фильтровальных элементов (рукавов) замасливаются и забиваются частицами мелкой пыли, сопротивление их после регенерации не восстанавливается до первоначальной величины, и, как результат, пропускная способность фильтра уменьшается до полного прекращения процесса фильтрации.

В качестве восстановителя можно также использовать природный газ или угольную пыль. Применение угольной пыли требует сооружения, эксплуатации и ремонтов дорогих, громоздких и взрывоопасных установок для размола, транспортировки и дозирования угля при подаче его в печь. Использование природного газа существенно облегчает процесс его использования.

Первые сравнительно подробные сведения о промышленном применении природного газа при рафинировании меди появились в литературе в 1961 г. Для восстановления меди был применен конверсированный газ. Конверсия газа осуществлялась в смеси с нагретым воздухом на катализаторе. Аппарат работал под давлением  $3500 \text{ кН/м}^2$ . Использование конверсированного газа не требовало предварительного подогрева ванны, так как реакции восстановления закиси меди экзотермичны. Медь восстанавливалась конверсированным газом полностью. Применение конверсированного природного газа не ухудшило химических и литейных свойств медных анодов. Процесс дразнения протекал с большой скоростью; расход природного газа составлял  $4,8 \text{ м}^3/\text{т}$  меди. Скорость процесса восстановления меди зависит от природы восстановителя, температуры расплава, концентрации окислов меди и восстановителя, скорости диффузии окислов меди и восстановителя в расплаве, величины поверхностного контакта расплава и восстановителя, расхода и скорости вдувания восстановительных газов в расплав, полноты съема шлака после окисления и возможности регулирования разрежения в печи.

Восстановительный газ можно вдувать в расплав тремя способами: через окна печи при помощи труб; при помощи фурмы, пропускаемой наклонно через боковую стену печи; при помощи фурмы, опускающейся вертикально через отверстие в своде печи. Как показала промышленная практика (Алмалыкского горно-металлургического комбината и Московского медеэлектролитного завода), среди этих трех способов более эффективным является способ продувки при помощи вертикальной фурмы. Фурма представляет собой трубу из нержавеющей стали. От воздействия барботируемого расплава и высоких температур нижняя

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 гу.т/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),