

Полученные результаты хорошо согласуются с общими принципами и подходами к реализации малоокислительных или малообезуглероживающих температурных режимов нагрева, заключающихся в организации траектории изменения температуры поверхности огнеупора, при которой интеграл по времени от температуры поверхности огнеупора в области температур интенсивного окисления углерода будет минимальным.

При разработке малообезуглероживающих теплотехнологий разогрева алюмопериклазоуглеродистых футеровок сталеразливочных ковшей рекомендуется применять температурные режимы с промежуточными выдержками «ступеньками» расположенными в области умеренных температур и сокращать время нахождения поверхности огнеупора в контакте с окислительной атмосферой при температурах более 1000–1100 °С. Как было показано выше, эффективным способом снижения обезуглероживания является применение малоокислительной атмосферы в полости ковша при разогреве. Это направление может быть реализовано путем применения электродов с герметичной крышкой. Для формирования малоокислительной атмосферы возможна загрузка на дно ковша дополнительного углеродсодержащего материала, например кокса.

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ УЗЛА ЗАГРУЗКИ РУДНОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ ФИЛИАЛА ПСЦМ ОАО «УРАЛЭЛЕКТРОМЕДЬ»**

© И.Д. Кузнецов, В.А. Гольцев, 2012

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

Руднотермическая печь размещается в помещении шихтарника плавильного отделения свинцово-баббитного цеха на территории филиала «Производство сплавов цветных металлов» (ПСЦМ) ОАО «Уралэлектромедь». Проектом предусматривается перепрофилирование производства на выпуск штейна медного и увеличение производительности печи по шихте с 37,2 до 50 т/сут.

### *Описание конструкции РТП*

В проекте предусмотрены изменения размеров рабочего пространства печи: длина печи составит 3295 мм, ширина – 2000 мм, а высота – 1895 мм. Изменится толщина кладки печи: рабочая торцевая стенка составит 575 мм, остальные стенки 460 мм.

В торцевой рабочей стенке будут располагаться:

1. Два штейновых шпура, диаметром 20 мм на высоте 150 мм по разные стороны от оси печи.
2. Шлаковый шпур, диаметром 30 мм, в рабочей торцевой стенке на высоте 450 мм от пода печи.

Кладку печи выполнят из шамотного кирпича.

Под будут выкладывать из трех слоев:

1. Первый слой будет состоять из шамотного кирпича.
2. Второй слой – смесь кварцевого песка с шамотной крошкой.
3. Третий слой, имеющий вид обратного свода, будет выкладываться из хромитопериклазового в два кирпича по 230 мм.

Свод, толщиной 230 мм, выполнят вперевязку из шамотного кирпича. В своде печи будут установлены три обечайки для электродов, обечайка с отверстиями для замера уровня штейна и установки импульсной трубки для замера давления под сводом печи, опора газохода, а так же два камня для течек (рис. 1).

Тепловой режим работы печи, определяемый глубиной погружения электродов в расплав шлака, регулируется автоматически с помощью отдельной для каждого электрода электрической лебёдки.

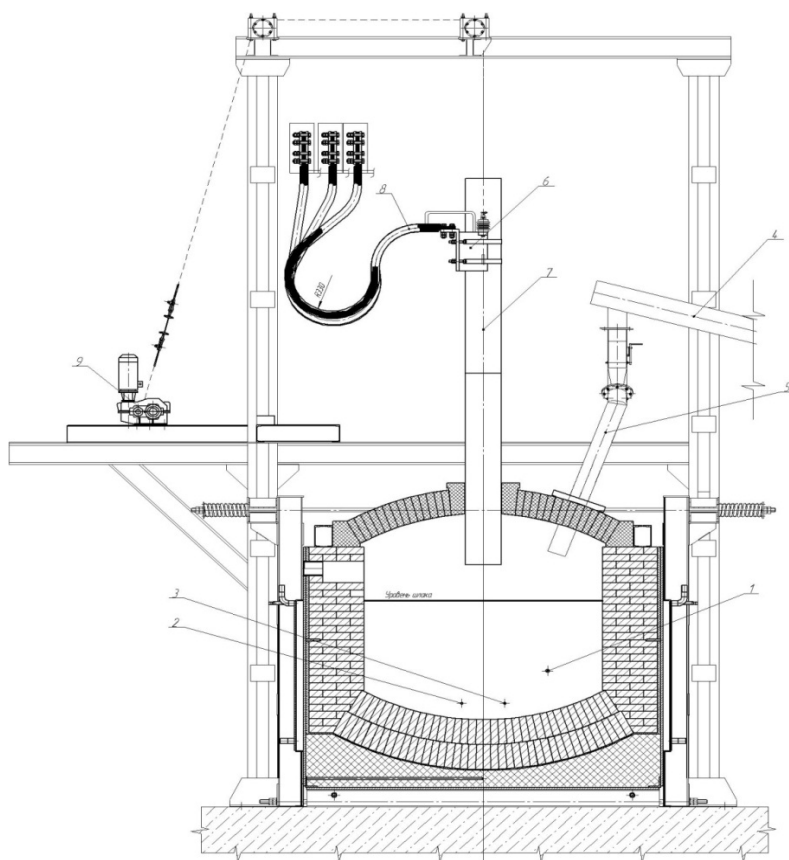


Рис. 1. Поперечный разрез РТП:

1 – шпуровое отверстие для выпуска шлака; 2 – запасное шпуровое отверстие для выпуска штейна; 3 – шпуровое отверстие для выпуска штейна; 4 – шнековый конвейер; 5 – распределительное устройство; 6 – электрододержатель; 7 – электрод; 8 – гибкий шинопровод; 9 – лебедка для перемещения электродов

#### *Существующее положение узла загрузки*

Для загрузки шихты (тип и физические свойства сырья приведены в табл. 1), в соответствии с предыдущим проектом, был предусмотрен один бункер, ленточный транспортер и приемная воронка. Так же узел загрузки печи имеет щелевой аспирационное укрытие с организацией местного отсоса от нее.

Таблица 1

#### Физические свойства перерабатываемого сырья

Наименование материала	Насыпная масса, т/м <sup>3</sup>	Влажность, %	Фракционный состав, мм - %	Угол естественного откоса, град.
Концентрат свинцовый	0,723	0,7	+2,5-0,1 +1,6-0,5 +1,0-0,2 +0,63-0,1 +0,1-1,3 +0,063-1,7 -0,063-96	10–15
Промпродукт медный железосодержащий	1,375	6,4	-30/+10-9,5 +5-21,9 +2,5-16,7	30–40

й (магнитная фракция)			+1,6-13,4 +1-12,3 +0,4-11,4 +0,1-10,6 -0,1-2,7	
Кварцит, содержащий драгоценные металлы	1,5	0,7	- 30/+20-80,9 +10-12,3 -10-6,5	35–45
Шлак силикатный	1,85	0,2	- 30/+20-81,3 +10-11,4 -10-7,3	40–45
Мелочь коксовая	0,82	1,0	- 30/+10-39,8 +5-32,9 +2,5-9,6 +1,6-6,1 +1-4,2 +0,4-1,6 +0,2-1,5 +0,1-0,5 +0,05-0,7 -0,05-0,6	35–43
Известь строительная	0,5	0,0	≤30	30

Шихтовые материалы подаются в печь (в загрузочную воронку) из подготовительного отделения с помощью наклонного ленточного транспортера.

Существенным недостатком существующей конструкции является значительное пылевыведение. Пыль появляется при пересыпке шихтовых материалов. Для предотвращения повышенного пылевыведения была спроектирована герметичная система узла загрузки шихтовых материалов, состоящего из двух бункеров, двух питателей – ленточного и шнекового, двух лотков для пересыпки в шнековый конвейер из питателей, а также шнекового конвейера диаметром 219 мм, производительностью 8,5 т/ч, распределителя и двух течек (рис. 2).

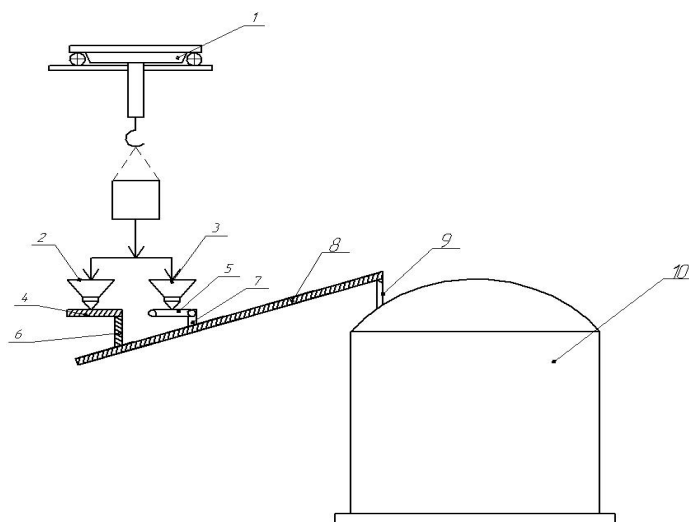


Рис. 2. Технологическая схема узла загрузки РТП:

1 – кран-балка; 2 – бункер для свинцового концентрата; 3 – бункер для флюсовой смеси; 4 – шнековый питатель; 5 – ленточный питатель; 6 – лоток для пересыпки из шнекового питателя в конвейер; 7 – лоток для пересыпки с ленточного питателя в конвейер; 8 – шнековый конвейер; 9 – распределительное устройство; 10 – руднотермическая печь

Для загрузки печи включается шнековый конвейер, затем питатели, производительность которых регулируется. Равномерность подачи шихтовых материалов по течкам регулируется поворотным устройством в распределителе.

Проектируемая система узла загрузки обеспечит необходимую герметичность и равномерность подачи шихтовых материалов, что, в свою очередь, повысит производительность печи.

## **ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В СИСТЕМЕ «ВОЛОКА – ЗАГОТОВКА – ОПРАВКА» ПРИ ВОЛОЧЕНИИ КАПИЛЛЯРНЫХ МЕДНЫХ ТРУБ**

© Ю.Н. Логинов, М.С. Шалаева, 2012

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

В технологии производства капиллярных труб допускается вариант применения процесса многократного волочения без отжига, при этом к завершающей стадии волочения достигается значительное накопление пластической деформации. Ее величину можно определить приближенно, зная исходные размеры прессовой заготовки и размеры полученного продукта. При наличии прессовой заготовки наружным диаметром 46,5 мм, внутренним диаметром 40,5 мм, ее площадь поперечного сечения составит 410 мм<sup>2</sup>. При получении капиллярной трубы наружным диаметром 2,10 мм, внутренним диаметром 0,80 мм, ее площадь поперечного сечения составит 2,96 мм<sup>2</sup>. Суммарный коэффициент вытяжки на стадии холодной обработки составляет 138, логарифмическая степень деформации 4,93, степень деформации сдвига относительное обжатие 99,3%. Как видно из этих расчетов, нагартовка металла в конце технологического процесса оказывается очень большой.

Работа пластической деформации материала объемом  $V$  приближенно равна

$$A = T \cdot \Delta\Lambda \cdot V,$$

где  $T$  – интенсивность касательных напряжений,  $\Delta\Lambda$  – приращение степени деформации сдвига в данном проходе волочения. В соответствии с условием текучести Мизеса  $T = \sigma_s / \sqrt{3}$ , где  $\sigma_s$  – сопротивление деформации. В первом приближении примем, что коэффициент вытяжки в единичном процессе волочения равен  $\lambda = 1,5$ , тогда без учета сдвиговых компонент деформации  $\Delta\Lambda = \sqrt{3} \ln \lambda = 0,702$ . При волочении фрикционный эффект описывают малыми значениями коэффициента трения, поэтому пренебрежем работой, затрачиваемой на трение.

В соответствии с законом сохранения энергии работа деформации  $A$  превратится, в основном в тепло  $Q$ , которое выделится в деформируемом объеме  $V$ :

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta t = \rho \cdot V \cdot C \cdot \Delta t,$$

где  $m$  – масса,  $\rho = m/V$  – плотность;  $C$  – удельная теплоемкость;  $\Delta t$  – приращение температуры. Используем равенство  $A = Q$  и определим приращение температуры:

$$\Delta t = \sigma_s / \sqrt{3} \cdot \Delta\Lambda / \rho / C,$$

В состоянии наибольшей нагартовки сопротивление деформации меди составляет величину около 450 МПа, физические константы  $\rho = 8940$  кг/м<sup>3</sup>;  $C = 390$  Дж/(кг · °С). После подстановки этих величин в последнюю формулу, получим  $\Delta t = 46,5$  °С. Таким образом, средняя температура заготовки может повыситься в текущем проходе волочения на 46,5 °С.

Эти результаты не учитывают характер формоизменения при волочении именно толстостенной трубы. Для оценки ситуации используем соотношения, приведенные в книге [1]. При обжатии трубы по наружному контуру интенсивность скорости деформации сдвига равна

$$H = 2v \cdot r_n / r^2,$$