УДК 669.2:669.054.8

Г.В.КОНОВАЛОВ, *канд. техн. наук, доцент*, (*812*)*328-84-59*
Т.Р.КОСОВЦЕВА, *канд. техн. наук, доцент*, (*812*)*328-82-06*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

G.V.KONOVALOV, *PhD in eng. sc., associate professor*, (*812*)*328-84-59*
T.R.KOSOVTSEVA, *PhD in eng. sc., associate professor*, (*812*)*328-82-06*
National Mineral Resources University (*Mining University*), *Saint Petersburg*

АЛЬТЕРНАТИВА ТРОФ-КОНВЕРТЕРУ

Рассмотрен альтернативный вариант конвертирования медных металлических материалов в агрегате с интенсивным тепломассопереносом, формируемым топливными фурмами высокого давления. В лабораторных условиях на огневой модели проведена экспериментальная проверка конвертирования медных металлических отходов в режиме аппарата струйного вращения.

Ключевые слова: конвертер, фурма, медный лом.

ALTERNATIVE VARIANT OF TROF CONVERTER PROCESS

The article is devoted alternative variant of converting copper metal materials in the converter with intense heat and mass transfer formed by a high-pressure fuel lances. Exploratory studies converting copper metal waste in jet mode rotation were performed on the fire model.

Key words: converter, lance, copper scrap.

На отечественных и зарубежных предприятиях большинство медных металлических отходов перерабатывается в существующих плавильных агрегатах: горизонтальных и вертикальных конвертерах, агрегатах TBRC и Ausmelt.

Не так давно компанией «Outotec» и Уральским горно-металлургическим комбинатом был разработан и внедрен современный производственный комплекс Новгородского металлургического завода, включающий технологию ТРОФ-конвертера. Конструкция этого агрегата обладает рядом значимых преимуществ: не требует большой высоты цехового сооружения по сравнению с агрегатами вертикального типа, формирует интенсивные процессы тепломассообмена за счет вращения агрегата вокруг его основной оси и др. В то же время вращение многотонного агрегата, несомненно, приводит к значительному расходу энергии, высоким механическим нагрузкам на футеровку и быстрому ее разрушению.

В связи с этим было целесообразно проведение огневых экспериментов конвертирования медных металлических материалов в режиме аппарата струйного вращения, предложенного профессором Л.М.Шалыгиным[*].

Огневая модель конвертера, сооруженная на основе графитошамотового тигля, емкостью 2 дм^3 (диаметр внутренней полости 150 мм, высота 150 мм) помещалась в шахтную лабораторную печь с 12 силитовыми нагревателями. Печь оснащалась дутьевым устройством, состоящим из шести водоохлаждаемых мини-фурм с тремя кольцевыми коллекторами для подачи воздуха,

[*] *Шалыгин Л.М.* Перспективное направление автогенной переработки сульфидных руд и концентратов на основе пространственно-ориентированного кислородного дутья / Л.М.Шалыгин, Г.В.Коновалов, Г.А.Колтон // Цветные металлы. 2006. № 1. С.22-27.

Shalygin L.M., Konovalov G.V., Colton G.A. Promising direction autogenous processing sulphide ores and concentrates based on space-based oxygen injection // Nonferrous metals. 2006. N 1. P.22-27.

подвода и сброса воды. Из-за отсутствия кислорода эксперименты выполнялись на воздушном дутье. Дутье подавали от поршневого компрессора.

Дутьевые насадки фурм, симметрично расположенные над тиглем, развернуты таким образом, что дутьевые струи направлены к зеркалу ванны в одинаковом направлении под ранее найденным оптимальным углом 25° к вертикали, причем ось каждой насадки от горизонтальной оси корпуса фурмы отклонена на 120° к центру ванны.

Расход воздуха при проведении плавок учитывался по давлению, снимаемому с воздушного коллектора прецизионным манометром. Функция расход-давление для комплекта единичных фурм определена предварительной его калибровкой на измерительном диафрагменном комплекте и с помощью газосчетчика. Из сопоставления теоретического значения расхода, при известном общем сечении дутьевых насадок $F = n\pi d_н^2/4 = 6 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}16^2/4 = 0{,}121$ см^2, с практическим измеренным, найденный аэродинамический коэффициент фурменного блока $\varphi = 0{,}7$.

Температура в печи измерялась термопарой ПП. Расход воды учитывался объемным методом на сливе, температура на входе и выходе – жидкостными термометрами. Температура в рабочей зоне огневой модели измерялась оптическим пирометром типа «Проминь». Для эксперимента была составлена шихта: 4 кг медного лома, 2 кг медного концентрата (Cu – 69,2 %, Ni – 3,7 %, Fe – 3,5 %, S – 20,5 %) и 0,15 кг тонкого кварцевого песка.

После расплавления шихты при температуре 1300 °С, установки дутьевого блока на расстоянии от расплава 50 мм ($50/1{,}6 \approx \approx 30$ калибров) осуществили подачу дутья. С начала продувки расплав начинает вращаться без заметного наружного выноса и вспенивания шлака. Давление дутья было доведено до максимального значения, отвечающего характеристике компрессора $P_1 = 1{,}8$ атм. Расход дутья (приведенный к нормальным условиям), отвечающий этому давлению, составил 0,19 м^3/мин. Удельная нагрузка на объем тигля $\upsilon_{уд} = 0{,}19/2 \cdot 10^{-3} = 95$ м^3/(мин·м^3), что примерно в 12 раз больше предельной дутьевой нагрузки обычного вертикального конвертера (6-8 м^3/(мин·м^3)).

При давлении дутья 1,8 атм (в закритическом диапазоне) и температуре 10 °С (принято по температуре подаваемой воды) динамические показатели дутьевых струй для огневой модели имеют следующие характеристики: скорость истечения 216 м/с; скорость струи на поверхности расплава 50 м/с; динамический напор на уровне расплава 165 кг/м^2; сила динамического удара шести дутьевых струй при измеренном диаметре каждой струи 15 мм составляет 0,175 кг. Это достаточно для создания интенсивного вращения расплава.

Визуальными наблюдениями удалось получить с достаточной достоверностью размер диаметра дутьевых воронок, а также зафиксировать картину устойчивого хода процесса в условиях интенсивного вращения расплава, отсутствие выбросов и вспенивания шлака. Поскольку невозможно осуществить поворот печи, слить шлак нельзя. После 10 мин плавки продувка была закончена. На основании взвешивания продуктов плавки получено 5,1 кг черновой меди.

Выполненный на огневой установке технологический эксперимент показал принципиальную возможность осуществления процесса переработки вторичных и техногенных материалов по варианту аппарата струйного вращения. Подтвержден интенсивный упорядоченный режим тепломассопереноса в расплавленной ванне. Так же, как и на холодных моделях, зафиксировано отсутствие выбросов расплавленной массы из аппарата при подаче такого удельного количества дутья, которое во много раз превышает предельную дутьевую нагрузку аппаратов с вертикальной непогруженной подачей дутья.

Самым ответственным и принципиально новым является дутьевой узел. Он состоит из 6-9 фурм особой конструкции, располагаемых в стенке аппарата равномерно по полной окружности для стационарных агрегатов или по дуге примерно 120°. Такие фурмы характеризуются следующими особенностями:

• обеспечивают формирование струи, истекающей под любым заданным углом к

зеркалу ванны при возможности в ходе процесса менять этот угол;

• длина соответствует только толщине кладки аппарата, через которую она проходит горизонтально;

• минимальный размер рабочих головок входит в огневое пространство аппарата на расстоянии не более двух диаметров наружного кожуха фурмы, что требует во много раз меньшего расхода воды на охлаждение;

• установленные в кладке фурмы выполняют одновременно роль холодильников;

• небольшое гидравлическое сопротивление охлаждающих каналов соответствует условиям, необходимым для использования системы охлаждения под разряжением, полностью исключающей опасность взрыва при прогаре рабочей головки;

• горизонтальное расположение фурм не требует большой высоты цехового сооружения.

Для обеспечения дополнительного тепла при отклонении от режима автогенности в конструкции фурм предусмотрена подача жидкого или газообразного топлива. В этом случае фурма работает в качестве топливо-кислородной горелки с регулируемым режимом горения. Такая горелка с диаметром кислородной насадки 4 мм была испытана при плавке никелевого концентрата на экспериментальной установке комбината «Североникель».

Разрабатываемый вариант конвертера пригоден и для окислительной автогенной плавки других видов сырья (сульфидных руд или концентратов), а также для использования в кислородном сталеплавлении.