УДК 669.04

С.И.ЖИГАЧ, В.Е.НИКОЛЬСКИЙ, В.В.КАБЛУКА
ЗАО «Концерн «Струйные технологии», Санкт-Петербург

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМЫХ СТРУЙНЫХ ТЕЧЕНИЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПЛАВИЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Изложены научные основы перспективного метода интенсификации плавки с использованием управляемых струйных течений. Разработано уникальное оборудование для ускорения тепломассообменных процессов в электросталеплавильных, мартеновских и отражательных печах.

Scientific bases of perspective method for intensification smelting with use of controlled jet currents have stated. The unique equipment for acceleration of heat-mass exchange processes in the steel smelting arc-furnaces, marten and reverberatory furnaces has developed.

Развитие методов имитационного моделирования аэродинамических процессов и специализированного программного обеспечения для их численного расчета значительно расширили научные представления о природе этих явлений и методах управления ими.

Во всех высокотемпературных технологиях черной и цветной металлургии наиболее эффективным инструментом воздействия на тепломассообменные процессы являются струи и факелы, образующиеся при истечении из горелок и создаваемые фурменными устройствами. С истечением газов из сопел неразрывно связаны акустические и пульсационные явления, свойственные природе сверхзвуковых газовых струй.

Обобщение и анализ результатов исследований дает основание представить следующую накладывающуюся на гидромеханические и физико-химические процессы в плавильных агрегатах картину пульсационных и акустических явлений, возникающих при продувке расплава неуправляемыми сверхзвуковыми струями.

Первый элемент системы – сверхзвуковая струя – представляет собой нестационарное пространственно-неоднородное газовое образование. Окружающая газовая среда оказывает сопротивление струйному потоку, поток изгибается, закручивается, колеблется. Ударные волны, которые наблюдаются на начальном, газодинамическом, участке сверхзвуковой струи, взаимодействуют между собой и с границами струи, образуя замкнутые дозвуковые области течений. На стенке сопла и границе струи создается пограничный слой, которому свойственны сложные вихревые течения.

Вторым элементом колебательной системы является заполненный газом объем агрегата, в котором при истечении струи образуются волны сжатия и разрежения, т.е. генерируется акустическое поле. Спектр акустического шума сверхзвуковых струй в общем случае состоит из сложных дискретных составляющих, уровни которых могут на 20-50 дБ превышать уровень сплошного спектра.

Третьим элементом колебательной системы в плавильном агрегате является расплав. При использовании обычных неуправляемых сверхзвуковых газовых струй малоэффективная гидродинамика ванны препятствует ускоренному протеканию химических реакций из-за отсутствия упорядоченного интенсивного подвода непрореагировавшего расплава из глубинных слоев в реакционную зону и отвода продуктов реакции из нее.

Четвертой частью колебательной системы в плавильном агрегате являются газоподводящие и отводящие тракты, случайные пульсации давления в которых вызывают срыв режимов взаимодействия струи с расплавом, перестройку реакционной зоны.

Пятый элемент системы – сама фурма, которая в процессе подачи окислителя совершает сложное пространственное движение.

Шестым элементом колебательной системы является факел, в котором по случайному закону изменяется в пространстве и во времени концентрация горючих и окислительных компонентов, его газотермодинамические параметры: температура, давление, границы зон горения.

С неустойчивостью, неуправляемыми режимами распространения струй, истекающих из дутьевых устройств, связаны и недостатки процессов тепломассопереноса в плавильных агрегатах. Установление связи неупорядоченных гидрогазодинамических, тепловых и физико-химических процессов в металлургических агрегатах с дискретным, нестационарным характером струй привело к разработке концепции энергоресурсоэкологической оптимизации тепломассообмена при плавке с помощью управляемых струйных течений.

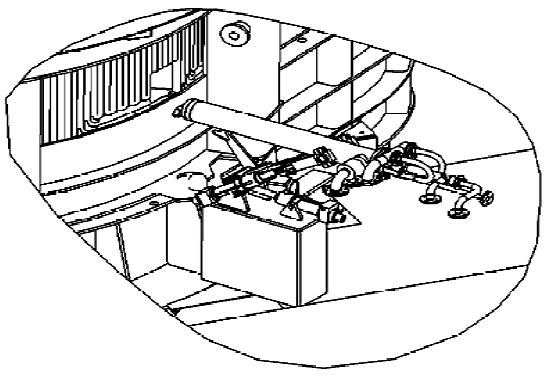
Показателен разработанный концерном метод интенсификации плавки в электросталеплавильной печи, сочетающий: ввод дополнительного тепла от сжигания природного газа на стадию плавления шихты (стеновые горелки и оконная горелка на манипуляторе), технологию пенистого шлака (ввод углеродосодержащего порошка), продувку ванны через донные фурмы, предварительный нагрев лома. Кроме того, ускорение плавки достигается путем интенсификации продувки расплава кислородом на окислительной стадии (увеличение скорости ввода кислорода через фурмы), частичного совмещения периодов плавки и пр.

С начала развития тенденции интенсификации плавки наиболее популярным способом являлась комбинация стеновых горелок и оконной кислородной фурмы, установленной на манипуляторе и совмещенной с инжектором порошка. Результатом выполнения этих задач явилось появление мультифурм и серии уникальных манипуляторов, которые позволяют вводить мультифурму в печь наиболее глубоко и сканировать наибольшее пространство печи. Манипуляторы применяют как для оконной, так и для стеновых мультифурм.

Стеновой манипулятор концерна «Струйные технологии» является единственным устройством, снабженным механизмом поворота в горизонтальной плоскости. Угол поворота мультифурмы ±15°. Возможность поворота стеновой мультифурмы в горизонтальной плоскости позволяет значительно расширить площадь воздействия на лом и жидкую ванну (см. рисунок).

Еще одной областью приложения мультифурм является задача интенсификации отражательной плавки, остро стоящая перед многими металлургическими предприятиями нашей страны. Несмотря на архаичность отражательных печей, такой метод позволяет эффективно провести их модернизацию и пересмотреть необходимость перевода производства на электрические плавильные печи. Для модернизации используется система интенсификации плавки, включающая: применение мультифурм и стеновых аргоновых фурм на манипуляторах, автоматизированную загрузку шихты и лома.

В отличие от основного торцевого «настильного» факела, факелы фурм-горелок направлены вглубь шихты и оказывают локальное интенсивное воздействие на металл, почти не отдавая энергию на свод и стенки. Оконные мультифурмы устанавливают в боковые стены печи под углом 30-45° к основному потоку вблизи торцевых стенок,



Мультифурма с манипулятором

считающихся «проблемными» зонами, и симметрично относительно центра печи.

Оконные мультифурмы имеют ряд преимуществ перед стационарными горелками и кислородными фурмами: фокусированный высокотемпературный газокислородный факел создает температуру до 2700 °С, необходимую для эффективного плавления шихты; наличие автоматизированного механического манипулятора позволяет углублять фурму в рабочее пространство по мере расплавления шихты, а также воздействовать на различные участки ванны, изменяя угол наклона фурмы-горелки в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Возможность варьирования угла атаки позволяет охватить зону, равную зоне охвата нескольких стационарных горелок.

Длительные научные исследования, благодаря которым стала возможной разработка нового высокотехнологичного оборудования, составили основу нашего многолетнего успешного опыта применения управляемых струйных течений в практике металлургического производства. Подробности смотри на сайте http://www.jettechnologies.ru.