

Геометрия слитков 2 и 3 обусловлена необходимостью упрощения задачи разделки металла перед завалкой в печь при последующей переплавке слитков при производстве литья на предприятиях-потребителях. Кроме того, слитки металла с лучшей удельной поверхностью лучше поглощают тепло на этапе расплавления.

Были промоделированы тепловые процессы при кристаллизации слитков в изложницах различной конструкции с изменяемой толщиной защитного покрытия (рис. 4).

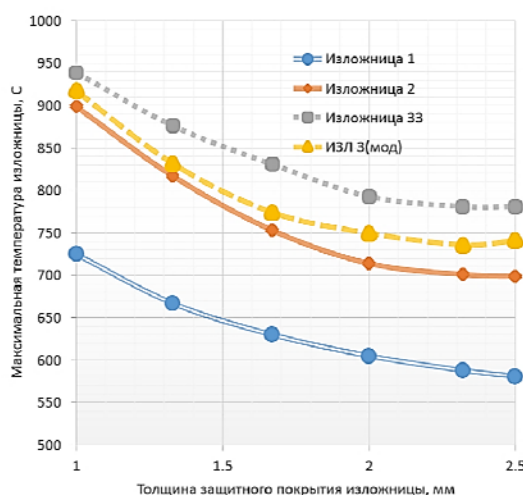


Рис. 4. Изменение максимальной температуры стенки изложницы в зависимости от толщины защитного покрытия и типа слитка

Анализ результатов выявил потенциал неудовлетворительной стойкости изложниц 2 и 3 форм слитков вследствие максимального перегрева (на 150 °C и более) поверхности выше 600 °C. Очевидно, что большее относительно максимального (2,5 мм) значение толщины покрытия на практике использовать нерационально, поскольку сложно обеспечить равномерность его формирования.

Внедренные технология и оборудование показали свою эффективность, безопасность и надежность в эксплуатации.

Результатом внедрения технологии слива является получение 1800–2000 т/год качественного шихтового материала, пригодного для применения в литейном и металлургическом производстве.

УДК 666.187.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В. А. Жаранов, Ю. Д. Черняков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

В мировом производстве постоянно возрастает доля стали массового потребления, выплавляемая в дуговых сталеплавильных печах. Одним из основных факторов, связанных с динамичным ростом производства электростали, являются возрастающие запасы железосодержащего лома. Скрап от автомобилей, бытовых отходов,

строительных предприятий, сельскохозяйственного и промышленного оборудования перерабатывался в мартеновских печах, в настоящее время выведенных из эксплуатации. Основная нагрузка в переработке таких шихтовых материалов в перспективе будет осуществляться в дуговых печах большой емкости – от 80 т и более [1]–[3]. В дальнейшем доля электростали будет постоянно возрастать за счет модернизации устаревших печей и переработки металлолома на современных ДСП.

Наибольшее распространение ДСП получили на мини-заводах как основной сталеплавильный агрегат для переработки железосодержащей шихты с концентрацией углерода около 0,3 %, недостаточной для завершения плавки, поэтому в исходную шихту добавляют углеродсодержащие материалы (УСМ). Способ загрузки шихты (в две бадьи на болото) и постоянно изменяющаяся плотность шихты (от 0,2 до 0,9 т/м³) накладывают дополнительные трудности в организацию теплового, аэродинамического и температурного режимов. Постоянное увеличение численности автомобильного парка и сокращение срока эксплуатации автомобилей обеспечит железосодержащей шихтой электросталеплавильное производство [3].

Технология процесса в современных ДСП предполагает на первой стадии интенсивное расплавление шихты с последующей переработкой в сталь заданного химического состава и температуры в агрегатах внепечной обработки. Можно выделить основные мероприятия, способствующие повышению производительности печи:

- сортировка и подготовка шихтовых материалов;
- предварительный подогрев шихты за счет утилизации физической теплоты дымовых газов;
- использование в металлической шихте жидкого чугуна;
- работа печи на «болоте», т. е. использование остатка предыдущей плавки;
- применение топливно-кислородных горелок, кислородных фурм, инжекторов углерода, фурм для окисления оксида углерода в газовой среде рабочего пространства.

Следует отметить, что с учетом условий работы электропечи нередко вносят изменения в геометрические параметры ее рабочего пространства. При использовании легковесного лома или шихты в виде окатышей и брикетов увеличивают объем рабочего пространства за счет высоты стены печи, преследуя тем самым возможность завалки одной бадьей шихты.

Экспериментальные исследования тепло- и массообменных процессов в рабочем пространстве ДСП имеют свою специфику и весьма затруднительны. Прямые измерения аэродинамических потоков и температурных полей на действующей печи всегда ограничены и затруднены, поэтому для изучения применяют методы математического моделирования. На данный момент существует большое количество прикладных программных пакетов для моделирования химико-технологических систем. Эти пакеты используют различные подходы к моделированию и обладают различным инструментарием удобным или неудобным при решении той или иной прикладной задачи.

Для расчета газодинамики и температурного состояния рабочего пространства использовали 3D модель печи, которая была предварительно получена в чертежно-графическом редакторе системы КОМПАС-3D, а затем импортирована в приложение SolidWorks FlowSimulation.

Flow simulation моделирует движение потока, на основе решения уравнения Навье–Стокса, которое является интерпретацией законов сохранения массы, импульса и энергии для потока жидкости. Под жидкостью здесь понимается и газ, и жидкость ввиду отсутствия в русском языке аналога слову fluid. Уравнения дополнены выражениями состояния жидкости, которые определяют природу жидкости

и эмпирическими зависимостями плотности, вязкости и теплопроводности жидкости от температуры. Несжимаемые неньютоновские жидкости рассматриваются по зависимости их динамической вязкости от скорости деформации сдвига и температуры, а сжимаемые жидкости рассматриваются по зависимости их плотности от давления. Еще одна часть уравнений отвечает за геометрию потока, граничные и начальные условия.

К рассмотрению предложены две модели, отличающиеся размещением комбинированных устройств для подачи в печь энергоносителей (ТСУ). В первой модели ТСУ расположены радиально в соответствии с проектными рекомендациями фирмы «Danieli» (рис. 1, а), во второй – размещены тангенциально (рис. 1, б).

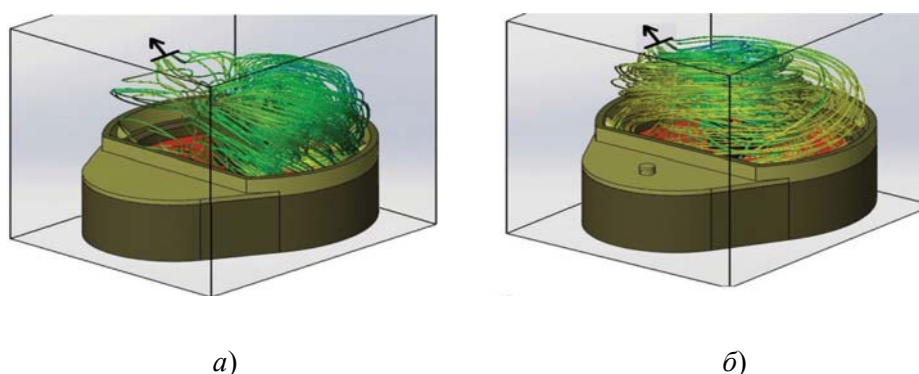


Рис. 1. Траектории движения газовых потоков в объеме рабочего пространства ДСП: а – по проекту «Danieli»; б – при тангенциальном расположении газокислородных горелок

Размещение горелок с тангенциальным направлением факела вызывает горизонтальную циркуляцию продуктов горения у поверхности шихты. В данном варианте обеспечивается круговое движение газов в периферийной зоне рабочего пространства и исключается направленное воздействие потока продуктов горения на поверхность электродов. К моменту попадания в подсводовое пространство и канал дымоудаления газы совершают до четырех циркуляционных оборотов, имея лучшие условия для передачи тепла шихте. Интенсивное движение газов сосредоточено в нижней части объема печи у поверхности холодной шихты. В сравнении с вариантом «Danieli» предложенное расположение горелочных устройств выглядит более предпочтительным.

В 2–3 раза увеличена кратность циркуляции газов в горизонтальной плоскости. За счет изменений в расположении горелочных устройств зона активного теплообмена расширяется более чем на 24 %.

Существующая установка горелок обеспечивает высокотемпературное поле только в незначительном объеме шихты, расположенном против горелок. Равномерного распределения температуры по всему объему шихты, расположенной между электродами и поверхностью стены печи, не наблюдается. Высокие температуры отмечаются под сводом, около и выше водоохлаждаемой стеновой панели горелочного устройства. Для рассматриваемого варианта в эркерной зоне и на участках между горелками обнаружены плохо прогреваемые поверхности, тогда как в месте установки каждой горелки наблюдается перегрев шихты. Тангенциальное расположение горелок изменило траекторию движения продуктов горения и вместе с этим, подобно скоро-

сти, изменилось и распределение температурных полей. К моменту попадания в под-сводное пространство и канал дымоудаления газы с большей эффективностью передают тепло шихте. Циркуляция газов способствует рассредоточенному распределению температур в зоне расположения основной массы шихты по горизонтальным сечениям и высоте рабочего пространства.

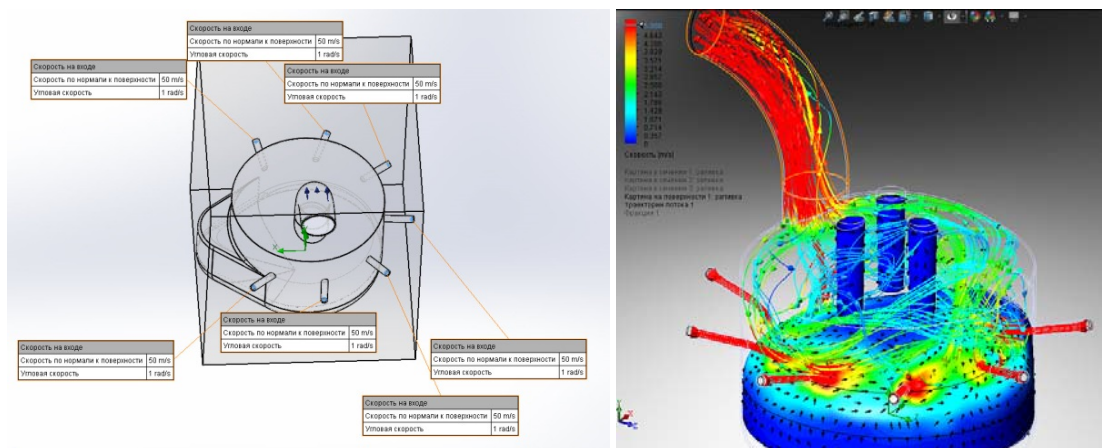


Рис. 2. Усовершенствованная параметрическая модель для газодинамического анализа и результаты моделирования в виде траекторий движения частиц газового потока

В заключение можно отметить, что предложенный способ интенсивного нагрева (рис. 2) и плавления холодной шихты позволяет за счет организации движения продуктов горения газокислородной смеси, частичного окисления углеродсодержащих материалов, без изменения номинальной электрической мощности и при незначительных конструктивных изменениях обеспечить высокую производительность ДСП по выходу полупродукта стали, снизить удельный расход электродов и осуществить долговременную эксплуатацию стеновых панелей и свода.

Литература

1. Worldsteel Association Steel Statistical Yearbook 2011. – Brussels : Worldsteel Committee on Economic Studies, 2011. – 120 p.
2. Белковский, А. Г. Современное состояние и тенденции развития технологии производства стали в ДСП и их конструкции / А. Г. Белковский, Я. Л. Кац, М. В. Краснянский // Бюл. «Черная металлургия». – 2013. – № 3. – С. 72–78.
3. Чижиков, А. Г. Автомобильный лом в структуре металлофонда России и технические решения по его утилизации / А. Г. Чижиков, А. Е. Семин, И. И. Чижикова // Электросталлургия. – 2010. – № 4. – С. 31–36.