

СЕКЦИЯ 1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ И ЭКОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 669.045

М. В. Антропов, Г. В. Воронов

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

Институт материаловедения и металлургии,

кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии», г. Екатеринбург, Россия

АЭРОДИНАМИКА В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ СОВРЕМЕННОЙ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

Аннотация

В данной статье осуществлен анализ типичной схемы расположения горелочных устройств в рабочем пространстве современной дуговой сталеплавильной печи. Сформулированы критерии оптимального размещения горелок и предложена схема их рационального расположения. Особое внимание уделено вопросам энергетической эффективности и безопасной эксплуатации газокислородных и комбинированных горелок.

Ключевые слова: газокислородная горелка, комбинированная горелка, аэродинамический угол, проекция факела, газодинамика, теплообмен, современная дуговая сталеплавильная печь.

Abstract

In the paper was performed the analysis of a typical layout of burners in the workspace modern electric arc furnace. The criteria optimal placement of burners and a plan of their rational were presented. Particular attention is paid to energy efficiency and safe operation of oxy-fuel and combined burners.

Keywords: gas-oxygen, combined, burner, aerodynamic angle, projection flame, gas dynamics, heat transfer, modern electric arc furnace.

Развитие современной электрометаллургии в вопросе обеспечения высокой производительности и энергетической эффективности происходит ускоренными темпами. Наметилась устойчивая тенденция к комплексному использованию различных способов интенсификации сталеплавильных процессов. Распространенный тому пример – использование стеновых газокислородных горелок и комбинированных горелочных фурм. Такие устройства прочно вошли в практику применения и практически стали стандартным оборудованием дуговых электропечей. Однако вопросы повышения эффективности топливо-кислородных горелок до настоящего времени остаются малоисследованными и во многом дискуссионными.

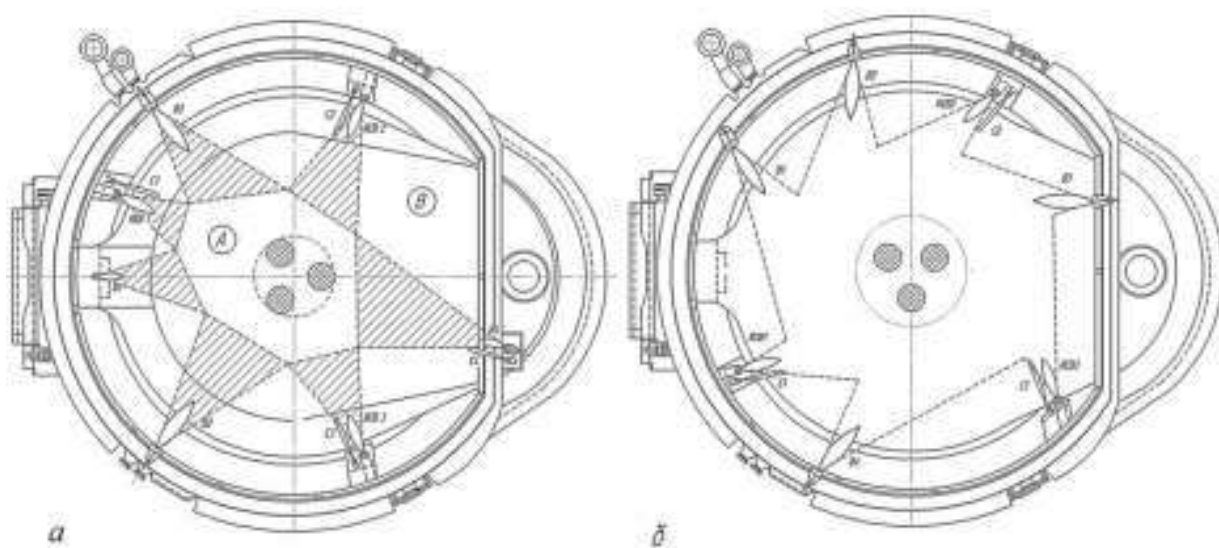
Стандартные предложения известных зарубежных фирм, поставляющих электросталеплавильное оборудование в Россию, на наш взгляд, не удовлетворяют современным требова-

ниям энергетической эффективности и промышленной безопасности. Этот вывод возник из опыта промышленной эксплуатации подобных агрегатов на металлургических предприятиях уральского региона.

Значение газокислородных горелок и комбинированных фурм в организации сталеплавильного процесса в современной ДСП очень велико. С помощью них решается целый ряд технологических задач, направленных на увеличение производительности и сокращение продолжительности плавки. Благодаря работе этих устройств имеется возможность использовать «альтернативные» источники тепла и экономить часть электроэнергии, расходуемой на плавку. Значительное снижение удельного расхода электроэнергии и электродов при использовании газокислородных горелок не вызывает сомнений [1].

Дополнительное использование энергии топлива в рабочем пространстве печи, а также интенсификация окислительных процессов при продувке ванны кислородом теоретически способствуют существенному улучшению основных показателей работы печи. Положительный эффект в таком случае существенно зависит от правильно выбранной схемы размещения горелочных устройств и режима их работы [3].

В представленной работе исследуется схема горизонтального расположения горелок и фурм для подачи углеродистого порошка на современной дуговой сталеплавильной печи. Согласно данным экспериментального исследования [2] величина аэродинамического угла раскрытия газокислородного факела $\alpha_{а.д.} \approx 37^\circ$. Это позволяет при помощи проекций факелов отобразить на общем плане печи характер распределения газовых потоков (рис. 1, а).



RCB1...RCB3 – комбинированные горелочные фурмы;

В1...В4 – стеновые газокислородные горелки;

С1...С4 – фурмы для подачи углеродсодержащих материалов.

Рис. 1. Схема расположения топливо-сжигающих устройств:

а – базовое предложение; б – проектный вариант

Анализируя предложенный на рис. 1, а план расположения горелочных устройств, мы приходим к выводу о невозможности добиться равномерного температурного поля по горизонтальной поверхности сталеплавильной ванны. При работе печи образуются перегретые области, где стальной лом очень быстро проплавляется и оседает (зона А). Одновременно в

пространстве печи сохраняются холодные области (зона В), где шихта долгое время не плавится. Вследствие неравномерного проседания возможен обвал шихтовой массы с повреждением электродов. Вероятно нестабильное горение электрической дуги и частое возникновение коротких замыканий.

Отметим, что радиальное расположение горелок, обращенных к центру печи, не создаст предпосылок для циркуляции продуктов сгорания и интенсификации конвективного теплообмена на шихту. Не следует направлять факелы топливо-сжигающих устройств непосредственно на электроды, это может стать причиной их преждевременного износа. Под действием направленного потока высокотемпературных газов в присутствии кислорода графит электродов начинает интенсивно окисляться и выгорать, в результате снижается механическая прочность электродов, увеличивается их удельный расход.

На рис. 1, б предложена более рациональная, на наш взгляд, схема размещения топливо-сжигающих устройств. Из представленной схемы видно, что размещение горелочных устройств и создаваемое ими температурное поле стало равномерным. Горелки следует разместить тангенциально. Это создаст хорошие условия для циркуляции газов в рабочем пространстве печи, интенсифицирует передачу тепла к шихте. Симметричное расположение «угольных» фурм обеспечит равномерное распределение углерода и поддержание вспененного шлака на всей поверхности ванны, создаст условия хорошего перемешивания расплава.

Вертикальное размещение горелочных устройств в печи (рис. 2) также заслуживает особого внимания. На современных печах газокислородные горелки принято располагать в защитных водоохлаждаемых боксах, расположенных на внутренней стороне стеновых водоохлаждаемых панелей максимально близко к поверхности плавильной ванны. В таком случае оптимальные условия теплопередачи обеспечиваются последовательным прохождением горячих газов через весь слой загруженной шихты.

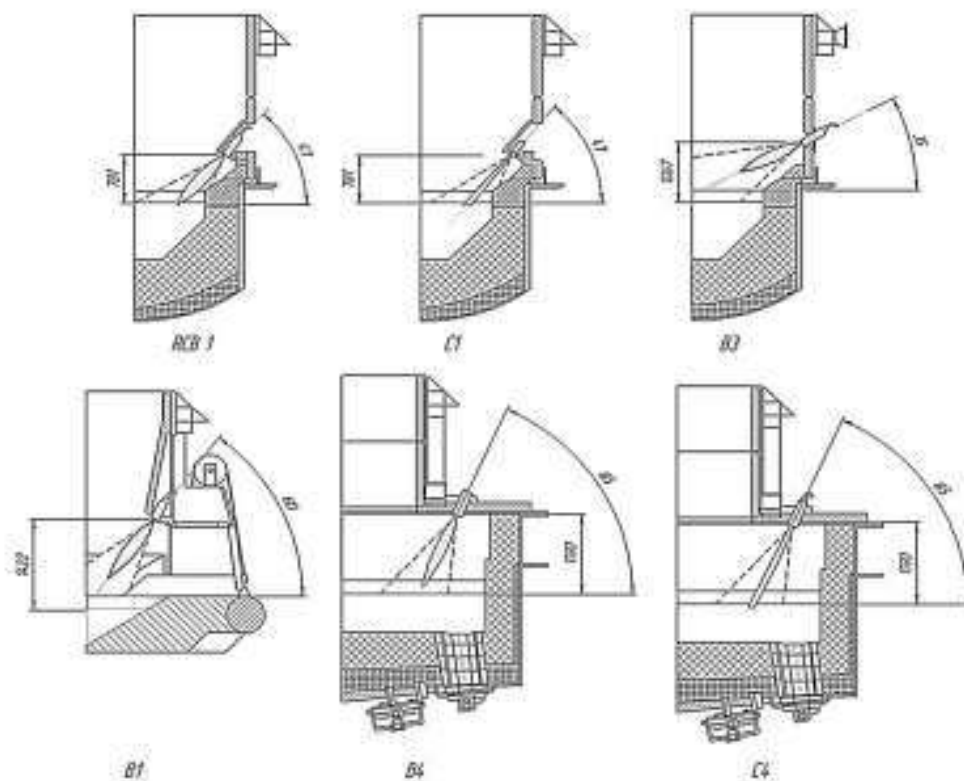


Рис. 2. Схема вертикального расположения по базовому варианту

Размещение горелки «В1» с теплотехнической точки зрения не рационально поскольку она располагается непосредственно над проемом рабочего окна печи, на достаточно большой высоте от уровня плавильной ванны. После проседания шихты довольно быстро прекращается контакт факела с шихтой, условия конвективного теплообмена и нагрев в этой зоне станут неэффективными.

Горелка В4 в эркере печи также имеет ограниченную зону действия. Процесс расплавления шихты в эркерной зоне может затянуться. Рекомендуется установить в этой зоне поворотную горелку. Факел этой горелки мог бы перемещаться от нагретых к относительно холодным зонам. Таким образом, можно в разы расширить прогреваемую зону. В жидкие периоды плавки эркерная горелка может полностью выводиться из рабочего пространства печи.

Угол наклона горелок, представленных на рис. 2, выбран без учета аэродинамических характеристик факела. Нельзя исключать возможность повреждения огнеупорной футеровки. При указанном расположении горелочных устройств аэродинамические границы факела касаются огнеупорной футеровки стен и откосов плавильной ванны. Температура газокислородного факела способна достигать 2650–2700 °С, поэтому существует опасность нанести серьезный ущерб огнеупорам. Разрушение огнеупоров в период работы горелочных устройств может происходить по причине резкого колебания температур. Помимо прочего, периклазоуглеродистые и смолодоломитовые огнеупоры могут терять углерод, находясь в контакте с окислительными газами при высокой температуре. Обезуглероженный слой огнеупора, в котором выгорел (окислился) углерод (графит), характеризуется пониженной прочностью, повышенной пористостью и низкой сопротивляемостью против размыва расплавом. Обезуглероживание огнеупоров резко сокращает срок их службы, стойкость футеровки, увеличивает вероятность загрязнения стали неметаллическими включениями футеровочного происхождения.

На рис. 3 представлена схема вертикального расположения горелок, которая позволит решить обозначенные выше проблемы.

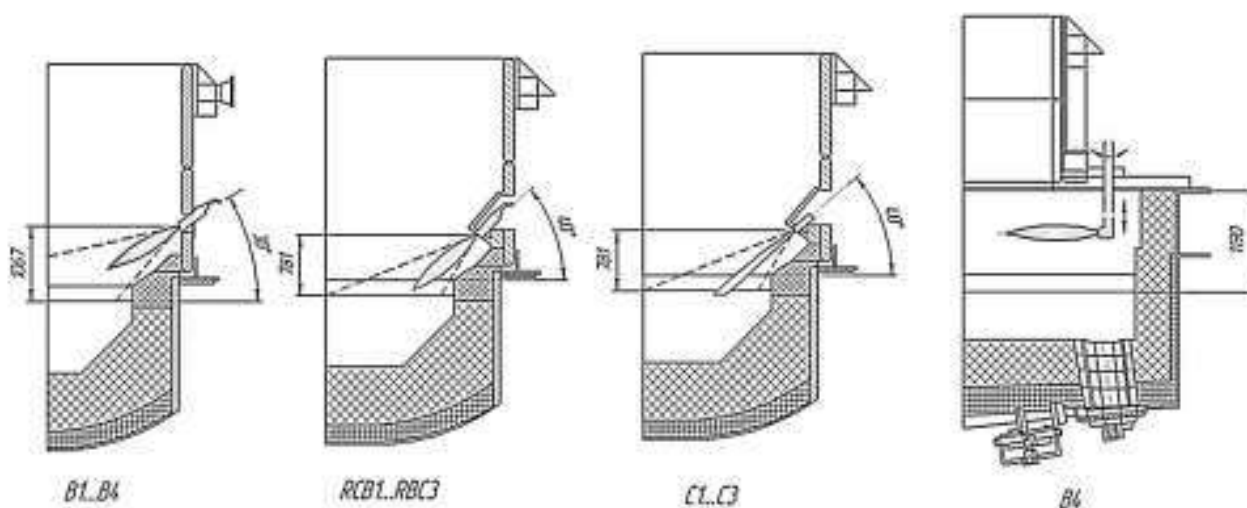


Рис. 3. Рекомендуемое вертикальное размещение горелок на современной ДСП

Итогом исследования следует считать ряд практических рекомендаций по оптимальному размещению топливно-кислородных горелок в рабочем пространстве ДСП.

Реализация указанных предложений не требует значительных капиталовложений и существенного изменения конструкции печи. Вместе с тем рекомендуемые мероприятия позволят расширить зону действия горелок более чем на 24 %, значительно улучшить газодинамику и теплообменные процессы в ДСП, повысить надежность элементов конструкции печи.

Результаты исследования и указанные в работе рекомендации могут быть использованы при создании новых технических единиц или же модернизации действующих печей с целью повышения их производительности и надежности.

Список использованных источников

1. Гудим Ю. А., Зинуров И. Ю., Киселев А. Д. Производство стали в дуговых печах. Конструкции, технология, материалы: монография – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2010. 547 с.
2. Воронов Г. В., Гущин С. Н., Кокарев Н. И. Исследование взаимодействия струи компрессорного воздуха с поверхностью жидкой ванны // Теплотехника процессов выплавки стали и сплавов: межвузовский сборник. – Свердловск: изд. УПИ им. С.М. Кирова, 1980. Вып. 7. 188 с.
3. Лузгин В. П., Косырев К. Л., Комолова О. А. Энергетика применения альтернативных энергоносителей при плавке в дуговых сталеплавильных печах // Черные металлы. 2010. № 10. С. 8–12.

УДК 669.042

А. П. Брусницын, Е. В. Киселев

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
Институт материаловедения и металлургии,
кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»,
г. Екатеринбург, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Аннотация

На машиностроительных предприятиях широко используются электрические печи сопротивления. В этих печах производится нагрев и термическая обработка, поэтому некоторые электрические печи обеспечивают технологический процесс в малоокислительной атмосфере рабочего пространства. Конструкции печей и особенности производства, зачастую, не позволяют эффективно расходовать электрическую энергию. В основном это происходит из-за массивной футеровки этих печей (350–400 мм), кроме того, из-за особенностей производства значительное количество энергии тратится на предварительный разогрев массивной кладки. Одной из распространенных конструкций печи, устанавливаемых в прокатных цехах, является камерная электрическая печь сопротивления.