

УДК 669.187

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАСПЛАВЛЕНИЯ СТАЛИ В  
ДУГОВЫХ ПЕЧАХ**

А.А. Сапрыкин, Е.А. Ибрагимов, Ю.В. Ильин

Юргинский технологический институт (филиал) ТПУ  
E-mail: ferrousmetal@rambler.ru

Показаны перспективы применения мощных поворотных горелок при интенсификации периода расплавления металла в дуговых сталеплавильных печах различной емкости.

**Ключевые слова:**

Интенсификация, период плавления.

В начале 1960-х гг. были проведены первые опыты по использованию топливно-кислородных горелок на дуговых сталеплавильных печах (ДСП) для сокращения длительности периода плавления и снижения расхода электроэнергии.

Результаты первых промышленных опытов подтвердили возможность уменьшения расхода электроэнергии и длительности расплавления шихты при использовании топливно-кислородных горелок. Устройство и расположение горелок в печи приведены на рис. 1.

С течением времени использование конвенциональных горелок, не привело к значительному повышению их эффективности даже при увеличении их мощности и количества, поскольку, при увеличении мощности горелки длина и объем факела, а следовательно и зона его воздействия на лом, увеличивается незначительно [1].

**Сапрыкин Александр Александрович**, канд. техн. наук, заведующий кафедры металлургии черных металлов Юргинского технологического института ТПУ.

E-mail: alex\_sapr@rambler.ru  
Область научных интересов: быстрое прототипирование, послойное лазерное спекание.

**Ибрагимов Егор Артурович**, ст. преподаватель кафедры металлургии черных металлов Юргинского технологического института ТПУ.

E-mail: egor83@list.ru  
Область научных интересов: получение тонкопленочных покрытий в вакууме, литейные технологии.

**Ильин Юрий Владимирович**, студент кафедры металлургии черных металлов Юргинского технологического института ТПУ.

E-mail: egor83@list.ru  
Область научных интересов: литейные технологии, проектирование печей



**Рис. 1.** Топливно-кислородные горелки в ДСП

Встала задача, как распространить действие горелок на всю массу лома в печи и обеспечить относительно равномерный высокотемпературный ее нагрев без значительного окисления железа? Для решения этой сложной технической задачи было предложено заменить горелки с постоянным направлением факела поворотными горелками, способными в процессе работы изменять направление факела в широких пределах [1].

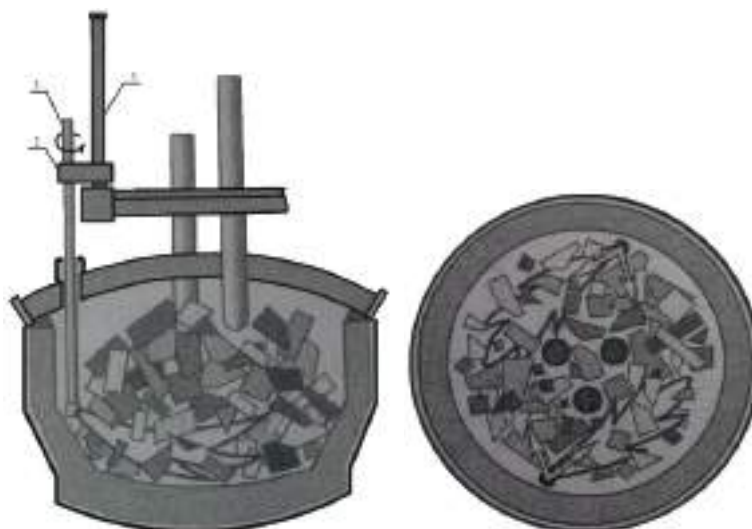
Поясним эту идею на примере использования высокоомощных поворотных горелок High Power Rotary (HPR-горелки) [2]. Главная особенность состоит в том, что по ходу плавки факелы HPR-горелок могут перемещаться от уже нагретых к относительно холодным зонам лома.

Это качество значительно расширяет действия факелов и позволяет увеличить полезную мощность горелок в несколько раз.

Факелы HPR-горелок по сравнению с конвенциональными горелками отличаются также более низкой температурой и в несколько раз большей кинетической энергией. Что позволяет им внедряться в массу загруженного лома на большую глубину вплоть до самой подины. При этом греющие газы проходят в слое лома максимальное расстояние, что значительно увеличивает теплоотдачу и коэффициент полезного действия топлива [1].

### Сводовые горелки

Для высокотемпературного нагрева лома на больших печах были разработаны вертикальные сводовые HPR-горелки с замедленным смещением газа и кислорода и пониженной температурой факела. Эти горелки вводятся в пространство печи через отверстие в своде вблизи сводового кольца. Горелки предназначались для печей, в завалке которых содержалось большое количество тяжеловесной прокатной обрезки. При таком ломе вблизи стен печи остается достаточно места для введения горелок (рис. 2).



**Рис. 2.** Сводовая HPR-горелка: 1 – сводовая горелка; 2 – каретка; 3 – колонна

Сводовые горелки могут опускаться и подниматься, а также поворачиваться вокруг вертикальной оси на  $60^\circ$  с помощью механизмов, установленных на каретке и колонне. Газовые и кислородные горелки расположены на боковой поверхности горелки под углом к ванне. При перемещениях горелки по вертикали и ее поворотах направление факела изменяется в широких пределах. Направление факелов горелок по ходу периода плавления может изменяться с помощью автоматического устройства по определенной программе, а также вручную. Это дает возможность учесть индивидуальные особенности плавок и существенно ускорить процесс. Длительные промышленные испытания показали, что две сводовые HPR-горелки при соответствующем управлении обеспечивают довольно равномерный нагрев всей массы лома, загруженной в печь. Этому способствуют высокая кинетическая энергия факелов, позволяющая им глубоко проникать в слой лома почти до самой подины, а так же конструкция горелок, обеспечивающая замедленное смещение газа и кислорода и понижение температуры горения. Горелки опускают в рабочее пространство только на время их работы. Это исключает необходимость затрачивать газ и кислород на поддержание дежурного пламени.

Испытания HPR-горелок, проводимые на 100-тонных печах ЧМК (Челябинск) мощностью 32 МВ·А и 200-тонных печах завода «Красный Октябрь» мощностью 60 МВ·А, показали весьма высокие результаты.

Продолжительность работы горелок без дуг составляла на 100-тонных печах 29 %, а на 200-тонных печах – 36 % от общей продолжительности плавления. На 100-тонных печах средние за период плавления мощности горелок и дуг были практически одинаковыми. На 200-тонных печах мощность горелок была ниже мощности дуг на 16 %. Несмотря на это, продолжительность плавления снизилась в обоих случаях. На 200-тонных печах общая продолжительность плавления сократилась на 12,1 %, а длительность плавления под током – в 2 раза; на 100-тонных печах – соответственно на 6,6 % и в 1,5 раза. Расходы электроэнергии в период плавления сократились на 200-тонных печах в 1,5 раза, а на 100-тонных в – 1,7 раза. Сокращению периода плавления способствовало повышение эффективности работы дуг на предварительно нагретом ломе.

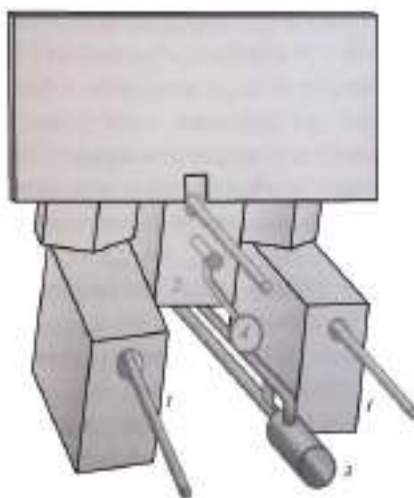
Взвешивание электродов показали, что их угар изменяется приблизительно пропорционально длительности работы печи под током.

Таким образом, промышленные испытания сводовых НРР-горелок показали следующее. При правильном их конструировании факелы горелок, несмотря на высокую мощность, не опасны для огнеупоров и, тем более, для водоохлаждаемых элементов. При одинаковой мощности с электрическими дугами НРР-горелки практически не уступают им ни по эффективности использования энергии, ни по скорости нагрева лома.

### Оконные горелки

Весьма длительный и обширный опыт использования конвенциональных оконных горелок в прошлом представляет для НРР-горелок большой интерес. Именно оконные горелки впервые наглядно показали необходимость изменений направления факела по ходу нагрева лома.

Для вдувания кислорода и углерода в ванну через рабочее окно печь оборудована НРР-горелками на манипуляторе BSE с расходоуемыми трубками (рис. 3).



**Рис. 3.** НРР-горелки на манипуляторе BSE: 1 – боковые боксы; 2 – средний бокс; 3 – головка горелки; 4 – щиток

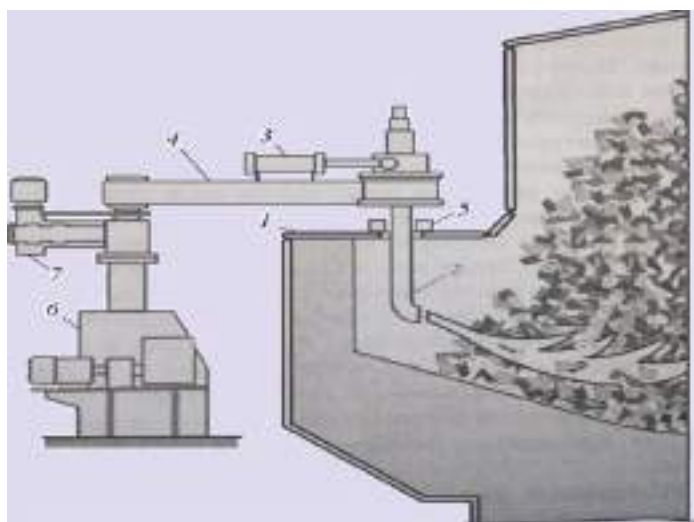
Кислород вдувается двумя трубками, расположенными в боковых боксах, углерод – средней трубкой. Под средним боксом манипулятора установлена кислородная горелка, работающая на жидком топливе. Для нагрева лома горелка с помощью пневмоцилиндра выдвигается вперед. По окончании работы она возвращается в обратное нерабочее положение. В этом положении головка горелки закрывается щитком, что предохраняет сопла горелки от забивания брызгами металла и шлака в жидкие периоды плавки.

Постоянное использование жидкого топлива 4,1 л/т сокращает длительность плавки на 6,4 % и расход электроэнергии на 5,2 %. Примерно такой же эффект обеспечивает установка на печах нескольких конвенциональных горелок.

### Эркерные и стеновые НРР-горелки

Сводовые НРР-горелки не могут использоваться в обычных условиях работы ДСП на дешевом легковесном ломе. Такой лом заполняет все рабочее пространство печи, не оставляя места для опускания горелок вблизи стен. Эркерные горелки предназначены для установки в крышках основного и дополнительных эркеров снаружи печи. Стеновые НРР-горелки должны устанавливаться в защитных водоохлаждаемых боксах, расположенных на внутренней стороне стеновых панелей.

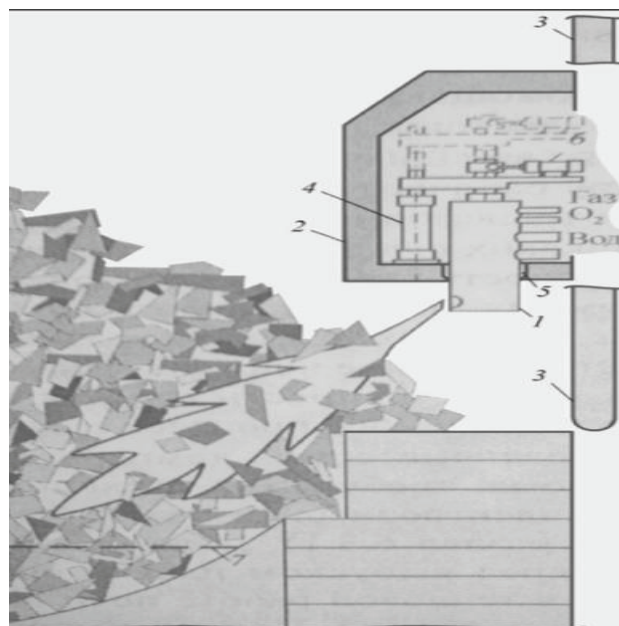
Эркерная горелка работает следующим образом. После первой порции лома горелку с помощью механизмов горизонтального и вертикального перемещения вводят в технологическое отверстие в крышке эркера, предназначенного для обслуживания выпускного отверстия печи. Благодаря тому, что лом попадает в камеру эркера лишь в незначительном количестве, обеспечивается возможность опускания горелки почти до самой подины. При этом газы проходят в ломе снизу вверх максимальное расстояние (рис. 4.).



**Рис. 4.** Установка НРР-горелки в дополнительном эркере: 1 – водоохлаждаемая крышка; 2 – горелка; 3 – цилиндр; 4 – кронштейн; 5 – уплотнитель; 6 – механизм подъема установки; 7 – механизм отвода горелки

По своему назначению механизмы стеновой горелки и их работа аналогичны эркерной горелке. Основное отличие состоит в том, что для подъема и опускания горелок используются механизмы шахтного типа с опорными роликами, установленные на рабочей площадке печи.

Устройство дополнительных эркеров требует существенного изменения конструкции самой печи, что не всегда приемлемо. Этому недостатка лишены стеновые НРР-горелки изображенные на рис. 5.



**Рис. 5.** Стеновая HPR-горелка в защитном боксе: 1 – горелка; 2 – водоохлаждаемый бокс; 3 – стеновая панель; 4, 6 – гидроцилиндр; 5 – специальная вставка; 7 – уровень порога

### Заключение

Представленные в работе инновационные технологии позволяют рентабельно повысить эффективность проведения сталеплавильных процессов при создании новых технических единиц или же модернизации устаревшего оборудования на предприятиях черной металлургии Российской Федерации с целью повышения качества продукции, а так же придания достижения нового уровня конкурентоспособности отечественных производителей на мировом рынке.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинуров И.Ю., Гудим Ю.А., Киселев А.Д. Производство стали в дуговых печах. Конструкция, технология, материалы: монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – 547 с.
2. Гудим Ю.А. Рациональные способы интенсификации плавки в современных дуговых сталеплавильных печах // Вестник ЮУрГУ. Сер. Металлургия. – 2008. – № 10. – С. 10–13.

Поступила 26.04.2012 г.