

строен в конце 90-х годов XX века (1999 г.) на Лебединском ГОКе (Белгородская область) мощностью 1 млн. т в год.

Рассмотрены также другие альтернативные процессы получения металлизированного сырья (технология «Finmet», «Finmet» Megatrain, Danarex и др.), проанализированы их достоинства и недостатки, область применения, степень внедрения и использования в промышленных масштабах.

В связи с ужесточением экологического контроля за металлургическим производством и, одновременно, в связи с необходимостью иметь шихтовые материалы, чистые от примесей цветных металлов, масштабы внедоменного производства железа непрерывно растут, одновременно расширяется и фронт исследовательских работ в этом направлении.

Следует отметить, что производители губчатого железа в течение нескольких последних лет работали в очень благоприятных условиях, что объясняется совместным действием следующих факторов:

- дефицитом скрапа на мировом рынке;
- проявляющейся в черной металлургии тенденцией использования железа прямого восстановления в качестве шихты для электродуговых печей, особенно при производстве высококачественных сталей;
- увеличением производства стали в мире.

Исходя из существующих планов строительства предприятий в мировой черной металлургии, производство окатышей во вновь построенных цехах и заводах достигнет к 2015-2016 гг. 160 млн.т. Около половины этого прироста приходится на окатыши для прямого восстановления, остальную часть составляют окатыши для доменных печей. В результате рост производства железа прямого восстановления будет ограничен уровнем 55 млн.т/год. Из этого следует, что в ближайшие 10 лет в мире будут сооружены и введены в эксплуатацию 30-40 новых цехов по прямому восстановлению железа.

По прогнозам Midrex Technologies, к 2020 году мировой выпуск DRI достигнет 120 млн т, т. е. увеличится по сравнению с 2010 годом более чем на 70 %. Отметим, что в настоящее время суммарные производственные мощности по выпуску прямовосстановленного железа даже с учетом законсервированных и строящихся модулей составляют около 90,4 млн т продуктов в год.

УДК 669.1

### **Анализ систем очистки уходящих газов при выплавке стали**

Студент гр.104141 Цвирко Е.А.

Научный руководитель – Румянцева Г.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Электросталеплавильное производство является одним из производств, выбрасывающих большое количество пыли и других загрязняющих веществ, величина которых зависит от применяемого сырья, технологического режима плавки, использования интенсификаторов и способа отвода газов от печи. Выход технологических газов от ДСП определяется сгоранием углерода шихты и электродов, разложением необожженной части известняка и подсосом атмосферного воздуха в печь. Количество и состав пылевых выбросов от ДСП различается в зависимости от применяемой технологии, но вместе с тем состоит преимущественно из оксидов железа (в период расплавления суммарное количество составляет около 80%, в период кипения при продувке кислородом – 62%, в период доводки – 53%). Состав газовых выбросов определяется воздействием высокой температуры (за счет возникновения электрической дуги), что приводит к образованию оксида углерода, оксидов азота и серы, цианидов и фторидов.

Современные крупнотоннажные дуговые сталеплавильные печи, получающие все большее распространение в последние годы, имеют емкость более 100 т, при этом продолжительность плавки сократилась с 105 до 45-60 мин, мощность трансформаторов увеличилась до 85-100 МВА, удельный расход электроэнергии составляет 300-320 кВт·ч/т. Высокие показатели работы печей, соответствующие технологии высшего технического уровня, достигнуты за счет применения современных методов интенсификации производства, увеличения доли альтернативных источников теплоты, что, безусловно, привело к изменению качественных и количественных показателей пылегазовых выбросов дуговых сталеплавильных печей.

Для обеспечения высоких экологических требований современных печей используют системы отвода и очистки газов, отличающиеся большими объемами очищаемых газов, при этом энергозатраты только на транспортирование газов могут достигать 40-60 кВт·ч/т, что составляет 15-20% и более от общих расходов энергии на выплавку стали в печи.

Учитывая высокую производительность современных дуговых печей, в настоящее время проблема экологически чистого сталеплавильного производства может быть решена предотвращением неорганизованных выбросов и повышением эффективности работы систем отвода и очистки газов. Показано, что правильный учет количественных показателей технологических и удаляемых газов, рациональная организация системы отвода и подготовки газов позволяет существенно уменьшить капитальные и эксплуатационные расходы, которые при модернизации газоочистного оборудования могут достигать 50% от расходов основного производства.

В работе также рассмотрены традиционные и альтернативные варианты системы очистки отходящих газов дуговых сталеплавильных печей, функционирующих на предприятиях литейного и металлургического производства.

Показано, что установка на ДСП систем очистки рукавных фильтров достаточно эффективно решает проблему очистки газов от пыли, а также от вредных веществ (бензпирен, фториды, цианиды, фураны и др.).

УДК 621.78.012.5

### **Математическое моделирование и анализ процессов индукционного нагрева стальных заготовок**

Студент гр. 104150 Цыкунов П.Ю.  
Научные руководители – Трусова И.А., Рафальский И.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Основным направлением экономии топливно-энергетических ресурсов и материалов является техническое переоснащение и модернизация производства на базе внедрения новых энерго- и ресурсосберегающих технологий, в том числе и с применением направления, связанного с компьютерными технологиями для проектирования оборудования. В настоящее время большое внимание уделяется этапу исследования тепло-физических процессов, происходящих в заготовках при индукционном нагреве. Было создано множество математических моделей объяснения того, что же действительно происходит с заготовкой.

Суть процесса индукционного нагрева - преобразование энергии электромагнитного поля, создаваемого нагревательным индуктором, в тепловую энергию нагреваемого объекта. Поэтому, первым шагом при разработке оборудования для индукционного нагрева является анализ электромагнитных процессов в системе *индуктор - нагрузка*.

Одним из наиболее эффективных методов анализа электромагнитных процессов следует считать *метод конечных элементов*. Суть метода конечных элементов заключается в том, что вся исследуемая зона разделяется на мелкие элементы, для случая 2D моделей - на