

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Шкирмонтова Александра Прокопьевича «Разработка теоретических основ совершенствования энерготехнологических параметров выплавки ферросплавов углеродотермическим процессом с целью повышения показателей работы электропечей», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.2 (05.16.02) – металлургия чёрных, цветных и редких металлов

Основным потребителем ферросплавов в Российской Федерации является сталеплавильное производство. Соответственно повышение доли выплавки высококачественной и легированной стали определяет возрастающую потребность в ферросплавах. Вместе с тем, наблюдаются более высокие объёмы товарных ферросплавов для экспортных операций.

Необходимо отметить, что ферросплавная электропечь работает в смешанном режиме сопротивления и дуги, в отличие от дуговых сталеплавильных печей. При этом электрический режим и технология выплавки определяются составом шихты, её удельным электросопротивлением и конструкцией печи. В связи с укрупнением ферросплавных печей наблюдается увеличивающийся разрыв между установленной мощностью печных трансформаторов и активной мощностью в ванне для технологического процесса. Это не приводит к высоким технико-экономическим показателям и ограничивает производительность печей.

Основной целью диссертационной работы является дальнейшее совершенствование энерготехнологических параметров выплавки ферросплавов углеродотермическим процессом для улучшения показателей работы электропечей, при рассмотрении в комплексе электрических, технологических и параметров конструкции печей, с позиции энергоресурсосбережения и основных принципов «бережливого» производства».

Получение ферросплавов в электропечах является одним из материалоемких и энергоёмких металлургических производств, так как осуществляется восстановление ведущего элемента из оксидов рудных материалов углеродом коксика. Удельный расход электроэнергии в 7–20 раз больше, чем при выплавке 1 т стали в дуговой печи (от 3 до 20 МВт·ч/т ферросплавов и кремния). Доля затрат на электроэнергию в структуре себестоимости ферросплавов достаточно высока и составляет до 30–50 % и более. К значительному ухудшению показателей производства также приводит снижение качества рудных материалов и восстановителей. В этих условиях повышение эффективности производства ферросплавов путём разработки и совершенствования энерготехнологических параметров выплавки в электропечах является весьма актуальной задачей.

С позиции научной новизны автором были рассмотрены в комплексе технологические, электрические и теплотехнические параметры выплавки. Удалось выявить наиболее существенные закономерности для улучшения энерготехнологических показателей работы ферросплавных электропечей.

На основании проведённых исследований, в электрометаллургии ферросплавов диссертантом было введено новое понятие – энерготехнологический критерий работы ферросплавной электропечи. Предложенная безразмерная величина включает: извлечение ведущего элемента в сплав; тепловой КПД печи; коэффициент мощности печи; электрический КПД и коэффициент загрузки трансформатора. Полученная комплексная величина достаточно точно характеризует эффективность работы электропечи и может быть использована для совершенствования технологии выплавки и конструкции печных агрегатов.

При проведении мероприятий, направленных на сокращение комплекса потерь, энерготехнологический критерий печи возрастает, а удельный расход электроэнергии на 1 т ферросплава снижается. При ухудшении работы печей энерготехнологический критерий уменьшается и увеличивается удельный расход электроэнергии на выплавку.

Показано, что с ростом мощности ферросплавных печей происходит ухудшение их энерготехнологических параметров вследствие того, что повышение мощности печей в основном происходит за счёт увеличения силы тока и, соответственно, диаметра самообжигающихся электродов, а не рабочего напряжения (из-за снижения сопротивления ванны печи). В результате растут электрические потери и увеличивается разрыв между мощностью трансформатора и активной мощностью в ванне печи, что приводит к худшим технико-экономическим показателям, чем для печей средней мощности.

Для решения проблемы и увеличения сопротивления ванны ферросплавной печи обычно используют различные композиции смесей углеродистых восстановителей (полукоксов, бурых и газовых углей, антрацита, древесных восстановителей-разрыхлителей и других), с повышенным удельным электросопротивлением. Наибольший эффект повышения сопротивления ванны около 5–10 %.

Поэтому диссертантом предложена новая технологическая схема выплавки ферросплавов с увеличенным подэлектродным промежутком (электрод–подина) для значительного повышения в 2,5 раза сопротивления ванны и напряжения для улучшения энерготехнологических параметров печей.

При этом качественно меняется картина ввода дополнительной мощности в ванну электропечи – не за счёт увеличения силы тока, а благодаря повышению сопротивления ванны, напряжения и мощности, что энергетически более выгодно и эффективно. В результате при выплавке 45 %-ного ферросилиция суще-

ственно улучшились электрический КПД, коэффициент мощности, тепловой КПД при получении стандартного ферросплава, а энерготехнологический критерий печи увеличился на 35 %.

На основании рассмотренной технологии предложена и опробована принципиально новая концепция выплавки ферросплавов по варианту автономных изолированных плавильных зон под электродами в ванне печи под слоем шихты и, соответственно, выпуском расплава из-под каждого электрода. Разработанный вариант концепции включает сочетание двух технических решений: использование технологии выплавки ферросплавов с увеличенным подэлектродным промежутком и применение электропечи со значительно увеличенным в 2,1–2,8 раза относительным расходом электродов и более глубокой ванной. Данное комплексное техническое решение приводит к повышению в 2,2–2,6 раза сопротивления ванны, напряжения и дополнительной мощности в ванне печи (каждый показатель) без ухудшения степени извлечения ведущего элемента и получении стандартного сплава. Снижается удельный расход электроэнергии из-за лучшего токораспределения в ванне. По сравнению с базовым вариантом выплавки 45 %-ного ферросилиция энерготехнологический критерий печи увеличился на 37,8 – 48,0 %.

Впервые диссертантом получена зависимость величины подэлектродного промежутка в ванне ферросплавной печи от распада электродов и установлено влияние данных параметров на повышение энерготехнологического критерия работы печи, вследствие увеличения рабочего напряжения. Показано, что для лучшего распределения энергии в ванне печи большему распаду электродов, соответствует увеличенный подэлектродный промежуток (электрод–подина).

На основе энерготехнологического критерия разработана новая методика для сравнительной оценки эффективности выплавки ферросплавов в печах различных конструкций и технологий. В результате анализа был применён универсальный метод оценки технических решений в электрометаллургии для различных технологий выплавки ферросплавов: в печах переменного тока; в печах с пониженной частотой тока; в печах постоянного тока (с открытой и закрытой дугой), а также в плазменных печах.

Практическая ценность работы заключается в дополнительно полученной информации о взаимосвязи технологических, электрических и теплотехнических параметров при шлаковой и бесшлаковой выплавке ферросплавов. Это позволило выявить факторы для улучшения комплекса энерготехнологических параметров и снижения удельных энергозатрат на выплавку ферросплавов. Установлено, что при бесшлаковом процессе выплавки 75%-ного ферросилиция увеличение энерготехнологического критерия работы ферросплавной печи от 0,248 до 0,314

соответствует снижению удельного расхода электроэнергии в диапазоне от 10,5 до 8,6 МВт·ч/т сплава. При выплавке углеродистого феррохрома увеличение энерготехнологического критерия от 0,252 до 0,326 приводит к снижению удельного расхода электроэнергии от 4,3 до 3,3 МВт·ч/т сплава.

Решена научно-техническая проблема значительного (в 2 раза и более) повышения активного сопротивления ванны, напряжения и мощности ферросплавной электропечи без увеличения силы тока и диаметра электродов с целью улучшения энерготехнологических параметров процесса выплавки. Улучшились коэффициент мощности, электрический и тепловой КПД печи. Удельный расход электроэнергии на 1 т сплава снизился на 16,7 %. Энерготехнологический критерий печи увеличился на 29,8 % по сравнению с базовым вариантом и традиционным распадом электродов.

На основании энергоаудита двух печей мощностью по 29 МВ·А завода «Кузнецкие ферросплавы» при выплавке 75 %-ного ферросилиция применена методика оценки работы электропечей с использованием энерготехнологического критерия ферросплавной печи. При этом применение на одной из печей увеличенного распада электродов 3,4 м, вместо с 3,0 м и углеродистых восстановителей с повышенным удельным электросопротивлением в виде полукокса увеличило энерготехнологический критерий от 0,203 до 0,258 при снижении удельного расхода электроэнергии на 615 кВт·ч/т или на 6,8 %.

С позиции мероприятий, направленных на повышение энерготехнологического критерия ферросплавной печи, показано положительное влияние данной величины: на снижение удельного расхода электроэнергии и себестоимости получаемого сплава; на увеличение удельной производительности печи на 1 МВ·А установленной мощности трансформатора.

Выявлено, что такое влияние комплексного параметра отмечено как для выплавки ферросилиция (бесшлаковый процесс), так и для выплавки углеродистого феррохрома (шлаковый процесс).

По работе имеются следующие замечания: необходимо уточнить возможности повышения теплового КПД ферросплавных печей, а также подробности предложенной концепции выплавки.

Рассмотренный материал автореферата диссертации соответствует паспорту специальности 2,6.2 (05.16.02) – металлургия черных, цветных и редких металлов. Основные материалы исследований достаточно полно приведены в монографии диссертанта «Энерготехнологические параметры выплавки ферросплавов в электропечах» и опубликованы в журналах Бюллетень НТИ «Чёрная металлургия», «Сталь», «Металлург» и других, которые входят в перечень ВАК и подробно докладывались на научно-технических конференциях.

На основании рассмотренных материалов автореферата, диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, имеющее достаточный уровень научной новизны и практической значимости. Считаем, что диссертационная работа Шкирмонтова Александра Прокопьевича соответствует требованиям п. 9, Положения о присуждении учёных степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.2 (05.16.02) – металлургия чёрных, цветных и редких металлов.

Заместитель генерального директора по
внешней экономической деятельности,
кандидат технических наук

Овчинников А.М.

Заместитель главного редактора
Бюллетеня НТИ «Черная металлургия»,
кандидат экономических наук

Бессонов А.В.

Центральный научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований черной металлургии
(ОАО "Черметинформация").

Адрес: 117218, Москва, ул. Кржижановского, д. 14, корп.3.

Сайт: <http://www.chermetinfo.com/>

Электронная почта: alex.ovch8@gmail.com abessonov@bk.ru

Тел.: +7(903)513-56-39; +7(916)592-58-77.

Подписи заверяю:

Овчинникова А.М. и
Бессонова А.В.

Ген. директор 

