



Ключевский завод
ферросплавов

MIDURAL GROUP

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.

Работа посвящена повышению технологических и энергетических параметров выплавки ферросплавов в рудовосстановительных электропечах с позиции энергоресурсосбережения.

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 по положениям «бережливого производства».

Получение ферросплавов в электропечах относится к разряду материалоемких и энергоёмких производств, так как осуществляется восстановление углеродом ведущего элемента сплава из оксидов. Удельный расход электроэнергии для выплавки массовых ферросплавов в 10–15 раз больше, чем расход при выплавке 1 т стали в дуговой печи. Доля затрат на электроэнергию в структуре себестоимости ферросплавов достаточно высока и составляет до 30–50 % и более. К ухудшению показателей производства также приводит снижение качества рудной базы материалов и восстановителей. В этих условиях повышение эффективности производства ферросплавов путём разработки и совершенствования энерготехнологических параметров выплавки в электропечах является актуальной научно-технической и хозяйственной задачей.





Ключевский завод ферросплавов

MIDURAL GROUP

С позиции научной новизны автором исследованы в комплексе технологические, электрические и теплотехнические параметры выплавки. Выявлены 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. Такой комплекс величин достаточно точно характеризует эффективность работы электропечи, а также может быть использован для совершенствования технологии выплавки и конструкции печных агрегатов.

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

Проанализировано, что с ростом мощности ферросплавных печей происходит ухудшение энерготехнологических параметров вследствие того, что повышение мощности печей в основном происходит за счёт увеличения силы тока и, соответственно, повышения диаметра самообжигающихся электродов, а не рабочего напряжения (снижается сопротивление ванны печи). В результате возрастают электрические потери и увеличивается разрыв между мощностью трансформатора и активной мощностью в ванне печи, что приводит к ухудшению технико-экономическим показателей.

Для решения проблемы и увеличения сопротивления ванны ферросплавной печи многими исследователями были разработаны





Ключевский завод ферросплавов

MIDURAL GROUP

технологии и различные композиции смесей углеродистых восстановителей из добавок полукоксов, бурых и газовых углей, антрацита и других, что было проанализировано в работе. Отмечено, что использование углеродистых восстановителей с повышенным удельным электросопротивлением приводит к повышению сопротивления ванны на 5–10 %.

С учётом этого автором предложена новая технологическая схема выплавки ферросплавов с увеличенным подэлектродным промежутком (электрод–подина) без уменьшения заглубления электродов и увеличения глубины ванны 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 существенно 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)





Ключевский завод ферросплавов

MIDURAL GROUP

без ухудшения степени извлечения ведущего элемента и получении стандартного сплава. В результате повышаются составляющие величины комплексного параметра печи и снижается удельный расход электроэнергии из-за лучшего токораспределения в ванне. По сравнению с базовым вариантом выплавки 45 %-ного ферросилиция энерготехнологический критерий увеличился до 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 промышленной частоты 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 повышении комплекса технологических, электрических и теплотехнических параметров для выплавки ферросплавов для улучшения показателей и снижения удельных энергозатрат. Установлено, что при выплавке 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





Ключевский завод ферросплавов

MIDURAL GROUP

приводит к снижению удельного расхода электроэнергии от 4,3 до 3,3 МВт·ч/т сплава.

Решена научно-техническая проблема значительного (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.

Разработана, опробована новая концепция выплавки ферросилиция с увеличенными подэлектродным промежутком и распадом электродов, и раздельным выпуском сплава. В результате сопротивление ванны, мощность и рабочее напряжение увеличились в 2 раза при неизменных значениях силы тока и диаметра электродов. Улучшились коэффициент мощности, электрический и тепловой КПД печи. Снизился удельный расход электроэнергии и увеличился энерготехнологический критерий печи на 29,8 % по сравнению с базовым вариантом.

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 энерготехнологического критерия: на сокращение удельного расхода электроэнергии; на снижение себестоимости получаемого





Ключевский завод ферросплавов

MIDURAL GROUP

сплава; на увеличение удельной производительности печи на 1 МВ·А установленной мощности трансформаторов для выплавки ферросилиция и углеродистого феррохрома.

Относительно вопросов и замечаний необходимо выделить следующее:

1. В автореферате отмечено, что для выплавки ферросплавов шлаковым и бесшлаковым процессом на энерготехнологический критерий значительно влияет тепловой КПД печи, который имеет невысокую величину. Поэтому как можно повысить тепловой КПД ферросплавной электропечи?

2. Необходимо конкретизировать каковы основные положения снижения удельного расхода электроэнергии на выплавку ферросплавов при увеличении распада электродов и подэлектродного промежутка в ванне печи.

Рассмотренный материал автореферата диссертации соответствует паспорту специальности 2,6.2 (05.16.02) – металлургия черных, цветных и редких металлов: п. 11 – Пирометаллургические процессы и агрегаты; п. 12 – Электromеталлургические процессы и агрегаты; п. 17 – Материало- и энергосбережение при получении металлов и сплавов.

Материалы исследований приведены в монографии диссертанта «Энерготехнологические параметры выплавки ферросплавов в электропечах», а также опубликованы в журналах «Электromеталлургия», «Сталь», «Металлург» и других, которые входят в перечень ВАК Минобрнауки РФ и 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. Считаю, что диссертационная работа Шкирмонта Александра Прокопьевича соответствует требованиям п. 9, Положения о присуждении учёных степеней (Постановление Правительства





Ключевский завод ферросплавов

MIDURAL GROUP

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.

Согласен на обработку персональных данных.

Главный металлург,
кандидат технических наук

Ю. Б. Мальцев

11.10.2021 г.

Ключевской завод ферросплавов
Адрес: 624013, Свердловская обл.,
Сысертский р-н, п. Двуреченск
Сайт: <https://www.miduralgroup.ru/kzf.htm>
E-mail: office.kzf@miduralgroup.com
Тел.: +7 (343) 372-13-54, 372-13-56, 372-13-57

Подпись заверяю:

Исполнительный директор

ПАО «Ключевский завод ферросплавов»



Н.В. Кузьмин

