

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Душина Сергея Евгеньевича на диссертацию Кирос Кабасканго Валерия Эстевания на тему «Автоматизированный контроль теплового режима газовых отражательных печей при огневом рафинировании никеля», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия)

1. Актуальность темы диссертации

Диссертация Кирос Кабасканго Валерии Эстевании посвящена решению важнейшей практической задаче, связанной с автоматизацией тепловых режимов газовой отражательной печи.

Объектом исследования в работе выступает технология огневого рафинирования никеля из лимонитовой руды с исходным содержанием никеля около 2%. Предмет исследования составляет система автоматизированного контроля и управления технологическим процессом производства никеля в отражательных печах.

Отражательные плавильные печи широко используются для получения металлов, в частности никеля, в пиromеталлургии. Основные потребители никеля: транспорт, машиностроение, электроника, конструкционные материалы, химическая промышленность, товары народного потребления. Такие печи, работающие на природном газе, получили распространение в процессе плавки никеля из-за их более высокого теплового КПД по сравнению с печами индукционного и резистивного нагрева. Эквадор располагает значительными запасами природного газа, поэтому создание металлургического производства в этой стране, выстроенном на применении газа, экономически оправдано. Кроме того, страна богата запасами латеритных никелевых руд.

Процесс огневого рафинирования сопровождается значительными неконтролируемыми потерями металла, что вызвано химическими реакциями с выделением

отзыв

вх. № 9-228 от 01.06.22
АУУС

теплоты ряда примесей и флюсовой композиции. Из-за резкого перепада температур образуются зоны локального перегрева металла и футеровки печи. При неконтролируемом перегреве расплава существует опасность локального расплавления и разрушения футеровки печи, попадания примесей и неметаллических включений в металл, что неизбежно приводит к ухудшению технико-экономических показателей плавки. Поэтому возникает необходимость в организации управляющих воздействий с целью повышения или понижения температуры за счет регулирования составом газа или скоростью его подачи к поверхности расплава. Сложности добавляет и то, что в переходные интервалы периодов плавки и ее окончания существуют промежутки, когда состояние печи не контролируется, и она находится в разбалансированном тепловом состоянии.

В известных опубликованных работах, связанных с разработкой систем управления процессом горения в отражательных печах, не уделяется должного внимания составу природного газа в горелках, который существенно определяет теплотворную способность газа.

В связи с этим проблема разработки алгоритма контроля и управления тепловым балансом печи и, в частности, атмосферы печи при регулировании состава природного газа и его давления в зависимости от изменения теплотворной способности, с учетом физико-химических процессов плавки и взаимодействия продуктов горения, решаемая в работе, представляется чрезвычайно важной и актуальной.

2. Научная новизна основных результатов и выводов диссертации

В диссертационной работе соискателем были получены следующие основные научные результаты.

1. Получены характеристики зависимости влияния химического состава природного газа в горелке на качество конечного продукта (никеля), получаемого в отражательной печи, которые могут быть использованы в процессе управления огневой плавкой. Установлено, что при увеличении содержания метана на 20-30% в природном газе горелки происходит повышение температуры плавки на 70-100 °C.

2. Разработана и обоснована схема управления процессом горения и предложен алгоритм контроля сжигания топлива для каждой горелки, позволяющий снизить расход газа на 10-15%. Впервые показано, что заданный режим нагрева расплава в отражательной печи при снижении количества потерь тепла на 10-12% во время рафинации никеля обеспечивается регулированием давления в горелках газовых печей с учетом состава природного газа и его теплотворной способности. Установлено, что снижение безвозвратных потерь металла во время огневого рафинирования на 4-5% достигается с помощью разработанного алгоритма контроля и управления тепловым режимом отражательной печи с учетом заданных параметров содержания метана в природном газе.

3. Научно обоснованы дополнительные функции контроля параметров АСУ ТП для управления подачей природного газа через горелки среднего давления при различных технологических условиях и режимах работы печи.

Кроме этого, в работе исследованы температурные поля и поля скоростей потоков газа, определяющие тепловое состояние печи, с использованием программного средства моделирования гидродинамики CFD. Результаты моделирования подтверждаются экспериментальными исследованиями. Установлено, что существуют оптимальные размеры дымохода, при которых достигается максимальная теплопередача для конкретных конфигураций печи, расположения и размера горелок. Исследования проводились с регенеративными горелками среднего давления для природного газа.

При анализе влияния состава природного газа на тепловой КПД отражательной печи математическая модель горения, реализованная в среде ANSYS 2019R3, была согласована с реальными производственными условиями, соответствующими отражательной печи МЕРЦ для рафинации никелевых сплавов, используемой на Новгородском металлургическом заводе.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 12-ти печатных работах, в том числе в 2-х статьях в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и,

в 4-х статьях в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Основные положения, выносимые на защиту, отражают научные результаты, которые направлены на снижение безвозвратных потерь металла при огневом рафинировании, достигаемые за счет разработанного алгоритма контроля и управления тепловым режимом отражательной печи. Положения достаточно обоснованы и в полной мере согласуются с известными результатами в исследуемой предметной области.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным применением апробированных методов статистического анализа, теории автоматического управления, сравнительным анализом теоретических и экспериментальных результатов, компьютерным моделированием системы управления с учетом промышленных данных о протекании технологического процесса плавки никеля в отражательной печи, использованием программных средств моделирования MATLAB R2019, ORIGIN 2021, AVEVA PRO/II, ANSYS 2019R3 и UNITY XL Pro, а также апробацией и обсуждением полученных результатов на научных конференциях и экспертизой публикаций в ведущих научных изданиях.

4. Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретико-практическая значимость работы заключается в разработке эффективного алгоритма управления тепловым режимом отражательной печи при огневом рафинировании в плавильных цехах, который может быть применен на предприятиях цветной металлургии по производству никеля. Разработанные программные продукты целесообразно использовать в промышленных условиях на типовых отражательных печах, например, АО «Новгородский металлургический завод» и крупной корпорации «Codelco» в Эквадоре.

Результаты диссертационного исследования использовались в учебном процессе Горного университета, где выполнялась работа, о чем свидетельствует акт о внедрении от 28.01.2022.

5. Замечания и вопросы по работе

1. Были бы желательны пояснения к образованию экстремальных точек на графиках кинетических зависимостей изменения концентрации никеля в металлической фазе (рис.2.3).

2. Интерпретация результатов моделирования температуры дымовых газов в зависимости от потребляемой мощности горелки (рис. 2.15), как «показания значений термопар в течение длительного периода времени проведения эксперимента», не совсем понятна. Являются ли эти показания усредненными по времени значениями или соответствуют показаниям термопар, когда все компоненты шихты в никелевом расплаве уже были расплавлены?

3. Система автоматического контроля температуры пода печи предусматривает использование термопар, вмонтированных в кладку пода печи в нескольких точках, однако обоснование выбора количества и мест включения (монтажа) термопар в работе отсутствует (кроме упоминания об удаленности расположения термопар от горелок).

4. По системе регулирования газовой горелкой имеются ряд вопросов:

- какова достигаемая точность регулирования?
- как «далека система от оптимального режима»?
- к какому, статическому или астатическому, следует отнести объект управления, поскольку от этого зависит настройка коэффициентов ПИД-регулятора?
- было бы целесообразно привести в работе структурную схему замкнутой системы управления процессами, происходящими в отражательной печи, а также методику настройки коэффициентов регуляторов.

5. Желательно придерживаться единообразия в обозначениях физических величин, например, в формулах (2.1) и (2.2) температура обозначается по-разному. Не приведен литературный источник, откуда взята формулу (4.1), либо следовало бы указать, что она получена соискателем.

Перечисленные замечания не носят принципиального характера и не снижают научно-практической ценности выполненной исследовательской работы.

6. Заключение по диссертации

Диссертация «Автоматизированный контроль теплового режима газовых отражательных печей при огневом рафинировании никеля», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия) полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Кирос Кабасканго Валерия Эстевания – заслуживает **присуждения ученой степени кандидата технических наук** по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия).

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры Автоматики и процессов управления
Федерального государственного автономного
образовательного учреждение высшего образо-
вания «Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)»

Душин Сергей Евгеньевич

Тел.: +7 921 970 46 32, e-mail: Dushins@yandex.ru

Подпись Душина Сергея Евгеньевича заверяю.

30.06.2022



Сергей Евгеньевич Душин

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.
Ульянова (Ленина)»

Адрес: 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

Контактный телефон: +7 (812)346 44 87, контактный факс: +7 (812)346 27 58

Адрес электронной почты: root@post.etu.spb.ru

Веб-сайт: <http://www.eltech.ru>