ВЕСТНИК
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК (Западно–Сибирское отделение)

Выпуск 20, 2017 г.

Редакционная коллегия
Е.В. Протопопов
(отв. редактор)
М.В. Темлянцев
(зам. отв. редактора)
К.Г. Громов
В.Г. Лукьянов
В.Н. Нестеров
В.М. Самаров
П.С. Чубик
С.М. Простов

Печатается по решению Президиума Западно–Сибирского отделения Российской академии естественных наук

© Российская академия естественных наук, Западно–Сибирское отделение, 2017

© Издательский центр Сибирского государственного индустриального университета

Адрес редакции: 654007 г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет
тел. 8–3843–78–44–55
http: www.sibsiu.ru
ISSN 2311–9519

Содержание

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА…..…...……3
В.И. Исаев, А.К. Исагалиева, Г.А. Лобова
Геологическое приложение геотермии как метода разведочной геофизики (на примере оценки позднеэоценовой эрозии на площадях п-ова Ямал)……...……...……3
В.И. Исаев, В.В. Стоцкий, Ж.Б. Досымбекова
Геотемпературные условия генерации баженовских нефтей в Колтогорском мезопрогибе……...……..……9
С.И. Панычев, В.Г. Лукьянов
Основные направления развития нефтегазодобывающей промышленности Томской области……..……15
И.Г. Ященко
Физико-химические свойства сернистой нефти……...……...26
И.Г. Ященко, Ю.М. Полищук
Особенности трудноизвлекаемых нефтей высокого качества в криолитозоне Западной Сибири……...……41
ГЕОТЕХНОЛОГИЯ И ГЕОМЕХАНИКА……..…..…….....52
В.И. Исаев, А.Ж. Байкенжина
Геологические факторы выбросоопасности угольных пластов Карагандинского бассейна и возможности их геолого-геофизического прогноза……...……52
М.С. Паровинчак, В.Г. Лукьянов, О.М. Гринев, В.Н. Ростовцев
Освоение Бакчарского железорудного месторождения в Томской области – главный проект стратегии развития Сибири на ближайшие десятилетия……..57
С.Н. Харламов, С.И. Сильвестров, В.В. Зайковский, Е.В. Николаев
О проблемах математического моделирования процессов переноса импульса, тепла и массы в углеводородных вязких средах в условиях сложного движения и тепломассопереноса в трубопроводах……...……..67
МЕТАЛЛУРГИЯ……..……90
С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянцев, С.В. Фейлер
Исследование потерь тепла через футеровку конвертера с применением математической модели……..…..……90
С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянцев, С.В. Фейлер, Л.А.Ганзер, А.Н. Калиногорский
Современные технологии выплавки стали с использованием железосодержащих продуктов переработки конвертерных шлаков……..……...……95
Р.А. Шевченко, С.Н. Кратько, П.Е. Шишкин, Н.А. Козырев, В.И. Базайкин
Оптимизация технологических параметров процесса контактной сварки рельсов на машине К1000 методами математического моделирования……..……....101
Р.А. Шевченко, В.И. Базайкин, С.Н. Кратько, Н.А. Козырев, П.Е. Шишкин
Исследование токового режима сварочной машины К1000 при сварке рельсов……...……...……106
С.В. Князев, Д.В. Скопич, Е.А. Фатьянова, А.А. Усольцев, А.И.Куценко
Ключевые показатели качества литой стали……111
Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.О. Патрушев, С.Н. Кратько, Р.Е. Крюков
Определение оптимальных режимов работы рельсосварочной машины К1000……..……..……..118
АГРОТЕХНОЛОГИИ……..……..……....127
В.И. Мяленко
Резервы повышения производительности земледельческих орудий……127

В.И. Мяленко
Метод определения реакций в опорах многоопорных конструкций……..……...….131
Л.Я. Макаренко, Н.В. Берестова
Комплексное изучение различных пород кроликов при акселерационном способе содержания для использования на продовольственные цели Кемеровской области……...134
Т.А. Атапина, Н.Н. Чуманова, М.Ю. Сергеева
Влияние гуминатрина на биологические и хозяйственные признаки сортов овса в условиях лесостепи Кемеровской области…….139
А.П. Гришкова, Н.А. Чалова, А.А. Аришин
Влияние генотипа терминальных хряков на продуктивность финального гибрида……..…….144
В.М. Самаров
Почвозащитная обработка почвы в Кузнецкой котловине……...150
С.Н. Рассолов,С.Н. Витязь
Переваримость питательныхвеществ ремонтных свинок при использовании иммунонутриентов в их рационе……..…..……....153
С.И. Рудакова
Биологическая составляющая технологии возделывания гороха и ее экологическая оценка……...…….....……..156
БИОМЕДЕЦИНА И ЭКОЛОГИЯ……...……161
В.В. Захаренков, И.В. Виблая
О внедрении в г. Новокузнецке комплексной муниципальной целевой программы «Образование и здоровье»……..…….161
В.В. Захаренков, Р.А. Голиков, А.М. Олещенко, Д.В. Суржиков, В.В. Кислицына, Т.Г. Корсакова
Определение взаимозависимости между содержанием озона в атмосферном воздухе и содержанием ряда загрязняющих примесей……164
Ю.А. Григорьев, О.И. Баран
Опыт многомерного статистического анализа в медико-демографических исследованиях……...……....169
Ю.А. Григорьев, О.И. Баран
Семейная политика и материнский капитал как меры воздействия на рождаемость в России……...……...……175
Ю.А. Григорьев, О.И. Баран
Новые меры поддержки семей с детьми на региональном уровне……...…..……181
А.А. Короткевич, Е.И. Рыбалко , М.Г. Жестикова, В.Е. Хомичева
Клинико-социальные аспекты реабилитации пациентов с цереброваскулярной болезнью в условиях первичного сосудистого отделения…….……..187
ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ……..……..….195
Ю.П. Холюшкин
Системная классификация понятия «Дифференцированное цитирование»……..……..195
ЭКОНОМИКА И СОЦИОЛОГИЯ…..……201
В.А. Эпштейн, А.А. Гаспарян
15 лет денонсации договора ПРО и современное состояние российско-американского ракетно-ядерного противостояния……...201
ЮБИЛЕИ……..……...210
РЕФЕРАТЫ……..……...215

УДК 504.062.2/47:669

С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянцев, С.В. Фейлер

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ТЕПЛА ЧЕРЕЗ ФУТЕРОВКУ КОНВЕРТЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

При реализации в кислородных конвертерах технологий жидкофазного восстановления железа из техногенных материалов существенное значение имеет организация рациональной тепловой работы сталеплавильного агрегата [1]. Такие технологии имеют ограничения по объему перерабатываемых техногенных материалов, связанные в первую очередь с развитием в конвертерной ванне негативных явлений вызванных временным ее переохлаждением, образованием масс твердых конгломератов, вследствие повышенных затрат тепла на нагрев, плавление материалов и реакции восстановления железа.

Перспективным направлением развития технологий конвертерной плавки с жидкофазным восстановлением является повышение тепловой эффективности конвертера, сокращения потерь тепла при конвертировании металла. Одной из составляющих расходной части теплового баланса конвертера являются потери тепла теплопроводностью. В работе [2] проведен анализ методов расчета тепловых потерь, применительно к кислородным конвертерам. Практический интерес представляет анализ влияния конструкции футеровки (наличие теплоизоляционного слоя, его толщины) и износа рабочего слоя на потери тепла теплопроводностью.

В данной работе проведено исследование влияния различных факторов на потери тепла теплопроводностью через футеровку конвертера с применением математической модели [3,4]. Модель адаптирована для особенностей конструкции футеровки конвертера.

При установившемся режиме работы конвертера тепловые потери через футеровку можно определять по уравнению стационарного теплового потока через плоскую многослойную стенку [2]

$$q = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с}}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{с}}}} \text{ Вт/м}^2, \qquad (1)$$

где $t_{\text{вн}}$ – температура внутренней поверхности футеровки конвертера, °С; $t_{\text{с}}$ – температура окружающей среды (воздуха), °С; δ_i – толщина i-го слоя кладки, м; λ_i – коэффициент теплопроводности i-го слоя, Вт/(м · К); n – количество слоев

футеровки; $\alpha_с$ – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности кладки к окружающей среде, Вт/(м^2 · К).

Коэффициенты теплопроводности слоев определяли по формулам вида

$$\lambda_i = a_i \pm b_i\, t_{ср,i}, \qquad (2)$$

где $t_{ср,i}$ – средняя температура i-го слоя, °С; a_i, b_i – эмпирические коэффициенты, зависящие от вида огнеупорного материала.

Коэффициент теплоотдачи от кожуха к окружающей среде определяли по формуле

$$\alpha_с = 4{,}8\,(t_к - t_с)^{0{,}25}, \qquad (3)$$

где $t_к$ – температура кожуха конвертера, °С.

Учитывая, что температура $t_{i\text{-}(i+1)}$ на границах слоев и средние температуры слоев неизвестны, то задачу поиска теплового потока и распределения температур в слоях решали методом последовательных приближений, при этом реализовали следующий алгоритм вычислений:

1. Определяли температуру наружной поверхности кожуха и среднюю температуру в i-ом слое по приближенным формулам:

$$t_к = 3\, t_с, \qquad (4)$$

$$t_{ср,i} = \left(1 - \frac{i}{n+1}\right) t_{вн}. \qquad (5)$$

2. С учетом средних температур $t_{ср,i}$ слоев вычисляли коэффициенты теплопроводности по формулам вида (2) и тепловые сопротивления слоев (δ_i / λ_i).

3. По соотношению (3) рассчитывали коэффициент теплоотдачи $\alpha_с$ и внешнее тепловое сопротивление ($1/\alpha_с$).

4. По формуле (1) находили удельный тепловой поток и уточняли температуры на границах слоев и поверхности:

$$t_i = t_{вн} - q \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}. \qquad (6)$$

5. Уточняли значения средних температур слоев:

$$t_{ср,i} = t_{вн} - q\left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{\delta_{n-1}}{\lambda_{n-1}} + 0{,}5\frac{\delta_n}{\lambda_n}\right), \qquad (7)$$

а также значения коэффициентов теплопроводности слоев, тепловых сопротивлений.

6. Производили сравнение средних температур слоев и температуры кожуха в предыдущей j-ой и последующей (j + 1)-ой итерациях, приближение многократно повторяли, пока не будет достигнута заданная точность ε расчета:

$$\frac{t_{\text{ср},j} - t_{\text{ср},j+1}}{t_{\text{ср},j+1}} - \varepsilon \le 0; \qquad (8)$$

$$\frac{t_{\text{к},j} - t_{\text{к},j+1}}{t_{\text{к},j+1}} - \varepsilon \le 0. \qquad (9)$$

Проведено исследование влияния различных факторов на потери тепла через футеровку 160-т конвертера рабочий слой которой имеет толщину 0,92 м и выполнен из периклазоуглеродистых огнеупоров с содержанием углерода 12 %, арматурный слой толщиной 0,23 м выполнен из периклазовых огнеупоров, толщину теплоизоляционного слоя из волокнистого листового материала в расчетах принимали равной 0; 0,01 и 0,02 м, стальная броня толщиной 0,08 м. Зависимости коэффициентов λ, Вт/(м·К) теплопроводности материалов от температуры t, °С определяли по соотношениям для материалов:

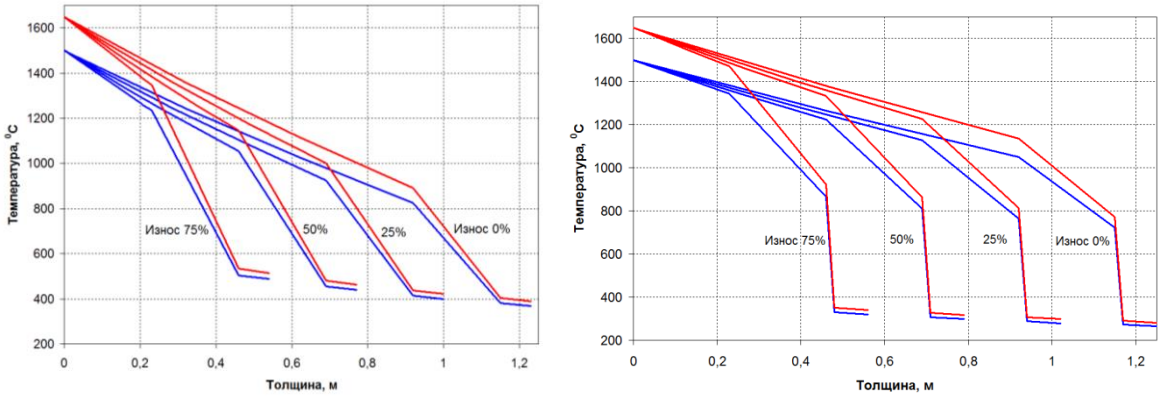
периклазоуглеродистого $\lambda = 14{,}1 - 3{,}8 \cdot 10^{-3}\, t_{\text{ср}}$, (10)

периклазового $\lambda = 4{,}7 - 1{,}7 \cdot 10^{-3}\, t_{\text{ср}}$, (11)

волокнистой теплоизоляции $\lambda = 0{,}106 + 1{,}86 \cdot 10^{-4}\, t_{\text{ср}}$. (12)

Температуру окружающей среды принимали на уровне 25 °С, температуру внутренней поверхности футеровки 1500, 1550, 1600 и 1650 °С. Износ рабочего слоя футеровки варьировали от 0 до 75 % в расчетах толщина рабочего слоя футеровки составляла 0,92; 0,69; 0,46 и 0,23 м.

На рисунках представлены результаты математического моделирования.



а б

Рисунок -1. Распределение температур по толщине футеровки для конструкции без теплоизоляции (а) и с толщиной теплоизоляционного слоя 0,02 м (б) для температур внутренней поверхности футеровки 1500 °С (–) и 1650 °С (–)

Анализ полученных результатов многовариантных расчетов показывает, что для футеровки без теплоизоляции и исходной толщине рабочего слоя повышение температуры на внутренней поверхности с 1500 до 1650 °С приводит к повышению плотности теплового потока с 7101 до 7646 Вт/м^2, а температуры брони конвертера с 369 до 390 °С. Износ рабочего слоя сопровождается ростом потерь тепла и температуры брони.

В частности при износе рабочего слоя на 75 % (остаточная толщина 0,23 мм) повышение температуры на внутренней поверхности с 1500 до 1650 °С приводит к росту плотности теплового потока с 10248 до 11010 Вт/м^2, т.е. на 44 % по сравнению с новой футеровкой а температуры брони конвертера с 487 до 514 °С.

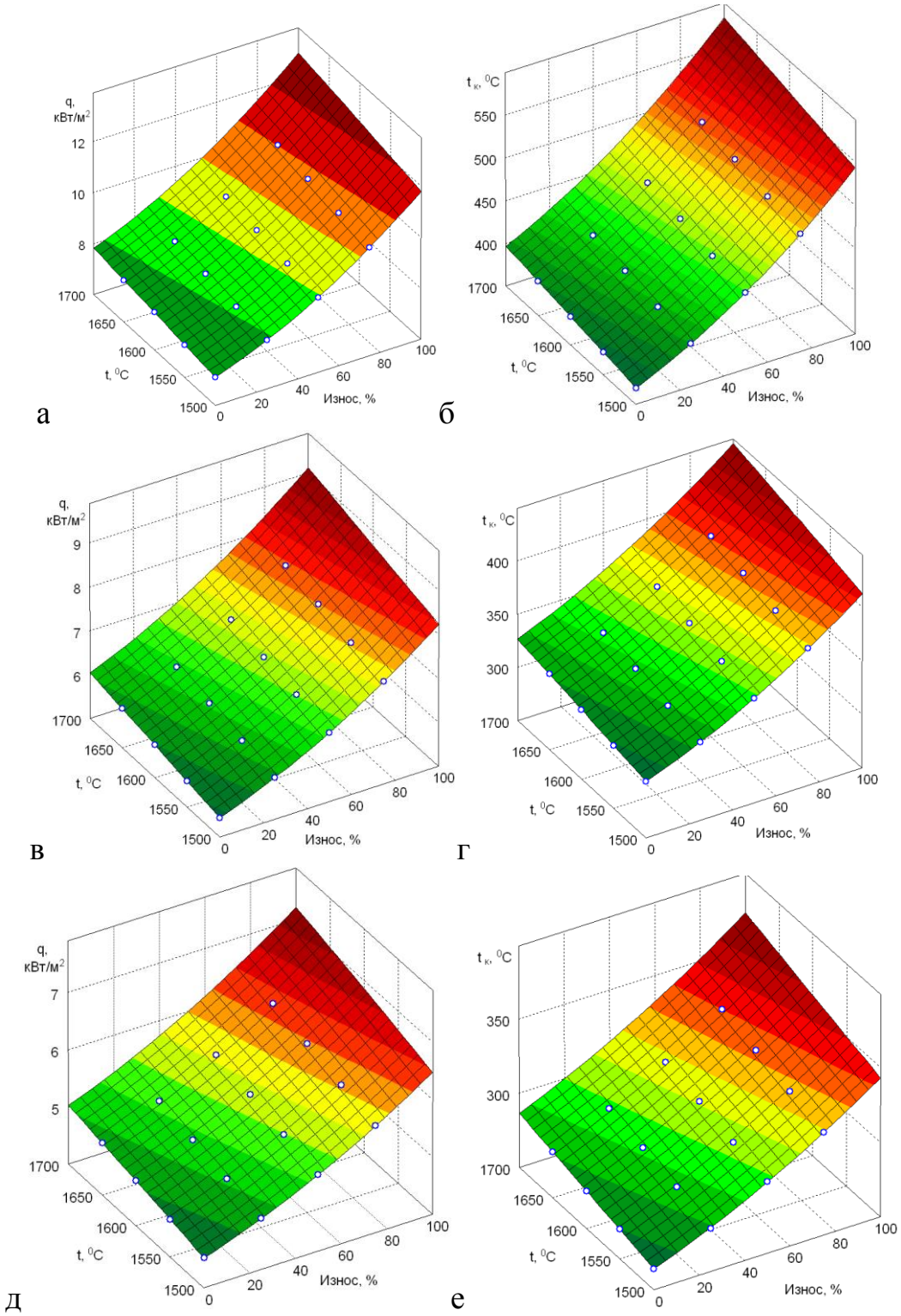


Рисунок –2. Зависимости потерь тепла через футеровку (а, в, д) и температуры кожуха конвертера (б, г, е) от температуры внутренней поверхности и износа рабочего слоя для конструкции без теплоизоляционного слоя (а, б) с теплоизоляцией 0,01 м (в, г) и 0,02 м (д,е)

Применение теплоизоляции обеспечивает снижение тепловых потерь и температуры брони конвертера. В частности для исходной толщины рабочего слоя повышение температуры на внутренней поверхности с 1500 до 1650 °С и применении теплоизоляции толщиной 0,01 и 0,02 м приводит к росту плотности теплового потока с 5437 до 5891 Вт/м^2 и с 4518 до 4914 Вт/м^2 соответственно, это на 23 и 36 % меньше, чем тепловые потери футеровки без теплоизоляции. Температура брони конвертера при этом повышается с 303 до 321 °С и с 264 до 281 °С.

При износе рабочего слоя на 75 % повышение температуры на внутренней поверхности с 1500 до 1650 °С и применении теплоизоляции толщиной 0,01 и 0,02 м приводит к росту плотности теплового потока с 7333 до 7947 Вт/м^2 и с 5858 до 6379 Вт/м^2 соответственно, это на 28 и 43 % меньше, чем тепловые потери футеровки без теплоизоляции. Температура брони конвертера при этом повышается с 378 до 401 °С и с 319 до 340 °С.

При замкнутом тепловом балансе кислородно-конвертерной плавки при соотношении чугуна и металлолома (72 – 76) : (28 – 25) % приходная часть теплового баланса составляет 52 – 58 кВт·ч/100 кг металлозавалки, таким образом снижение потерь тепла (для температуры внутренней поверхности 1500 °С) для новой футеровки за счет применения теплоизоляции толщиной 0,02 м с 7101 до 4518 Вт/м^2 приведет к снижению этой расходной статьи теплового баланса с 0,8 % до 0,5 %, а для 75 % износа футеровки рабочего слоя с 1,2 % до 0,7 соответственно.

Применение теплоизоляции является эффективной мерой снижения тепловых потерь через футеровку и способствует повышению тепловой эффективности конвертеров при реализации технологий жидкофазного восстановления железа из техногенных материалов, однако приводит к снижению рабочего объема конвертера и соответственно производительности. Для рабочего слоя исходной толщины применение теплоизоляции толщиной 0,01 и 0,02 м приводит к снижению емкости 160 т конвертера (по уровню металлической ванны) примерно на 2 и 4 т соответственно. В связи с этим рациональность применения теплоизоляции и ее толщина определяются посредством решения задач оптимизации технико-экономических показателей работы конвертера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка технологии конвертерной плавки с элементами жидкофазного восстановления при переработке техногенных отходов / С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, А.В. Амелин, С.В. Фейлер // Сборник трудов XIV Международного конгресса сталеплавильщиков. – Москва-Электросталь – 2016. – С. 660 – 664.

2. Анализ методов расчета тепловых потерь кислородного конвертера для оптимизации технологии плавки / И.П. Герасименко, Е.В. Протопопов, Р.С. Айзатулов, С.А. Филиппенко, И.А. Жибинова // Известия вузов. Чер. металлургия. – 2012. – № 4. – С. 5 – 9.

3. Моделирование тепловой работы футеровки металлургических ковшей / Стариков В.С., Темлянцев М.В., Темлянцева Е.Н., Коробкин А.Ю. // Известия вузов. Чер. металлургия. – 2002. – № 10. – С. 55, 56.

4. Стариков В.С., Темлянцев М.В., Стариков В.В. Огнеупоры и футеровки в ковшевой металлургии. – М.: МИСиС, 2003. – 327 с.

УДК 669.184

С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянцев, С.В. Фейлер, Л.А. Ганзер, А.Н. Калиногорский

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАКОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

В настоящее время вопросы обеспечения потребностей сталеплавильного производства металлическим ломом имеют особое значение в связи с сокращением доли «чистого» стального лома, его количественным дефицитом и прогрессирующим ухудшением качественных характеристик [1].

Металлический лом, поставляемый на металлургические предприятия, не соответствует предъявляемым к нему требованиям по содержанию примесей цветных металлов, а также физическим свойствам. Наблюдается снижение количества оборотного лома вследствие совершенствования технологии непрерывной разливки стали, а в амортизационном ломе из-за многократного переплава повышено содержание различных элементов, способствующих снижению эксплуатационных свойств металлопродукции. Их удаление при выплавке и внепечной обработке металла чрезвычайно затруднено или практически невозможно.

В металлургической практике существует целый ряд технологий по подготовке лома, однако эффективность их использования остается невысокой. В сложившихся условиях необходимо совершенствование традиционного состава и технологического режима формирования твердой металлошихты с использованием, в частности, железосодержащих продуктов переработки отвальных конвертерных шлаков [2].

Для исследования технологических параметров процесса провели серию опытных плавок на 160-т конвертерах АО «ЕВРАЗ ЗСМК» с заменой части металлического лома шлакостальными коржами. Последние представляют собой конгломерат металлической и шлаковой составляющих, который остается в шлаковых чашах после слива жидкого конвертерного шлака в яму шлакового отделения. Шлакостальные коржи извлекают из шлаковых чаш и загружают с металлическим ломом в конвертер в количестве 10 – 50 % от массы твердой металлошихты с соответствующей корректировкой тепловой

Научное издание

ВЕСТНИК
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
ЗАПАДНО–СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Выпуск 20, 2017 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 03.10.2017 г. Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага писчая.
Печать офсетная. Усл. печ.л. 13,32. Уч.–изд.л. 14,89. Тираж 300 экз. Заказ № 469

Отпечатано в
Издательском центре
Сибирского государственного индустриального университета