Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение

Высшего профессионального образования

Липецкий технический университет

Кафедра металлургии

Курсовая работа

По дисциплине: Металлургия

На тему: **Щелочная агрессия в доменной плавке**

Выполнил: студент

гр. ЭМ-07-1

Бондаренко Ю.А.

Проверил: к.т.н., доцент

Дудина В.А.

Липецк 2010

**Содержание**

Картотека периодических изданий по заданной тематике

Введение

Влияние щелочей на работу доменной печи

Распределение щелочных соединений в доменной печи

Влияние параметров доменной плавки на выход щелочей из доменной печи

Удаление щелочей из доменной печи через колошник

Способ доменной плавки щелочь - и цинкосодержащих руд

Заключение

Библиографический список

**Картотека периодических изданий по заданной тематике**

04.12-15В.89. Проявление щелочей в доменных печах ОАО "ММК". Щукин Ю. П., Терентъев В. Л., Мавров А. Л., Сединкин В. И., Гостенин В. А., Гридасов В. П.. Гибадулин М. Ф. Совершенствование технологии в ОАО "ММК": Сборник трудов Центральной лаборатории ОАО "ММК". Вып. 7. Магнитог. Металлург. комб. Магнито горск: Магнитогор. дом печати. 2003, с. 30-41, табл. 3. Библ. 2. Рус.

Сокращение срока службы засыпных аппаратов доменных печей ОАО "ММК" закономерно. Одной из причин этого стало повышение температуры колошникового газа в течение последних лет на 32-133°С, в среднем по печам — на 80°С. Следствием этого стало перераспределение выхода щелочей и цинка через колошник и летки, повышение степени их накопления в зонах циркуляции в рабочем пространстве печей, а также и во внешнем контуре «аглофабрика-доменный цех» при утилизации шламов В этих условиях закономерно повышенное содержание щелочей и цинка в отложениях на деталях засыпного аппарата, в дефектных участках контактных поверхностей конуса и чаши. Меры борьбы с преждевременным износом контактных поверхностей засыпного аппарата заключаются не только в повышении их стойкости. Основные меры должны быть предприняты с целью уменьшения количества щелочей, находящихся или способных быть в свобод ном пространстве колошника в парообразном или жидком состоянии даже при сохраняющемся приходе их с шихтой. Для этого должна быть понижена температура колошникового газа как средняя, так и максимальная. Необходим возврат к прежним условиям тепловой работы колошника, что в настоящее время затруднительно. В создавшейся ситуации наиболее реальным способом снижения количества щелочей в парообразном и жидком состоянии может быть периодическое удаление их из доменной печи как через колошник путем разрушения контуров их циркуляции, так и через летки. Эти же меры будут способствовать уменьшению вредного воздействия щелочей на футеровку нижней части домен ной печи, горна и лещади, так как количество вторичных форм щелочей, приходящих в зону когезии и горн, также уменьшится.

05.02-15В.57. Удаление щелочей из доменной печи через колошник. Щукин Ю. П., Терентьев В. Л., Ма вров А. Л., Сединкин В. И., Гостенин В. А., Штафиенко Н. С, Гибадулин М. Ф. Совершенствование технологии в OAО "ММК": Сборник трудов Центральной лаборатории ОАО "ММК". Вып. 7. Магнитог. металлург, комб. Магнитогорск: Магнитогор. дом печати. 2003, с. 42-51. Библ. 2. Рус.

В качестве базовых операций при разработке технологии удаления щелочей через колошник были выбраны технологии "сухой выдувки", применяющейся в доменном цехе для удаления цинка. С этой целью был проведен ряд опытно-промышленных испытаний, целью которых была оценка эффективности технологии применительно к щелочам и оптимизация ее для максимально возможного удаления щелочей через колошник. Испытывались различные варианты технологии: без опускания уровня засыпи шихты с формированием буферного слоя шихты при различном количестве фракционированного шлакового щебня и с опусканием уровня на различную глубину, с восстановлением рабочего положения уровня загрузки нормальной шихты или материалов буферного слоя. Новым элементом при опускании уровня засыпи является охлаждение колошникового газа водой, необходимое для обеспечения повышенной температуры газа на выходе из слоя.

05.01-15В.56П. Способ доменной плавки щелочьи цинксодержащих шихт: Пат. 2237721 Россия, МПК С 21 В 5/00. ОАО "Магнитогор. металлург, коллб.". Щу кин Ю. П., Тахаутдинов Р. С, Гибадулин М. Ф., Де рябин А, А., Нефедов С. Н., Пишнограев С. Н., Сединкин В. И., Смирнов Л. А., Тагилинцев В. П., Терентьев В. Л., Чаплоуский А. А. № 2003105350/02; Заявл. 25.02 2003; Опубл. 10.10.2004. Рус.

В способе, включающем загрузку шихты, содержащей цинк и щелочь, подачу дутья, контроль температуры и выхода колошникового газа, формируют буферный слой загрузкой в доменную печь фракционированного шлакового щебня и кокса, опускают уровень засыпи до горизонта с температурой газа 750-800° С, а для предотвращения перегрева металлических конструкций верха доменной печи и перевода паров щелочей и цинка в твердое со стояние на колошнике газ охлаждают до температуры 480—500°С путем подачи воды в колошниковое пространство. Использование изобретения обеспечивает эффективное удаление из печи цинка и щелочи.

06.04-15В.49. Проблемы щелочной агрессии в доменном производстве. Орел Г. И., Оторвин П. И., Костенко Г. П., Джигота А. Д., Можаренко Н. М., Бой ков Н. Г., Джигота М. Г. Теория и практика производства чугуна: Труды Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию КГГМК «Криворожсталь». Кривой Рог, 24-27 мая, 2004. Кривой Рог: Изд-во КГГМК "Криворожсталь". 2004, с. 263-266. Библ. 6. Рус.

Установлено, что основными проблемами щелочной агрессии в доменных печах КГГМК "Криворожсталь" являются: нерегламентированное и повышенное поступление "щелочей" с железо рудными материалами, коксом и отходами; негативные явления "перекачки" тепла из области дефицита тепла в область его избытка и развития циркуляционной зоны "щелочей" с их посте пенным накоплением в области температур 700-1200°С; усиление процессов деградации железорудных материалов и кокса под воздействием паров "щелочей"; снижение эксплуатационной стойкости доменных печей из-за ускоренного износа футеровки.

06.02-15В.86. Анализ причин тяжелых расстройств работы доменных печей. Косолап Н. В., Хрущев Е. И., Лукьяненко И. А., Русских В. П., Шапиро-Никитин Д. Е. Теория и практика производства чугуна: Труды Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию КГГМК «Криворожсталь». Кривой Рог. 24 - 27 мая, 2004. Кривой Рог: Изд-во КГГМК "Криворожсталь". 2004, с. 318-320. Библ. 4. Рус.

Установлено, что столб шихтовых материалов в доменной печи является огромным накопителем щелочей и цинка, циркулирующих во всем объеме и оказывающих отрицательное воздействие на процесс доменной плавки, вызывая тяжелые расстройства и аварии. Отсутствие технологий и технических средств по предварительному снижению массовой доли щелочей в шихтовых мате риалах указывает на необходимость разработки способов и технологических приемов по ограничению избыточного накопления щелочей в доменной печи. С целью предупреждения этого вида расстройств необходима отработка технологии, обеспечивающей минимальный приход этих элементов и, по возможности, максимальный их вывод из доменной печи с колошниковым газом и шлаком.

04.03-15В.122. Поведение хлора и щелочей в до менной печи и их влияние на изменение свойств агломерата при восстановлении. Behavior of chlorine and alkalis in the blast furnace and effect on sinter properties during reduction. Lectard E., Hess E., Lin R. METEC Congress '03: 3 International Conference on Science and Technology of Ironmaking, Dusseldorf, 16-20 June, 2003: Proceedings. Dusseldorf: Stahlinst. VDEh. 2003, c. 521-526, 15 ил. Библ. 3. Англ.

Специалисты института "Ирсид", группы Arselor (Франция) и завода Диллингер (Германия) провели термодинамический анализ процессов циркуляции хлора и щелочей в печи с помощью математической модели GEMINI2 (Термодата-Гренобль) с ис пользованием данных о составах более 250 проб материалов и газа с доменных печей завода Диллингер. Показано, что в зо не заплечиков образуются KCl, NaCI, HCI, СаСl2, KCN, NaCN, а также газообразные К и Na. При движении вверх через резервную зону изменений не происходит, а в районе колошника КCl переходит в конденсированное состояние при 750°С. При равновесных условиях удалению KCI и NaCI с газом способствуют: центральный газовый поток и вынос пыли. При неравновесных условиях с газом может покидать печь также и HCI. На установке BORIS в противоточном трубчатом реакторе с движущейся печью моделировали поведение щелочей и хлора в шахте доменной печи Условия опытов: содержание кокса (5...15 мм) и агломерата (5...15 мм) 50:50; нагрев до 1100°С за 2,5 ч; мольное отношение (C+H2)/Fe=2; Н2/С=0,15. Перед опытами кокс и агломерат пропитывали К2СО3, кокс пропитывали KCl. Отмечено наличие пиков KCI в зоне с температурой 800 - 950°С при стехиометрическом соотношении K/Cl, равном 1. Установлено, что в печи циркулирует определённое количество хлора, который накапливается и удаляется в зависимости от условий плавки. При этом хлор откладывается на поверхности агломерата и ухудшает его восстановимость.

Если хлор содержится в виде КCl, то при температуре 500...800° С агломерат восстанавливается быстрее. В доменную печь в ходе промышленных опытов вдували уголь с различным содержанием хлора. Анализ проб газа и материалов после доменной печи показал, что Cl-содержащий газ в основном поглощается водой при очистке в скруббере При вдувании 120...130 кг/т местного угля с 0,2% CI приход хлора в печь составил 0,54 кг/т чугуна. При вдувании импортного угля с 0,02% CI в печь поступало хлора 0,3 кг/т. Отмечено наличие двух взаимно перекрывающихся циклов циркуляции щелочей: 1) конденсированный K2СО3/жидкий К2O/газообразный К; 2) конденсированный/газообразный КCl.

**Введение**

Доменная печь – один из уникальных агрегатов, который человечество использует уже на протяжении нескольких веков. Трудно назвать другое техническое устройство, которое бы равнялось доменной печи по комплексу характеристик: непрерывность работы в течение нескольких лет, закрытость процесса, высокие температуры в рабочем пространстве и самое сложное по химическому составу проплавляемое сырье.

Переход от природных шихтовых материалов к подготовленным изменил соотношение полезных и балластных компонентов как в железорудной, так и в топливной части шихты, но качественно химический состав шихты практически не изменился.

При исчерпании «чистых» по содержанию железорудных мате риалов, в металлургический передел стали вовлекать руды, содержащие не только «лишние» для доменного процесса компоненты, но и весьма вредные, особенно для состояния самой доменной печи. К таким элементам металлурги относят и щелочи.

Присутствуя в шихте в не значительном количестве, они отличаются способностью накапливаться в футеровке печи, в столбе материалов и образовывать циркулирующие массы в количестве до десятков тонн. Щелочи содержатся практически во всех материалах доменной шихты. В агломерат они поступают как в первичном состоянии со свежими рудными материалами, так и во вторичном с оборотными продуктами – с возвратом, колошниковой пылью, шламами газоочисток (ВФУ) и другими добавками. В коксе щелочи являются компонентом золы.

На вынужденное поддержание циркуляции, характеризуемой циклическим изменением агрегатного состояния щелочей, переходом их от сложных соединений к элементарному виду, непроизводительно расходуется топливо.

Несмотря на многочисленные публикации о влиянии щелочных соединений на доменный процесс, до сих вор не сложилось единого мнения по этой проблеме. Одни отмечают значительное улучшение физических свойств шлаков при вводе в шихту доменных печей дополнительного количества оксидов щелочных металлов. Большинство же считают, что щелочи способствуют снижению срока службы огнеупорной футеровки особенно в нижней части доменной печи, образованию настылей, что приводит к изменению профиля печи, нарушению равномерности распределения шихты и газового потока в рабочем пространстве. В результате этих воздействий заметно повышаются энергозатраты на производство чугуна и сокращается межремонтный период работы доменных печей.

Именно это обусловливает уникальность проблемы присутствия щелочей в материалах доменной плавки. На других стадиях металлургического цикла этой проблемы не существует.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ЗАРУБЕЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В последнее время в связи с вводом в эксплуатацию мощных доменных печей возрос интерес доменщиков зарубежных стран к проблеме влияния щелочных металлов на показатели доменной плавки. Обусловливается это тем, что щелочные металлы (оксиды, силикаты, карбонаты натрия и калия), содержащиеся в шихтовых материалах и попадающие вместе с ними в доменную печь, являются источниками серьезных трудностей при выплавке чугуна [1]. Превышение в доменной шихте допустимого количества щелочных металлов на 1т чугуна вызывает ухудшение работы доменной печи, снижение ее производительности, уменьшение прочности кокса, приводит к подвисаниям шихты, образованию настылей и ускорению разрушения кладки печи. Предельное количество щелочных металлов в шихте зависит от состояния доменной печи и условий плавки. По данным зарубежной практики, эта величина, принимаемая как сумма Na2O + K2O, колеблется от 2,5 до 7,5 кг/т чугуна (Япония 2,5-3,1 кг/т, США 3,2-5,0 кг/т, Швеция 7,5 кг/т чугуна) [2].

Специалисты института "Ирсид", группы Arselor (Франция) и завода Диллингер (Германия) провели термодинамический ана лиз процессов циркуляции хлора и щелочей в печи с помощью математической модели GEMINI2 (Термодата-Гренобль) с использованием данных о составах более 250 проб материалов и газа с доменных печей завода Диллингер. Показано, что в зо не заплечиков образуются KCl, NaCI, HCI, СаСl2, KCN, NaCN, а также газообразные К и Na. При движении вверх через резервную зону изменений не происходит, а в районе колошника КCl переходит в конденсированное состояние при 750°С. При равновесных условиях удалению KCI и NaCI с газом способствуют: центральный газовый поток и вынос пыли. При неравновесных условиях с газом может покидать печь также и HCI. На установке BORIS в противоточном трубчатом реакторе с движущейся печью моделировали поведение щелочей и хлора в шахте доменной печи Условия опытов: содержание кокса (5-15 мм) и агломерата (5-15 мм) 50:50; нагрев до 1100°С за 2,5 ч; мольное отношение (C+H2)/Fe=2; Н2/С=0,15. Перед опытами кокс и агломерат пропитывали К2СО3, коксропитывали KCl. Отмечено наличие двух взаимно перекрывающихся циклов циркуляции щелочей: 1) конденсированный K2СО3/жидкий К2O/газообразный К; 2) конденсированный/газообразный КCl [3].

**Влияние щелочей на работу доменной печи**

Одной из причин усиления степени вредного проявления щелочей в последнее время является повышение температуры колошникового газа. Это приводит к увеличению протяженности зон циркуляции щелочей по высоте печей за счет перемещения ее верхней границы ближе к уровню засыпи. Циркулирующие массы щелочей и количество их в нижней части доменной печи увеличиваются, что приводит к интенсификации их воздействия на футеровку и удельный расход кокса [1].

Например, на доменной печи №10 Магнитогорского металлургического комбината (ММК) были отмечены образования щелочных соединений на поверхности большого конуса и чаши, в том числе на их контактной поверхности. Такое явление в доменном цехе раньше не отмечалось. Исследование проб футеровки доменной печи №9 после ее остановки на капитальный ремонт вследствие прогара горна показало также весьма характерную картину воздействия щелочей.

Состояние кладки из углеродистых блоков в районе чугунной летки (со стороны большого литейного двора) и набойки изменилось. Общее состояние кладки из углеродистых блоков в районе летки «большого» литейного двора отмечено как удовлетворительное [1].

Однако углеродистые кладки в районе «малого» литейного двора были оценены как неудовлетворительные. За набойкой в кладке последнего обнаружили расположение углеродистого блока с целостной зоной толщиной до 350 мм. В вертикальном разрезе кладки углеродистых блоков горна длина неперерожденной зоны возрастала сверху вниз. Вверху у кирпичей кладки длина ее не превышала 150 мм. Рыхлая зона более широкая (до 150-250 мм) и явно выраженная. Она была заполнена отложениями цинкита и щелочей (рыхлыми кристаллами зеленого цвета и потеков в виде сосулек грязно-желтого цвета).

Толщина неперерожденной зоны углеродистых блоков горна, прилегающих к набойке, на всех 6-ти ярусах была примерно одинакова и частично заполнена чугуном, отложениями цинкита и щелочей.

В районе прогара обстановочные блоки имели полностью перерожденную структуру. В швах, на глубину трех обстановочных блоков был обнаружен чугун, который располагался вплотную к холодильникам. Вследствие разгерметизации кладки обстановочных блоков зазоры в швах достигали 10-20 мм и были заполнены чугуном [1].

При разборке кладки горна и лещади были отобраны пробы. Результаты их химического анализа приведены в табл. 4. Химический состав проб материалов огнеупорной кладки доменной печи № 9 ОАО «ММК» (2001 г.) [Приложение 1. С 36-37].

Как видно из данных таблицы, насыщение перерожденных зон углеродистых блоков щелочами и цинкитом было весьма значительным и достигало 10-13 % по количеству К2О. Особенностью приведенного характера насыщения углеродистых блоков щелочами является то, что натрий откладывался в ней менее интенсивно и его содержание было значительно меньшим - в пределах 2,3-3,2 %. В большей степени калий откладывался и в кирпичной кладке. Здесь он накапливался до 23,3-29,3 количество цинкита, отложившегося в рыхлой части углеродистых оков, достигало 7,3-14,8 %. Зеленые кристаллы в кирпичной кладке, примыкающей к углеродистым блокам над чугунной леткой № 2, были представлены в основном цинкитом и содержались в значительном количестве, достигая 69 % [1].

Отложения желтоватого цвета в виде подтеков в кладке леточного проема (№1) было сложным по составу и содержало до 49 % К2О, 26 % Na2O и 11,3 % ZnO. Как видно из табл. 1, подобная характеристика присуща и другим пробам материалов футеровки горна и лещади доменной печи №9 ММК. Несомненно, что подобная вполне закономерная ситуация могла наблюдаться и в других доменных печах комбината.

Эти данные убедительно подтверждают, что присутствие щелочей в доменной шихте может создавать достаточно серьезную проблему в обеспечении длительной кампании доменных печей и высоких технико-экономических показателей их работы.

В приведенных результатах изучения состояния кладки после длительной кампании доменной печи прослеживается важная закономерность: отложения щелочей более существенны на кирпичах и в их трещинах по сравнению с отложениями в углеродистых блоках. Это объясняется присутствием в веществе кирпичей глинозема и кремнезема, с которыми щелочи вступают в реакцию с образованием соединений, в том числе и легкоплавких эвтектик.

Не менее существенной информацией является то, что по степени взаимодействия щелочей с веществом кладки и воздействия их на ее состояние роль щелочей весьма неодинакова. В этом отношении калий более вреден, чем натрий. Это различие в свойствах щелочей несомненно проявляется и в поведении в верхней части доменной печи, на степень их отложения в столбе шихтовых материалов и в их накоплении с образованием контуров циркуляции [1].

**Распределение щелочных соединений в доменной печи (ДП)**

Основная масса Na2О и K2O вносится с железорудными материалами (90—93% Na2O и 83—84 % К2О, обозначаемых в литературе как ∑R2O) [4].

По данным НЛМК предварительный анализ среднемесячных балансов щелочей на ДП-6 за 12 мес. в табл. 1. [Приложение 2. С. 35.] показал, что их невязка достигает 20-30%, что может быть связано с отсутствием контроля выноса щелочей с колошниковым газом, который может достигать 8-20% [5].При этом большая часть щелочей растворяется в воде газоочистки.

Невязка баланса указывает на факт накопления калия и натрия, а также свидетельствует об их циркуляции в доменной печи, так как унос с газом и пылью практически остается постоянным. Чем больше невязка, тем меньше степень удаления щелочных материалов со шлаком.

С целью уточнения балансов щелочей выполнили статистическую обработку результатов полных балансов щелочей на четырех доменных печах за пе-риод 1989-1991 гг. Использовали также данные публикаций [5]. На основе этих данных получили эмпирическую зависимость между количеством щелочей, растворяющихся в воде газоочистки, и количеством щелочей, удаляемых с колошниковой пылью: R2OВГО =11,842 \* 〖R\_2 O〗\_КП^0.4872; R2=0.6911 (1), где R2ОBГО и R2ОKП - количество щелочей, растворяющихся в воде газоочистки и выносимых с колошниковой пылью (в процентах от общего прихода) соответственно. Графическая интерпретация полученной зависимости представлена на рис. 1 [Приложение 2. С. 34].

В дальнейшем расчет баланса щелочей производили в соответствии с полученной зависимостью. Анализ показал, что с сентября по ноябрь 2007 г. приход щелочей в ДП-6 уменьшился с 4,5 до 3,5 кг/т [Приложение 2. Рис.2. С. 34], а потом стабилизировался на уровне 3,5 кг/т. Анализ прихода К2О и Na2О показывает, что до февраля 2008 г. приход К2О превышал приход Na2О; с марта по май 2008 г. картина изменилась: при ход в печь Na2О увеличился, превысив приход К2О, а в период с июня по сентябрь 2008 г. приход К2О и Na2О сравнялся. Начиная с января 2008 г., происходило увеличение выноса щелочей из доменной печи [Приложение 2. Рис. 3] с преобладанием К2О [5].

Сопоставление данных рис. 1 и рис. 2 [Приложение 2] показывает, что начиная с апреля 2008 г., вынос К2О превышает его приход в печь, т.е. из печи выводится и ранее накопившийся К2О [5]. В то же время вынос Na2О в период с ян варя по май 2008 г. меньше его прихода, а с июня вы нос и приход выравниваются. Это означает, что с этого времени весь поступающий Na2О выносился, однако в печи все еще циркулировал Na2О, накопившийся ра нее [Приложение 2. Рис. 4].

Полученные статистические зависимости на рис. 5 – 6 [Приложение 2] позволяют сделать следующие заключения о влиянии щелочей на технико-экономические показатели работы печи, дренажную способность горна и на тепловые потери с охлаждающей водой.

С увеличением прихода щелочей в доменную печь ее производительность снижается [Приложение 2. Рис. 5]. Каждый дополнительный килограмм щелочей приводит к снижению производительности на 361 т/сут или 4,5%. Увеличение прихода щелочей приводит к повышению расхода топлива в среднем на 11,3 кг/т (2,3%) на каждый дополнительный килограмм щелочей, поступающих в печь [5].

В качестве показателя, характеризующего дренажную способность горна, использовали индекс DMI [6]. Как видно из рис. 6 [Приложение 2], при уменьшении невязки баланса щелочей, т.е. с уменьшением разницы между приходом и выносом щелочей, значение индекса DMI увеличивается, что свидетельствует об увеличении дренажной способности горна. Механизм

этого влияния связан с меньшим влиянием прихода щелочей на горячую прочность кокса и уменьшением, вследствие этого, образования коксовой мелочи в печи [5]. Дополнительным фактором, оказавшим влияние на улучшение дренажной способности горна в этот период, явилось прекращение загрузки в печь коксового орешка.

**Влияние параметров доменной плавки на вынос щелочей из доменной печи**

Специалистами НЛМК и Криворожского металлургического комбината были рассмотрены шлаковый и тепловой режимы плавки, газодинамический режим и приход щелочей в качестве факторов, влияющих на вынос щелочей из доменной печи.

Шлаковый режим. Доменный шлак является основным носителем щелочей, удаляемых из доменной печи. Химический состав и количество шлака определяют его поглотительную способность в отношении щелочей. Количество их, удаляемых со шлаком, обусловлено его основностью, содержанием в нем магнезии и собственно выходом шлака. Указанные факторы определяют степень перехода в шлак алюмосиликатных щелочных металлов [6].

Повышение основности шлака сопровождается снижением активности в нем кремнезема, количества связываемых им щелочей, а значит, и содержания их в шлаке. Как видно из рис. 1 [Приложение 4], с увеличившем основности шлака снижается не только абсолютное содержание Na2О и К2О в нем, но и отношение суммы их к содержанию SiО2. Таким образом, присутствие большого количества извести не только вызывает снижение содержания суммы щелочных соединений в шлаке, но и оказывает влияние на взаимодействие оксидов в расплаве [7].

В процессе исследования замечено, что оксидов натрия в шлаках всегда больше (на 13—22 %), чем оксидов калия. В то же время в колошниковой пыли и скрубберной воде относительно больше находилось К2О (8—9 % Na2О и 16—17 % К2О), т. е. соединения калия отличаются боль шей летучестью, чем соединения натрия. Это может быть одной из причин образования настылей и разрушения огнеупорной кладки.

Шлаковый режим, который при относительно стабильном сырье определяется главным образом основностью, в значительной мере связан с нагревом горна. Чем выше содержание кремния в чугуне, тем меньше SiО2 в шлаке и больше отношение CaO/SiО2. Повышение основности шлака приводит к уменьшению содержания Na2О + К2О в выпускаемом шлаке, увеличению количества щелочных соединений в циркуляционном контуре и невязки баланса. Прослеживается следующая взаимосвязь основности шлака и нагрева горна с накоплением щелочных соединений [7]:

Основность шлака CaO/SiО2 1,13 - 1,16 1,17 - 1,20 1,21 – 1,24

Невязка баланса, кг/т чугуна 5,0 5,8 6,4

Содержание кремния в чугуне, % 0,65 – 0,85 0,85 – 1,05 1,06 – 1,25

Невязка баланса, кг/т чугуна 5,1 5,4 6,8

Следует отметить, что одновременно с повышением нагрева печей и ростом основности шлака происходит увеличение массы щелочных соединений, удаляемых с газом и колошниковой пылью, так как в доменных печах действует саморегулирующийся контур щелочных соединний.

Тепловой режим

Характер поведения щелочных соединений в доменной печи во многом, если не в основном, определяется ее тепловым состоянием [Приложение 5. Рис. 2-4]. Сравнительно низкие температуры кипения и парообразования щелочных соединений (700—1200°С) обусловливают их высокую активность в ходе доменной плавки. Значительно влияние нагрева и на процесс циркуляции этих соединений — наиболее агрессивной их части по отношению к шихтовым и огнеупорный материалам [6].

С другой стороны, активизировать процесс удаления щелочей со шлаком можно за счет снижения их газификации в горне доменной печи. Добиваются этого снижением физического и химического нагрева горна, критерием которого может служить теоретическая температура горения. Она является комплексным показателем, отражающим тепловое состояние горна, а следовательно, и всей доменной печи в целом. Как видно из приведенного рисунка, увеличение температуры горения от 2100 до 2400оС приводит к снижению содержания щелочей в конечном шлаке на 0,25 %.

Газодинамика

Газодинамический режим доменной плавки в значительной мере подвержен влиянию щелочей. Это объясняется склеиваю щей способностью щелочных элементов, проявляющихся в зоне первичного шлакообразования и выше нее, а также разрушающим действием на агломерат, окатыши и кокс. Главную роль в этом процессе играют щелочи, циркулирующие в объеме печи. Они трудноудаляемы и непрерывно пополняются за счет щелочей золы кокса (возгонка в фурменной зоне при высоких температурах). Качество кокса, его прочность в этом аспекте приобретают особо важное значение.

С увеличением поступления щелочей в доменную печь снижается газопроницаемость столба шихтовых материалов, перепад давлений растет при постоянном расходе воздуха. Следствием этого является нарушение распределения газового потока и степени использования его восстановительной способности (СО). Рост количества щелочей, удаляемых со шлаком, сопровождается увеличением степени использования СО [6].

Специалистами НЛМК было рассчитано влияние степени использования СО в осевой зоне и на периферии печи, характеризующих развитие центрального и периферийного потоков газа, на удаление щелочей из печи. Качественный анализ показывает, что уменьшение развития периферийного и усиление центрального потоков газа способствует увеличению выноса щелочей со шлаком (рис. 9) [Приложение 2]. Это связано с тем, что при таком газораспределении уровень зоны когезии и, в первую очередь, ее корней снижается, уменьшая объем высокотемпературной зоны в печи, что приводит к перемещению контура циркуляции щелочей на нижние горизонты [5].

Что касается выноса щелочей через колошник, то влияние газораспределения носит экстремальный характер. Максимум выноса щелочей через колошник достигается при определенном соотношении центрального и периферийного потоков газов.

С целью определения максимально допустимого прихода щелочей, при котором достигается полный их вынос, получили уравнения зависимости невязки балансов К2О и Na2О от их прихода в печь (рис. 10) [Приложение 2].

На основе полученных уравнений были рассчитаны предельные значения прихода К2О и Na2О в доменную печь, при которых достигается нулевая невязка, т.е. удаление щелочей, равное их приходу. Предельные значения составляют для К2О - 2,20 кг/т и для Na2О -1,40 кг/т, т.е. суммарный приход щелочей не должен превышать 3,60 кг/т [5].

Таким образом, результаты исследования показа ли, что основными факторами, влияющими на вынос щелочей из доменной печи, являются распределение газов в печи по радиусу и шлаковый режим. В рассмотренных условиях вынос щелочей через колошник довольно стабилен и составляет 0,15-0,25 кг/т, а основная масса щелочей удаляется со шлаком. Повышенному выносу щелочей из печи со шлаком способствуют: работа с развитым центральным газовым потоком и работа на шлаках пониженной основности.

**Удаления щелочей из доменной печи через колошник**

Характерной особенностью направлений практически всех известных исследований, разработки технических и технологических решений является то, что они велись без должного учета степени и характера накопления щелочей в рабочем пространстве печи, вследствие чего удалению их через колошник не уделялось должного внимания.

Сведения о количестве щелочей, накапливающихся и циркулирующих в рабочем пространстве доменных печей, в доступной литературе скудны и естественно, что роль этой массы во вредном проявлении щелочей должным образом не оценивалась [8].

Отсутствие данных о характере накопления и количестве щелочей в зонах циркуляции свидетельствует о том, что также не проводились исследования с целью оценки воздействия на поведение щелочей режима работы доменной печи, в первую очередь, теплового состояния верхней части шахты и колошника.

Практические исследования, проведенные на доменных печи ОАО «ММК», показывают, что масса циркулирующих веществ в десятки и сотни раз превосходит количество их в шихте. Поэтому при восстановлении в нижней части печи источником высокой концентрации паров этих веществ является именно циркулирующая масса. Зависимость формирования этой массы от режима работы печи определяет то, что пределы поступления щелочей в доменные печи (2,5-7,5 кг/т- ч) отличаются весьма значительно [9]. В доменные печи ОАО «ММК» щелочи поступает в количестве 6-7 кг/т- ч.

По мнению сотрудников ММК, в условиях работы доменного цеха комбината существуют резервы для снижения вредного воздействия щелочей на доменный процесс и состояние доменных печей. Это проведение мероприятий по эпизодическому удалению щелочей со шлаком, но, прежде всего, поиск возможности удаления их через колошник путем разрушения циркуляционных контуров [8].

В качестве базовых операций при разработке технологии удаления щелочей через колошник были выбраны технологии «сухой выдувки», применяющейся в доменном цехе для удаления цинка. С этой целью был проведен ряд опытно-промышленных испытаний, целью которых была оценка эффективности технологии применительно к щелочам и оптимизация ее для максимально возможного удаления щелочей через колошник.

Испытывались различные варианты технологии: без опускания уровня засыпи шихты с формированием буферного слоя шихты при различном количестве фракционированного шлакового щебня и с опусканием уровня на различную глубину, с восстановлением рабочего положения уровня загрузки нормальной шихты или материалов буферного слоя. Новым элементом при опускании уровня засыпи является охлаждение колошникового газа водой, необходимое для обеспечения повышенной температуры газа на выходе из слоя.

При проведении мероприятий каждый раз отбирались пробы шламовой воды с целью оценки динамики и количества выходящих из печи щелочей.

Естественно при использовании различных вариантов технологии степень удаления щелочей из доменной печи также была неодинаковой. К тому же, степень удаления щелочей определялась и индивидуальным режимом работы доменных печей [9].

Первые испытания были проведены на доменной печи №8 в июне 2001 г. Выполнение комплекса операций как по регламенту, так и по поддержанию параметров работы печи, было нормальным. Отбор проб шламов проводился через каждые 10 минут в течение 3-х часов, что оказалось недостаточным. Содержание щелочей определялось как в твердой взвеси, так и в шламовой воде. Были получены положительные результаты.

Положительные результаты - увеличение выхода щелочей через колошник - были получены и при проведении дальнейших испытаний.

При использовании технологии без опускания уровня засыпи, только за счет увеличения размера межкусковых пустот, содержание щелочей в твердой взвеси увеличивалось в среднем: натрия - в 2,5-3,0 и калия - в 4,0-5,0 раза. Максимум увеличения суммарного выхода щело чей достигал несколько десятков раз. Так, например, на доменной печи №10 количество щелочей в твердой взвеси увеличилось почти в 10 раз, в то время как в воде растворилось больше только в 2 раза.

Влияние режима работы доменной печи на выход щелочей наиболее характерно проявился на доменной печи № 4, когда увеличение выхода щелочей было более значительным - до 0,9 % в шламовой воде и до 9,9 % в твердой взвеси даже без опускания уровня засыпи. Выход их увеличивался при использовании вариантов технологий с опусканием уровня.

В полученных данных отразилось различие свойств калия и натрия, качественно проявляющееся независимо от варианта применяемо, технологии: остаточное количество щелочей в твердой взвеси увеличивалось до 4-5 раз, в то время как их количество, растворившееся в воде увеличивалось в десятки раз, особенно количество калия.

Результаты исследований позволяют предполагать, что в столбе шихты натрий и его соединения вряд ли образуют ярко выраженные контуры циркуляции. Если они и образуются, то менее массивные, чем контуры калия и располагаются ниже его контуров.

В пользу этих соображений говорит то, что, при примерно разном приходе щелочей с шихтой, выход натрия через колошник в большинстве определений заметно превышает выход калия (содержание в воде газоочистки и твердой взвеси шлама) [8].

Здесь проявляются два установленных фактора:

- более слабая способность натрия проникать в щели и полости огнеупорной футеровки при высоких температурах (10000С и выше), когда натрий не может образовывать какие-либо соединения. Эта способность, видимо, проявляется и при относительно низких температурах, когда натрий может создавать цианиды и карбонаты. Меньшее осаждение натрия в порах кусков шихты должно приводить к большему его выходу с колошниковым газом;

- способность натрия в меньшей мере оседать в огнеупорной футеровке, накапливаться в нижней части доменной печи из-за слаборазвитых нисходящих ветвей циркуляции. Этим, видимо, можно объяснить тот факт, что также в большинстве измерений его содержание в шлаках было меньше, чем содержание калия. Об этом говорят также установленные экспериментально факты меньшего содержания натрия в слоях шихты в нижней части шахты и распаре.

Подобные данные в литературе до сих пор слабо комментированы, особенно с позиции циркуляции веществ в рабочем пространстве доменной печи. Например, не было никакого объяснения тому, что невязка балансов натрия в большинстве случаев меньше невязки балансов калия. Это различие полностью увязывается с количеством циркулирующих веществ и распределением их вторичных форм в рабочем объеме.

Если эти предположения, основанные на литературных данных и результатах наших исследований на доменных печах ОАО «ММК» правильны, то может быть сформулирован вывод о том, что основным фактором, воздействующим на состояние доменной печи и показатели процесса, является калий и его вторичные соединения. Именно это должно в первую очередь учитываться при обосновании и отработке элементов технологий удаления щелочей из доменной печи [8].

Особенностью щелочей является то, что они в значительной мере створяются в шламовой воде. При 20оС растворимость их цианидов, хлоридов относительно близка. Карбонат калия в тех же условиях растворяется лучше карбоната натрия. Температура воды воздействует на растворимость соединений калия в большей мере, чем натрия.

Так, растворимость цианида, карбоната и хлорида калия при повышении температуры воды от 20 до 100оС возрастает соответственно в 1,76- 1,40 и в 1,64 раза. В тех же условиях растворимость соединений натрия почти не увеличивается. Этим данным соответствовал характер изменения и соотношения содержания щелочей в воде газоочистки почти всех доменных печей, на которых проводилась отработка технологий удаления щелочей. Поскольку большинство печей имеют одинаковый объем и характер выхода щелочей из них подобен, в качестве примера для иллюстрации и комментария представлены результаты, полученные на доменной печи №8 (рис. 1 и 2) [Приложение 1].

При обычной температуре шламовой воды содержание в ней натрия было почти в 2 раза выше, чем калия. Повышение температуры воды (вследствие повышения температуры колошникового газа при опускании уровня засыпи) изменило соотношение. Содержание натрия увеличилось всего в 1,3 раза (с 46,5 до 60,6 г/м3), в то время как содержание калия увеличилось в 4,1 раза (с 22,5 до 92,6 г/м3). Охлаждение воды при снижении температуры колошникового газа привело к снижению содержания растворенных в ней щелочей.

По полученным экспериментальным и справочным данным можно ориентировочно судить о том, в каких соединениях находились калий и натрий в верхней части шахты и на колошнике при опускании уровня засыпи, но вполне вероятно, что и при нормальном его положении.

Растворимость карбоната калия при низкой температуре воды в 5 раз выше растворимости карбоната натрия. Видимо, поэтому при нормальной температуре воды (в начальный момент опускания уровня засыпи шихты) карбонат калия присутствует, но в незначительной степени, поскольку в этот период количество растворенного калия почти в два раза меньше количества натрия. Такое соотношение щелочей, по-видимому, определил выход их цианидов. На это указывает более быстрый рост содержания калия при повышении температуры воды, что обусловлено преимущественным увеличением растворимости его цианида. То же самое, но в меньшей степени, относится и к хлоридам, так как пределы их растворимости меньше, чем цианидов [8].

Характер выхода калия с колошниковым газом, растворения его в воде газоочистки, остаточного содержания в твердой взвеси показывает, что воздействие изменения газодинамических свойств столба шихтовых материалов при загрузке фракционированного шлакового на контур циркуляции калия весьма эффективно (рис. 1 и 2) [Приложение 1].

О совместном влиянии газодинамических свойств и температуры колошникового газа говорит тенденция изменения линии, отражающей количество растворенного калия в воде газоочистки – постепенное повышение растворенного вещества при увеличении толщины шлаковой пробки. «Зубчатый» характер линии определяется изменением положением уровня засыпи шихты: последовательным опусканием с периодическим частичным повышением на 0,35-0,55 м при загрузке охлаждающих подач фракционированного шлакового щебня и кокса. Температура газа после загрузки таких подач снижалась с 500-550оС до 310-350оС, что отражалось колебанием выхода калия из слоя [8].

По характеру кривой, отражающей содержание калия (рис. 1 и 2) [Приложение 1], ориентировочно можно судить о расположении зоны его циркуляции. В начальный период опускания уровня засыпи шихты четкая связь между моментом загрузки охлаждающих подач и содержанием калия в воде не наблюдается, а по отношению к остаточному содержанию в твердой взвеси она прослеживается.

Разрушение контура циркуляции калия, видимо, было значительным, так как последующие подачи слабо воздействовали на его вы ход. К тому же, в этом районе должна разрываться не только ветвь циркуляции, образующаяся за счет осаждения твердых частиц в порах кус ков шихты, но и ветвь жидких цианидов калия (температура плавления или кристаллизации 634°С), осаждающихся на поверхности кусков [8].

Загрузка подач, содержащих железорудные материалы, привела к резкому снижению газопроницаемости слоя и температуры газа на выходе из него. Выход калия также резко уменьшился. После нескольких нормальных подач количество растворенного калия уменьшилось с 92 до 20,5 г/м3. Соответственно увеличилось содержание его в твердой взвеси вследствие снижения температуры воды. К сожалению, в данном случае невозможно определить, насколько последние величины близки к соответствующим нормальной работе печи, так как отбор проб был прекращен раньше необходимого момента, а также не вызывала доверия контрольная проба шламов.

Характер линий, отражающих поведение натрия при опускании уровня засыпи шихты, вполне согласуется с поведением калия, но имеет и свои особенности. К ним можно отнести низкую растворимость в воде, кроме цианида, слабую зависимость ее от температуры и менее развитую зону циркуляции в верхней части шахты.

В начальный период опускания уровня засыпи содержание натрия в воде газоочистки было выше. Это может быть, если натрий выходил в виде цианида и хлорида, но не карбоната, чему соответствует незначительное изменение растворенного его количества при повышении температуры воды.

Пониженная растворимость и меньший выход натрия обусловили большую степень усреднения его концентрации в воде, на что указывает характер изменения (синхронно с калием) остаточного содержания в твердой взвеси [8].

Выход натрия, как и калия, зависит от температуры колошникового газа. В начальный период опускания уровня засыпи шихты, состоящей из железорудных материалов, содержание его в воде и в твердой взвеси повышалось. Во взвеси увеличилось до 1,1-1,2 %, а затем, за счет вымывания резко снизилось до 0,3-0,4 %. Снижение температур воды после загрузки нормальных подач снова обусловило повышение содержания натрия в твердой взвеси до 1,0 %. Синхронное изменение содержания калия и натрия в твердой взвеси указывает на то, что выход последнего также зависит и от газопроницаемости шихты.

Характерным примером, иллюстрирующим влияние температуры газа в шахте и на колошнике на накопление щелочей и расположении зоны их циркуляции, являются результаты, полученные при удалении их из доменной печи №4 (18.11.01). Уровень засыпи шихты при этом, опускался и выход щелочей зависел только от газодинамических свойств буферного слоя (увеличение размера межкусковых пустот) в участке столба шихты 6-7 м от рабочего положения уровня засыпи.

Температура колошникового газа составляла 220-240°С, что было на 50-80оС ниже соответствующих температур на других печей такого же объема [8].

После первых подач материалов буферного слоя, увеличение выхода щелочей было умеренным: в 2,5-3,0 раза - в твердой взвеси, в 3-4 раза - в шламовой воде. Затем выход увеличился более резко: достиг 9,9 % в твердой взвеси и 0,93 кг/м3 в воде. Эти результаты указывают на следующее:

- температура газа является существенным фактором формирования и расположения зоны циркуляции щелочей. Различие всего в 50-80°С обусловило то, что значительная масса циркулирующих щелочей концентрировалась на достаточно большом расстоянии от рабочего положения уровня засыпи. Разрушение контуров циркуляции при опускании нижней границы буферного слоя (при продолжении его наращивания) привело практически к выбросу накопившейся массы из слоя из печи;

- газодинамические свойства столба материалов, следовательно, и их фракционный состав и характер поверхности кусков, также естественно определяют выход щелочей через колошник. По изменению их выхода видно, что после первых же подач нормальной железосодержащей шихты на поверхность буферного слоя вынос щелочей заметно снизился;

- растворимость щелочей и особенно калия проявляется большей мере, если повышение температуры колошникового газа от исходной до предельной также более существенно. В результате теплобмена газа с чем же количеством воды в скруббере температура ее в выходе из скруббера повышается также значительно и в ней растворяется большее количество щелочей.

При утилизации шламов и не замкнутой системе водоснабжения газоочисток доменных печей растворимость щелочей оказывается полезной их особенностью, так как в результате этого щелочи выводятся из циркуляции в аглодоменном переделе. Необходимо только обеспечить максимально возможный выход их через колошник при отсутствии возможности повышенного удаления их со шлаком.

Судя по полученным результатам, удаление щелочей с более существенным понижением уровня засыпи шихты обеспечивает повышенный их выход с газовым потоком. При этом уверенно можно предполагать, что контуры их циркуляции, особенно калия, разрушаются.

По ориентировочным расчетам, в ходе мероприятия на домен ной печи №8 с водой газоочистки ушло более 250 кг щелочей. Если учитывать, что в обычных условиях работы печи с водой уходит до 50 кг, то выдувка стимулировала дополнительное растворение в воде не менее 200 кг щелочей.

В твердой взвеси осталось не менее 230 кг, причем в какой-то части также за счет повышенного выхода. Трудности отбора представительной пробы сухой колошниковой пыли не позволили определить в ней действительное количество щелочей и оно не учтено. Химический анализ пробы пыли, отобранной на следующий день во время ее труски, показал, что в ней содержалось 0,20 % оксида натрия (в пересчете), 0,15 % оксида калия и 0,51 % цинка. Судя по содержанию цинка, - это пыль текущего производства. По этим данным с сухой пылью вышло 115-120 кг, что явно не соответствовало реальности [8].

В сумме за контрольный период (3 часа) повышение выхода щелочей составило около 450 кг. Действительный выход их был значительно больше, так как оказалось, что отбор проб был прекращен преждевременно. На это указывал анализ последней пробы шламовой воды и твердой взвеси.

По первому и дальнейшим испытаниям технологии можно судить о том, что базовые основы «сухой выдувки» вполне приемлемы для удаления щелочей. С этих позиций технология является комплексной поскольку независимо от причины ее применения - удаление щелочей - из печи одновременно удаляется и цинк.

Учитывая комплексность, в разработке необходимых технологических приемов необходимо предусматривать обеспечение вывода прежде всего щелочей, так как контуры их циркуляции располагаются ниже контуров циркуляции цинка, что обусловлено более высокими значениями температур переходных процессов. С этих позиций значение температуры колошникового газа 450-500°С должно быть повышено до 750-800°С. Такой разбег температур на выходе из слоя шихты определяет температура плавления соединений калия и натрия.

Можно быть уверенным, что реальные температуры переходных процессов, происходящих с парами щелочей, их цианидов и хлоридов, не соответствуют стандартным значениям, так как парциальное давление их значительно ниже единицы. Не исключено, что пары щелочей и их соединений сохраняются вплоть до температуры кристаллизации (плавления). К тому же, при высокой скорости газового потока переходные процессы растягиваются выше горизонта с температурой, соответствующей стандартной. В этом отношении при температуре газа на выходе из слоя 750-800°С охватывает температуру плавления не только цианидов (634 и 562°С), но и карбонатов щелочей (891 и 854°С). В таких условиях газообразные щелочи будут выноситься за пределы слоя и их твердые фазы будут возникать в свободном пространстве печи [8].

В любом варианте «сухой» выдувки повышение температуры газового потока на выходе из слоя при опущенном уровне засыпи предотвращается загрузкой охлаждающих подач, которые, кроме того удерживают уровень засыпи относительно заданного горизонта. Поэтому, при использовании какого-либо из вариантов технологии, повышенный выход щелочей из печи обеспечивается, но он явно недостаточен так как повышение температуры колошникового газа ограничено технологической инструкцией предельным значением 500оС.

Ограничение температуры на колошнике и относительно высокие значения реперных температур переходных процессов, возникающих с щелочами, стали побудительной причиной разработки технологии их удаления, отличающейся от технологии «сухой» выдувки. Смысл новой разработки заключается в следующем: обеспечение выходе из буферного слоя температуры газа 750-780°С, что обеспечивает вывод области переходных процессов за пределы столба, а газ на колошнике охлаждать до 500оС подачей воды.

Предложенный комплекс операций в случае подачи воды не большой конус, а через специальное устройство, может быть дополнительной возможностью некоторой выдержки уровня засыпи в опущенном стоянии загрузкой нескольких подач уменьшенного объема фракционированного шлакового щебня и кокса. Способ был испытан на домной печи №8 Магнитогорского металлургического комбината [8].

**Способ доменной плавки щелочь - и цинкосодержащих шихт**

Изобретение относится к черной металлургии может быть использовано а доменной плавке материалов, содержащих щелочи и цинк [10].

Известен способ доменной плавки цинкосодержащих шихт [11], включающий загрузку шихты, содержащей цинк, подачу дутья, контроль температуры и выхода колошникового гада, за грузку кокса с определением высоты слоя, периодическое опускание уровня засыпи шихты

Недостатком данного способа является то, что на формирование буферного слоя единовременно расходуется значительное количество (45-90 т) дефицитного кокса и выход щелочей, при высоком выходе цинка, недостаточно эффективен.

Наиболее близким во технической сущности и достигаемому результату является способ доменной плавки цинксодержащих шихт [12], включающий загрузку шихты, содержащей цинк, подачу дутья, контроль температуры и выхода колошникового газа, загрузку и формирование буферного слоя определенной высоты, периодическое опускание уровня засыпи шихты до повышения температуры колошникового газа до 450-500оС, причем буферный слой формируют из слоя кокса и фракционного шлакового щебня.

Недостатком данного способа является не достаточно высокая степень удаления цинка и низкая степень удаления щелочей.

Предлагаемым изобретением решается за дача эффективного удаления из печи цинка и накапливающихся щелочей.

Да достижения указанного результата в способе доменной плавки щелочь- и цинксодержащих шихт, включающем загрузку шихты, содержащей цинк, подачу дутья, контроль температуры и выхода колошникового газа, загрузку кокса и фракционного шлакового щебня, формирование буферного слов определенной высоты, периодическое опускание уровня засыпи шихты, уровень засыпи опускают до гори зонта с температурой газа 750-800оС, а для охлаждения газа на колошнике до 480-500°С в его рабочее пространство подают воду [10].

Предлагаемый способ основан на том, что повышение температуры газа (до 500оС для цинка и во 750-800оС для щелочей) приводит к тому, что процессы перехода из парообразного, жидкого состояния в твердое происходят за пределами столба и это приводит к более значительному разрушению контуров циркуляции веществ. Вынос их ив печи по отношению и выносу при нормальной работе доменной печи увеличивается в десятки раз. Для обеспечения таких условий уровень засыпи необходимо опустить до горизонта с температурой, обеспеспечевающей максимальный вынос щелочей - 750-800оС [10].

Необходимость охлаждения газа на колошнике до 500°С и ниже обусловлена ограничением, налагаемым технологической инструкцией ведения доменного процесса, согласно которому работа засыпного аппарата в среде с температурой выше 500°С возможна не более 10 минут.

Предлагаемый способ был испытал на доменной печи объемом 1373 м3.

Перед испытанием способа печь работала со следующими параметрами. Загружали шихту, состоящую из местного агломерата (57%), ока тышей Соколовско-Сарбайского ГОКа (39%) и Михайловского ГОКа. Выход газа составлял 1385 м3/т чугуна с температурой 280°С. Рабочее положение уровня засыпи шихты 2,75 м oт кромки большого конуса. Расчетная высота буферного слоя 8 м, для чего было загружено 24 скипа фракционированного шлакового щебня (12 т/скип) и 18 скипов кокса (3,7 т/скип).

В 9 ч 15 мин прекратили загрузку шелочь - и цинксодержащей шихты, в 9 ч 30 мин измени ли параметры дутья, в результате чего выход газа уменьшился с 235 до 195 тыс.м3/ч, что отражено в табл. 2 [Приложение 3]. В 9 ч 35 мин начали формирование буферного слоя загрузкой 12 подач, в том числе 6 подач с 1 скипом фракционного шлакового щебня и с 2 скипами кокса и 6 подач с 3 скипами щебня и 1 скипом кокса. Загрузку производили, ориентируясь по температуре колошникового газа 480-500оС.

Последнюю подачу щебня и кокса загрузи ли в 11 ч 40 мин. В 11 ч 50 мни в колошниковое пространство начали подавать воду в количестве 22 м3/мин. Уровень засыпи опускали до горизонта с температурой газа 750-780°С в течение 20 мин [10].

В 12 ч 10 мин прекратили подачу воды и в печь загрузили 1 скип щебня в 2 скипа кокса, после чего начали загружать нормальную железорудную шихту. В 13 ч 50 мин рабочее положение уровня засыпи, параметры дутья, расход природного газа и кислорода были восстановлены.

На этом мероприятие по удалению щелочей и цинка из доменной печи было завершено. За весь его период через каждые 5 мня отбирались пробы шламовой воды, выходящей из системы мокрой газоочистки. Результаты их анализа приведены в рис. 14.

На основании полученных данных определено, что из доменной печи при использовании способа было удалено 0,7 т калия, 0,6 т натрия и 1,4 т цинка [10].

Таким образом, приведенные экспериментальные данные подтверждают, что применение предлагаемого способа обеспечивает эффективное удаление щелочей и цинка из доменной печи, проплавляющей содержащую их шихту.

**Заключение**

Применение того или иного комплекса приемов для удаления щелочей из доменной печи не означает, что оно всегда должно быть эффективным. Почти все разработанные технологии характеризуются общим свойством - они профилактические и поэтому их применение должно быть своевременным. В противном случае они будут бесполезны, несмотря на удаление какой-то части накопившихся щелочей.

При выборе момента применения технологий должно учитывать и то, что одновременно с щелочами из печей удаляется и цинк, причем интенсификация или удлинение периода активного выхода щелочей в полной мере относится и к цинку.

Если комбинаты будут учитывать комплексность технологий, то можно утверждать, что при правильно разработанном графике мероприятий по удалению щелочей и цинка, комбинаты повысят производительность доменных печей и качество продукции.

**Библиографический список**

1. Щукин Ю. П., Терентъев В. Л., Мавров А. Л., Сединкин В. И., Гостенин В. А., Гридасов В. П.. Гибадулин М. Ф. Проявление щелочей в доменных пе чах ОАО "ММК". // Совершенствование технологии в ОАО "ММК": Сборник трудов Центральной лаборатории ОАО "ММК". Вып. 7. Магнитог. Металлург. комб. Магнито горск: Магнитогор. дом печати. 2003, с. 30-41.
2. Косолап Н. В., Хрущев Е. И., Лукьяненко И. А., Русских В. П., Шапиро-Никитин Д. Е. Анализ причин тяжелых рас стройств работы доменных печей. // Теория и практика производства чугу на: Труды Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию КГГМК «Криворожсталь». Кривой Рог. 24 - 27 мая, 2004. Кривой Рог: Изд-во КГГМК "Криворожсталь". 2004, с. 318-320.
3. Lectard E., Hess E., Lin R. Поведение хлора и щелочей в до менной печи и их влияние на изменение свойств агломерата при восстановлении. Behavior of chlorine and alkalis in the blast furnace and effect on sinter properties during reduction. // METEC Congress '03: 3 International Conference on Science and Technology of Ironmaking, Dusseldorf, 16-20 June, 2003: Proceedings. Dusseldorf: Stahlinst. VDEh. 2003, c. 521-526.
4. Орел Г. И., Оторвин П. И., Костенко Г. П., Джигота А. Д., Можаренко Н. М., Бой ков Н. Г., Джигота М. Г. Проблемы щелочной агрессии в до менном производстве. // Теория и практика производства чугуна: Труды Международной научно-технической конфе ренции, посвященной 70-летию КГГМК «Криворожсталь». Кривой Рог, 24-27 мая, 2004. Кривой Рог: Изд-во КГГМК "Криворожсталь". 2004, с. 263-266.
5. Курунов И.Ф., Титов В.Н., Емельянов В.Л., Лысенко С.А., Арзамасцев А.Н. Анализ поведения щелочей в доменной печи // Металлург. – 2009. - №9. – С. 34 – 39.
6. Гладков Н.А., Николаев С.А., Будник Л.Г. Влияние щелочей на процесс доменной плавки // Металлург. - 1986.- № 2. - С. 12-15
7. Чернов Н.Н., Демиденко Т.В., Мардер Б.Ф. и др. Распределение щелочных соединений в доменной печи большого объема // Металлург. - 1983. - № 5. - С. 12-14.
8. Щукин Ю. П., Терентьев В. Л., Ма вров А. Л., Сединкин В. И., Гостенин В. А., Штафиенко Н. С, Гибадулин М. Ф. Удаление щелочей из доменной печи через колошник //Совершенствование технологии в OAО "ММК": Сборник трудов Центральной лаборатории ОАО "ММК". Вып. 7. Магнитог. металлург, комб. Магнитогорск: Магнитогор. дом печати. 2003, с. 42-51.
9. Балон И.Д. Фазовые превращения материалов при доменной плавке. Изд. «Металлургия». – 1984. – С. 278.
10. Щу кин Ю. П., Тахаутдинов Р. С, Гибадулин М. Ф., Де рябин А, А., Нефедов С. Н., Пишнограев С. Н., Сединкин В. И., Смирнов Л. А., Тагилинцев В. П., Терентьев В. Л., Чаплоуский А. А. Способ доменной плавки щелочь- и цинксодержащих шихт // Пат. 2237721 Россия, МПК С 21 В 5/00. ОАО "Магнитогор. металлург, коллб.". № 2003105350/02; Заявл. 25.02 2003; Опубл. 10.10.2004.
11. RU патент №2058394, МПК С 21 В 5/00, 20.04.1996.
12. RU патент №2074893, МПК С 21 В 5/00, 1997.
13. Тарасов В.П. Загрузочные устройства шахтных печей. М.: «Металлургия». - 1974. – С. 312.
14. Сторожик Д.А., Тылкин М.А., Гребеник В.М. Изготовление и эксплуатация загрузочных устройств доменных печей. М.: «Металлургия». - 1973. – С. 319.
15. Корякова О.Ф. Совершенствование технологии доменной плавки с целью уменьшения отрицательного влияния щелочей и цинка. Бюлл. ЦНИИИЧМ. – 1981. - №15.