

Циватая Н.А.

АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ЩЕЛОЧЕЙ В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Институт черной металлургии НАН Украины,

Выполнен анализ поведения щелочных соединений в доменной печи, в т.ч. щелочесодержащих отходов различных металлургических переделов в составе доменной шихты. Показано, что повышенное содержание щелочей оказывает существенное влияние на физико-химические процессы доменной плавки. Эффективный вывод щелочей из доменной печи может быть обеспечен путем проведения контроля химического состава всех материалов агломерационного и доменного производства.

Ключевые слова: щелочь, доменная печь, химический состав, контроль

Постановка задачи и цель исследования. Рост производительности доменных печей и снижение расхода кокса сдерживается уровнем подготовки железорудных материалов к плавке и ухудшением качества кокса, усугубляемым негативным влиянием щелочей. Реализация путей ослабления такого воздействия является дополнительным резервом повышения экономичности выплавки чугуна.

Изменение свойств железосодержащих шихтовых материалов под воздействием щелочей оказывает отрицательное влияние на ход доменной плавки. К таким изменениям относятся разрушение, т.е. образование мелочи при высоких температурах, разбухание, преждевременное размягчение и образование тестовидной фазы. Эти изменения могут проходить в широком диапазоне температур и распространяться на значительные области печи. Следствием этого является расширение температурных диапазонов жидкообразования, изменения соотношения в протяженностях зон существования материалов в твердом, размягченном и капельножидком состоянии. В результате этого заметно отклоняется от рационального распределение газов по сечению печи, возрастает сопротивление его движению (нижний перепад), нарушается теплообмен в зоне формирования расплавов, возрастает колеблемость состава продуктов плавки, снижается ровность хода печи и ее экономичность.

Существующая технология подготовки сырья и топлива к доменной плавке пока не позволяет заметно снизить в них содержание щелочей. Поэтому остается единственный путь – технологические приемы борьбы со щелочами в доменной печи, реализация которых возможна лишь на основе установленных зависимостей между характером удаления щелочей из печи и параметрами плавки (тепловое состояние, интенсивность, шлаковый режим) в количественной форме.

Доменный шлак является основным носителем щелочей, удаляемых из доменной печи. Химический состав и количество шлака определяют его поглотительную способность в отношении щелочей. Количество

щелочей, удаляемых со шлаком, обусловлено его основностью, содержанием в нем магнезии и собственно выходом шлака.

Анализ литературных источников свидетельствует о необходимости проведения более детальных исследований по выявлению закономерностей поведения щелочей при изменении свойств шлака, как главного фактора удаления их из печи.

Распределение щелочей между шлаками и газовой фазой зависит от термодинамических условий работы доменной печи. Так, горячий ход печи при выплавке высококремнистых чугунов, характеризующийся получением шлаков высокой основности, сопровождается интенсивным поступлением щелочей в циркуляционный контур. Холодный ход печей сопровождается получением низкокремнистого чугуна и кислых шлаков и отличается меньшей скоростью удаления щелочей в области фурм, в результате чего повышается их содержание в выпускаемом шлаке и уменьшается попадание щелочей в циркуляционный контур.

Получение данных о долевом участии отдельных компонентов минеральной шихты на разных этапах процесса агрегатного превращения материалов в доменной печи позволит рассмотреть качественную и количественную стороны процессов адсорбции и десорбции щелочных оксидов, а также произвести анализ их влияния на ход процесса шлакообразования. В практике доменного производства анализ шихтовых материалов и реальных шлаков на содержание щелочных оксидов, как правило, не выполняется, что является существенным препятствием для повышения точности прогнозов и эффективности управления. В связи с этим актуальной остается организация контроля полного химического состава всех материалов аглодоменного производства от шихтовых компонентов до продуктов доменной плавки.

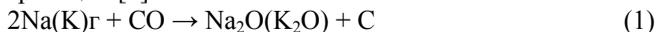
Изложение основных материалов исследования. Установлено [1, 2, 4-7], что поступление щелочей в печь свыше допустимой нагрузки приводит к накоплению в объеме печи разновидностей их летучих соединений (пара K и Na , цианидов и др.), существенно ухудшающих условия плавки, вызывая расстройтва газодинамического и теплового состояния печей, снижая форсировку их хода из-за усиления процесса разрушения кокса и растягивания по высоте зоны вязкопластичного состояния, что ухудшает качество чугуна и общие технико-экономические показатели. Зарубежные и отечественные исследования свидетельствуют, что каждый 1 кг щелочей на тонну чугуна, оставшийся циркулировать в печи, обуславливает перерасход кокса в среднем до 33 кг/т [1, 2]. В то же время, каждый выведенный из оборота в печи 1 кг/т чугуна щелочей вызывает экономиию кокса до 12 кг/т чугуна.

Каждый час из шихты доменной печи в восходящие газы выделяются сотни килограмм щелочей. Часть из них насыщает футеровку, что в значительной степени изменяет физико-химические свойства и фазовый состав огнеупоров. Щелочные соединения (окислы, карбонаты, хлориды,

сульфаты, сульфиты и др.) с 800°C начинают реагировать в газообразном состоянии с алюмосиликатными огнеупорами с образованием щелочных алюмосиликатов [3]. Рентгеноструктурным анализом и исследованиями [4] с помощью электронного микроанализатора установлено, что в алюмосиликатном кирпиче средней и нижней частей шахты, а также в зоне фурм калий конденсируется не только на поверхности пор и трещин, но проникает и в монолитную массу кирпича, где содержание K_2O достигает 15 %. На границе пор и трещин в огнеупорной футеровке обнаружена фаза, представленная крупнокристаллической структурой, заменившей мелкокристаллическую структуру алюмосиликатного кирпича. Рентгеноструктурный анализ показал наличие в этой фазе следующих алюмосиликатов калия: $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$ (санидин) с 16,9% K_2O ; 18,4% Al_2O_3 и 64,7 % SiO_2 ; $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2$ (лейцит) с 21,5% K_2O ; 23,5 % Al_2O_3 и 55 % SiO_2 ; $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2$ (кальсилит).

В результате замещения минералов, входящих в состав алюмосиликатных огнеупоров, указанными выше минералами, содержащими K_2O , т. е. в результате загрязнения алюмосиликатной огнеупорной кладки примесями, относящимися к «плавням», снижается температура начала размягчения огнеупора. Увеличение размера кристаллов вновь образованных минералов и уменьшение поверхности их контакта по сравнению с максимальной поверхностью соприкосновения составляющих фаз в исходном алюмосиликатном кирпиче приводят к снижению механической прочности огнеупоров [5]. Отложения сажистого углерода способствуют расширению открытых пор и проникновению в ослабленные швы кладки парообразных щелочей, которые конденсируются и пропитывают порошкообразными осадками от одной трети до половины толщины кладки, снижая температуру ее размягчения. Образование калиофилиита ($\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$), продукта реакции взаимодействия алюмосиликатов огнеупора с соединениями калия, сопровождается увеличением объема огнеупорной футеровки в местах концентрации щелочей примерно на 40%, что приводит к ее разрушению.

По данным авторов работы [6] в доменной печи щелочи выступают в виде KCN , NaCN и паров K и Na в верхних зонах и в виде карбонатов и жидких цианидов в нижних зонах печи. Перемещение и накопление щелочей происходит в температурном диапазоне от 700 до 1200°C выше зоны, где происходят преимущественно реакции образования шлака. При перемещении паров щелочей в верхние зоны через шахту снижается температура газов и происходит окисление газа по отношению к парообразной металлической фазе. Происходит обратное превращение паров в очень мелкие твердые частицы щелочных оксидов согласно следующей реакции [6]:



Эти мелкие частицы прилипают к более холодным частям внутренней поверхности стенок, что приводит к образованию настывлей. Образование

настылей также происходит за счет щелочных цианидов, которые имеют жидкую фазу при температуре свыше 562°C , это приводит к накоплению мелких частиц руды и кокса и образованию настылей. С другой стороны некоторые частицы Na_2O и K_2O налипают на холодные куски железной руды. При повышении температуры этих кусков железной руды при их опускании вниз пары окислов вступают с ними в реакцию. В результате чего образуются такие соединения, как $(\text{K}_2\text{O})_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, $(\text{K}_2\text{O})_4 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ и K_2FeO_2 . Подобные соединения образует также натрий. Реакция K_2O с окисью железа приводит к разбуханию и растрескиванию кусков при их восстановлении окисью водорода. В результате этой реакции происходит также понижение температуры плавления кусков железной руды и снижение проницаемости, а также возникают проблемы, связанные с зависанием и образованием каналов в столбе материалов.

Влияние щелочей на разрушение рудных материалов в литературе описано противоречиво. Оно однозначно оценивается как отрицательное, если калий и натрий находятся в железорудных материалах до их окискования. В этом случае щелочи вызывают сильное разбухание и распад окатышей. В случае проплавки окатышей, содержащих мало пустой породы, которые после обжига были пропитаны щелочами, разбухание достигало несколько сот процентов. Некоторые авторы утверждают, что, напротив, щелочи, испарившиеся на окатышах или содержащиеся в них в растворенном состоянии, улучшали восстановимость и не вызывали повышенного разрушения окатышей [7].

Влияние щелочей на снижение температуры плавления рудных материалов шихты нельзя оценить однозначно. В результате снижения температуры плавления можно повысить количество жидкой фазы и тем самым увеличить производительность [7]. Однако эти воздействия в большей степени зависят от режима эксплуатации доменной печи и газопроницаемости. По мере опускания шихтовых материалов в горячую зону доменной печи происходит восстановление и испарение щелочных соединений, и этот цикл повторяется неоднократно. В результате этого повторяющегося неоднократно цикла происходит накопление определенного количества щелочей в доменной печи до того момента, когда накопленное количество щелочей будет приводить к существенному изменению физической структуры шихты и очень низкому неэффективному уровню производства [6].

Кокс является одним из «материалов – накопителей щелочей» (например, одно из соединений C_8K содержит 29 % K), однако распределение парциального давления щелочей в доменной печи зависит во многом от цианидов и силикатов. Промежуточные включения (например, C_8K , C_{24}K и т.д.), которые образуются в результате реакции между парами щелочей и коксом, являются химически стабильными при низких температурах. Модель внутренних контуров циркуляции щелочей по данным [8] показана на рисунке. Циркуляция силикатов происходит

между жидким шлаком и зоной размягчения шихтовых материалов. По мере повышения основности шлака кремнезем силикатов щелочных металлов усиленно отнимается основаниями, содержащимися в шлаке, так что в области шлакообразования выделяются щелочи, которые затем вновь поглощаются в зоне размягчения шихтовых материалов.

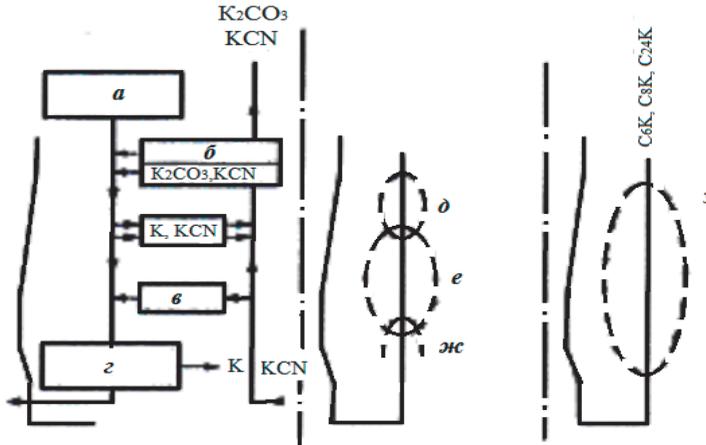
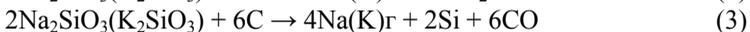
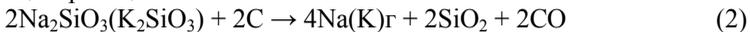


Рисунок. Модель внутреннего контура циркуляции щелочей: а – сложные силикаты, б – конденсация, в – силикаты, г – газация силикатов, д – циркуляция карбонатов, е – циркуляция цианидов, ж – циркуляция силикатов, з – циркуляция калия с соединениями типа C_6K , C_8K , $C_{24}K$ и т.д., а также паров калия.

Способность доменной печи принимать щелочи в виде цианидов и карбонатов теоретически очень высока. Эти соединения в конденсированной форме обладают в определенных зонах доменной печи достаточно большой химической стабильностью. Самые благоприятные условия восстановления оксидов, галоидных соединений или силикатов щелочей в металлическую форму отмечаются в зоне заплечиков и горна [6]. Щелочные силикаты можно восстанавливать при помощи углерода в высокотемпературной зоне в парообразную фазу металла с щелочью и кремнезем или кремний. В низкотемпературной зоне предварительного восстановления восстановление силикатов не происходит.

Восстановление щелочных силикатов углеродом происходит согласно следующим реакциям:

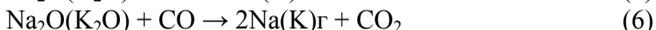
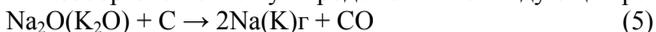


Прохождение этих реакций зависит от парциального давления окиси углерода и температуры. Реакция восстановления силиката натрия твердым углеродом протекает при температуре $1550^{\circ}C$, а силиката калия при температуре $1700^{\circ}C$. Кроме этого восстановление щелочных

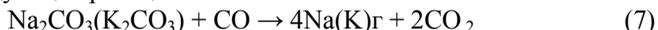
силикатов может также осуществляться в зоне высоких температур при помощи восстановленного металлического железа согласно следующей реакции:



Пары щелочей, образующиеся в результате реакций (2-4), уносятся в верхнюю часть доменной печи газовым потоком. Необходимо также отметить, что восстановление щелочных оксидов может осуществляться в температурном диапазоне 815-1100⁰С под воздействием твердого углерода или газообразной окиси углерода согласно следующих реакций:

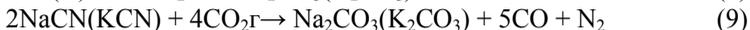


Щелочные карбонаты не восстанавливаются углеродом в доменной печи при атмосферном давлении и не образуют парообразные щелочи при температуре ниже 1200⁰С. В низкотемпературных зонах шахты печи может происходить восстановление щелочных карбонатов при помощи СО согласно следующей реакции:



Согласно вышеуказанным реакциям происходит восстановление натрия и калия в паровой фазе вследствие их низких температур плавления, которые соответственно составляют 890 и 766⁰С [6]. Вследствие высокой активности углерода и азота при высоких температурах образуется также определенное количество цианидов вне фурменной зоны окисления. Образовавшиеся цианиды отличаются стабильностью в условиях доменной печи и их состояние зависит от температуры окружающей среды. Цианид калия расплавляется при температуре 622⁰С, его точка кипения составляет 1625⁰С. Цианид натрия плавится при температуре 562⁰С и кипит при температуре 1530⁰С. Таким образом, щелочные цианиды имеют жидкую фазу в нижних зонах шахты и заплечиков доменной печи и газообразную фазу в фурменной зоне и горне.

Газы, покидающие зону горна, содержат небольшое количество цианидов (KCN и NaCN) вместе со свободными парообразными калием и натрием. Большинство цианидов находится в сжиженном виде. Определенное количество паров цианида проникает в футеровку шахты печи перед конденсацией. Цианиды калия и натрия, а также пары металла в зоне шахты печи окислены в достаточной степени и образуют более стабильные карбонаты согласно следующим реакциям:



Щелочные карбонаты могут также образовываться в результате реакции между оксидами углерода и двуокисью углерода.

Успешная эффективная работа доменных печей возможна только на качественном кусковом сырье, позволяющем создавать в слое восстанавливаемой шихты определенные газодинамические условия.

Однако постепенное истощение месторождений, обеспечивающих металлургическое производство богатыми кусковыми рудами, заставляет обращать внимание на рудные материалы, считающиеся некондиционными именно из-за своей мелкодисперсности и низкой механической прочности.

В работе [9] выполнена оптимистичная оценка уровня подготовки шихтовых материалов к доменной плавке и сделан вывод, что в Украине сегодня качество сырья хуже, чем на зарубежных печах, но эффективность доменной плавки может быть существенно увеличена, если качество сырья будет соответствовать следующим требованиям по железорудным материалам: содержание кремния < 3 %; содержание железа > 56%; содержание серы < 0,3; содержание фосфора < 0,7; по коксу: CSR > 60%, CRI < 30%, I40(500 об) > 50%, I10 < 19%, M40 > 82,5%, M10 < 8%, зольность < 10,0%, сернистость < 0,75%, летучие < 1,0%, влажность < 5,0%, щелочи < 0,3%. Работа доменных печей на таком сырье позволяет при существующей технологии плавки уменьшить расход кокса на 30-50 кг/т или использовать до 200 кг/т чугуна угольной пыли и получить удельный расход кокса < 350 кг/т чугуна.

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 [10]. Авторами работы [10] установлено, что повышение основности шлака сопровождается снижением активности в нем кремнезема, количества связываемых им щелочей, а значит, и содержания их в шлаке. С увеличением основности шлака снижается не только абсолютное содержание Na_2O и K_2O в нем, но и отношение суммы их к содержанию SiO_2 . 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. 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 K_2O (8–9 % Na_2O и 16–17 % K_2O), т. е. соединения калия отличаются большей летучестью, чем соединения натрия. Это может быть одной из причин образования настывлей 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 SiO_2 в шлаке и больше отношение CaO/SiO_2 . Повышение основности шлака приводит к уменьшению содержания $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ в выпускаемом шлаке, увеличению количества щелочных соединений в циркуляционном контуре и невязки баланса. Прослеживается следующая взаимосвязь основности шлака и содержания Si в чугуне:

Основность шлака CaO/SiO ₂	1,13 - 1,16	1,17 - 1,20	1,21 – 1,24
Невязка баланса, кг/т чугуна	5,0	5,8	6,4
Содержание Si 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

Авторами [10] отмечено, 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 соединений.

Характер поведения щелочных соединений в доменной печи во многом, если не в основном, определяется ее тепловым состоянием. Сравнительно низкие температуры кипения и парообразования щелочных соединений (700–1200⁰С) обуславливают их высокую активность в ходе доменной плавки. 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. Исследованиями [10] установлено, что увеличение температуры горения от 2100 до 2400⁰С приводит к снижению содержания щелочей в конечном шлаке на 0,25 %.

Газодинамический режим доменной плавки в значительной мере подвержен влиянию щелочей. Это объясняется склеивающей 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. Рост количества щелочей, удаляемых со шлаком, сопровождается увеличением степени использования СО.

Специалистами НЛМК [10] 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. 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. 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.

Вынос щелочей с колошниковым газом в результате сильного осевого хода печи с повышенными скоростями и температурами газа [7] приводит к необходимости (при использовании доменного газа на газопаротурбинных электростанциях) дорогостоящего фильтрования, а вследствие образования NO_x при сгорании выносимых с колошниковым газом цианидов щелочей ведет к повышенному загрязнению окружающей среды. Повышение выноса щелочей через колошник ведет к образованию внепечной циркуляции щелочей. Колошниковая пыль попадает на аглофабрику и снова возвращается в печь. Для очистки доменной пыли от щелочей предлагали также хлорид калия в качестве парообразователя. Таким образом, в зоне стекания жидких продуктов плавки можно препятствовать испарению щелочей. По экологическим соображениям добавка хлорида не рекомендуется.

Важными факторами, которые повышают способность шлака поглощать щелочи, являются: снижение основности шлака; снижение температуры чугуна и шлака на уровне фурм; повышение доли MgO в флюсах (справедливо при содержании MgO примерно до 9% [7]); повышение давления в печи; низкое парциальное давление азота (повышение обогащения дутья кислородом при вдувании мазута и пара); большое количество шлака.

Возможность удаления щелочей из печи со шлаком обеспечивается при их достижении нижней части печи. Это достигается путем загрузки менее основной шихты и тем самым работы шахты с более кислым шлаковым режимом. Щелочи уже на ранних стадиях связываются в стабильные силикаты или алюмосиликаты. Циркуляция щелочей в области шахты и пластичной зоны ограничивается, и вывод щелочей с колошниковым газом снижается. К тому же более кислые обогащенные щелочами шлаки обладают вязкостью, сравнимой с вязкостью основных шлаков, вследствие чего может быть обеспечено хорошее стекание в области жидкотекучих фаз (т.е. в зоне образования первичных шлаков) и тем самым достигнута хорошая газопроницаемость этой зоны [7].

В работе [6] отмечено, что щелочи удерживаются в шлаке в результате медленного прохождения реакции, нежели под влиянием каких либо термодинамических характеристик системы. Если создать условия для вступления щелочей в реакцию с кремнеземом с образованием силикатов, то можно будет удалять их из доменной печи со шлаком и, таким образом, избежать проблем, связанных с рециркуляцией K_2O и

Na₂O. Введение добавок извести в количествах, превышающих допустимые пределы, для прохождения реакции с кремнеземом и образования стабильного силиката кальция, приводит к выделению кремнезема из окислов щелочей, марганца и железа, согласно реакции:



Эта реакция происходит при температуре 1450⁰С. С целью удаления максимального количества щелочей в шлаке необходимо поддерживать основность шлака (%CaO + %MgO)/(% SiO₂ + %Al₂O₃) на сравнительно низком уровне. Однако кислый шлак имеет определенные существенные недостатки, а именно высокую вязкость, высокое содержание окислов железа и снижение температуры жидкого металла.

Шлак всегда находится в контакте с газовой фазой, в которой может растворяться калий и натрий, и металлической фазой, в которой может растворяться марганец. Это означает, что в реакции газ-шлак участвуют щелочи, а в реакции шлак-металл участвует марганец. Таким образом, между двумя коэффициентами распределения, основанными на теоретических расчетах, в работе [6] получено следующее отношение:

$$\frac{(\%K_2O)}{P_K} = \frac{(\%Mn)}{[\%Mn]} \quad (11)$$

где, (%K₂O) – содержание окиси калия в шлаке, P_K – парциальное давление паров калия, (%Mn) – содержание марганца в шлаке, [%Mn] – содержание марганца в металле.

Средством устранения негативного влияния щелочей на доменный процесс является реализация, в сочетании с технологическими мерами, системы направленных промывок, обеспечивающих вывод щелочей в шлак и удаление их из печи. На каждом металлургическом предприятии, исходя из накопленного опыта и особенностей плавки, разработаны методики промывок, составлены соответствующие графики их реализации, подобраны промывочные агенты или разработана технология их приготовления. Выполняемые при этом промывки не всегда являются эффективными, а в ряде случаев приводят и к негативному результату, вследствие чего доменные печи в течение суток могут находиться в расстроенном состоянии. Обусловлено это, в частности, отсутствием данных о характере накопления и количестве щелочей в зонах циркуляции, а также отсутствием достоверных данных о свойствах, поведении и характере воздействия промывочных средств на различные области доменной печи.

Заключение. Анализ рассмотренных выше процессов объясняет усиленное внимание к реализации возможностей по уменьшению количества вносимых в доменную печь щелочей. Шихтовые и технологические условия работы доменных печей Украины, особенно с использованием в последнее время возврата остаточных металлургических материалов, обуславливают накопление в доменных печах большого количества щелочных элементов, часто превышающих критический уровень.

Трудности обычно возникают при большом количестве вносимых щелочей, но и при небольших их количествах может возникнуть повышенная циркуляция, вызывающая ряд проблем. На вынужденное поддержание циркуляции, характеризуемой циклическим изменением агрегатного состояния щелочей, переходом их от сложных соединений к элементарному виду, непроизводительно расходуется топливо.

В практике доменного производства Украины анализ шихтовых материалов и реальных шлаков на содержание щелочных оксидов, как правило, не выполняется, что является существенным препятствием для установления рационального режима работы доменной печи. В связи с этим организация контроля полного химического состава всех материалов аглодоменного производства от шихтовых компонентов до продуктов доменной плавки, остается актуальной.

1. *Гладков Н.А., Николаев С.А., Будник Л.Г.* Влияние щелочей на процесс доменной плавки. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2004. – №2. – С.12–14.
2. *Янц Й., Монкерн Х.* Использование в промышленной доменной печи кокса с различным содержанием щелочей. // *Черные металлы.* –1995. – №2. – С.23–30.
3. *Сорокин И.Н., Фрейденберг А.С.* Механизм коррозии алюмосиликатных материалов первичным доменным шлаком. // *Взаимодействие огнеупоров с материалами и шлаками (Сборник трудов ГИО).*–Ленинград, 1981. – С.36-39.
4. *Корякова О.Ф., Щепанский В.В., Парцевский А.А.* Совершенствование технологии доменной плавки с целью уменьшения отрицательного влияния щелочей и цинка. // *Чёрная металлургия.* – М., 1980. – Вып. 15. – С.13 – 33
5. *Будников П. П., Балкевич В. Л. И др.* .Химическая технология керамики и огнеупоров. – М.: Издательство литературы по строительству, 1972. – С.139-141.
6. *El-Geassy et. al.* Effect of Alcalies on the performance of Blast Furnace // *Transactions ISU.* – 1986. – №10. – P.865-874
7. *Гуденау Г.В., Йохан Г.П., Маймет Ш.* Удаление щелочей в доменной плавке. // *Черные металлы.* – 1997. – №2. – С. 14-22
8. *Роль щелочей в доменной печи.* / В.Альптерер, Э.Беплер, Б.Герстерберг, М.Каннапель. // *Черные металлы.* – 22 августа 1988. – №17. – С.3-13.
9. *Большаков В.И.* Современные тенденции развития доменного производства // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2006. – № 2. – С.6-12
10. *Курунов И.Ф. Титов В.Н. и др.* Анализ поведения щелочей в доменной печи // *Металлург.* – 2009. – № 9. – с. 34-39.

*Статья рекомендована к печати
д.т.н., проф. Тогобицкой Д.Н.*

Н.О.Цівата

Аналіз поведінки лугів в доменній печі

Виконано аналіз поведінки лужних сполук в доменній печі, в т.ч. відходів різних металургійних переділів у складі доменної шихти. Показано, що підвищений вміст лугів робить істотний вплив на фізико-хімічні процеси доменної плавки. Ефективний вивід лугів з доменної печі може бути забезпечено шляхом проведення контролю хімічного складу всіх матеріалів агломераційного і доменного виробництва.

Ключові слова: доменна піч, луг, хімічний склад, контроль

N.A. Tsivataya

Analysis of the behaviour of alkalis in the blast furnace

The analysis of behavior of alkaline compounds in the blast furnace, including Waste various metallurgical processes as part of the domain of charge. It is shown that high alkali content has a significant effect on the physical and chemical processes blast furnace. Efficient removal of alkalis from the blast furnace can be achieved by control of the chemical composition of the sinter material and blast-furnace production.

Keywords: alkali, blast furnace, chemical composition, control