

Изобретение относится к области энергетики для замены природного газа и нефти и может быть использовано в черной металлургии в качестве замены углеродоводородосодержащих энергоносителей, таких как пылеугольное топливо и природный газ, подаваемых для сжигания в горн доменной печи.

В качестве прототипа выбран способ получения генераторного газа, раскрытый в работе реактора для газификации угля с использованием расплавленных металлов [1].

По известному способу осуществляют подачу углеродосодержащих материалов в виде пылеугольного топлива с флюсом и газифицирующим агентом через специальную водоохлаждаемую фурму в расплав металла. В процессе газификации шлак всплывает на поверхность расплава и удаляется, а образованный газ поступает на выход реактора.

Общими признаками прототипа и заявляемого способа являются загрузка углеродосодержащего материала и флюса, подача газифицирующего агента в расплав металла, удаление шлака и продуктов газификации.

В этом способе нельзя достичь технический результат довосстановления первичного продукта горения углерода из-за отсутствия слоя углеродосодержащего материала и флюса. Процесс идет быстро, газ не полностью восстанавливается и удаляется с очень высокой температурой и уровнем пыли.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования способа получения генераторного газа, в котором, за счет особенностей подачи углеродосодержащей шихты и газифицирующего агента, обеспечиваются условия для дополнительного довосстановления первичных продуктов горения в результате чего достигается по повышению калорийности полученного генераторного газа, а также ухудшение экологии (поглощение серы шлаком, металлом и флюсом), отсутствие затрат на углеподготовку и охлаждение генераторного газа.

Поставленная задача решается тем, что в способе получения генераторного газа, включающем загрузку углеродосодержащей шихты, подачу газифицирующего агента в жидкую ванну, согласно изобретению, загрузку углеродосодержащей шихты осуществляют на жидкую ванну с образованием слоя над жидкой ванной, а газифицирующий агент подают под углом 7-30° к жидкой ванне поочередно через четные и нечетные фурмы.

Перечисленные признаки составляют сущность изобретения.

При этом целесообразно выбирать высоту слоя углеродосодержащей шихты над жидкой ванной в пределах 1-5 м, а очередность подачи газифицирующего агента через четные и нечетные фурмы осуществляют с периодичностью не более 15 мин.

Поддерживают слой в рабочем (подвижном) состоянии также за счет подачи газифицирующего агента под углом 7-30° к жидкой ванне металла, это оптимальный диапазон, при котором используются гидродинамические колебания металла для разрушения спекшихся агломератов в слое, создаются условия для прохождения первичных продуктов горения их довосстановления, кроме этого в этом диапазоне создаются оптимальные условия для образования окислительной зоны процесса газификации.

При ведении процесса получения генераторного газа происходит сгорание углеродосодержащей шихты (углерод + флюс) в присутствии газифицирующего агента. Образовавшийся газ устремляется вверх для прохождения через слой шихты. В разогретой шихте, от контакта выходящего газа с углеродом, происходит довосстановление $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ (реакция Будуара). Уменьшение высоты слоя шихты менее 1 м приводит к увеличению CO_2 в генераторном газе (недостаточное время) для реакции довосстановления, а следовательно, к падению калорийности генераторного газа на 15%. Увеличение высоты слоя шихты выше 5 м приводит к повышению образования спеченного агломерата на поверхности слоя. При этом резко нарушается прохождение газа по слою, отсутствует газодинамика, прекращается окисление и наступает затухание процесса.

Для поддержания процесса газификации и последующего довосстановления газа необходима подвижность слоя (свободное прохождение газа через слой). Поддержание процесса обеспечивают операции процесса получения генераторного газа, а именно:

- образование слоя над жидкой ванной углеродосодержащей шихты из угля и флюса;
- подачу газифицирующего агента (обогащенный кислородом воздух + пар) под углом 7-30° к жидкой ванне поочередно через четные и нечетные фурмы;
- периодичность подачи через четные и нечетные фурмы составляет не более 15 мин.

Экспериментально установлено, что только при условии использования всех указанных признаков, процесс получения генераторного газа протекает стабильно, обеспечиваются условия довосстановления газа. Рабочее состояние слоя над жидкой ванной - его подвижность, свободное прохождение продуктами горения. Если не выполняются указанные условия, происходит образование спека в слое и процесс замедляется и может совсем прекратиться.

Уменьшение угла подачи газифицирующего агента меньше 7° увеличивает окислительную зону над ванной металла, поскольку вовлекается максимальное количество углеродосодержащей шихты в процесс газификации, однако при этом отсутствует воздействие на жидкую ванну, которая остается неподвижной, а значит, не позволяет использовать гидродинамические колебания для разрушения спекшихся агломератов в слое, начавшийся бурно процесс газификации быстро затухает. Увеличение угла подачи газифицирующего агента в жидкую ванну более 30° создает хороший эффект колебаний жидкого металла до 50 мм и связанное с этим разрушение спеков угольных агломератов, однако это приводит к уменьшению окислительной зоны процесса газификации (активного сжигания угля) за счет уменьшения поверхности контакта окисления с углеродосодержащей шихтой в 2-3 раза.

Очередность подачи газифицирующего агента через четные и нечетные фурмы осуществляют с периодичностью не более 15 мин, что позволяет менять во времени участки слоя, находящиеся под активным воздействием дутья, что приводит к сдвиговому разрушению слоя в вертикальном направлении.

Увеличение периодичности более 15 мин нецелесообразно, т.к. может привести к образованию устойчивых спеков углеродосодержащей шихты (агломератов) и прекращению восстановительных процессов

газа.

Таким образом, все существенные признаки в совокупности обеспечивают условия для дополнительного восстановления первичных продуктов горения, в результате чего достигается повышение калорийности полученного, генераторного газа, осуществляется фильтрация газа от пыли, снижение температуры генераторного газа, что не требует дополнительных затрат на охлаждение, тепло от газа эффективно усваивается в газификации на разогрев и сушку угля, эндотермические реакции Будуара, что приводит к увеличению термохимического КПД газификации. Отсутствует углеподготовка, этот способ позволяет использовать все без ограничения марки углей.

В качестве углеродосодержащей шихты можно использовать угли любой зольности и фракции, не требующие спецподготовки, а в качестве газифицирующего агента - обогащенный кислородом воздух и пар и в качестве флюса, например, известняк.

Способ осуществляется следующим образом.

На предварительно подготовленную жидкую ванну металла загружают углеродосодержащую шихту, например уголь и флюс - известняк до образования слоя высотой 1...5 м, затем периодически подают газифицирующий агент (обогащенный кислородом воздух и пар) под углом 7-30° к жидкой ванне. С этого момента начинается газификация угля, при этом получаемый генераторный газ довосстанавливается в слое за счет активного перемешивания угля над расплавом, т.е. газ доходит до максимальной калорийности.

Предложенный способ получения генераторного газа иллюстрируется следующим примером. В доменной печи подготовили жидкую ванну чугуна и через засыпное устройство печи загружали смесь угля фракций 5-70 мм, зольностью 25% и известняка, а комбинированное дутье - обогащенный кислородом воздух и пар, подавали через четные и нечетные воздушные фурмы доменной печи под углом 7-30° к жидкой ванне с периодом не более 15 мин. Данные результатов опыта приведены в таблице.

Как показали расчеты, для замены природного газа в объеме 64000 м³/час генераторным газом с теплотворной способностью 7-10 МДж/м³ потребуется организовать производство 37000 м³/час генераторного газа. Для этого используется дутье, обогащенное кислородом до 27-40%. Расход дутья составляет 112000 м³/час, а расход пара - 120-160 т/ч. При зольности угля 25% и выходе генераторного газа 3 м³/кг угля потребуется расход угля 120 т/ч.

Если площадь зеркала горна равна 50 м² (доменная печь объемом 1000 м³ с диаметром горна 7,0-7,1 м) при высоте углеродосодержащих материалов и флюсов в 5 м, время непрерывной работы доменной печи без загрузки газогенератора составит примерно 2,5 час, т.е. каждые 1,25 час необходимо осуществлять загрузку угля с помощью засыпного аппарата доменной печи для поддержания максимальной калорийности генераторного газа и стабильного газодинамического режима слоя. Газодинамические расчеты показывают, что при давлении дутья в 3 атм, из них 0,8 атм составит потери напора в слое высотой более 5 м. Генераторный газ с температурой 100-150°С и давлением 2,2 атм после дополнительной очистки в существующей системе газоочистки колошникового газа может быть подан в качестве заменителя природного газа в полость фурм на все остальные доменные печи из расчета 5:1 или 3,5:1 (т.е. 5 или 3,5 м³ генераторного газа вместо 1 м³ природного газа).

Из таблицы следует, что оптимальными параметрами заявляемого способа получения генераторного газа являются варианты в диапазоне заявленных п. 2, 3, 4.

№	Высота слоя угля и флюса, м	Угол подачи газифицирующего агента, град.	Период подачи газифицирующего агента через четные и нечетные фурмы, мин	Примечания
1	Меньше 0.5	6	0.5	Недостаточное довосстановление продуктов горения. Уменьшилась калорийность до 10–15%, увеличился вынос пыли и температура генераторного газа, отсутствие перемешивания слоя. Увеличилась нагрузка на оборудование.
2	1	7	1	Процесс довосстановления продуктов горения идет стабильно, генераторный газ состава: CO = 32.5, N ₂ = 45.5, H ₂ = 22%.
3	3	21	7	Не наблюдается уноса пыли, активное перемешивание и газофикация.
4	5	30	15	
5	6	31	16	Недостаточное перемешивание из-за образовавшегося толстого слоя спекающихся агломератов экономически невыгодно из-за высокой мощности дутьевых средств – 2000–3000 квт, уменьшается величина окислительной зоны в 2–3 раза, останавливается процесс газификации угля.