

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА КОКСА ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Мишин И.В.

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

В статті приведено особливості використання замінників коксу, таких як гарячі відновлювальні гази та пиловугільне паливо. Розрахунком показана можливість значного зменшення витрати коксу.

Для металлургической отрасли Украины основным видом топлива является кокс, получаемый путем спекания коксующихся углей. Прогнозируемые запасы коксующегося угля в Украине составляют 3 млрд. тонн, при этом с каждым годом наблюдается тенденция импорта коксующихся углей и самого кокса из-за растущего спроса, низкой рентабельности украинских шахт, высокой зольности и высокого содержания серы в коксующихся углях, низкого уровня технологии коксования. Таким образом, необходимы новые пути достижения максимально возможной замены кокса и использование дополнительных видов топлива.

Каждый вид дополнительного топлива имеет свои преимущества и недостатки, но главными препятствиями к дальнейшему повышению расхода являются неполное сгорание топлива (газификация) в фурменной зоне, высокий охлаждающий эффект горна (снижение теоретической температуры горения), сложность конструкции фурменного прибора при вдувании дополнительных топлив (особенно мазута). Также следует учитывать, что природный газ, уголь, мазут являются не возобновляемыми природными ресурсами, и их запасы ограничены, в частности нефти и природного газа, что приводит к росту цен и нецелесообразности применения в металлургии.

В структуре общемировых запасов энергоносителей из минерального топлива на уголь приходится 67 %, на нефть – 18 % и на природный газ – 15 %. Эти показатели для Украины составляют соответственно 95,4 %, 2 и 2,6 % [1, с. 14-15]. Следовательно, в ближайшей перспективе в Украине уголь будет оставаться единственным доминирующим энергоресурсом, залежи которого оцениваются в 117,3 млрд. тонн, из них, находящихся в

промышленной разработке на действующих шахтах – 6,5 млрд. тонн, из которых 3,5 млрд. тонн – энергетический уголь [2, с.9].

В доменной печи кокс выполняет следующие главные функции: источник тепла при горении в фурменной зоне, источник восстановления железорудного сырья, дренаж жидких продуктов плавки, обеспечение газопроницаемости столба шихты, особенно в пластичной зоне. Так как еще не найдено способа полностью исключить кокс из доменной печи, то основным направлением является уменьшение функций кокса как восстановителя и теплоносителя, при этом резко повышаются требования к качеству кокса, в частности показатели горячей прочности CR_I и реакционной способности CR_S .

Наиболее перспективным направлением замены кокса как источника тепла и восстановителя является вдувание горячих восстановительных газов (ГВГ). Преимуществами ГВГ являются:

- отсутствие газификации в фурменной зоне;
- высокая энтальпия вдуваемого топлива;
- высокий предельный расход ГВГ;
- способность стабильно поддерживать тепловое состояние горна доменной печи при меньшей компенсации тепла по сравнению с газообразными (природный, коксовый газ) и жидкими (мазут) углеводородами;

- получение ГВГ путем газификации из дешевых видов углей, отходов, содержащих углеводороды, что определяет их низкую себестоимость;

- возможность вдувания в горн и в шахту доменной печи;
- использование рециркуляционного режима – процесса получения ГВГ путем очистки колошникового газа от диоксида углерода, влаги и других вредных веществ и вдувание в доменную печь. Рециркуляционный режим позволяет полнее использовать восстановительную энергию углерода кокса и дополнительных добавок.

Из недостатков получения ГВГ следует отметить сложность нагрева до температур выше 1000 °С, снижение восстановительной способности газов при повышенном содержании окислителей (CO_2+H_2O) и сажистого углерода, надежность и долговечность фурменного прибора при высоких температурах и содержании в газе соединений, в основном сероводорода, вызывающих коррозию.

Существует три основных способа получения восстановительного газа путем конверсии – кислородная, паровая и углекислотная, также могут быть варианты сочетания нескольких

видов конверсии. Недостаток существующих способов конверсии заключается в использовании дорогостоящих катализаторов, сложности технологии, содержание значительного количества сажи и окислителей.

Нами предложен один из вариантов получения ГВГ путем газификации угля в процессе жидкофазного восстановления Ромелт [3]. Особенностью данной технологии является получение наряду с жидким чугуном ГВГ из наиболее дешевых энергетических углей, объем ГВГ на тонну чугуна составляет 3500-4500 м³. Расчетным путем показана возможность получения восстановительного газа с составом CO+H₂ до 85-90 %, окислителей 4-6 % и температурой 1000-1300 °С.

В мировой практике вдувание ГВГ проводилось двумя способами – в шахту (нижняя часть шахты, распар, заплечики) и в горн печи (рисунок).

Вдувание ГВГ в шахту позволяет доставлять восстановительный газ непосредственно в зону косвенного восстановления железорудных материалов, при этом выход фурменного газа сокращается из-за снижения расхода кокса, уменьшается скорость газа в зоне когезии и понижается газодинамическая нагрузка в нижней части печи, ГВГ может содержать значительно большее количество CO+H₂, до 10-15 %, в этом случае снижается только восстановительная способность газа. В связи с изменяющейся областью пластичности очень тяжело подобрать горизонт вдувания ГВГ в шахту, температура вдувания ограничивается 900-1100 °С, так как при более высоких температурах происходит взаимодействие углерода кокса с окислителями, при этом следует учитывать реакционную способность кокса – чем она ниже, тем выше может быть температура вдуваемого газа.

Представляется затруднительным регулировать высов фурм в зоне шахты печи, так как может произойти срез фурм спускающимся столбом шихты, из-за изменяющихся слоев кокс-рудная часть усложняется равномерность вдувания и глубина проникновения восстановительного газа, при этом технологически сложно организовать второй ряд фурм и подвод ГВГ, что усложняет конструкцию и повышает экономические затраты.

В случае вдувания ГВГ в горн отсутствует необходимость во втором ряде фурм, подвод ГВГ осуществляется через сопло как при вдувании ПУГ, а при замене дутья ГВГ – через тракт подачи дутья. Открываются более широкие возможности компенсации теплового режима горна. Так, при обогащении дутья кислородом значительно

возрастает теоретическая температура, при этом уменьшается расход дутья, а, следовательно, и выход фурменного газа. Недостающий приход тепла со снизившимся расходом дутья можно компенсировать энтальпией ГВГ, при этом дополнительно будет вноситься значительное количество восстановителей, а окислителями можно будет регулировать температуру в фурменной зоне.

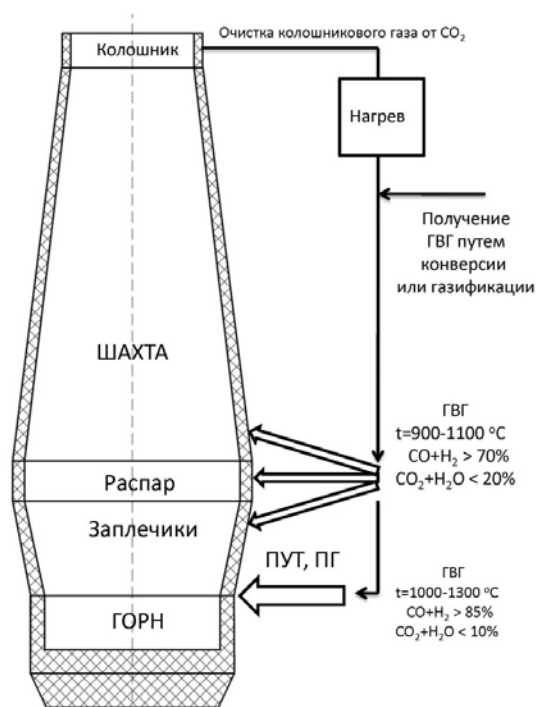


Рисунок – Способы вдувания ГВГ в доменную печь

На наш взгляд, наиболее эффективным вариантом есть вдувание ГВГ в горн доменной печи, причем совместно с пылеугольным топливом. Для ПУТ рекомендуется применять смесь газовых и тощих с содержанием летучих в смеси 20-30 %. Это позволит заменить часть дутья, снизить содержание балластного азота, улучшить полноту сгорания ПУТ. В данной работе нами был произведен расчет влияния вдувания ГВГ на расход кокса и на основные технико-экономические показатели плавки по «комплексному» методу А.Н. Рамма с нахождением тепловых эквивалентов шихты и учетом компенсирующих мероприятий и граничных условий, изучен предел вдувания ГВГ в доменную печь.

В качестве железорудного сырья выбраны окатыши ЛебГОК с содержанием железа 64 % и основностью CaO/SiO₂ - 0,21, кокс зольностью 10 %, серой 0,7 %. ПУТ представлено углями марок тощие и газовые в соотношении 1:2, содержание летучих – 30 %, зола 9 %. Состав ГВГ: CO - 84 %, H₂ – 6 %, N₂ – 5,5 %, CO₂+H₂O -

4,5 %, температура 1200 °С. Параметры дутья: влажность 0,025 м³/м³ дутья, температура 1100 °С, содержание кислорода в дутье 29 %. Расчет проводился при расходе ГВГ 50-700 м³/т чугуна с шагом 50 м³ и совместно с расходом ПУТ 100 и 200 кг/т чугуна. Основность шлака во всех режимах поддерживалась на уровне 1,25.

Минимальный расход кокса 263 кг/т чугуна достигается при сохранении граничных условий в допустимых пределах – скорости газа в распаре, рудной нагрузки и выхода шлака при расходе ГВГ - 450 м³/т чугуна и ПУТ 100 кг/т чугуна.

Выводы: На примере расчета показано, что ГВГ является эффективным дополнительным видом топлива, таким как природный газ, ПУТ. Наименьший расход кокса может быть достигнут при вдувании 450 м³ ГВГ и 100 кг ПУТ – 263 кг/т чугуна. Следует учитывать, что это не граничное значение. Для достижения наибольшей экономии кокса необходимо существенное повышение уровня качества железорудной шихты, повышения ее восстановимости, кокс должен обладать высокой горячей прочностью и низкой реакционной способностью. Высокий расход ГВГ увеличивает газодинамическое напряжение в печи, вызывая нарушение ровного хода, а при расходе ПУТ происходит неполная газификация углерода угля. Для компенсации этого фактора необходимо улучшение газопроницаемости столба шихты путем введения в железорудную шихту коксового орешка, увеличение доли кокса в осевой зоне печи и повышение содержания кислорода в дутье до 30-35 %.

Литература

1. Основи хімії і фізики горючих копалин В.І. Саранчук, М.О. Ільяшов, В.В. Ошовський, В.С. Білецький. - Донецьк: Східний видавничий дім, 2008. – с.14-15
 2. Грядущий, Б.А. Стратегические направления возрождения угольной отрасли/ Грядущий, Б.А. Мухин Е.П., Грядущий В.Б. - Уголь Украины. – 2007.- №1. – С.9.
 3. A.Babich, H.W.Gudenau, K.Mavrommatis, C.Froehling, A.Formoso, A.Cores, L.Garcia. Choice of Technological Regimes of a Blast Furnace Operation with Injection of Hot Reducing Gases, Revista de metalurgia, 38 (2002), No. 4, pp.288-305.
 4. Мишин, И.В. Бескоксая технология выплавки чугуна для условий Украины/И.В. Мишин// МатеріалиV науково- практичної конференції “Донбас-2020: перспективи розвитку очима молодих вчених”: м. Донецьк, 25-27 травня 2010 р.–Донецьк, ДонНТУ, 2010.-181-186 с.
 5. Перспективы и эффективность технологии выплавки чугуна в доменных печах/ С.Л. Ярошевский, З.К. Афанасьева, А.В. Кузин, И.В. Мишин// Новости науки Приднепровья, 2010г.- 25-31 с.
- Дата написання: 05.04.2011