

К вопросу о поведении коксового орешка в доменной печи

Магистрант группы МЧМ-22 Косенко С.В.

Научный руководитель, д.т.н., доцент Кузин А.В.

Донецкий национальный технический университет

г. Донецк

Одной из самой трудоёмкой стадией производства чёрных металлов является доменное производство. Как известно, эффективность производства чугуна в доменных печах определяется удельным расходом топлива. Стабилизация фракционного состава кокса и повышение его однородности обеспечивает улучшение работы доменной печи [1, 2].

Однако подготовка кокса по фракционному составу связана с повышенным количеством отсева кокса. Эта проблема решается путём выделения из отсева кокса мелкофракционного кокса (далее – коксовый орешек). В последние десятилетия на отечественных и зарубежных доменных печах начали широко использовать коксовый орешек, загружая его в смеси с железорудной частью шихты [3, 4]: расход коксового орешка варьируется от 10-30 до 100-150 кг/т чугуна.

Однако, в ряде случаев, при ухудшении работы доменной печи доменщики стараются выводить из состава шихты коксовый орешек, поскольку считают, что он, поступая в нижнюю часть печи, способствует загромождению горна. Однако до настоящего времени нет убедительных данных, позволяющих утверждать, какая доля коксового орешка поступает в горн печи.

Оценку влияния расхода коксового орешка, загруженного в железорудную часть шихты, на перераспределение углерода для восстановления оксида железа, элементов чугуна и его науглероживание, выполнили с учётом удельной поверхности коксового орешка и кокса.

Общее количество углерода, потраченное на прямое восстановление FeO , оценивали с учётом его прямого восстановления. Общее количество углерода, потраченное на прямое восстановление элементов чугуна и его науглероживание, оценивали по формуле [5]:

$$C^{rec+carb} = Od \cdot 0,75 + Cd_{el} + [C] \cdot 10, \text{ кг/т чугуна,}$$

где Od – количество кислорода, отнимаемого прямым путём, кг/т чугуна; Cd_{el} – количество углерода, потраченного на восстановление кремния, марганца, фосфора и на ошлакование серы, кг/т чугуна; $[C]$ – содержание углерода в чугуне, %.

Количество углерода, потраченного на восстановление кремния, марганца, фосфора и на ошлакование серы, определяли по формуле [5]:

$$Cd_{el} = \left(\frac{24}{28} \cdot [Si] + \frac{12}{55} \cdot [Mn] + \frac{5 \cdot 12}{2 \cdot 31} \cdot [P] \right) \cdot 10 + \frac{12}{32} \cdot \frac{(S)}{100} \cdot U, \text{ кг/т чугуна,}$$

где $[Si]$, $[Mn]$, $[P]$ – содержание кремния, марганца и фосфора в чугуне, %; (S) – содержание серы в шлаке, %; U – выход шлака, кг/т чугуна.

Количество углерода кокса и коксового орешка, потраченное на прямое восстановление оксида железа, восстановление элементов чугуна и его науглероживание определяли с учётом их общей поверхности. Определяли также приход углерода с коксом и коксовым орешком.

Если по результатам расчёта получали, что количество пришедшего углерода с коксовым орешком не превышает количество углерода коксового орешка, потраченное на прямое восстановление оксида железа, восстановление элементов чугуна и его науглероживание, то исходили из предположения, что весь загруженный коксовый орешек полностью расходуется и не доходит до воздушных фурм доменной печи. В противном случае количество углерода коксового орешка, дошедшего до фурм, оценивали с учётом разницы количества пришедшего углерода с коксовым орешком и количества углерода коксового орешка, потраченного на прямое восстановление оксида железа, восстановление элементов чугуна и его науглероживание.

В качестве исходных использовали данные о работе доменных печей с применением технологии вдувания пылеугольного топлива (ПУТ) и различным расходом коксового орешка, выполнен расчёт материально-теплого баланса по этим данным. Из расчётов следует, что при использовании качественной шихты и расходе коксового орешка 30,6 и 169,3 кг/т чугуна полезный расход тепла составил 91,2 и 92,4 % соответственно. Для оценки влияния введения коксового орешка на долю прихода кокса на фурмы использовали данные об удельной поверхности кокса и коксового орешка со средними значениями диаметра 55 и 20 мм соответственно (рис. 1).

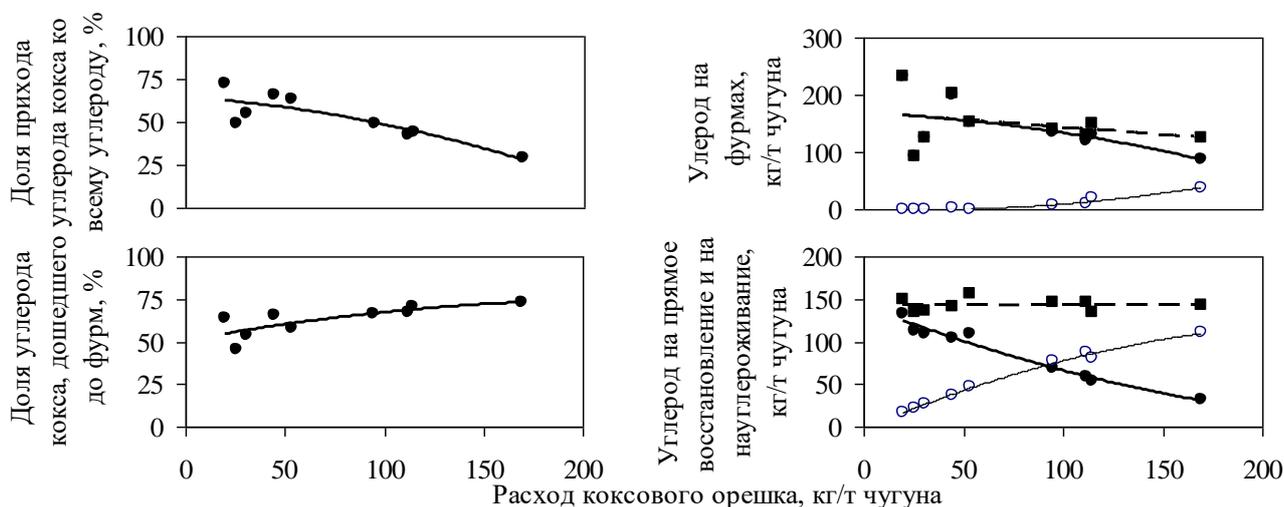


Рисунок 1 – Влияние введения коксового орешка на основные показатели доменной плавки:
 ■ - кокс+орешек; ● - кокс; ○ - орешек

Расчеты показывают, что повышение в шихте коксового орешка с 20 до 169,3 кг/т чугуна (доля коксового орешка ко всему загруженному топливу колебалась от 4,6 до 55,5 %) способствует перераспределению функции восстановления FeO и элементов чугуна и науглероживанию чугуна преимущественно к углероду коксового орешка. Так, например, несмотря на сохранение общего расхода углерода (около 145 кг/т чугуна), количество углерода кокса при данных процессах снизилось с 130 до 35 кг/т чугуна, в то время как количество углерода коксового орешка повысилось с 15 до 110 кг/т чугуна. При этом повысилась доля дошедшего до фурм углерода кокса с 54 до 75 % (на 21 % абс.). Данные изменения означают, что скиповый кокс подвергается меньшему воздействию агрессивной газовой среды, химических, термических и др. процессов в шахте печи. Это неизбежно будет способствовать меньшему разрушению и окислению в печи скипового кокса, поступлению его в горн с качественно более высокими и близкими показателями по отношению к загружаемому коксу. По существу, это означает значительное повышение качества кокса в горне доменной печи, что, естественно, благоприятно скажется на её работе.

Из расчётов также следует, что при загрузке коксового орешка в железорудную часть шихты в количестве до 100 кг/т чугуна, приход его в горн не превышает 6 кг/т чугуна. Данное обстоятельство свидетельствует о практически полном расходовании коксового орешка (при его расходе менее 100 кг/т чугуна) при реакциях восстановления и науглероживания чугуна до уровня воздушных фурм.

Эффективные компенсирующие мероприятия способствовали качественному улучшению ТЭП: при расходе коксового орешка 169,3 кг/т чугуна расход ПУТ составил 182 кг/т чугуна, а расход кокса скипового – 136 кг/т чугуна при незначительном снижении производительности печи. При этом, доля углерода, загруженного в печь с коксом, по отношению к общему его приходу с коксом, коксовым орешком и ПУТ снизилась до 30 %. Реализация описанной выше технологии создает предпосылки для повышения расхода ПУТ до 200 кг/т чугуна и выше и введения коксового орешка в количестве до 100-150 кг/т чугуна, сни-

жения расхода скипового кокса до 100-200 кг/т чугуна, сохранения на базовом уровне или повышения производительности печей и качества чугуна.

Следует отметить, поскольку в доменной печи имеется слоевое распределение шихты, полностью изолировать контакт железорудных материалов с кусками кокса не представляется возможным. Кроме того, расчёт по предложенной методике выполнен при условии качественного перемешивания коксового орешка с железорудной частью шихты. В связи с этим в данной методике имеется возможность учесть данный фактор при применении различных схем шихтоподачи и использовании разных типов загрузочных устройств.

Реализация введения коксового орешка в доменную шихту возможна в реальных условиях доменных цехов, при использовании имеющегося кокса и железорудных материалов. Повышенный расход коксового орешка в шихте доменных печей может быть обеспечен за счёт покупного, производимого в значительных количествах современными коксохимическими заводами, и производимого в доменном цехе орешка, а также за счёт кокса специально производимого для изготовления коксового орешка из наименее ценных марок углей. Безусловно, реализация данного проекта потребует значительных капитальных вложений в коксохимические и металлургические предприятия. Однако, решение задачи по снижению расхода скипового кокса до 100-200 кг/т чугуна при современном уровне подготовки шихтовых материалов обеспечит окупаемость мероприятия в течение короткого времени, позволит качественно обновить отрасль, улучшить экологическую обстановку в промышленных регионах страны и др.

Таким образом, предложена методика оценки прихода коксового орешка в горн доменной печи, учитывающая удельную поверхность загруженных топлив, восстановление элементов и науглероживание чугуна. Показано, что введение коксового орешка в железорудную часть шихты в количестве от 20 до 169,3 кг/т чугуна способствует снижению участия углерода кокса с 130 до 35 кг/т чугуна при одновременном повышении участия углерода коксового орешка с 15 до 110 кг/т чугуна. Кроме того, это позволяет повысить долю углерода кокса, дошедшего до фурм с 54 до 75 % при использовании технологии пылевдувания. Усовершенствованы представления о поведении коксового орешка в доменной печи. Аналитически показано, что при загрузке коксового орешка в железорудную часть шихты в количестве до 100 кг/т чугуна приход его на фурмы не превышает 6 кг/т чугуна. Данное обстоятельство свидетельствует о практически полном расходовании коксового орешка при протекании реакции восстановления и науглероживания чугуна до уровня воздушных фурм.

Список использованных источников

1. Kuzin, A. V. Experience in coke preparation for blast-furnace smelting. Part 1 / A. V. Kuzin, N. S. Khlaponin // Metallurgist. – 2019. – Vol. 63, Is. 1-2. – P. 3-10.
2. Kuzin, A. V. Experience in coke preparation for blast-furnace smelting. Part 2 / A. V. Kuzin, N. S. Khlaponin // Metallurgist. – 2019. – Vol. 63, Is. 1-2. – P. 123-130.
3. Ухмылова, Г. С. Требования к качеству кокса для эффективной работы доменной печи с высоким расходом пылеугольного топлива // Кокс и химия. – 1993. – № 9-10. – С. 24-29.
4. Гусак, В. Г. Теория и практика подготовки металлургического кокса к доменной плавке / В. Г. Гусак, А. М. Кузнецов, А. В. Емченко [и др.] – Киев : Наукова думка, 2011. – 216 с.
5. Готлиб, А. Д. Доменный процесс. – Москва : Металлургия, 1966. – 503 с.