

**К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ВТОРИЧНОГО НАГРЕВАНИЯ НА  
ПРОЧНОСТЬ ВЕЩЕСТВА КОКСА**

А. В. ВИХАРЕВ, Н. М. СМОЛЬЯНИНОВА, В. Д. ЧЕТВЕРГОВ

(Представлена научно-методическим семинаром химико-технологического факультета)

Прочность относится к одному из основных и наиболее жестко и систематически контролируемых показателей качества кокса. Однако общеизвестно, что высокое значение этого показателя не всегда соответствует действительному качеству кокса, на что указывает неудовлетворительный ход доменной плавки. Неоднократно высказывались предположения, что такое несоответствие обусловлено резким отличием условий испытания от реальных условий доменной печи. Это повлекло за собой разработку методов оценки прочности кокса в горячем состоянии. Работы в данном направлении продолжают до настоящего времени [1, 2, 3], однако проблема остается нерешенной. Более того, у исследователей нет единого мнения по вопросу о влиянии вторичного нагрева на прочность кокса. Полученный экспериментальный материал весьма противоречив. В одних работах отмечалось резкое ухудшение механических свойств кокса с увеличением температуры [4, 5], в других — повышение прочности [6, 7].

Толкование причин, вызвавших то или иное поведение кокса, либо вообще отсутствует, либо, чаще всего, носит предположительный характер.

Большой вклад в разрешение рассматриваемой проблемы внес К. И. Сысков, который, исходя из противоречивости протекающих процессов, дал общее объяснение поведения кокса при вторичном нагревании, но без детальной конкретизации причин, вызвавших эти процессы.

С целью получения новых экспериментальных данных по влиянию вторичного нагрева и установления возможного механизма этого влияния нами проведена работа по определению истираемости кокса и предела прочности на сжатие в широком интервале температур.

В основу принятой методики эксперимента положены следующие соображения. Известно, что в продольном направлении любая часть куска кокса резко отличается по свойствам и имеет разную пористость, трещиноватость, удельный вес и т. д.

Каждый из этих факторов определенным образом влияет на получаемые значения прочности. Особенно велико влияние пористости и трещиноватости, причем последняя наиболее часто вносит элемент случайности в получаемые показатели и затрудняет выявление истинных зависимостей более общего характера.

Определение структурной прочности кокса, т. е. прочности кусочков кокса, лишенных трещин, позволяет до некоторой степени устранить

влияние этого фактора. Кроме того, прочность пористого тела и его вещества определяют, в конечном итоге, сопротивляемостью кокса разрушению, и поэтому изучение влияния вторичного нагрева именно на этот показатель представляет несомненный интерес. К тому же вопросам изменения трещиноватости кокса при вторичном нагревании уже было посвящено детальное исследование А. С. Брука [8].

Также значительный интерес представляет изучение изменения прочности под влиянием вторичного нагрева не целого куска кокса, а отдельных наиболее характерных его частей, что позволяет до некоторой степени дифференцировать влияние ранее упомянутых факторов и получить не усредненные зависимости, характеризующие весь кусок в целом, а конкретные — для материала более однородного в структурном отношении.

Соответственно вышеизложенным взглядам проведена подготовка материала к испытанию. Объектом исследования служил промышленный кокс Кузнецкого металлургического комбината. Проба в количестве 50 кг была отобрана непосредственно на рампе после тушения. Все куски кокса получены в одной камере с нормальным технологическим режимом и располагались приблизительно в ее центре на близком расстоянии друг от друга. Это позволяет сделать допущение, что условия получения каждого куска были одинаковыми.

Отобранные куски были разделены на три наиболее характерные части, известные под названием «капуста», «центр», «шов». Все дальнейшие эксперименты выполнены соответственно на полученных таким образом трех партиях кокса.

Определение структурной прочности кокса или истираемости проводилось на ранее созданной установке [9] по усовершенствованной методике [10].

Определение предела прочности на сжатие проведено на высокотемпературной установке. Она представляет криптоловую печь, в рабочее пространство которой помещается кубик испытуемого материала. Нагрузка на образец создавалась графитовым пуансоном через рычаг, на один конец которого помещалась емкость, постепенно заполнявшаяся дробью.

Кубик кокса размером  $10 \times 10$  мм приготавливали на наждачном круге. Строго контролировались параллельность граней, а также линейные размеры и величина углов при вершине куба.

Полученные данные представлены на рис. 1 и 2 в виде графиков зависимости истираемости и предела прочности на сжатие от температуры вторичного нагревания для трех частей куска кокса.

Как видно из графиков (рис. 1), зависимость структурной прочности кокса от температуры вторичного нагрева для «капусты» и «шва» выражается кривыми с характерным минимумом истираемости в интервале температур  $400\text{--}600^\circ\text{C}$ . На истираемость кокса, взятого из центра куска, повышение температуры до  $400^\circ\text{C}$  влияния не оказало, но при дальнейшем ее повышении истираемость неуклонно увеличивается.

Изменение предела прочности на сжатие (рис. 2) также свидетельствует о происходящем увеличении прочности кокса при увеличении температуры до относительно небольших величин. Максимальное увеличение прочности отмечается у «капусты», минимальное — у «шва», причем максимумы прочности для каждой исследованной части куска кокса проявляются при различных температурах. Для «шва» — это  $400^\circ\text{C}$ , для центра —  $600^\circ\text{C}$  и для «капусты» —  $800^\circ\text{C}$ . Наибольшей прочностью во всем интервале температур обладают образцы из центра куска, а наименьшей — из «шва», «капуста» занимает промежуточное положение.

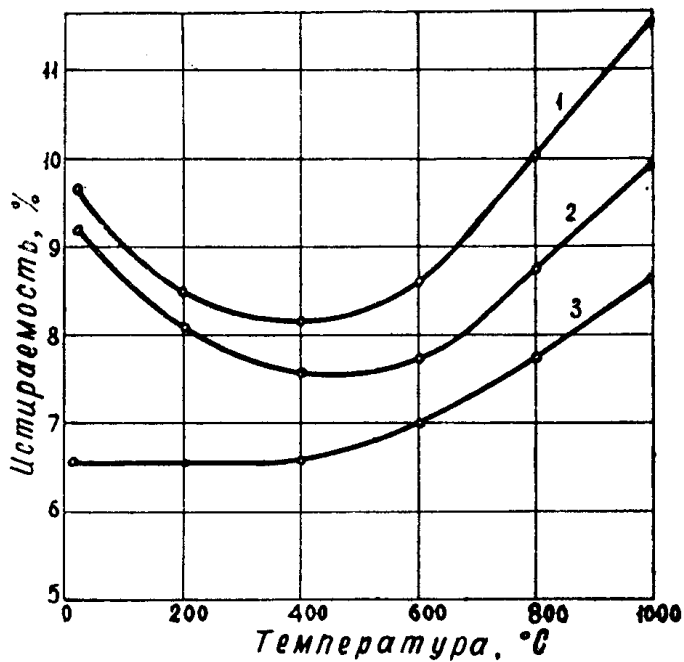


Рис. 1. Зависимость структурной прочности кокса от температуры вторичного нагрева.  
1 — «шов», 2 — «капуста», 3 — «центр»

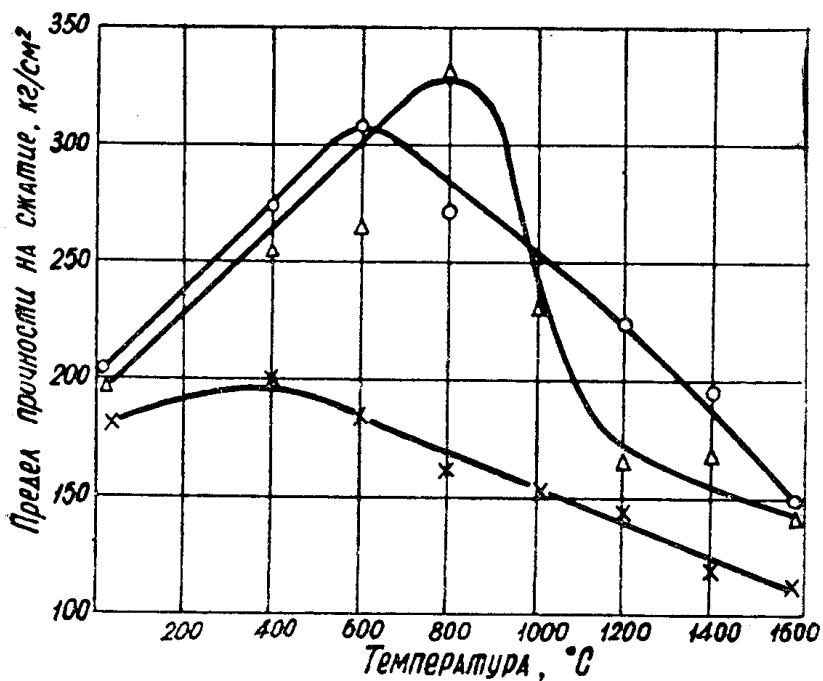


Рис. 2. Зависимость предела прочности на сжатие от температуры вторичного нагрева.  
1 — «шов», 2 — «капуста», 3 — «центр»

Отмеченный факт увеличения прочности кокса при относительно невысоких температурах, которые значительно ниже температуры коксования, по-видимому, связан с наличием внутренних напряжений в структуре кокса, причем основная роль принадлежит напряжениям, возникшим в коксе при мокром тушении. Увеличение прочности происходит за счет снятия напряжения при нагреве кокса. Ясно, что чем более значительные напряжения были в первоначальной структуре кокса, тем более значительным будет абсолютное увеличение прочности при их снятии.

Полученные результаты дают основания предполагать, что наибольшей величины напряжения достигают у «капусты», а наименьшей — у «центра». Незначительное повышение предела прочности на сжатие у «шва» объясняется его высокой пористостью, которая определяет в данном случае прочность кубика кокса, а не отсутствием внутренних напряжений. Это подтверждается данными по структурной прочности (рис. 1), которая в основном определяется прочностью вещества кокса и в меньшей степени зависит от пористости, и потому при снятии внутренних напряжений в этом случае происходит увеличение структурной прочности.

### Выводы

1. Изучено влияние вторичного нагревания на механические свойства кокса.
2. Наибольшей прочностью обладают образцы кокса, полученные из центра куска, а наименьшей — из «шва».
3. Отмеченное увеличение прочности кокса объясняется снятием внутренних напряжений, которое происходит под влиянием нагревания.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Heinrich Echterhoff. Исследование испытания прочности кокса при повышенных температурах. Stahl und Eisen 81, H15, 32—40, 1961.
2. Humphreys Kenneth K. Методы оценки качества доменного кокса. Blast Furnace and Steel Plant 51, № 12, 1065—1069, 1963.
3. Das Gupta N. N., Raja K., Sarkar P. K. Испытания кокса при повышенных температурах. Journal of Mines, Metals and Fuels, 12, № 8, 253—258, 1964.
4. Г. В. Сперанская. Термическое разрушение кокса. Заводская лаборатория. № 3, 97, 1950.
5. А. С. Брук. Исследование промышленного кокса в горячем состоянии. Фонд ДУХИН, 1933.
6. П. А. Щукин. О термомеханической устойчивости металлургического кокса. Paliva. 38, № 9, 299—301, 1955.
7. Л. В. Бардина. Сопротивление кокса сжатию при различных температурах. Труды института металлургии им. Байкова А. А. вып. 4, 42, 1960.
8. А. С. Брук, Р. Е. Лейбович. Поведение кокса при высоких температурах. Кокс и химия, № 3, 24, 1953.
9. Н. М. Смольянинова, А. В. Каплин и А. М. Васильева. Испытание прочности кокса в горячем состоянии. Кокс и химия. № 5, 23, 1961.
10. Н. М. Смольянинова, А. М. Стукалов и А. В. Викарев. Усовершенствованная методика испытания прочности кокса. Известия ТПИ, т. 136, 52, 1965.
11. К. И. Сысков, О. В. Вербицкая. Основные закономерности поведения кокса при вторичном нагревании. Москва, Металлургиздат, 1962.