

УДК 622.741

К вопросу обеспечения технологической и экологической безопасности агрегатов переработки жидких углеродистых масс

Топоров А.А., к.т.н., **Третьяков П.В.**, к.т.н., **Боровлев В.М.**, аспирант.

Донецкий национальный технический университет, Украина

Аннотация. В статье рассмотрены основные особенности работы пекококсовых печей, виды износа камер коксования пека, причины возникновения дефектов: механические воздействия, термические, гидравлические режимы обогрева камер. Определены возможные пути обеспечения технологической стабильности и экологической безопасности работы пекококсовых батарей.

Анотація. У статті розглянуто основні відмінності у роботі пекококсових печей, види зносу камер коксування пеку, загальні причини виникнення дефектів: механічні впливи, термічні, гідравлічні режими обігрівання камер. Визначено можливі шляхи забезпечення технологічної стабільності та екологічної безпеки роботи пекококсових батарей.

Abstract. In the article working conditions of the coke-pitch block equipment, kinds of their wearing, the main causes for defects caused by mechanical and thermal influences, hydraulic regime of chamber heating are considered. The possible methods to ensure technological stability and ecological safety of coke-pitch block are defined.

Ключевые слова: пекококсовая печь, дефект, ремонт.

Вступление. Основной задачей коксохимического производства является производство кокса из каменного угля для обеспечения работы горно-металлургического комплекса. Кроме кокса, в данном производстве получают ряд ценных побочных химических продуктов: коксовый газ, бензол и каменноугольную смолу [1]. Каменноугольная смола является исходным сырьем для производства каменноугольного пека и пекококса. Пек является важнейшим компонентом для производства анодной массы, графитированных электродов, различных углеродистых конструкционных материалов, выпускаемых предприятиями цветной металлургии (электродными и алюминиевыми заводами) [2].

По своему составу каменноугольная смола и пек, полученный из нее, являются сложной смесью углеводородов. Предполагают, что в каменноугольной смоле содержится около 10000, а в пеке – до 5000 различных соединений, состоящих в основном из 2–7 бензольных колец, соединенных одинарными связями или метиленовыми мостиками. Кроме ароматических соединений, методом инфракрасной спектроскопии в пеке обнаруживаются и алифатические соединения [3].

Одним из видов агрегатов, в которых выполняется термическая переработка пека, являются пекококсовые батареи, которые по принципу работы являются аналогом коксовых батарей, но имеют существенные отличия:

- 1) подача исходного материала (пека) осуществляется в жидком виде, при температуре 320 °С;
- 2) значительные нагрузки, которые воспринимают отопительные простенки при загрузке и выгрузке пекококса;
- 3) науглероживание на поверхности огнеупорной кладки отопительных простенков [4].

Одним из факторов, определяющих технологическую стабильность работы и экологическую безопасность всего агрегата, является уровень технического состояния огнеупорной кладки камер коксования, который снижается в результате накопления повреждений в процессе эксплуатации. К самым распространенным видам износа камер коксования пекококса относятся:

- 1) вертикальные трещины на крайних вертикалах и смещения кладки между ними;
- 2) заужения – деформирование стен камер на уровне верхних рядов кладки крайних вертикалов;
- 3) деформирование части простенка в сторону камеры коксования либо отопительного канала;
- 4) трещины и выдвигание кирпичей в центральной части камер, главным образом, под загрузочными люками;
- 5) "подрезы" – борозды на уровне первых двух рядов кладки от пода камеры;
- 6) раковины – коррозия динаса в зоне максимальных температур на 2–3 вертикалах коксовой стороны на 5–8 рядах от пода камеры;
- 7) отбитости и сколы кромок заплечиков со стороны армирующих броней;
- 8) трещины;
- 9) стертости и разрушения крайних сводовых и подовых кирпичей;
- 10) прогары в отопительных простенках.

Указанные выше дефекты, в зависимости от причин появления, можно разделить на 3 группы – дефекты, возникшие в результате:

механических воздействий;

термических ударов при глубоких теплосменах;

нарушений гидравлического и температурного режимов обогрева.

К механическим повреждениям относятся такие виды износа кладки камер коксования: "подрезы" у пода; стертости и разрушения от воздействия деформированной штанги коксовытальквателя; истирание коксом подов печей; провалы стен в головочной части камер; отбитости кромок головочных кирпичей; смещения и разрушения кладки под загрузочными люками; разрушения фасадов простенков. Наиболее опасными механическими повреждениями являются деформации стен – смещения и уклоны простенков в сторону камер; вогнутости и выпуклости, которые определяют необходимость аварийного вывода ряда печей из эксплуатации [5, 6].

Из других видов механических повреждений стен камер коксования серьезную опасность представляют собой глубокие сколы кромок кирпичей между первыми и вторыми рядами кладки от пода камеры, а также "подрезы", которые имеют вид борозд различной протяженности и глубины. Наличие таких дефектов приводит к "тугому ходу" и "бурению" пекококса, ускоренному износу кладки печей. Ускоренному износу подвергаются крайние 5–10 подовых кирпичей с обеих сторон печей в результате глубоких теплосмен при выдаче пекококса и обработке печей и истирающих воздействий коксовытальквателей, которые усиливаются при отклонениях горизонтальности путей передвижения коксовых машин, неравномерных осадках батарей.

Нарушение гидравлического и температурного обогрева приводит к тому, что формирование структуры кокса против первых и вторых вертикалов происходит неравномерно; в результате этого в объеме коксового пирога возникает неоднородность свойств и разрывы сплошности, что является одной из причин обвалов кокса при снятии дверей. Перегрев анкерных колонн из-за горения просачивающегося газа или масс пекококса, выпавшего из камеры в результате обвала головок, недопустим, так как это приводит к изгибу колонн, нарушению армирования и разрывам кладки.

К дефектам кладки, возникающим в связи с температурными условиями службы динасовых огнеупоров, следует отнести коррозию динаса и появление раковин на стенах камер в зоне максимальных температур. Износ камер коксования начинается с их головочных зон, что определяется условиями службы динаса в двух крайних вертикалах.

В процессе эксплуатации кладка различных конструктивных элементов коксовой батареи подвергается разрушающему воздействию высоких

температур, достигающих в отопительной системе 1300–1350 °С, а в устройствах для отвода продуктов сгорания – минимум 300 °С. При нормальной работе коксовых батарей на внутренней поверхности стен печных камер за один оборот печей происходят два значительных понижения температуры: первое – во время выдачи пекококса и обработки печной камеры за счет охлаждения воздухом и второе – после загрузки жидким пеком. Наиболее опасными, определяющими последовательный износ камер коксования, являются термические напряжения, приводящие к развитию трещин в головочной части отопительных простенков.

Постановка задачи. На коксохимических заводах, согласно [7], периодичность осмотров составляет 1 раз в 6 месяцев, но в случае повреждения кладки печи осмотры проводятся ежемесячно, чтобы своевременно проводить ремонтно-профилактические или восстановительные работы. Результаты осмотров заносятся в журнал дефектов с указанием областей и размеров отклонений. На рисунке 1 приведен пример результатов для печи 3, батареи № 5 пекококсового цеха ПАО «Авдеевский коксохимический завод» после 180 месяцев эксплуатации.

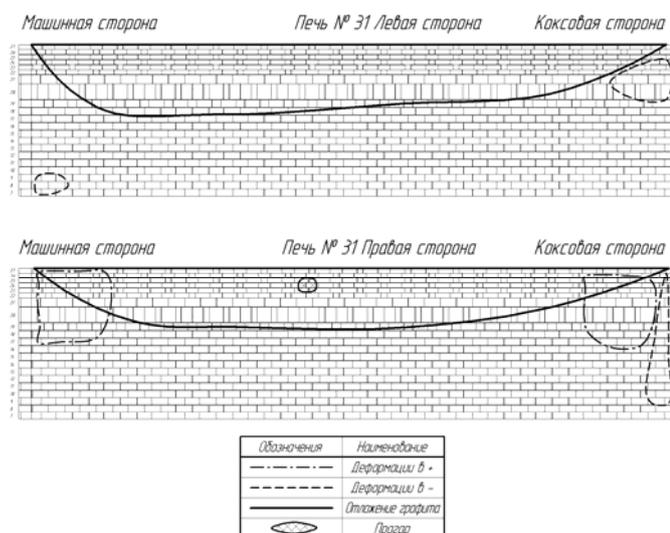


Рис.1. Оформление осмотра состояния простенков пекококсовой батареи

Целью данной работы является исследование технического состояния простенка пекококсовой печи от момента пуска до вывода из эксплуатации.

Методика досліджень. Изучение технического состояния проведено на основании данных по эксплуатации пекококсовой батареи № 5 пекококсового цеха Авдеевского коксохимического завода. Непрерывный срок эксплуатации пекококсовой батареи № 5 составил 15 лет. Для удобства и наглядности данные отображены ежемесячно. Для проведения анализа был выбран простенок камеры 3, условно обозначенный 3.1. Для повышения наглядности в дальнейшем проведена разбивка на два рисунка с учетом относительных площадей и объемов. Отдельно показаны прогары и трещины в анализируемом простенке.

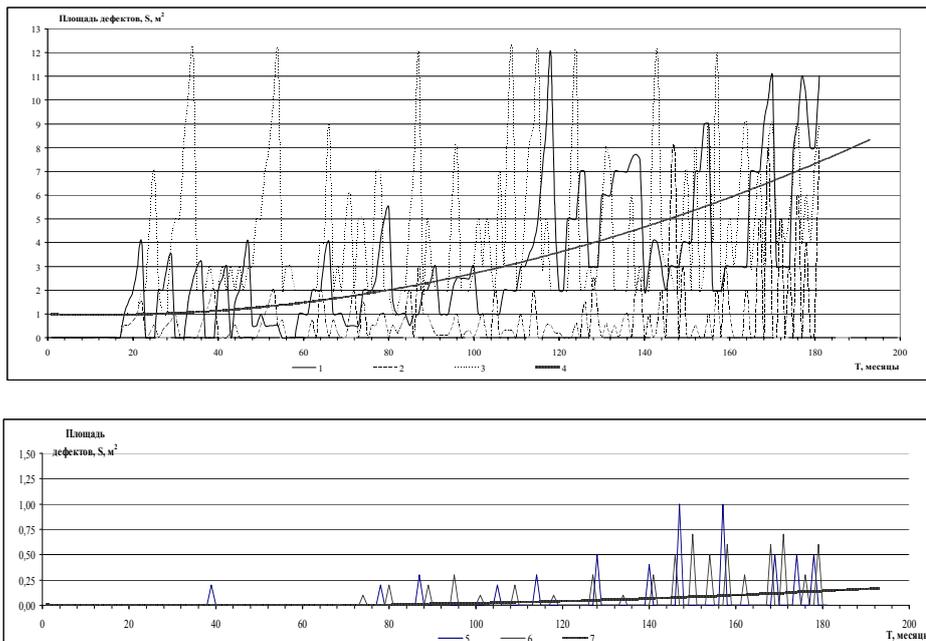


Рис. 2. Развитие дефектов в течение эксплуатации в простенке 3.1:
1 – деформации вовнутрь камеры; 2 – деформации изнутри камеры; 3 –
образование отложений графита; 4, 7 – среднее состояние; 5 – образование
прогаров; 6 – образование сквозных трещин

Относительная площадь дефекта была соотнесена с общей площадью простенка камеры, который составляет $38,86 \text{ м}^2$. Относительный объем дефектов был соотнесен к половине объема простенка камеры коксования. Для анализируемого объекта половина объема простенка камеры составляет $9,78 \text{ м}^3$.

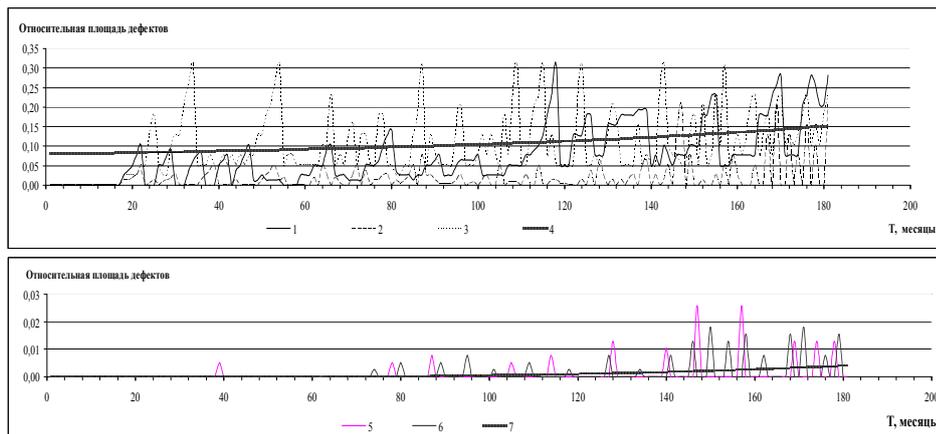


Рис. 3. Развитие относительных площадей дефектов
в течение эксплуатации в простенке 31:

1 – относительная площадь деформации вовнутрь камеры; 2 – относительная площадь деформации изнутри камеры; 3 – относительная площадь образования отложений графита; 4, 7 – среднее значение относительных площадей дефектов; 5 – относительная площадь образования прогаров; 6 – относительная площадь образования сквозных трещин

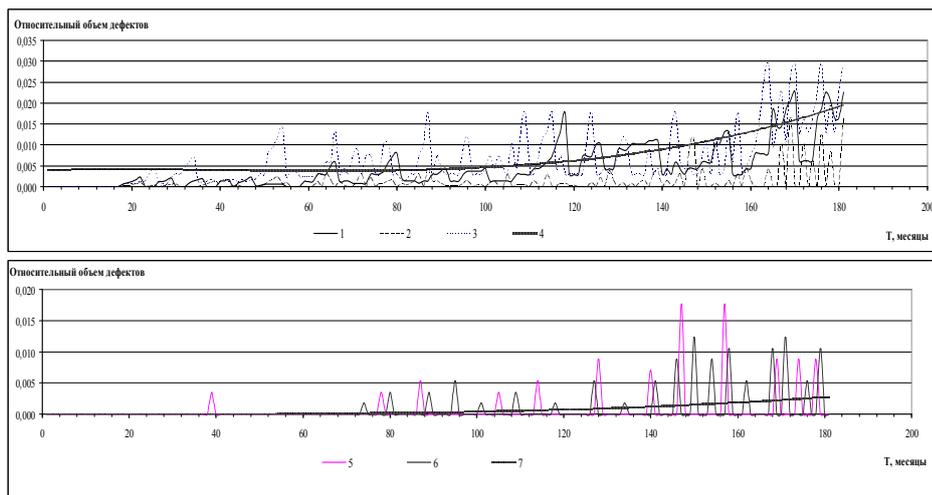


Рис. 4. Развитие относительных объемов дефектов
в течение эксплуатации в простенке 3.1:

1 – относительный объем деформации вовнутрь камеры; 2 – относительный объем деформации изнутри камеры; 3 – относительный объем образования отложений графита; 4, 7 – средний относительный объем дефектов; 5 – относительный объем образования прогаров; 6 – относительный объем образования сквозных трещин

Наиболее быстрому износу подвержены первые подовые кирпичи выстилки камер коксования, уплотнение стыков между армирующими рамами или бронями и заплечиками головок простенков, кладка основания газоотводящих люков, футеровка дверей и стояков, регулировочные приспособления регистры, особенно в зоне сборного канала.

Основными способами контроля состояния пекококсовой печи и отопительных простенков являются осмотры кладки камер коксования и фиксирование:

- деформаций, раковин, трещин, прогаров, оплавлений;
- состояния кладки подов и сводов;
- состояние уплотнения стыков между армирующими рамами и кладкой, заплечиков простенков;
- состояния рам, броней, дверей.

Основными мероприятиями, которые проводятся в данное время, являются ремонтно-восстановительные работы по результатам осмотра:

- торкретирование смесями МШ-28, ПШТ-1, МДК;
- подмазка сколов ручным способом;
- перекладка головок отопительных простенков;
- использование керамической сварки.

На основании опыта эксплуатации пекококсовых печей возможно определить примерные сроки службы кладки отдельных элементов и соответственно рекомендовать периодичность выполнения ремонтов кладки пекококсовых печей:

Таблица 1

Периодичность выполнения ремонтов элементов печи

№ п/п	Наименование участков или элементов печи	Периодичность
1	Перестилка верха печи	1 раз в 5 лет
2	Замена горелок	1 раз в 4 года
3	Замена нижних регистров	1 раз в 4 года
4	Замена футеровки дверей	1 раз в 3 года
5	Замена футеровки стояков	1 раз в 3 года
6	Замена первых двух сводовых кирпичей	1 раз в 4 года
7	Ремонт закладки над рамами	1-2 раз в 3 года
8	Ремонт закладки под рамами	1-2 раз в 3 года
9	Продувка насадки регенераторов	1 раз в год

Кроме того, в таблице не указаны систематические ремонты, которые проводятся по мере надобности:

- подмазка раковин, трещин, стыков между дверными рамами, заплечиками обогревательных простенков;
- торкретирование поврежденных в головках камер и стыков между рамами;
- замена заплавленной насадки регенераторов;
- очистка корнюров и верхней зоны регенераторов.

После проведения значительных ремонтных работ необходимо строгое соблюдение температурного режима, иначе дефекты, устраняемые в результате ремонта, могут увеличиться.

Влияние на степень износа кладки пекококсовых печей зависит также от периода коксования. Пагубное влияние оказывают слишком длительные периоды – до 40 часов, вместо паспортных 18–25 часов. Кладка претерпевает значительное заграфичивание до 100–150 мм толщиной и площадью 10–15 м² и деформации вовнутрь камеры 70–120 мм толщиной и площадью 5–7 м².

Вследствие вышеуказанных факторов необходим анализ и ранжирование разрушающих факторов, которые приводят к увеличению скорости накопления дефектов, появлению критических дефектов и разрушений, изменению гидравлического и температурного режима работы агрегата; поиск методов и средств исключения таких факторов в практике эксплуатации пекококсовых батарей с целью обеспечения технологической стабильности их работы и экологической безопасности.

Выводы. Определен период эксплуатации, после которого возникает резкое увеличение площадей и объемов дефекта. В данном случае период составил 9 лет или 108 месяцев. Прогары и сквозные трещины образуются после 5–6 лет эксплуатации.

После 7–9 лет эксплуатации пекококсовых печей традиционные методы ремонтов являются малоэффективными. Поэтому требуются проведение дополнительных исследований в данном направлении.

Литература

- [1] Шеррюбле В. Г. Пековый кокс в углеродной промышленности / В. Г. Шеррюбле, А. Н. Селезнев. – Челябинск : Издатель Татьяна Лурье, 2003. – 296 с.
- [2] Привалов В. Е. Каменноугольный пек / В. Е. Привалов, М. А. Степаненко. – М. : Металлургия, 1981. – 208 с.
- [3] Питюлин И. Н. Научно-технологические основы создания каменноугольных углеродсодержащих материалов для крупногабаритных электродов : монография / И. Н. Питюлин. – Харьков, 2004. – 480 с.

- [4] Toporov A. A. Analysis of work conditions of coke-pitch block equipment / A. A. Toporov, O. E. Alexeyeva, V. N. Borovlev // Young scientists researches and achievements in science : материалы межвузовской конференции для молодых ученых. – Донецк : ДонНТУ, 2011 – С. 123–127.
- [5] Кауфман А. А. Мастер коксового производства / А. А. Кауфман, А. З. Смелянский, Г. Д. Харлампович. – М. : Metallurgiya, 1994. – 240 с.
- [6] Лгалов К. И. Ремонт кладки и армирующего оборудования коксовых печей / К. И. Лгалов, С. И. Кафтан, Г. М. Вольфовский. – М. : Metallurgiya, 1966. – 328 с.
- [7] Правила технической эксплуатации коксохимических предприятий. – Харьков, 2001. – 310 с.