

ГАРАНТИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕРОДИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Третьяков П.В, Алексеева О.Е.

(ДонНТУ, Донецк, Украина)

На основе системного подхода к решению проблемы надежности теплотехнических агрегатов рассмотрена перспективная конструкция агрегата для переработки твердых углеродистых материалов, в частности, наклонного блочного агрегата непрерывного действия.

Тепловые агрегаты для переработки различных сыпучих, вязких и крупнокусковых сырьевых материалов подвержены, как правило, наиболее интенсивному разрушению в зонах загрузки и выгрузки. Надежность элементов именно этих зон определяет долговечность всего агрегата. В работе сделана попытка на основе системного подхода к решению проблемы гарантии надежности и долговечности рассмотреть перспективную конструкцию агрегата для переработки твердых углеродистых материалов, в частности, наклонного блочного агрегата непрерывного действия [1]. Условия, режим работы (загрузка, пиролиз, выгрузка и т.д.), конструкция (группирование в батарею, система обогрева и отвода летучих, конструкция кладки анкеража и т.д.) агрегата сходны с таковыми для коксовой батареи.

Однако, агрегаты для переработки твердых углеродистых материалов контактируют с более агрессивной средой, отличающейся высокой влажностью, вспучиванием, токсичностью и адгезией в сравнении с угольной шихтой.

Наиболее дефектоопасной зоной агрегата является головочная зона простенков. Особенность ее работы заключается во взаимодействии и взаимовлиянии элементов, выполненных из различных материалов: машиностроительная конструкция прессующе-проталкивающего устройства, металлоконструкция армирования агрегата, теплоизоляция зоны и огнеупорная кладка. Все эти конструктивные элементы имеют различные коэффициенты температурного расширения, испытывают различные механические и тепловые нагрузки, характеризуются неодинаковыми физико-механическими свойствами. Обеспечить герметичность и прочность конструкции, а следовательно, ее надежность и долговечность возможно, оказывая влияние на термомеханику зоны, изменяя ее характеристики в нужном направлении. Под термомеханикой здесь понимается совокупность взаимодействий элементов узла в переменном температурном поле при циклическом нагреве и охлаждении, в результате чего происходит изменение напряженно-деформированного состояния с постепенным разрушением материала элементов и связей между ними.

Метод дерева отказов, примененный для оценки качественных показателей надежности элементов зоны позволил выявить основные закономерности этих взаимодействий для системы [2]. Так, взаимосвязь элементов головочной зоны можно описать группой тождеств:

$$N_1 = f_1(N_2, N_4); \quad N_2 = f_2(N_3); \quad N_3 = f_3(N_1),$$

где $N_{1,2,3,4}$ - долговечность соответственно кладки, теплоизоляции, металлоконструкции обслуживающего устройства, анкеража.

Долговечность элементов определяется как [3]:

$$N = \eta \cdot \exp \frac{U - \gamma \cdot \sigma}{k \cdot \text{grad}T},$$

где η , k - константы, зависящие от свойств материала; γ - плотность поверхностной энергии материала; U - энергия активации химических связей (в ненапряженном состоянии); $\text{grad}T$ - градиент температуры; σ - возникающие в процессе эксплуатации напряжения.

Наиболее низкой долговечностью обладает кладка головочной зоны агрегата. Анализа накопленного статистического материала по эксплуатации крупноблочной бетонной кладки показал, что величина напряжений, возникающих в материале, в основном зависит от наличия количества и размеров дефектов:

$$\sigma = f(S) \cdot \sqrt{2E \cdot \gamma},$$

где E - модуль деформации материала; $f(S)$ - функция размеров дефекта в материале. Так как наиболее распространенным и опасным дефектом крупноблочной кладки являются трещины, то $f(S)$ выражает суммарную длину трещин в элементе. Функция $f(S)$ является возрастающей, если суммарная длина трещин S , развивающихся в процессе нагружения в материале не превышает некоторого критического значения S^* . Если же длина S будет равна критической S^* , наступит разрушение конструкции, характеризуемое достижением предела прочности материала. Величина S^* зависит от приложенной внешней нагрузки q и коэффициента интенсивности напряжений $K_I = \sqrt{2 \cdot E \cdot \gamma}$:

$$S^* = q^{-1}(q / \sqrt{2 \cdot E \cdot \gamma}),$$

где q^{-1} - обратная по отношению к q функция, которая является возрастающей.

Изложенный подход дает возможность прогнозировать поведение элементов головочной зоны на разных этапах «жизни» агрегата: нарушение герметичности, появление сквозных трещин, загрязнение поверхностей продуктами пиролиза, их горение и определять степень влияния этих факторов на процесс разрушения зоны, учитывая полученную информацию на стадии проектирования.

Использование модели при усовершенствовании конструкции кладки позволило получить следующие преимущества:

- В зоне двух первых вертикалов кладки установлены сменяемые шамотные блоки, обладающих более высокой термической стойкостью, между головочными блоками и анкером расположены теплоизоляционные плиты [4].
- Уменьшение интенсивности трещинообразования в кладке, достигнуто установкой на поверхности блоков компенсаторов, реализующих температурные деформации [5].
- Исходное состояние кладки агрегата улучшено путем ликвидации значительной части дефектов, возникающих при изготовлении, путем нанесения торкретированием защитных покрытий на блоки [6].
- Применение перекладки первых четырех вертикалов по сравнению с: мокрым торкретированием, при объеме дефектов выше 3,1 м³; полусухим торкретированием, при объеме дефектов выше 0,32 м³; методом керамической наплавки, при объеме дефектов выше 0,92 м³ [7].

Список литературы:

1. Парфенюк А.С. Крупномасштабная комплексная переработка твердых углеродистых промышленных и бытовых отходов // Кокс и химия, 2001, №5, С. 41 – 44.
2. Парфенюк А.С., Алексеева О.Е., Захаров П.А. и др. Анализ надежности элементов головочной зоны коксовой печи// Кокс и химия № 6, 1998. С. 16-19.
3. Зайцев Ю.В. Механика разрушения для строителей. - М.: «Высшая школа», 1991. - 287.
4. Парфенюк А.С., Третьяков П.В., Костина Е.Д. О разрушении кладки коксовых батарей из крупных огнеупорных бетонных блоков и традиционных диносовых огнеупоров // Кокс и химия. 2004. № 8. С.14-19.
5. Парфенюк А.С., Третьяков П.В., Костина Е.Д. Продление ресурса агрегатов путем предотвращения развития трещин в элементах конструкций / Захист металургійних машин від поломок: Зб.наук.пр. – Вип.7. - Маріуполь, 2003. - С.110-113.
6. Третьяков П.В., Парфенюк А.С. Закономерности разрушения коксовых батарей – основа планирования стратегии их восстановления / Машиностроение и техносфера XXI века // Сборник научных трудов международной научно-технической конференции в г.Севастополе 8-14 сентября 2003 г.-Донецк: ДонНТУ, 2003. Т.3. С.213-216.
7. Парфенюк А.С., Третьяков П.В., Власов Г.О., Кириченко Н.С. Оценка и прогнозирование состояния кладки коксовых печей на воздушный бассейн / Экологические проблемы индустриальных мегаполисов. Труды II международной конференции «Экологические проблемы индустриальных мегаполисов». Под редакцией Д.А. Баранова, М.Г. Беренгартена, Н.И. Гданского, Н.Е. Николайкиной - М: МГУИЭ, 2005. 79-80.