

кремнію. Оптимальною температурою термообработки шихты для отримання керамічних пігментів є 1100°C.

Результати роботи мають практичне значення, оскільки вказують на можливість вирішення актуальних питань розширення сировинної бази для виготовлення керамічних пігментів і утилізації екологічно небезпечних відходів.

Література

1. Пиц И.В., Масленникова Г.Н. Керамические пигменты. — Минск: Выш.шк., 1987. — 133 с.
2. Цветовая карта RAL. Доступный з: <http://evroprofile.ru/procat/color.htm>. □
3. Жданов Г.С., Илюшин А.С., Никитина С.В. Дифракционный и резонансный структурный анализ. — М.: Наука, 1980. — 256 с.

© Омельченко В.В., Шевченко А.Ю., 2009
Поступила в редакцию 20.10.2008 г.

УДК 658.511.5

Парфенюк А.С., Кутняшенко И.В. (ДонНТУ)

О МЕХАНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ СПЕКАЮЩЕЙСЯ УГЛЕРОДИСТОЙ МАССЫ В КАМЕРНЫХ ПЕЧАХ

Рассмотрены вопросы, связанные с обеспечением стабильного механического состояния перерабатываемой массы в камерных печах. Результаты необходимы для оптимизации и разработки конструкций и режимов работы печных агрегатов.

Ключевые слова: коксовые агрегаты, камерная печь, кокс, полукокс, угольная шихта, градиент усадки.

Механическое поведение любой системы определяется её геометрическими размерами и формой, характером и величиной действующих нагрузок и прочностно-деформационными характеристиками материала.

Структура рабочей массы во всех коксовых агрегатах камерного типа с двухсторонним обогревом формируется под воздействием температурного поля, которое создается греющими стенками. В результате нагревания в каждом элементарном слое, перпендикулярном тепловому потоку, протекают изменения, обусловленные сушкой, деструкцией и синтезом вещества рабочей массы. При этом часть рабочей массы теряется в виде парогазовых летучих веществ, которые удаляются из зоны нагревания в газосборник и далее на улавливание и переработку.

Общая направленность структурных превращений в такой системе спекающихся углеродистых шихтовых материалов следующая:

- сырая (влажная) сыпучая масса или уплотнённая (спрессованная) влажная консолидированная масса;
- слой сушки и термоподготовки исходной массы;
- предпластическое и пластическое состояние рабочей массы (пластическая масса);
- полукокс (сплошной слой, не нарушенный трещинами);
- слой кокса, в котором возникли усадочные трещины;
- сыпучая коксовая масса, образующаяся при дальнейшем нагревании, увеличении количества трещин и разрушении коксового пирога.

Наряду с необходимостью обеспечения надежности производства кокса по традиционной технологии проблема обеспечения стабильности механического состояния перерабатываемой рабочей массы актуальна для перспективных агрегатов непрерывного действия с камерными печами и для любых камерных печей, в которых перерабатываются спекающиеся углеродистые материалы.

Первые конструкции коксовых агрегатов непрерывного действия были предложены ещё на заре развития коксового производства. В 30-е годы они нашли своё отражение в конструкциях печей, предложенных М.Л.Волнянским [1], Н.М.Караваемым и Д.Д.Зыковым [2, 3]. Однако в тот период ещё не созрели условия для опытной проверки процесса и создания научных основ для его осуществления.

Опытные агрегаты с горизонтальными камерами находились в эксплуатации на Авдеевском КХЗ [4–6]. Принципиальная схема коксового агрегата непрерывного действия представлена на рис. 1.

Можно выделить технологические зоны агрегата:

1. Зона загрузки и прессования. Сыпучая среда — угольная шихта, поступающая в эту зону, по мере уплотнения приобретает свойства консолидированной массы и деформируемого твердого тела, обладающего некоторой прочностью и деформационными характеристиками. Из этой зоны рабочая масса проталкивается в обогреваемую часть агрегата.

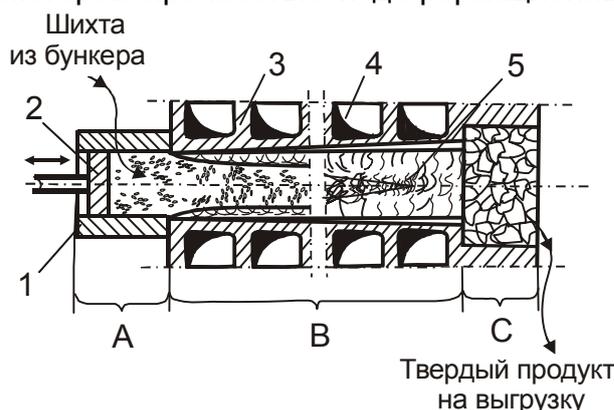


Рис. 1. Принципиальная схема камерного агрегата непрерывного действия (продольное сечение): А — зона загрузки и прессования; В — зона обогрева (коксования или термолитза); С — зона разгрузки.

1 — камера прессования; 2 — пресстолкатель; 3 — обогревательный простенок; 4 — обогревательный канал; 5 — рабочая масса

2. Зона коксования или термолитза (обогреваемая часть агрегата). Под влиянием двухстороннего нагревания здесь идёт интенсивный процесс термической деструкции уплотнённой коксуемой массы с образованием слоев пластической массы, полукокка и кокса и продвижением границ этих слоев к центру загрузки. На выходе из этой зоны завершается образование кокса по всему сечению рабочей массы. Летучие компоненты, выделяющиеся из рабочей массы при коксовании (термолитзе), отводятся в газосборник.

3. Зона разгрузки. В этой зоне агрегата спекшаяся в виде коксового пирога рабочая масса разрушается, превращаясь из относительно прочного и целостного массива в кусковую массу, обладающую сыпучестью. Выгрузка порций кокса осуществляется синхронно с загрузкой, прессованием и проталкиванием при срабатывании разгрузочного устройства.

Необходимо отметить условность определения границ зон. Это связано с возможностью перемещения границ по длине камеры при изменениях технологического режима процесса.

Продвижение порций рабочей массы в реальных условиях осуществляется прерывно-поступательно с помощью пресстолкателя, совершающего возвратно-поступательное движение. Следовательно, проталкиваемый по всей длине печи массив загрузки, в общем случае, состоит

из некоторого числа порций рабочей массы, находящихся на разных стадиях термической готовности.

Очевидно, что многообразие процессов, протекающих в рабочей массе, находящейся в обогреваемой зоне, зависит от большого количества факторов, среди которых наиболее важны исходный состав сырья, его плотностные, гранулометрические, теплофизические характеристики и режим нагревания.

С учетом изложенного проведен анализ имеющейся информации по каждому из характерных слоев рабочей массы.

Исходным состоянием рабочей массы перед термообработкой является сыпучая и уплотненная угольная шихта.

Уплотненная угольная шихта обладает свойствами связной среды, и нарушение её прочности происходит путем сдвигов по площадкам скольжения. Механическое поведение такой дискретной среды в состоянии предельного равновесия хорошо описывается огибающей кругов предельного равновесия $\tau = \tau(\sigma)$, а хорошо апробированным для таких условий нагружения является критерий Мора.

Определяющую роль на процесс спекания оказывает предпластическое и пластическое состояние рабочей массы.

Исследования свойств пластической массы [7–9] позволяют идентифицировать её с вязкоупругой (неньютоновской) жидкостью, содержащей газообразные и твердофазные включения. Механическое поведение слоя в результате приложения внешних нагрузок могут быть описаны с учетом его реологических характеристик как упругопластичновязкого тела, обладающего весьма малой прочностью. При действии механических нагрузок на слой происходит его пластическая деформация за счет межслоевого сдвига в наименее прочном участке слоя. Характеристики предельных напряжений разрыва указывают на то, что пластический слой выдерживает незначительные растягивающие напряжения.

Н.С.Грязнов показал [10], что скорость течения пластической массы зависит от напряжений сдвига и вязкости. Сдвиг или разрыв будут происходить не по всей толщине слоя, а по участку, наиболее ослабленному парогазовыми включениями, характеризующемуся наибольшей интенсивностью газовыделения и наименьшей вязкостью жидкой фазы. Важны наименьшие значения прочностных характеристик, поскольку именно они будут определять поведение слоя пластической массы при нагружении. Решающее влияние на величину этих характеристик оказывают скорость нагрева и давление. Увеличение скорости и давления приводит к снижению вязкости и предельного напряжения сдвига. С увеличением температуры до некоторого значения, соответствующего состоянию наибольшего размягчения, происходит снижение значений вязкости и предельного напряжения сдвига. Дальнейшее увеличение температуры приводит к постепенному отверждению пластической массы с переходом её в полукокс.

Таким образом, предпластическое и пластическое состояние угольной шихты характеризуется низкими показателями предельных напряжений сдвига (в сравнении с уплотнённой шихтой на 2–3 порядка). Однако вязкость пластического слоя такова, что для развития в нем необратимых пластических деформаций необходим промежуток времени в несколько минут.

Дальнейшее повышение температуры нагрева выше 480–520°C приводит к структурированию и отверждению пластической массы углей с образованием полукокса. При температуре выше 700–750°C происходит переход полукокса в кокс, сопровождающийся его упрочнением, уплотнением и усадкой.

Одновременно снижается прочность слоя вследствие возникновения внутренних напряжений и трещинообразования. Соотношение этих противоположных явлений во многом определяет прочностно-деформационные свойства слоя на данной стадии термической обработки.

Общая для различных условий коксования особенность прочностных свойств твердых остатков, полученных на стадии полукоксовки, в том, что предельные напряжения растяжения существенно (как минимум вдвое) меньше предельных напряжений сжатия. При этом прочностные характеристики изменяются в весьма широком диапазоне: наибольшие и наименьшие значения различаются в 5–10 раз. Это во многом обусловлено неоднородностью слоя и его трещиноватостью.

Установлено, что основным влияющим фактором независимо от толщины слоя является градиент усадки [10], причем кокс, полученный при слоевом процессе по традиционной технологии, обладает разными физико-механическими свойствами по длине кусков. Это связано с изменением условий коксования по ширине камеры [11, 12]. Анизотропия кокса выражается в различной пористости, плотности, трещиноватости и, следовательно, разных упругих и прочностных характеристиках в любом сечении слоя. Наблюдается возрастание прочности материала кокса на разрыв при повышении температуры получения полукоксовки, причем температура оказывает наибольшее влияние в сравнении с другими технологическими факторами [12].

В процессе многочисленных исследований [9-12] и разработок на этой основе были предложены технические решения конструкции агрегата, способа его эксплуатации и усовершенствования узла прессующе-проталкивающего устройства [3, 5]. Перспективно использование таких агрегатов для термической переработки различных составов спекающегося углеродистого сырья, включая наряду с традиционными угольными шихтами, например, отходы или смеси отходов углеобогащения, коксохимического производства, бытовые отходы [13, 14] и другие спекающиеся углеродистые материалы.

Литература

1. Непрерывно действующая горизонтальная коксовая печь: А.с. 48149 СССР / М.П. Волнянский (СССР). — Бюл. 1936. — № 8.
2. Непрерывно действующая вертикальная печь для термической переработки: А.с. 50648 СССР / Н.М.Караваев (СССР). — Бюл. 1937. — № 3.
3. Загрузочное устройство с уплотнением шихты для непрерывно действующей коксовой печи: А.с. 57766 СССР / Н.М.Караваев, Д.Д.Зыков (СССР). — Бюл. 1940. — № 8.
4. Чамов А.В., Непомнящий И.Л. и др. Эксплуатация опытной установки непрерывного коксования // Кокс и химия, 1975. — № 5. — С. 49–51.
5. Веретельник С.П., Слюсарь И.П., Галушко Л.М. Усилие проталкивания загрузки в печах непрерывного коксования // Кокс и химия, 1976. — № 7. — С. 28–32.
6. Парфенюк А.С., Слюсарь И.П., Веретельник С.П. О воздействии коксующей массы на кладку печей непрерывного коксования // Кокс и химия, 1981. — № 4. — С. 22–24.
7. Тайц Е.М., Андреева Н.А. Методы анализа и испытания углей. — М.: Недра, 1983. — 301 с.
8. Скляр М.Г. Интенсификация коксования и качество кокса. — М.: Metallurgia, 1976. — 256 с.
9. Ремесников И.Д. Сравнение физико-химических закономерностей деформации холодного и нагретого угля в условиях свободного наложения давления // Химия твердого топлива, 1972. — №4. — С. 102–108.
10. Грязнов Н.С. Основы теории коксования. — М.: Metallurgia, 1976. — 312 с.
11. Луазон Р., Фош П., Буайе А. Кокс. — М.: Metallurgia, 1975. — 520 с.
12. Нечаев Ю.С. Исследование напряженного состояния кокса для регулирования его прочности в процессе получения и использования — Автореф.дис... канд.техн.наук. — Свердловск, 1974. — 25 с.

13. Парфенюк О.С., Топоров А.А., Кутняшенко І.В. Ефективний шлях вирішення проблеми твердих відходів в Україні — індустріальна термолізно-енергетична рекуперация // Безпека життєдіяльності, 2005. — № 12. — С. 8–12.

14. Парфенюк А.С., Топоров А.А., Кутняшенко И.В. Термолизно-энергетическая рекуперация отходов: состояние разработок и перспективы // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Хімія і хімічна технологія, 2004. — Вип. 77. — С. 57–65.

© Парфенюк А.С., Кутняшенко И.В., 2009
Поступила в редакцию 23.02.2009 г.

УДК 662.741

***Радченко И.Е., **Парфенюк А.С., **Топоров А.А.** (*ОАО Часовярский огнеупорный комбинат, **ДонНТУ)

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Для упрощения ввода в эксплуатацию систем автоматизированного управления ремонт и техническим обслуживанием оборудования горно-металлургического комплекса предложена математическая модель прогнозирования его безотказной работы, основанная на оценке последствий отказов.

Ключевые слова: горно-металлургический комплекс, автоматизированное управление, математическая модель прогнозирования.

Одну из острейших нынешних проблем промышленности составляет использование морально устаревшего и физически изношенного оборудования. Во многих случаях именно эти факторы являются причиной аварий, травм и техногенных катастроф. Современное экономическое положение на предприятиях горно-металлургического комплекса и повышение требований к качеству и конкурентоспособности выпускаемой продукции сделали необходимым разработку более гибких стратегий проведения ремонтных работ и соответствующих им систем ТО и Р. Такие системы должны обеспечивать быстрое реагирование на изменяющуюся степень загруженности технологических линий и поддержание необходимого уровня надежности оборудования.

Анализ материалов обследования технического состояния основного оборудования предприятий горно-металлургического комплекса показал, что подавляющая часть эксплуатируемого оборудования находится на заключительном этапе жизненного цикла. Это обуславливает важность задачи прогнозирования безотказной работы оборудования при совместном действии внезапных и износных отказов.

Совместную вероятность безотказной работы элемента с учетом внезапных и износных отказов в период от $T = 0$, когда элемент новый, до времени T можно получить из формулы [1]:

$$R(T) = e^{-\lambda T} \frac{R_u(0+T)}{R_u(0)} = e^{-\lambda T} R_u(T), \quad (1)$$

так как $R_u(0)$ по предположению равно единице. В этой формуле