

потоків.

Цікавий підхід до впровадження принципів та схем автоматизації рекомендує Ю.А. Тверской [3]. На його думку правильна стратегія – це постійне впровадження нової техніки, що веде до раціонального вкладання грошових коштів. Він, як представник компанії «Мікрон», констатує, що використання сучасних засобів автоматизації дозволяє якісно та економно здійснити поетапне переоснащення котельних установок малої та середньої потужності.

Висновки

Можливість рішення задач модернізації комунальної теплоенергетики України органічно пов'язано з наявністю вимірювальних приладів, розробкою схем автоматизації та управління, оснащенням контрольно-випробувальних лабораторій. Заохочення

спеціалістів до реалізації вищезазначених проектів є необхідним заходом для досягнення економії фінансових, енергетичних та трудових ресурсів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Долінський А.А. Розробка і впровадження заходів з підвищення надійності та ефективності систем теплопостачання. Матеріали XXVII Міжнародної конференції «UKR-POWER 2010» 22-26 червня 2010 р., м. Ялта.– С.13-14.
2. Е.В. Бородин, А.Н. Фитасов, А.М. Мамонов «Основные направления энергосбережения на промышленных предприятиях», <http://esco-ecosy.narod.ru/> / 2005.
3. Тверской Ю.А. termokip@mail.ru.

Получено 18.08.2010 р.

УДК 666.761

Рева В.И.

Институт технической теплофизики НАН Украины

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛО- И МАССОБМЕНА В ПРОЦЕССЕ ОБЖИГА ОБРАЗЦОВ ГЛИН

У статті розглянута конструкція експериментальної установки для дослідження тепло- і масообміну в процесі випалу зразків різної глини. Проаналізовані диференціальні криві нагрівання і кінетичні характеристики випалу зразків з новоалексіївської і новостефановської глин.

В статье рассмотрена конструкция экспериментальной установки для исследования тепло- и массообмена в процессе обжига образцов различной глины. Проанализированы дифференциальные кривые нагрева и кинетические характеристики обжига образцов из новоалексеевской и новостефановской глин.

In article the design of experimental installation for research heat- and mass exchange in the course of roasting samples of various clay is considered. Differential curves of heating and kinetic characteristics of roasting samples from Novoalekseyvvska and Novostefanyvska clay are analysed.

Как известно, каолины, глины и другие минеральные вещества при нагревании и обжиге проявляют термические эффекты различной природы. Термические явления, связанные с фазовыми и химическими превращениями, достаточно четко обнаруживаются методом кривых нагревания, что является важным фактором для обоснования режима обжига керамических масс. Дифференциальный метод дает представление, прежде всего, о качественной стороне

изучаемых явлений. Дифференциальные кривые находятся в соответствии с данными рентгеноструктурного анализа при высоких температурах, кривыми потерь веса при нагревании, данными электронной микроскопии, химического анализа, дилатометрических измерений.

Целью работы является анализ температурных областей интенсивного массообмена при помощи дифференциальных кривых нагрева и потери массы для различных образцов глин.

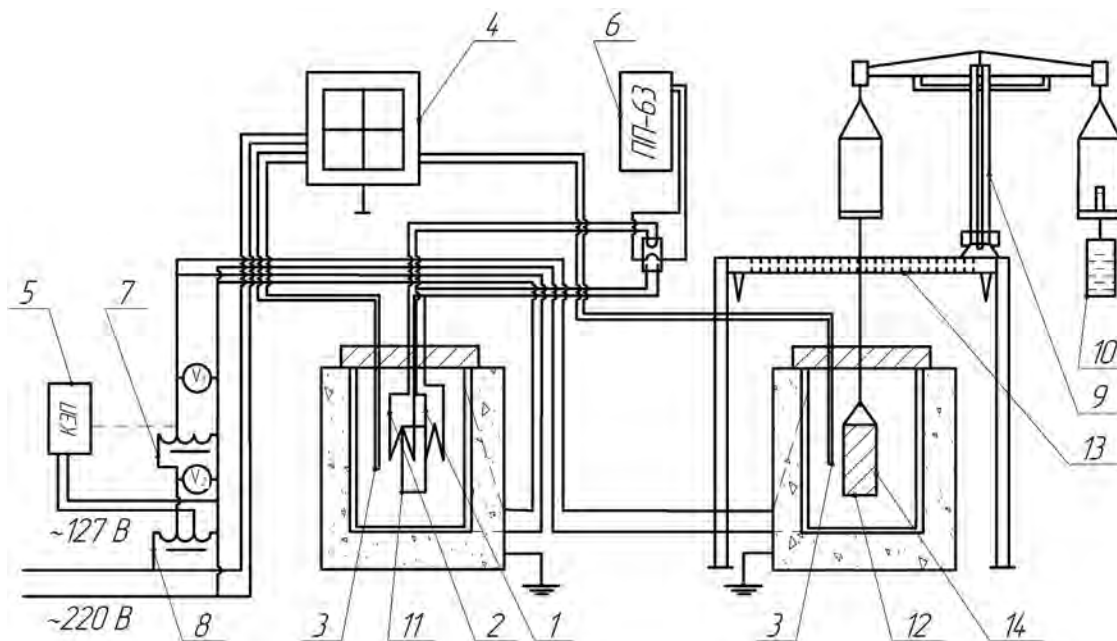


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования тепло- и массообмена в процессе обжига: 1, 2 – дифференциальные термопары (один спай), которые установлены на поверхности и в центре модельного образца; 3 – термопара, предназначенная для замера температуры среды в печи; 4 – электронный потенциометр; 5 – командный электрический прибор (КЭП-12У); 6 – потенциометр постоянного тока (ПП-63); 7, 8 – автотрансформаторы; 9 – технические весы; 10 – стакан с водой; 11, 12 – тигельные электрические печи; 13 – металлическая коробка для водного охлаждения; 14 – корзинка из термостойкой проволоки.

В этих случаях количественная сторона термических явлений по дифференциальной кривой изучается путем сравнения площади его термограммы с подобной площадью, характеризующей известный тепловой эффект другого вещества, принятого в качестве эталона и подвергающегося одинаковой термической обработке в одинаковых условиях с испытуемым образцом. В качестве эталона эксперимента часто принимают кварц, что обусловлено хорошо изученными его характеристиками.

В процессе исследования на специальной установке (рис. 1) велись записи дифференциальных кривых (температурного поля) нагрева модельных образцов из глин и их смесей, кривые кинетики их потери массы [1, 2].

В установку входят две однотипные электрические тигельные печи (11 и 12) с внутренним диаметром 100 мм и глубиной тигля 200 мм с открытой электрической спиралью

мощностью 2,5 кВт. Для выравнивания температуры как по высоте, так и по сечению рабочей камеры в печь вставлены огнеупорные стаканы.

Печи снабжены автоматическими программными регуляторами скорости подъема температуры, состоящими из электронного потенциометра (электронного терморегулятора) с платино-платинородиевой термопарой, командного электрического прибора (КЭП-12У), сблокированного с автотрансформатором. Печь питается через автотрансформатор (7) по заданному режиму с помощью КЭП-12У (5). В начале работы вручную по автотрансформатору на выход дается $U_{нач}$, величина которого зависит от выбранного режима. Это контролируется по вольтметру (V_2). Затем в связи с выбираемым режимом, например 3-х часовым, 4-х часовым и т. д., настраиваются скоростные диски КЭП, которые вращают ручку автотрансфор-

матора через нитки (проволоки), увеличивая напряжение питающей печи, и создают линейный подъем температуры среды в печи – квазистационарный режим. Выбор такого режима основан на решении задач нагрева тела в среде, температура которой изменяется по линейному закону нагревания с постоянной скоростью [3].

При нагреве тела при квазистационарном режиме, начиная с определенного значения времени, температура любой точки тела становится линейной функцией времени, а распределение температуры в одномерных задачах описывается законом параболы при отсутствии какого-либо физико-химического процесса (тепловые эффекты) в материале.

Поэтому при таком режиме нагрева все происходящие в глиняных образцах температурные изменения, отличные от линейного, могут быть обоснованно отнесены к действиям физико-химических превращений (тепловых эффектов). Кроме того, в этом случае решение дифференциального уравнения переноса тепла имеет достаточно простой вид, позволяющий получить удобные расчетные формулы для определения термических характеристик материала. Широкий диапазон скоростей вращения вала командного электрического прибора (КЭП-12У) обеспечивает нужную скорость подъема температуры в пределах технической возможности электрической печи.

В процессе эксперимента выбор скорости нагрева и размера исследуемых образцов производился с учетом теплофизических свойств материалов при условиях близких к промышленным, и в то же время позволяющего вести лабораторные эксперименты.

Изотермическая выдержка в печах осуществляется с помощью электронного потенциометра (4). Для устранения влияния колебаний напряжения в сети на режим работы установки питание, поступающее в регулирующий автотрансформатор (7), подается из сети через трансформатор (8) и его постоянство контролируется с помощью вольтметра. Для изучения кинетики потери массы исследуемых модельных образцов применено специально сконстру-

ированное устройство на основе технических весов (9).

Техника эксперимента состояла в следующем: для получения кинетических кривых нагрева исследуемых веществ в образец цилиндрической формы помещались горячие спаи двух дифференциальных платино-иридиевых термопар (рис. 1).

Дифференциальной термопарой (1) измерялась разность температур среды печи и поверхности образца, дифференциальной термопарой (2) – разность температур среды печи и центра образца. Измерения температур среды в печи производились с помощью термопары (3).

Нагрев подготовленного таким образом цилиндра с вмонтированными в него термопарами производился в электрической печи экспериментальной установки по строго квазистационарному тепловому режиму. Концы термопар подключались к потенциометрам ПП-63 (6), и их показания после начала нагрева образца записывались через каждые пять минут.

Для получения кривых массообмена исследуемый образец после взвешивания подвешивался к левой чашке весов с помощью проволочной (нихромовой) корзинки и опускался в рабочую камеру тигельной печи. Затем с помощью разновесок весы уравнивались.

Для демпфирования весов к правой чашке подвешивалась погруженная в воду пластина (10), а для устранения влияния теплового потока между весами и печью установлена ме-

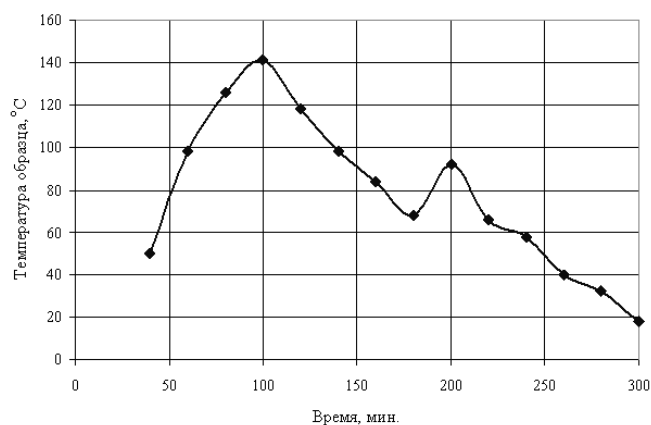


Рис. 2. Температурная кривая нагрева образца из новоалексеевской глины.

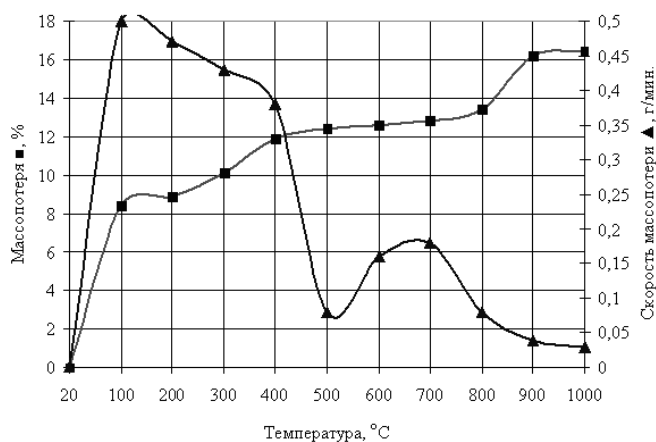


Рис. 3. Кинетические характеристики обжига образца из новоалексеевской глины.

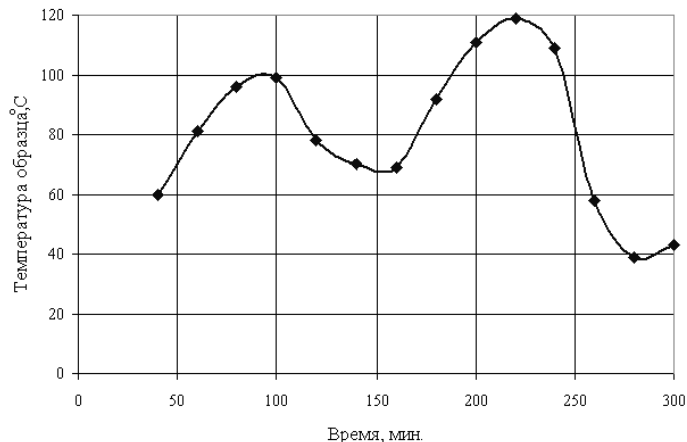


Рис. 4. Температурная кривая нагрева образца из новостефановской глины.

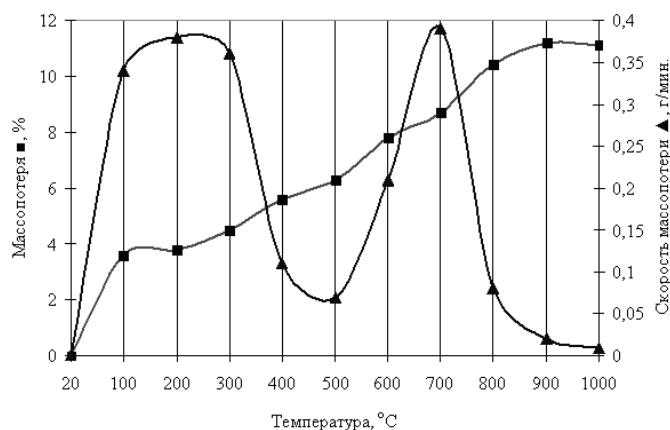


Рис. 5. Кинетические характеристики обжига образца из новостефановской глины.

таллическая коробка с водяным охлаждением (13). Изучение кинетики потери массы производилось в тех же тепловых режимах, в каких снимались кривые нагрева образца.

После включения установки (рис. 1) с началом нагрева печи с разновески тарелки (правая чаша) снимается определенная масса, например 50 мг, и фиксируется интервал времени до установления равновесия. После этого опять снимается определенная разновеска и наблюдается время потери массы и т. д.

Полученные таким образом кривые нагрева модельных образцов и кривые массопотери явились объективным материалом при определении коэффициентов, критериев тепло- и массопереноса и возникших диссипативных эффектов при обжиге в исследуемых материалах.

Обработку экспериментальных кривых, полученных по такой методике, проводили при помощи решения дифференциального уравнения теплопроводности.

В экспериментах использовали образцы в виде цилиндров диаметром 50 мм и высотой 10 мм, приготовленных методом пластического формования из новоалексеевской и новостефановской глин. Аппроксимация полученных значений проводилась по методу наименьших квадратов. Расчетная погрешность экспериментальных данных составляет около 8 %. Анализ полученных кривых нагрева и потери массы показал, что исследуемый образец из новоалексеевской глины (рис. 2, 3) имеет два эндотермических и два экзотермических эффекта (второй слабо выражен); новостефановской глины (рис. 4, 5) – два эндотермических и три экзотермических эффекта (третий слабо выражен).

Выводы

Первый эндотермический эффект можно объяснить удалением физически связанной воды, второй соответствует отщеплению и удалению из глины химически связанной (кристаллогидратной) воды, а также возможным разложением карбонатов. При этом возникает аморфизация глинистого вещества.

При сравнении кривых нагрева и потери массы глиняных образцов можно увидеть, что температурные интервалы интенсивного массообмена лежат в пределах температур, где на-

блюдаются эндотермические эффекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ралко А.В., Сайбулатов С.Ж., Кулбеков М.К.* Исследование некоторых процессов тепло- и массообмена при термической обработке зол, глин и их смесей. – Теплопроводность и конвективный теплообмен. К: 1998. – 46 с.

2. *Сайбулатов С.Ж.* Тепловой баланс обжига золокерамических изделий // С.Ж. Сайбулатов, М.К. Кулбеков / Строительные материалы, конструкции и изделия, Алма-Аты, КазЦНТИС, 2004. – С. 21 – 27.

3. *Лыков А.В.* Теоретические основы строительной теплофизики. Минск, Изд-во АН БССР, 1961. – 519 с.

Получено 22.11.2010 г.