

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ТЕПЛО– И МАССОПЕРЕНОСЕ В УСЛОВИЯХ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ИЛИ СТРУКТУРНЫХ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ

Чуркина Н.В.

Тольяттинский государственный университет

Churkina N.V. Internal problem of the kinetics of a spherical particle considered with heat and mass transfer during chemical reaction or structural phase transitions. We propose a method of quasi-equilibrium approximation for solving internal problems of heat transfer and mass transfer during chemical reactions, to determine the kinetics of the process, which depends on external conditions and parameters characterizing the thermal and diffusion properties of particles technological processed.

Кинетика процессов, связанных с выделением или поглощением тепла, во многом определяется тепло- и массообменом. К тепловым процессам можно отнести горение пылеугольной смеси, обжиг окатышей, обжиг клинкера в цементной промышленности, сушка материала и многие процессы, происходящие в аппаратах химического производства. Обычно из тех или иных соображений разбивают процесс тепло– и массообмена на этапы: на каждом из них скорость, т.е. время течения процесса, определяется наиболее медленным из протекающих процессов – химическая реакция, теплообмен или диффузия. В квазиравновесном приближении успевает установиться локальное равновесие. Это дает возможность использовать для распределения температуры и концентраций формулы, полученные для стационарного случая. Зависимость температуры, концентраций и других величин от времени определяется из уравнений баланса массы, энергии, импульса. В этом случае приходим к системе обычных нелинейных дифференциальных уравнений, которую можно исследовать численно.

В качестве примера рассматривается модель реального процесса – обжиг цементного клинкера. При сухом способе обжига цементного клинкера сырье в виде частиц подается в декарбонизатор или другие аппараты. От размеров частиц и условий обжига зависит время завершения процесса, которое является одним из важнейших параметров

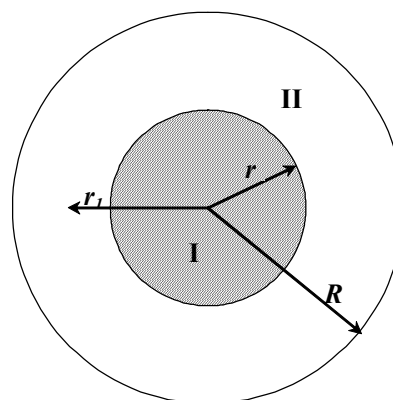
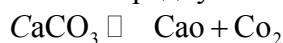


Рис. 1. Сферическая частица радиуса R

для расчета технологии процесса. Обычно время завершения процесса определяют экспериментально, но возникают трудности, связанные с тем, что трудно обобщить результаты эксперимента на другие случаи, так как каждая модельная установка имеет свои специфические особенности. Теоретически время обжига можно вычислить, решив внутреннюю задачу о тепло– и массообмене в процессе обжига в предположении, что частицы имеют сферическую форму. Эффект формы учитывается поправками в безразмерные параметры: B_i, F_0 .

Рассмотрим сферическую частицу известняка радиусом R (рис. 1).



Основная реакция обжига идет с поглощением тепла.

В результате реакции частица разделена на две области: I – $0 \leq r \leq r_1$ – область не-

прореагировавшего материала, $\Pi - r_1 \leq r \leq R$ – область, где реакция завершилась.

Сфера радиуса r_1 – фронт реакции, который перемещается с увеличением времени t к центру частицы и разделяет области прореагировавшего и исходного материала.

Мы получили систему уравнений, которые определяют кинетику процесса, с учетом формул, определяющих входящие в эти уравнения величины. Чтобы упростить вычисления, использовали ряд особенностей обжига клинкера, с помощью которых мож-

но сделать ряд хороших приближений. На рис. 2 показаны зависимости безразмерных величин: температуры реакции θ_p , давления на фронте реакции ρ_1 , положения фронта реакции x_1 , а также степени декарбонизации $(1 - x_1^3)$ и температуры на поверхности частицы $\omega\theta$ от безразмерного времени от F_0 , вычисленные для случая декарбонизации частиц размером $3 \cdot 10^{-3}$ м, $B_i = B_{ig} = 2$, $\Pi_p = 5,7$, что соответствует температурам $T_1 = 1050$ К, $T_0 = 750$ К и $T_1 = 950$ К, $T_0 = 650$ К

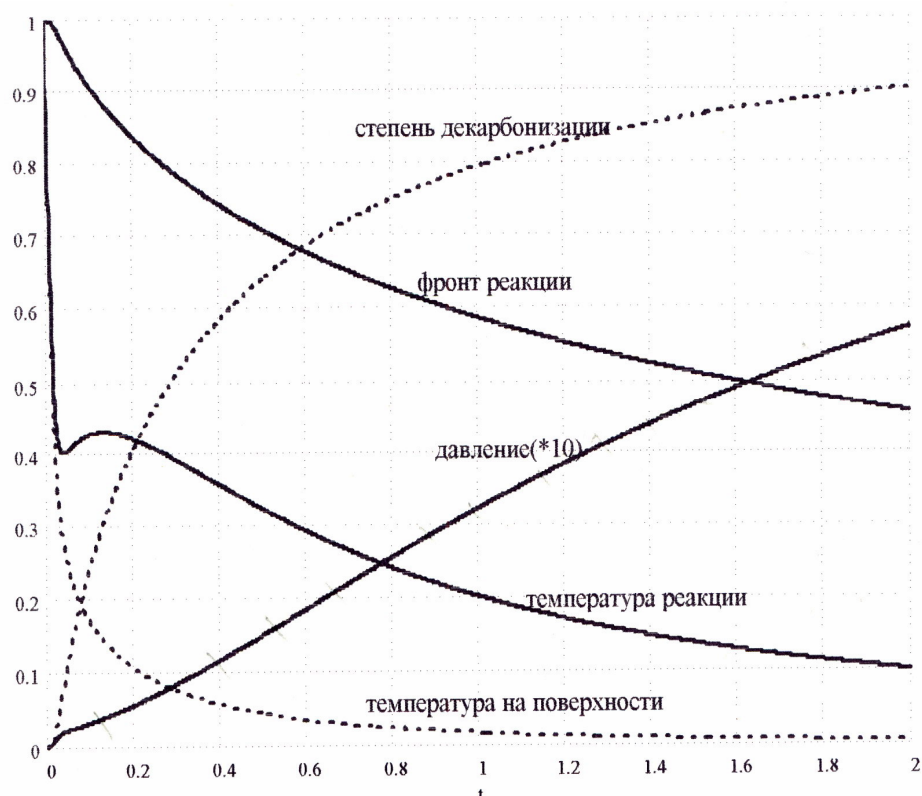


Рис.2. Зависимость параметров, характеризующих кинетику обжига CaCO_3 от безразмерного времени

Полученные зависимости соответствуют представлениям о физике исследуемого процесса. Время декарбонизации $\tau = 0,2$ $F_0 \approx 0,4$ с по порядку величины согласуется с результатами для циклонных декарбонизаторов.

Используя метод квазиравновесного приближения при простых, общепринятых при рассмотрении достаточно сложных процессов кинетики производственных процессов, получено аналитическое решение, которое легко исследовать численными методами.