

А.А. ГЮЛЬЗАДЯН, Р.М. МИРЗАХАНИЯН, А.Х. ВАГАНЯН

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ КАОЛИНА В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

Изучен процесс сушки в псевдоожигенном слое каолина, образующегося при комплексной переработке гематит-каолининовой руды. Построены кинетические кривые при различных условиях высушивания. Определено необходимое время пребывания частиц в аппарате. Предложены схема непрерывно работающей промышленной сушильной установки и порядок ее расчета.

Ключевые слова: псевдоожигенный слой, сушка, каолинит, кинетические кривые.

В различных областях промышленности широкое распространение получили процессы сушки материалов в псевдоожигенном слое, позволяющие значительно увеличить поверхность контакта между частицами материала и сушильным агентом, интенсифицировать удаление влаги из материала и сократить продолжительность сушки. Сушилки с псевдоожигенным слоем успешно применяются для сушки не только сыпучих материалов, но и пастообразных материалов, растворов, расплавов и суспензий.

При изучении процессов сушки в псевдоожигенном слое рассматриваются теоретические и опытные данные, так как кинетические уравнения сушки надежны только в условиях, близких к тем, в которых они получены [1, 2]. При выборе, расчете и проектировании сушилок для каждого конкретного материала необходимо иметь найденные опытным путем так называемые кривые сушки, показывающие изменение относительной влажности высушиваемого материала C в течение времени (τ) (рис.2). Опыты проводились в моделях, в которых воспроизводятся рабочие условия сушки, характерные для промышленного аппарата [2].

В настоящей работе приводятся результаты исследования кинетики сушки каолина, получаемого при обработке гематит-каолининовой руды Урцского месторождения [3, 4]. Предлагается схема промышленной сушильной установки, изложен порядок ее расчета.

Химический состав высушиваемого каолина (масс.%): каолинит ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$) – 86,3; SiO_2 – 7,03; CaO – 0,55; MgO – 0,53; TiO_2 – 4,21; P_2O_5 – 0,16; Fe_2O_3 – 0,5 и другие примеси. Гранулометрический состав каолина (масс.%): 0,2...0,25 мм – 12,4; 0,105...0,2 мм – 15,8; 0,053...0,105 мм – 42,2; меньше 0,053 мм – 29,6. Средний эквивалентный диаметр частиц $d = 0,08954$ мм. Материал перед сушкой содержит 25,8% влаги.

Процесс сушки изучен на лабораторной установке (рис.1).

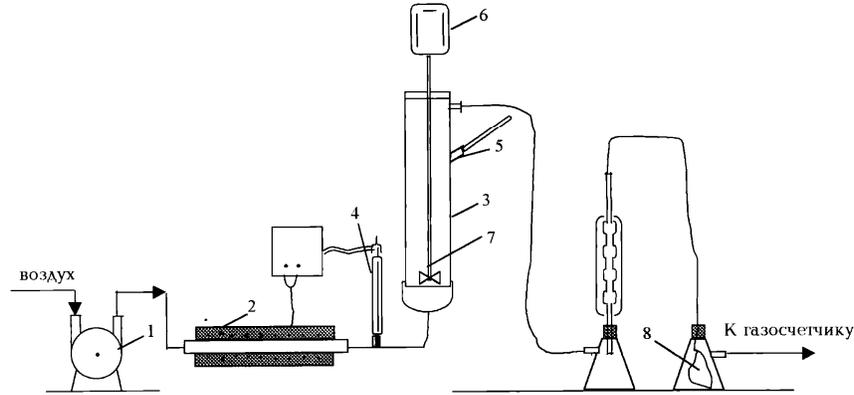


Рис. 1. Схема лабораторной установки

Воздух, подаваемый газодувкой 1, нагревается в калорифере 2 и поступает в нижнюю часть сушилки 3, представляющей собой стеклянный цилиндр диаметром 34 мм и высотой 300 мм. После достижения необходимой температуры воздуха, измеряемой контактным термометром 4, навеска влажного материала массой m_0 и влагосодержанием w_0 (масс.%) через патрубок 5 засыпается в сушилку – в слой сухого материала массой m_c . Псевдооживленный слой материала перемешивается мешалкой 7 с электродвигателем 6. Соотношение количеств m_0/m_c определяется из условия обеспечения устойчивого гидродинамического режима псевдооживления твердого материала на решетке. Опытным путем установлено, что такой режим сохраняется при влажности каолина $w_{п} = 12,27\%$ и меньше. Исходный каолин содержит $w_0=25,8\%$ влаги, а высушенный – $w_k=1\%$. Следовательно, для получения каолина с влажностью $w_{п}=12,27\%$ в начале процесса сушки необходимо брать соотношение количеств $m_0/m_c=0,833$. Именно в таком соотношении брались количества влажного и сухого материалов для получения псевдооживленного слоя высотой h в опытной сушилке (рис.1). После определенных промежутков времени τ патрубок 5 открывается, из сушилки снимается проба высушиваемого материала (около 1 г) для определения влажности w . Расход воздуха измеряется газосчетчиком. В одной серии опытов при постоянных значениях температуры t и высоты слоя h проводилось 7 опытов при $\tau= 5, 10, 20, 35, 50, 65$ и 80 мин. Всего было четыре серии опытов, результаты которых приведены на рис.2. По оси ординат отложены значения относительной влажности материала C в кг влаги/кг сухого каолина. В начале сушки $C_0=12,27/(100 - 12,27)=0,14$. Примерно 5% высушенного материала уносится из слоя и улавливается фильтром (рис.1).

Процесс сушки, кроме температуры, времени и высоты слоя, зависит от скорости газа U , его начальной влажности φ_0 и начальной влажности материала C_0 [5]. Последние две величины для данного процесса постоянны ($\varphi_0 = 0,6, C_0 = 0,14$).

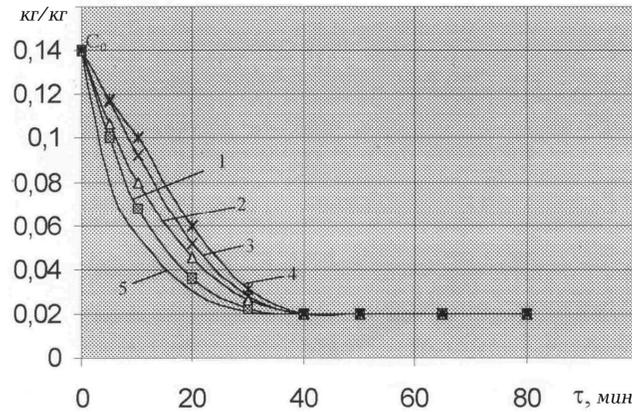


Рис. 2. Кинетические кривые сушки каолина: 1 - $t = 150^\circ \text{C}$, $h = 8 \text{ см}$; 2 – 150; 10; 3 – 130; 8; 4 – 130; 10; 5 – непрерывный процесс сушки

Скорость газа U , обеспечивающая устойчивый гидродинамический режим псевдооживления твердых частиц, должна находиться в пределах скорости начала псевдооживления U_n и скорости витания частиц U_v . Если соотношение $U_v:U_n > 30$, то $U = (18(22) U_n$ [1]. Скорость U_n определяется по уравнению Тодеса [1, 2]:

$$Re_4 = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}}, \quad (1)$$

где Re_4 – критерий Рейнольдса для твердых частиц; Ar – критерий Архимеда:

$$Re_4 = \frac{U_n d_p}{\mu}, \quad Ar = \frac{d^3 \rho g \rho_T}{\mu^2}, \quad (2)$$

В этих уравнениях ρ – плотность газа, $кг/м^3$; μ – вязкость газа, $Па \cdot с$; g – ускорение силы тяжести, $м/с^2$.

По рис. 2 определяется необходимое время сушки ($\tau = 40 \text{ мин}$), после которого влажность каолина практически не уменьшается. Показано также [1, 2, 6], что при непрерывных процессах, хотя кривая располагается ниже (кривая 5, рис.2), необходимое время сушки τ такое же, что и при периодическом процессе.

Для сушки каолина предлагается промышленная однокамерная сушилка непрерывного действия (рис.3). Влажный материал из бункера 1 питателем 2 подается в псевдооживленный слой материала в камере сушилки 3. Сушительный агент (воздух или дымовые газы) вентилятором 4 через нагреватель 5 подается в сушильную камеру 3. Высушенный материал ссыпается через штуцер 6 и удаляется транспортером 7. Отработанные газы очищаются от пыли в циклонах 8 и 9.

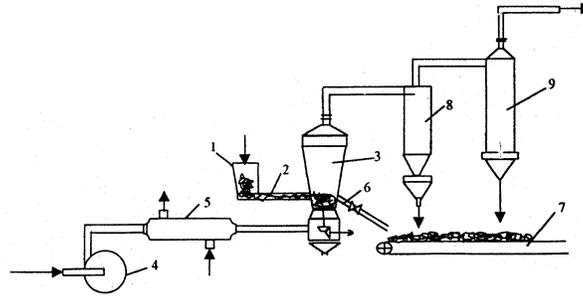


Рис. 3. Схема промышленной сушильной установки

Покажем принцип расчета промышленной сушилки.

Исходные данные: производительность по высушенному материалу $G_2=0,5 \text{ т/ч}=0,1389 \text{ кг/с}$, диаметр частиц $d=0,08954 \text{ мм}$, начальная влажность материала $w_0=25,8\%$, конечная влажность $w_k=1\%$, начальная температура мокрого каолина $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$, плотность каолина $\rho_T=2525 \text{ кг/м}^3$, порозность псевдоожиженного слоя $\varepsilon = 0,8$, время пребывания частиц в слое $\tau = 40 \text{ мин}$.

Определяется количество испаряемой влаги:

$$w = G_2 \frac{w_0 - w_k}{100 - w_k} = 0,0348 \text{ кг/с.}$$

Расход воздуха (сухого) составляет

$$I = \frac{w}{x_2 - x_0} = 1,349 \text{ кг/с,}$$

где x_0 и x_2 – влагосодержание воздуха до и после сушилки.

Объемный расход воздуха $V=L/\rho = 1,43 \text{ м}^3/\text{с}$, где ρ – плотность воздуха.

Критерий Архимеда определяется по (2): $Ar = 34,63$,

а критерий Рейнольдса по (1): $Re_4 = 0,0242$.

Скорость начала псевдоожижения U_H определяется по (2):

$$U_H = \frac{Re_4 \mu}{d\rho} = 0,0063 \text{ м.}$$

Скорость витания U_B , при которой частицы уносятся из псевдоожиженного слоя, определяется экспериментально: $U_B = 0,25 \text{ м/с}$. Так как $U_B : U_H = 40$, принимаем скорость газа в аппарате $U = 0,12 \text{ м/с}$.

Диаметр сушилки $D = \sqrt{4V/\pi U} = 3,9 \text{ м}$.

Расход поступающего влажного материала $G_1=G_2+W=0,1737 \text{ м/с}$.

Количество твердого материала в слое $G = G_1 \cdot \tau = 416,88 \text{ кг}$. Объем твердого материала в слое $V_T=G/\rho_T=0,1651 \text{ м}^3$. Объем псевдоожиженного слоя $V_c=V_T/(1-\varepsilon)=0,8255 \text{ м}^3$. Высота псевдоожиженного слоя $h=4V_c/(\pi D^2)=$

= 0,069 м. Рабочая высота слоя, необходимая для гидродинамической устойчивой работы сушилки, принимается 10 см.

По предложенному методу можно рассчитать и спроектировать промышленные сушильные установки при других производительностях каолина, а также для высушивания других материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. **Сушка во взвешенном состоянии.**-Л.: Химия, 1979.- 272 с.
2. **Псевдооживление / Под ред.** И.Ф. Девидсона и Д.М. Харрисона.- Л.: Химия, 1974.- 728 с.
3. Гюльзадян А.А., Мирзаханян Р.М. **Оптимальные условия химической переработки гематит-каолининовой руды // Хим. ж. Армении.-1999.- Т. 53, 1 4.- С. 70-74.**
4. Мирзаханян Р.М., Гюльзадян А.А., Ваганян А.Х. **Кислотная обработка гематит-каолининовой руды в вертикальном аппарате переменного сечения // ЖПХ Армении.- 1999.- 1, 2.- С. 17-21.**
5. Ойгемблик А.А. и др. **Хим. пром.- 1989.- 1 11.- 866 с.**
6. Акопян Р.Е., Мирзаханян Р.М., Хачатрян Г.Г. **Исследование кинетики сушки активированного бентонита // Арм. хим. ж.- 1992.- Т. 45, 1 1-2.- С. 26-31.**

ГИУА. Материал поступил в редакцию 28.12.2000.

Ա.Ա. ԳՅՈՒԼԶԱԴՅԱՆ, Ռ.Մ. ՄԻՐԶԱԽԱՆՅԱՆ, Ա.Խ. ՎԱՀԱՆՅԱՆ

ԿԵՂԾ ՀԵՂՈՒԿԱՑՎԱԾ ՇԵՐՏՈՒՄ ԿԱՈՒԼԻՆԻ ՉՈՐԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ուսումնասիրվել է հեմատիտ-կաոլինիտային հանքանյութի համալիր մշակման ժամանակ ստացվող կաոլինի եռացող չորացման գործընթացը: Նյութը չորացվել է փորձնական սարքում, տարբեր պայմաններում, և ստացված տվյալներով կառուցվել են չորացման կորերը: Դրանց հիման վրա որոշվել է մասնիկների ապարատում մնալու անհրաժեշտ ժամանակը և առաջարկված է անընդհատ գործողության արդյունաբերական չորանոցի սխեման ու հաշվարկման կարգը:

A.A. GYULZADYAN, R.M. MIRZAKHANYAN, A.KH. VAHANYAN

STUDY OF KAOLIN DRYING PROCESS IN FLUIDIZATION LAYER

The drying process in kaolin fluidization layer formed in complex processing of hematite-kaolinite ore is studied. Kinetic curves in different drying conditions are constructed. The necessary time for staying the particles in the apparatus is defined. Continuously running commercial drying plant scheme and the order of its calculation are proposed.