

*Старший преподаватель Козачишен В.А.
канд. техн. наук, доцент Попов Г.Н.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ИНТЕНСИВНОСТЬ УВЛАЖНЕНИЯ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ ПРИ ОКОМКОВАНИИ

Виконано вивід рівнянь зовнішніх кінетичних обставин грануляції агломераційної шихти, які органічно пов'язують зволоження, рух матеріалу та параметри барабанного огрудкувача.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

В настоящее время при расчете окомкователей агломерационной шихты исходят из условий механики движения сыпучего материала во вращающемся цилиндрическом грануляторе. В работе выполнен вывод уравнений, связывающих режим движения и режим увлажнения шихты при окомковании.

Анализ исследований и публикаций. В настоящее время в теории и практике окомкования нет уравнений характеризующих интенсивность увлажнения агломерационной шихты при окомковании.

Постановка задачи. Обосновать теоретически и вывести уравнения интенсивности увлажнения шихты в цилиндрическом вращающемся окомкователе.

Изложение материала и его результаты. Для математического описания внешних кинетических условий грануляции необходимы характеристические параметры, связывающие режим подачи воды для окомкования и режим движения сыпучих материалов.

Интенсивность пропитки пористого материала жидкостью подчиняется уравнению Дарси. Агломерационная шихта также представляет собой капиллярно-пористый материал, одним из свойств которого является взаимодействие с водой. По аналогии с уравнением Дарси, можно принять показатель, характеризующий внешние кинетические условия грануляции – интенсивность увлажнения. Предлагаемый показатель характеризует количество воды, которое дозируют в агломерационную шихту в единицу времени на единицу площади, и определяется формулой:

$$I = \frac{P_B}{s \cdot t}, \quad (1)$$

где I – интенсивность увлажнения, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;
 P_B – количество воды, добавляемой в шихту в процессе ее грануляции, кг ;
 s – площадь зоны увлажнения, м^2 ;
 t – время, с .

Наиболее простым случаем для анализа факторов, влияющих на интенсивность увлажнения, является насыщение водой шихты, уложенной слоем прямоугольной формы (рис. 1). Если через форсунки, образующие сплошную линию увлажнения шириной b , подавать воду, то интенсивность увлажнения можно представить в виде:

$$I = \frac{P_B}{b \cdot L \cdot t}, \quad (2)$$

где b – ширина зоны увлажнения, м ;
 L – длина увлажненного слоя шихты, м ;
 t – время увлажнения, с .

Длину зоны увлажненного материала можно выразить через скорость движения увлажняемого материала и время:

$$L = v \cdot t. \quad (3)$$

Тогда уравнение (1) принимает вид:

$$I = \frac{P_B}{b \cdot v \cdot t^2}. \quad (4)$$

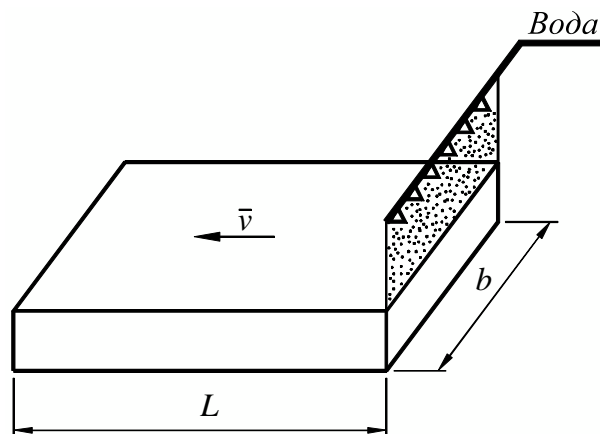


Рисунок 1 – Схема увлажнения шихты при линейном движении слоя

Полученное уравнение удобно использовать для расчета интенсивности увлажнения в грануляторах различного типа. Рассмотрим взаимосвязь факторов, влияющих на интенсивность

увлажнения агломерационной смеси в грануляторах барабанного типа. Разработка упрощенной методики расчета основывается на предположении, что скорость материала по восходящему участку криволинейной траектории движения частиц в поперечном сечении барабана равна средней скорости движения материала по нисходящему участку, то есть

$$v_{кр} \approx v_{нар}, \quad (5)$$

где $v_{кр}$ – скорость движения частиц шихты, при подъеме по окружности барабана, м/с;
 $v_{нар}$ – скорость движения материала по параболическому участку траектории, при ее движении вниз, м/с.

Скорость движения шихты на круговом участке траектории примерно постоянна и равна окружной скорости гранулятора.

$$v_{кр} = \pi \cdot D \cdot n. \quad (6)$$

С учетом (6) уравнение (4) примет вид:

$$I = \frac{P_B}{b \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot t^2}. \quad (7)$$

Скорость движения шихты по параболическому участку неравномерна [1] в верхней и нижней части траектории скорость равна нулю, примерно в средней – максимальна. Средняя скорость материала, ссыпающегося по параболическому участку траектории, несколько выше, чем по круговому. Поэтому и толщина поднимающегося слоя шихты выше толщины ссыпающегося слоя в силу непрерывности потока материала. Если отношение скоростей характеризовать отношением толщин поднимающегося h_n и h_c ссыпающегося слоев, то средняя скорость скатывания частиц шихты будет равна:

$$v_{нар} = \pi \cdot D \cdot n \cdot \frac{h_n}{h_c}. \quad (8)$$

В этом случае средняя скорость материала по круговой и параболической траектории равна

$$v_{cp} = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot \left(1 + \frac{h_n}{h_c} \right). \quad (9)$$

С учетом (9) уравнение (7) принимает вид

$$I = \frac{2 \cdot P_B}{b \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot t^2 \cdot \left(1 + \frac{h_n}{h_c}\right)}. \quad (10)$$

В промышленных условиях более точно определить количества воды на окомкование можно через начальную, конечную влажности и расход шихты.

Конечная влажность агломерационной шихты равна отношению количества воды к общей массе влажного материала:

$$W_K = \frac{P_{BH} + P_B}{P_{BH} + P_B + P_{ШС}}, \quad (11)$$

где W_K – конечная влажность аглосмеси, %;

P_{BH} – количество воды в шихте до окомкования, кг ;

$P_{ШС}$ – количество исходной сухой шихты, кг .

Исходное количество влажного материала, подлежащего окомкованию, равно сумме количества сухой шихты и воды в смеси до окомкования:

$$P_{Ш} = P_{BH} + P_{ШС}, \quad (12)$$

где $P_{Ш}$ – исходное количество влажного материала, кг .

Подставляя уравнение (12) в уравнение (11), получим

$$W_K = \frac{P_{BH} + P_B}{P_B + P_{Ш}}, \quad (13)$$

Из уравнения (13) определим количество воды, добавляемой в шихту для обеспечения требуемой постоянной влажности на выходе окомкователя

$$P_B = \frac{W_K \cdot P_{Ш} - P_{BH}}{1 - W_K}. \quad (14)$$

Начальная влажность шихты определяется уравнением

$$W_H = \frac{P_{BH}}{P_{Ш}}. \quad (15)$$

Отсюда начальное содержание воды в шихте равно

$$P_{BH} = W_H \cdot P_{Ш}. \quad (16)$$

Подставляя P_{BH} из уравнения (16) в уравнения (15) и производя соответствующие преобразования, получим:

$$P_B = \frac{W_K - W_H}{1 - W_K} \cdot P_{III}. \quad (17)$$

После подстановки (17) в уравнение (10) имеем:

$$I = \frac{(W_K - W_H) \cdot P_H}{(1 - W_K) \cdot b \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot t^2}. \quad (18)$$

Во вращающемся цилиндрическом барабане с горизонтальной или наклонной осью вращения более точно поверхность увлажнения, а, следовательно и интенсивность, можно определить, как произведение площади поверхности, образованной пересыпающимся слоем, на число циклов вращения частиц в поперечном сечении барабанного окомкователя:

$$s = s_K \cdot m, \quad (19)$$

где s_K – площадь поверхности шихты в рабочем объеме барабана в зоне увлажнения, m^2 ;
 m – число циклов вращения частиц шихты в поперечном сечении барабана в зоне увлажнения.

Площадь поверхности потока шихты в барабанном окомкователе можно определить как произведение длины криволинейной траектории, описываемой частицей в поперечном сечении окомкователя за один цикл вращения, на длину зоны увлажнения:

$$s = \ell \cdot L_b, \quad (20)$$

где ℓ – длина криволинейной траектории, м;
 L_b – длина зоны увлажнения, м.

В рассматриваемом случае под длиной зоны увлажнения понимают длину непрерывной линии орошения вдоль оси вращения барабана. Это не расстояние между первой и последней форсунками на участке подачи воды, а длина зоны орошаемой форсунками.

Траектория, описываемая частицей в поперечном сечении барабанного окомкователя за один цикл вращения, состоит из криволинейных кругового и параболического участков [1].

$$\ell = \ell_{кр} + \ell_{нар}, \quad (21)$$

где $\ell_{кр}$ – длина кругового участка, м;
 $\ell_{нар}$ – длина параболического участка, м.

Длина кругового участка определяется по формуле [2]

$$\ell_{кр} = \frac{\pi \cdot R \cdot (\beta_0 - \beta_1)}{180} \quad (22)$$

где R – радиус барабанного окомкователя, м;
 $(\beta_0 - \beta_1)$ – угол охвата барабана шихтой, град.

Для определения длины параболического участка воспользуемся уравнениями В.И. Коротича, выведенными для расчета параметров движения шихты во вращающемся наклонном цилиндрическом барабане [2].

Путь, проходимый телом в поперечном сечении окомкователя по линии наибольшего скатывания за один цикл вращения, равен

$$\ell_{нар} = \frac{\Delta b}{\sin \xi}, \quad (23)$$

где Δb – длина участка зоны увлажнения, проходимая частицей за один цикл вращения, м;

ξ – угол наибольшего скатывания, град.

Подставляя уравнения (20), (21), (22) в (19), получим

$$s = \pi \cdot R \cdot (\beta_0 - \beta_1) \cdot b \cdot m \cdot \frac{1}{180} + \frac{b^2}{\sin \xi} \quad (24)$$

Количество циклов вращения частиц в поперечном сечении барабанного окомкователя определим по уравнению В.И. Коротича [2]

$$m = \frac{b}{R \cdot (\beta_0 - \beta_1) \cdot \operatorname{tg} \xi} \quad (25)$$

и поставим в уравнение (24)

$$s = \frac{b^2}{\sin \xi} \cdot (1 + \cos \xi). \quad (26)$$

С учетом выражений (18) и (26) уравнение интенсивности увлажнения агломерационной шихты принимает вид:

$$I = \frac{(W_K - W_H) \cdot Q_{III} \cdot \sin \xi}{(1 - W_K) \cdot b^2 \cdot (1 + \cos \xi)}, \quad (27)$$

где $Q_{III} = \frac{P_{III}}{t}$ – расход шихты в единицу времени, кг/с.

Входящие в уравнение параметры определяют опытным путем. Значение угла ξ можно определить из таблицы, предложенной В.И. Коротичем в работе [2].

Значение интенсивности увлажнения агломерационной шихты определяем из выражения:

$$I = \frac{(W_K - W_H) \cdot P_{III} \cdot \tau_u}{(1 - W_K) \cdot b \cdot \pi \cdot (D - h) \cdot (\beta_0 - \beta_1) \cdot t^2}, \quad (28)$$

где τ_u – время цикла;

h – толщина пересыпающегося слоя шихты в поперечном сечении барабанного окомкователя, м.

Площадь увлажнения шихты зависит не только от параметров, входящих в уравнение (28), но и от степени диспергирования (разбрызгивания) воды, что в значительной мере влияет на кинетику грануляции.

По исходным свойствам агломерационной шихты можно рассчитать интенсивность увлажнения. Для этого необходимо знать скорость капиллярного насыщения шихты водой через единицу площади. Расчетная интенсивность определяется выражением:

$$[I]_{расч} = \frac{P_B}{s \cdot \tau} \cdot k_d \quad (29)$$

где k_d – коэффициент динамичности, учитывающий отношение изменения объема шихты в статическом состоянии к объему шихты, находящейся в динамическом состоянии.

Выводы и направления дальнейших исследований. Предложенные уравнения внешних кинетических условий окомкования являются обобщенными характеристиками, органически связывающими увлажнение, движение материала и параметры барабанного окомкователя.

Выполнен вывод уравнений внешних кинетических условий грануляции агломерационной шихты, которые органически связывают увлажнение, движение материала и параметры барабанного окомкователя.

The conclusion of equalizations of external kinetic terms is executed granulations of agglomerate charge, which organically link moistening, motion of material and parameters of drum pelletizer.

Библиографический список.

1. Коротич В.И. Теоретические основы окомкования железорудных материалов. М., 1978.
2. Коротич В.И., Пузанов В.П. Газодинамика агломерационного процесса. Металлургия. 1985