

ПАРОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ТОПЛИВА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ КАРТОННОЙ УПАКОВКИ

Кузьмич В.В., д.т.н., профессор, Карпунин И.И., д.т.н., профессор,
Балабанова Т.Ф., ст. преподаватель

*УО «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, РБ*

Важными проведенными исследованиями, применительно к технологии упаковочного производства, является паротермическая обработка измельченных отходов картонной упаковки с последующим прессованием в матричном грануляторе с целью производства энергии [1].

Основой предложенной технологии является паротермическая обработка измельчённых отходов картонной упаковки с последующим прессованием в матричном грануляторе [2,3].

Перепад давления, необходимый для течения жидкости с заданной скоростью через дисперсную среду, определяется законом Дарси:

$$P_{вх} - P_{вых} = \frac{\mu_n}{K} \times H_{слоя} \times V_n \quad (1)$$

где $P_{вх}$, $P_{вых}$ – давление пара на входе и выходе слоя, μ_n – динамическая вязкость пара, K – проницаемость слоя, $H_{слоя}$ – высота слоя, V_n – скорость фильтрации.

Коэффициент теплообмена между частицами сырья и потоком пара можно определить из:

$$N_u = 0,58 Re^{0,65}, \quad (2)$$

$$\text{где } N_u = \frac{\alpha \cdot d_q}{\lambda_n}, Re = \frac{V_n \cdot d_q}{\nu_n},$$

α – коэффициент теплоотдачи, d_q – средний диаметр частиц, λ_n и ν_n – коэффициенты теплопроводности и кинематической вязкости пара.

Эти соотношения позволяют оценить минимальное время, необходимое для достижения частицами опилок определенной температуры. Известно, что скорость распространения тепла внутри сферической частицы определяется критерием Био:

$$Bi = \frac{\alpha \cdot d_q}{\lambda_q}$$

При $B_i < 0,1$ в любой момент времени температура во всех точках каждой частицы одинакового и ее изменение во времени подчиняется уравнению [13].

$$Q = \frac{T_q - T_n}{T_o - T_n} = \exp\left(-\frac{6\alpha \cdot \tau}{p_q \cdot c_q \cdot d_x}\right) \quad (3)$$

где T_q – переменная во времени температура частицы,

T_n – температура водяного пара,

T_o – начальная температура частицы,

p_n и c_q – плотность и теплоемкость материала частицы,

τ – текущее время.

Рассчитаем время прогрева частицы диаметром 5 мм, нагреваемой паровым потоком со скоростью фильтрации 1м/с и температурой 180°C.

Коэффициент теплообмена можно рассчитать из (3):

$$\alpha = 0,58 \frac{\lambda_n}{d_q} \cdot \text{Re}^{0,65} \quad (4)$$

$$\text{или} \quad \alpha = \frac{40,1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,58}{5 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2,1 \cdot 10^{-5}}\right)^{0,65} \quad (5)$$

Отсюда $\alpha = 4,64 \cdot 238^{0,65} = 143 \text{ Вт/м}^2 \text{ С}$.

Время прогрева частицы от начальной температуры $T_o = 100^\circ\text{C}$ до температуры $T_q = 150^\circ\text{C}$ определим из (3):

$$\tau = \frac{p_q \cdot c_q \cdot d_q}{6 \cdot \alpha} \cdot \ln \left| \frac{T_q - T_n}{T_o - T_n} \right| \quad (6)$$

Для $p_n = 500 \text{ кг/м}^3$ $c_q = 1,7 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$ отсюда следует:

$$\tau = -\frac{500 \cdot 1,7 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 143} \cdot \ln \frac{180 - 150}{180 - 100} \approx 6 \text{ сек} \quad (7)$$

То есть время термообработки сырья в колонне не будет лимитироваться межфазным теплообменом, а будет определяться скоростью подвода тепла и скоростью продвижения сырья в колонне.

Гранулирование отходов картона, как материала без адгезии (собственной силы сцепления), требует особой силы прессования, большой силы проталкивания в силы трения, что приводит к перегреву матриц, увеличению нагрузок на узлы гранулятора. Из-за из-

лишних нагрузок в каналах прессования даже импортных матриц снижается производительность гранулятора. Для большей части случаев выходом из данной ситуации можно считать использование пара с температурой 125-160 °С для обработки сырья непосредственно перед прессованием. Действие пара заключается главным образом в том, что уменьшается выделение тепла за счет трения, развивающегося в матрице – пар действует на обрабатываемый продукт как смазка.

Влагу при увлажнении паром легче удалить в процессе изготовления гранул и при последующим охлаждении. Гранулы, изготовленные с использованием пара, более однородны по структуре и внешнему виду, имеют большую прочность и стойкость [1.2].

Литература

1. Кузьмич В.В., Севернев М.М., Баштовой В.Г. и др. Физическая модель получения гранулированного топлива при утилизации картонной упаковки. Материалы Международной научно-технической конференции «Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК». Минск: БГАТУ. 2009.
2. Кузьмич В.В., Марышев В.Ф., Агibalов В.Г. Технологическая линия приготовления гранулированного топлива.// Энергоресурсосбережение, №9, 2009.

ИССЛЕДОВАНИЕ СУБСТРАТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА

Коротинский В.А., к.т.н., доцент, Гаркуша К.В., аспирант
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» г. Минск, РБ

Биогаз является продуктом обмена веществ бактерий, образующийся вследствие разложения ими органического субстрата. Процесс разложения можно разделить на 4 этапа:

1. На первом этапе аэробные бактерии перестраивают высокомолекулярные органические субстанции (белок, углеводы, жиры, целлюлозу) с помощью энзимов на низкомолекулярные соединения, такие как сахар, аминокислоты, жирные кислоты и воду.
2. Далее расщеплением занимаются кислотообразующие бактерии. В этом процесс частично принимают участие анаэробные бактерии, употребляющие остатки кислорода и образующие тем самым необходимые для метановых бактерий анаэробные условия.