

Запорожская государственная инженерная академия

К ВОПРОСУ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА СПЕКАНИЯ АГЛОШИХТЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОСТАВНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО ЛОТКА

Введение. Производительность и энергоэффективность агломерационного процесса в значительной степени зависит от теплового режима спекания шихтовых материалов, который обусловлен характером распределения твердого топлива и химических компонентов по высоте слоя. Последнее зависит от особенностей загрузки и сегрегации фракций материала по горизонтам шихты, подготовленной к спеканию [1-3].

Качество загрузки шихты, в свою очередь, зависит от типа загрузочного устройства, конструктивные особенности которого будут влиять на процесс формирования слоя материала и, как следствие, на фракционный состав отдельных горизонтов уложенной на паллеты шихты.

Постановка задачи. Результаты моделирования теплового режима процесса спекания [1] позволили сделать вывод, что создание направленной сегрегации гранулометрического состава шихты по высоте слоя позволит обеспечить требуемое распределение топлива и химкомпонентов, тем самым стабилизировать температуру зоны горения. Последнее направлено на повышение производительности агломашин при условии сокращения расхода твердого топлива и повышения прочности агломерата. Следовательно, исследование динамики процесса формирования слоя полидисперсного сыпучего материала при использовании различных загрузочных устройств является актуальной научной и практической задачей.

В работе [2] проведен анализ работы действующей системы загрузки агломерационной шихты для условий предприятия МК «Запорожсталь». Установлено, что используемая система не обеспечивает требуемого уровня сегрегации шихтовых материалов.

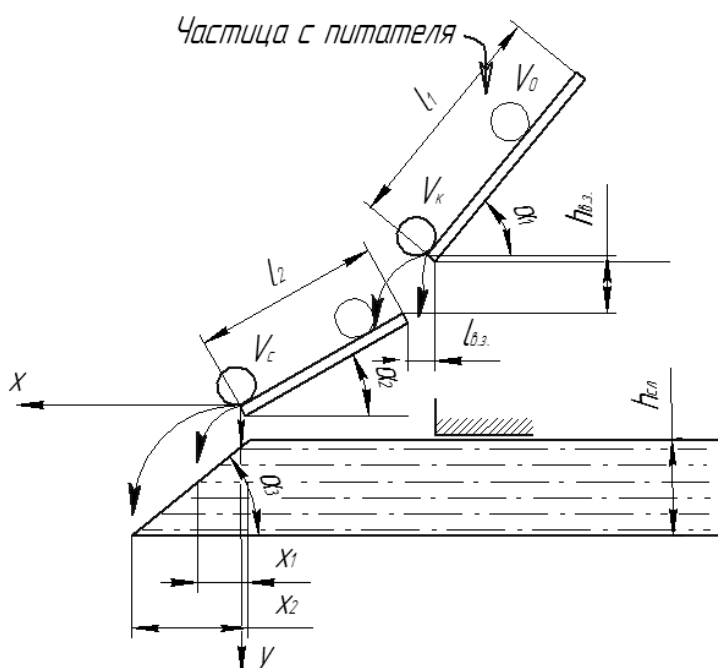


Рисунок 1 – Схема движения частицы шихты по составному лотку

Таким образом, необходимо провести исследование системы загрузки аглошихты в виде составного загрузочного лотка с целью обеспечения требуемой сегрегации материала, подготовленного к спеканию [3].

Результаты работы. С целью повышения сегрегационных процессов, протекающих в слое агломерационной шихты при загрузке на спекательные тележки, предложено использование составного лотка с поперечным зазором заданной ширины (рис.1).

Скорость движения частиц по поверхности лотка пропорциональна их размерам и физико-механическим свойст-

вам. При условии чистого качения, без скольжения, частицы по поверхности загрузочного лотка конечную скорость ее движения выразим в виде:

$$V_k = \sqrt{2ql_1v(\sin \alpha_1 - f_1' \cos \alpha_1) + V_0^2}, \quad (1)$$

где q – ускорение свободного падения, м/с²; f_1' – коэффициент трения качения частицы по стальному лотку; v – коэффициент формы частицы; l_1 – длина первой секции лотка, м; α_1 – угол наклона лотка, °; V_0 – начальная скорость движения частицы по поверхности лотка, м/с.

В случае, если качение частицы по поверхности лотка происходит со скольжением, то $V_k = const$, следовательно, конечная скорость не зависит от размера фракций материала и такой режим движения не обеспечивает разделение классов крупности шихты.

Сила тяжести, действующая на частицу, отрывающуюся от нижней кромки первой секции лотка, обеспечивает перемещение последней за время падения t_i с высоты $h_{г.з.}$ на расстояние $l_{г.з.}$. Время падения частицы t_i связано со скоростью падения следующей зависимостью:

$$h_{г.з.} = V_n t_i + \frac{q t_i^2}{2}, \quad (2)$$

где $V_n = V_k \sin \alpha_1$, м/с.

Решив (2) относительно t_i , получим уравнение

$$t_i^2 + 2 \frac{V_n}{q} t_i - 2 \frac{h_{г.з.}}{q} = 0.$$

Возьмем действительный корень, соответствующий реальным условиям движения частицы. Тогда

$$t_i = -\frac{V_n}{q} + \sqrt{\left(\frac{V_n}{q}\right)^2 + 2 \frac{h_{г.з.}}{q}}. \quad (3)$$

Приняв сопротивление воздушной среды на участке $l_{г.з.}$ близким к нулю, не оказывающим существенного влияния на время полета частицы, запишем:

$$V_n t_i = l_{г.з.}, \text{ или } t_i = \frac{l_{г.з.}}{V_k \cos \alpha_1}. \quad (4)$$

Подставив (4) в (3), получим:

$$\frac{l_{г.з.}}{V_k \cos \alpha_1} = -\frac{V_k \sin \alpha_1}{q} + \sqrt{\left(\frac{V_k \sin \alpha_1}{q}\right)^2 + 2 \frac{h_{г.з.}}{q}}. \quad (5)$$

Решив (5) относительно V_k , определим значение минимальной скорости частицы, обеспечивающей ее перелет через поперечный зазор составного лотка при его заданной величине:

$$V_{k_min} = \sqrt{\frac{l_{г.з.}^2 q}{2(h_{г.з.} \cos^2 \alpha_1 - l_{г.з.} \sin \alpha_1)}}. \quad (6)$$

Исследования влияния $h_{г.з.}$ и $l_{г.з.}$ на минимальную скорость частицы, обеспечивающей ее перелет через поперечный зазор лотка, представлены на рис.2, 3.

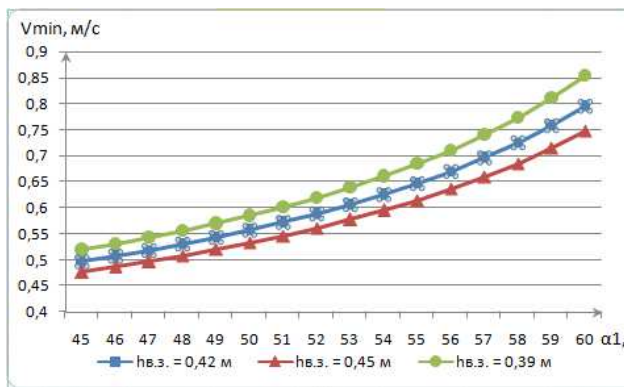


Рисунок 2 – Влияние $h_{г.з.}$ на минимальную скорость частицы

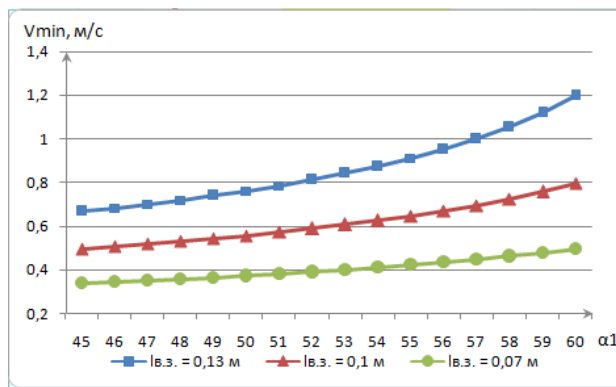


Рисунок 3 – Влияние $l_{г.з.}$ на минимальную скорость частицы

Максимально допустимую высоту зазора $h_{г.з.}$, обеспечивающую перелет частицы при заданном значении V_K , опишем зависимостью:

$$h_{г.з._{max}} = \frac{l_{г.з.}^2 q + 2l_{г.з.} \sin \alpha_1 V_K^2}{2V_K^2 \cos \alpha_1} \quad (7)$$

Поперечный зазор на поверхности загрузочного лотка будет выполнять роль сепаратора фракционного состава полидисперсного материала только в случае, когда скорость движения частиц V_K будет определяться их размером. Данное условие выполняется только при чистом качении гранул шихты по поверхности лотка. В случае стационарного положения частей составного загрузочного лотка ($\alpha_1 = const$; $l_{г.з.} = const$; $h_{г.з.} = const$; $V_0 = 0$) можно определить предельное значение коэффициента трения качения i -й частицы, обеспечивающее ее перелет через воздушный зазор:

$$f'_1 = \frac{V_0^2 + l_1 \sin \alpha_1 - \frac{l_{г.з.}^2 q}{2(h_{г.з.} \cos^2 \alpha_1 - l_{г.з.} \sin \alpha_1)}}{l_1 \cos \alpha_1} \quad (8)$$

Скорость схода частицы со второй ступени загрузочного лотка определим из выражения

$$V_c = \sqrt{2ql_2v(\sin \alpha_2 - f'_2 \cos \alpha_2) + V_K^2} \quad (9)$$

Согласно полученным уравнениям управлять движением загружаемого материала по составному загрузочному лотку можно путем изменения ширины и высоты поперечного воздушного зазора $h_{г.з.}$, $l_{г.з.}$, длины пути разгона частицы l_1 , l_2 и угла наклона поверхностей разгона α_1 , α_2 .

Для обеспечения заданного распределения фракций материала по высоте слоя необходимо, чтобы отдельные частицы, поступающие на поверхность откоса, имели определенную скорость движения V_{ci} , обусловленную их физико-механическими характеристиками:

$$V_{ci} = \sqrt{\frac{2qh_1v(f'_3 \cos \alpha_3 - \sin \alpha_3)}{\sin \alpha_3}} \quad (10)$$

где h_i – заданное положение i -й частицы в слое относительно его поверхности, м; α_3 – угол наклона откоса слоя, °; f_3' – коэффициент трения качения по поверхности откоса слоя.

Мелкие фракции (1 мм) агломерационной шихты не должны перелетать воздушный зазор между первой и второй секциями составного лотка, что обеспечит их преимущественное скопление на поверхности формирующегося слоя. В процессе движения материала по воздуху значительно снижается взаимодействие между отдельными частицами, составляющими его массу. В результате достигается более качественное разделение его по фракциям, чем при непосредственном переходе частиц шихты с плоскости загрузочного лотка на откос слоя.

После схода частиц с загрузочного лотка они будут двигаться в воздухе по параболической траектории:

$$y_i = x_i \operatorname{tg} \alpha_1 + \frac{qx_i^2}{2V_c^2 \cos^2 \alpha} \quad (11)$$

где y_i, x_i – перемещение i -й частицы определенного размера, относительно осей координат, м.

Решив последнее уравнение относительно x_i , получим

$$x_i = \frac{V_c^2 \sin^2 \alpha_1}{2q} \sqrt{1 + \frac{2qy_i}{V_c^2 \sin^2 \alpha_1}}.$$

Таким образом, зная скорость схода i -й частицы шихты с загрузочного лотка, которая зависит от ее размера, и соответствующего ей коэффициента трения, можно определить дальность полета частицы. Распределение фракционного состава материала при использовании прямолинейного и составного загрузочного лотка приведено на рис.4.

Различные фракции сыпучего материала, достигающие нижней кромки лотка, двигаются по нему единым потоком, что обуславливает определенное снижение степени их разделения за счет захвата крупными частицами более мелких и принудительного переноса последних в нижние горизонты формирующегося слоя.

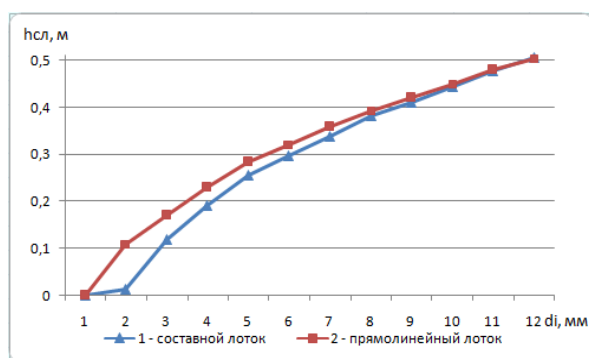


Рисунок 4 – Распределение фракционного состава по высоте слоя

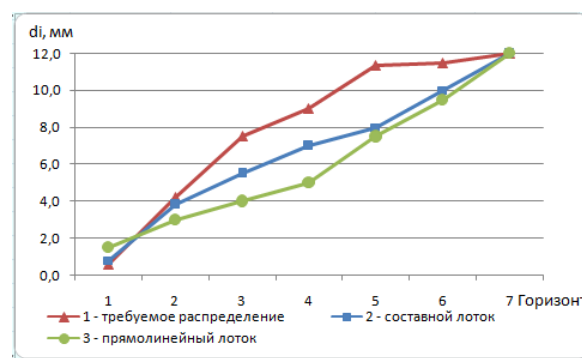


Рисунок 5 – Изменение среднего диаметра материала по горизонтам слоя

Исключить это явление возможно за счет полного разделения траектории движения фракций агломерационной шихты в воздушном зазоре составного лотка.

Как видно из рис.4, в результате использования данной конструкции лотка мелкие частицы не перелетают воздушный зазор, что обеспечивает их преимущественное

скопление на поверхности слоя. Конструктивные характеристики лотка представлены на рис.6. Выбранные в результате расчетов длина и угол наклона первой секции обеспечивают движение фракций материала в режиме чистого качения, в свою очередь фракции (-1, 1-3 мм) не приобретают достаточной кинетической энергии для перелета через воздушный зазор.

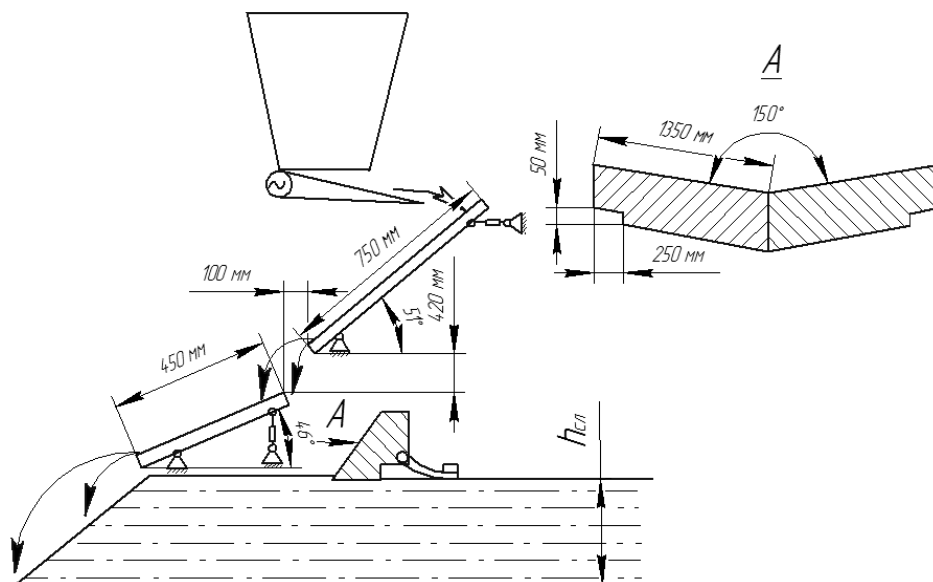


Рисунок 6 – Конструктивные характеристики модифицированного составного лотка

Полученное расчетным путем распределение фракционного состава материала по горизонтам слоя (рис.5) свидетельствует о том, что применение составного лотка позволяет максимально приблизиться к требуемой сегрегации фракций [1], тем самым обеспечить требуемое распределение топлива и стабилизировать тепловой режим спекания.

В работе [1] было установлено, что прибортовые зоны паллет нуждаются в повышенной концентрации топлива с целью обеспечения равномерного спекания слоя агломерата по ширине в связи с прибортовыми подсосами воздуха и потерей тепла через стенки спекательных тележек.

Известно [4], что для устранения влияния прибортовых подсосов применяется двухступенчатый составной лоток, состоящий из прямолинейного лотка и стреловидной второй ступени. В данной работе предлагается применение совместно с составным загрузочным лотком указанной стреловидной секции (рис.6). Использование последней, наряду с устранением выше указанных подсосов воздуха, позволит повысить концентрацию топлива в прибортовых зонах.

Конструкция стреловидной ступени предусматривает наличие двух щелей по краям секции, ширина которых выбрана на основании данных, полученных при исследовании газопроницаемости шихты по ширине паллеты, где зона прососов воздуха составляет 250-300 мм от стенок спекательных тележек. Стреловидная форма второй ступени обеспечивает перенос части шихты в сторону разгрузочных щелей. Шихта, выходя через щели, формирует утолщение 250 мм вдоль бортов на 50 мм выше основного слоя шихты (400-500 мм). Уплотнение боковых утолщений слоя шихты до заданной высоты обеспечивается гладилкой с давлением 0,01-0,02 МПа.

Выводы. В работе представлена методика расчета динамики процесса формирования слоя полидисперсной шихты при использовании составного загрузочного лотка. В результате расчетов определены конструктивные характеристики загрузочного узла:

$\alpha_1 = 51^\circ$; $\alpha_2 = 46^\circ$; $l_{г.з.} = 100$ мм; $h_{г.з.} = 420$ мм; $l_1 = 750$ мм; $l_2 = 450$ мм. Представлено полученное расчетным путем распределение фракционного состава материала.

Обеспечиваемая сегрегация классов крупности материала при использовании лотка указанной конструкции максимально близка к требуемому распределению [1], что позволит более равномерно распределить твердое топливо по горизонтам слоя, тем самым выровнять тепловой режим процесса спекания.

Предложена модификация составного загрузочного лотка с дополнительной стреловидной секцией, призванной снизить влияние прибортовых прососов воздуха на тепловой режим спекания.

Опыт использования составного лотка [5] свидетельствует об эффективности его применения. Таким образом, необходимо провести активные эксперименты с целью определения влияния работы предложенного лотка на производительность процесса агломерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мных А.С. Определение оптимального распределения твердого топлива в слое загружаемой шихты для выравнивания теплового режима агломерационного процесса [Текст] / А.С.Мных // Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика. – 2014. – №6. – С.47-51.
2. Мных А.С. Исследование динамики процесса формирования слоя аглошихты, подготовленной к тепловой обработке [Текст] / А.С.Мных // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – №2. – С.23-28.
3. Мных А.С. Определение сегрегации фракций аглошихты, требуемой для стабилизации теплового режима спекания [Текст] / А.С.Мных // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – №1. – С.31-36.
4. Пат 42105 Україна, МПК F 27 В 21/06, С 22 В 1/16 (2009.01). Завантажувальний пристрій конвеєрної агломераційної машини / Овчинникова І.А., Міщенко І.М., Ілюхін О.Я., Овчинников О.В.; заявник та патентотримач Запорізький нац. техн. унів-т. – Заявл. 05.01.2009; опубл. 25.06.2009, Бюл. №12.
5. Сальников И.М. Составной загрузочный лоток агломашины [Текст] / И.М.Сальников, М.Ю.Пазюк, Ю.Д.Гузъ // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1990. – №10. – С.5-7.

Поступила в редколлегию 04.03.2015.

УДК 669.183.213.2

ГЛУЩЕНКО О.Л., к.т.н., доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСАДОК РЕГЕНЕРАТИВНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ МЕТАЛУРГІЙНИХ АГРЕГАТІВ

Вступ. Рациональное використання вторинних енергоресурсів промисловості безпосередньо впливає на умови енергопостачання й паливний баланс підприємства, а також на модернізацію технологічної схеми виробництва та його загальноекономічні показники. Енергетична модернізація виробничих високотемпературних процесів шляхом використання їх вторинних енергетичних ресурсів є джерелом суттєвої економії палива та пов'язаних з цим матеріальних цінностей. На даний час на металургійних підприємствах зосереджена значна кількість вторинних енергоресурсів. Якщо утилізувати ці енергоресурси, можливо отримати суттєву економію палива. Це завдання є актуальним для