

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

К РАСЧЕТУ ПРИРАЩЕНИЯ СЛОЕВОГО ИЗБЫТКА ТЕПЛА В АГЛОМЕРИРУЕМОМ СЛОЕ

Запропоновано рівняння для розрахунку шарового надлишку тепла в агломераційному шарі, яке дозволяє виконувати розрахунок витрат твердого палива в статичному режимі з максимальним наближенням до оптимального.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

В агломерационном производстве одним из проблемных вопросов остается расчет расхода твердого топлива с целью получения агломерата с заданным содержанием закиси железа и с высокой механической прочностью.

Анализ исследований и публикаций. В настоящее время основу решения поставленной задачи составляют материальные и тепловые балансы [1, 2, 3]. Причем, эти балансы составляют как для всего агломерируемого слоя, так и для слоя, разделенного на участки – зоны. Расчет зональных тепловых балансов включает ряд допущений, которые базируются на лабораторном или промышленном опыте (например, потери тепла) и имеют большие колебания в зависимости от условий спекания агломерата, что отрицательно влияет на точность расчетов.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является повышение точности определения избытка (дефицита) тепла в агломерируемом слое.

Изложение материала и его результаты. Согласно настоящего метода расчета слоевого избытка тепла процесса агломерации агломерируемый слой разбивается на i элементарных зон. В дальнейших расчетах во внимание принимаются отдельные слои, состоящие из i -тых элементарных зон. Например, первый верхний слой (рис. 1) состоит из элементарной зоны высотой равной

$$h_1 = \frac{H}{n} \quad (1)$$

где h_1 – высота первого слоя, м;
 H – полная высота агломерируемого слоя, м;
 n – число элементарных зон.

Второй слой (рис. 1) состоит из двух элементарных зон и его высота равна

$$h_2 = 2 \cdot h_1 = \frac{2 \cdot H}{n} \quad (2)$$

где h_2 – высота второго слоя, м.

Высота последнего слоя равна общей высоте агломерируемого слоя

$$h_n = \frac{n \cdot H}{n} \quad (3)$$

Каждый элементарный слой h_i рассматривается как отдельный слой высотой

$$h_i = \frac{i \cdot H}{n} \quad (4)$$

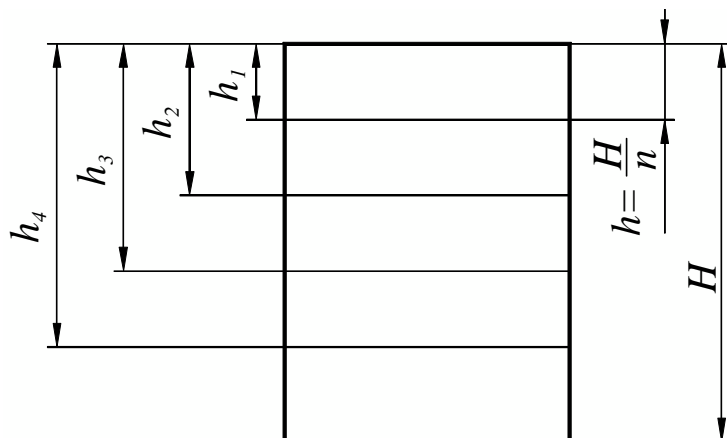


Рисунок 1 – Распределение элементарных зон $h = \frac{H}{n}$ в каждом агломерируемом h_i слое

В результате спекания железорудного агломерата в каждом слое протекают экзотермические и эндотермические реакции, в результате чего образуется определенное количество тепла, которое расходуется на

нагрев шихты, испарение влаги, на химические реакции, протекающие с поглощением тепла. При неполном расходовании тепла экзотермических реакций увеличивается температура агломерата, что при медленном охлаждении спека обеспечивает ему высокую механическую прочность. При нехватке тепла экзотермических реакций уменьшается температура агломерата, увеличивается его скорость охлаждения, уменьшается его механическая прочность. Механизм этого процесса иллюстрирует формирование тепловых потоков в каждом слое.

Избыточное количество тепла ΔQ_1 в первом слое, состоящем из одной элементарной зоны h (рис. 1), равно разности между приходом тепла Q_{n1} , теплом зажигания $Q_{заж}$ и расходом тепла Q_{p1} , тепловыми потерями $Q_{ном}$

$$\Delta Q_1 = (Q_{n1} - Q_{p1}) + Q_{заж} - Q_{ном} \quad (5)$$

Аналогично, среднее значение избыточного количества тепла ΔQ_2 в элементарной зоне второго слоя, состоящего из $2 \cdot h$ элементарных зон, равно

$$\Delta Q_2 = \frac{(Q_{n2} - Q_{p2})}{2} + Q_{заж} - Q_{ном} \quad (6)$$

Для расчета избытка тепла в i -той элементарной зоне i -го слоя необходимо использовать уравнение

$$\Delta Q_i = \frac{(Q_{ni} - Q_{pi})}{i} + Q_{заж} - Q_{ном} \quad (7)$$

Приращение избытка (дефицита – в зависимости от знака) тепла определяется разностью между избытком тепла первого слоя ΔQ_1 и последующего ΔQ_2

$$\Delta_2 = \Delta Q_1 - \Delta Q_2 \quad (8)$$

Подставим значения ΔQ_1 и ΔQ_2 из уравнений (5) и (6) в уравнение (8)

$$\Delta_2 = (Q_{n1} - Q_{p1}) + Q_{заж} - Q_{ном} - \frac{(Q_{n2} - Q_{p2})}{2} - Q_{заж} + Q_{ном}$$

$$\Delta_2 = (Q_{n1} - Q_{p1}) - \frac{(Q_{n2} - Q_{p2})}{2} \quad (9)$$

Для i -той элементарной зоны приращение избытка тепла определяется уравнением

$$\Delta_2 = \frac{(Q_{n(i-1)} - Q_{p(i-1)})}{i-1} - \frac{(Q_{ni} - Q_{pi})}{i} \quad (10)$$

Максимальная температура горновых газов всегда меньше максимальной температуры в агломерируемом слое. Следовательно, горновые газы уменьшают температуру в зоне горения твердого топлива, расширяя при этом высокотемпературную зону агломерируемого слоя. Количество тепла зажигания $Q_{заж}$ не изменяется при переходе из одной элементарной зоны в другую, но только в том случае, если количество тепла экзотермических реакций выше количества тепла, расходуемого на эндотермические реакции.

Если количество тепла экзотермических реакций Q_{ni} равно количеству тепла эндотермических реакций Q_{pi} (условно принимаем, что других статей прихода и расхода тепла нет), то приращение избытка тепла Δ_{i-1} (уравнение 10) как отдельной i -той зоны, так и всех вышележащих зон, равно нулю. В этом случае нагрев шихты в агломерируемом слое осуществляется за счет тепла зажигания $Q_{заж}$, расходуемого при движении высокотемпературной зоны через элементарные i -тые зоны шихты. Но так как количество тепла зажигания имеет конечное значение, а каждому элементарному агломерируемому слою требуется определенный избыток тепла для медленного охлаждения полученного спека, то целесообразно избыток тепла получать в слое за счет тепла добавочного количества твердого топлива. Регенерированное тепло верхней ступени теплообмена также увеличивает время охлаждения спека. Однако, температура воздуха, проходящего через слой горячего агломерата, всегда ниже температуры в зоне горения твердого топлива. Поэтому увеличение количества регенерированного тепла верхней ступени теплообмена приводит к расширению зона горения, но не увеличивает величины температурного максимума.

При наличии положительного приращения избытка тепла Δ_i происходит его накапливание в нижних горизонтах агломерируемого слоя. Это тепло расходуется на подогрев шихты нижней ступени теплообмена, что способствует росту температурного уровня в зоне горения и улучшает условия образования жидкой фазы, увеличивает размер высокотемпературной зоны, снижает скорость охлаждения агломерата. Тепло агломерата, полученное после полного сгорания топлива в слое не следует рассматривать как потери тепла. Агломерационный процесс не заканчивается после окончания процесса горения твердого топлива или после затвердевания жидкой фазы. Охлаждение агломерата является одной из составляющих агломерационного процесса.

При приращении дефицита тепла, то есть при отрицательном значении Δ_i , агломерационный процесс может иметь развитие на начальной стадии до тех пор, пока не будет "израсходовано" тепло зажигания. Затем химический процесс затухает вследствие температурного торможения, так как температурный максимум зоны горения твердого топлива резко снижается. Увеличение высоты агломерируемого слоя при этом неэффективно, так как этот метод эффективен при перманентном приращении избытка тепла.

Выводы и направление дальнейших исследований. Предложенная методика оценки развития высокотемпературной зоны через определение приращения избытка тепла позволяет эффективно управлять технологией агломерационного процесса.

Предложено уравнение для расчета слоевого избытка тепла в агломерационном слое, которое позволяет выполнить расчет расхода твердого топлива в статическом режиме с максимальным приближением к оптимальному.

Equalization is offered for the calculation of the stratified surplus of heat in a sinter layer, which allows to execute the calculation of expense of hard fuel in the static mode with the maximal approaching to optimum one.

Библиографический список.

1. Вегман Е.Ф. Теория и технология агломерации. – М.: Металлургия, 1974. – 286 с.
2. Сигов А.А., Шурхал В.А. Агломерационный процесс. – Киев: Техника, 1969. – 232 с.
3. Современный агломерационный процесс: Монография / С.Н. Петрушов. – Алчевск: ДонГТУ, 2006. – 357 с.