

## ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ НАГРЕВ НИЗКОСОРТНОЙ ШИХТЫ

Т. М. Заяц

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Научный руководитель Л. Е. Ровин

Низкосортная шихта – это шихта, состоящая из лома, стружки, всплесков, сливов, отходов производства и т. п. Нагрев такого материала осуществляют в статическом состоянии слоя или динамическом. Первый вариант характерен для камерных печей, шахтных печей, установок подогрева шихты и т. п.; второй – для барабанных вращающихся печей, сушил и т. п.

Нагрев неподвижного, непродуваемого слоя происходит очень медленно, т. к. отсутствует передача тепла конвекцией, а теплопроводность сухого пористого слоя очень низкая. Теплопроводность слоя  $\lambda_{\text{сл}}$  зависит не только от материала компонентов, но и от их укладки, порозности слоя и др., причем величина  $\lambda_{\text{сл}}$  на несколько порядков ниже  $\lambda$  компонентов и изменяется в процессе нагрева.

Если нагрев осуществляется продувкой газом-теплоносителем плотного слоя шихтовых материалов, то основную роль в теплообмене играет передача тепла конвекцией. Однако и в этом случае процесс недостаточно эффективен, т. к. во многом зависит от количества и характера пор внутри плотного слоя и соотношения их размеров с размером поверхности продуваемых кусков. Эти параметры меняются от загрузки к загрузке. Кроме того, нагрев продуваемого слоя с большими скоростями неприемлем для дискретных материалов из-за высокого пылеуноса.

Тепло при нагреве сплошного материала передается от рабочего пространства печи к металлу через поверхность и далее распространяется по телу теплопроводностью (рис. 1).

В случае нагрева дискретного материала, процесс теплообмена становится более сложным. Хотя размер удельной поверхности материала большой, поверхность, облучаемая печью, незначительная, а конвекцией тепло «закачивается» внутрь слоя в случае прохождения потока через слой.

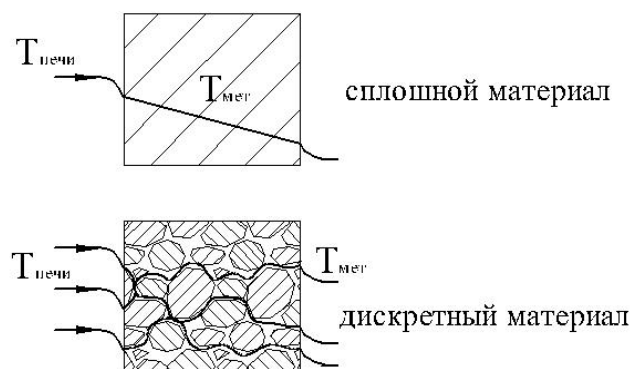


Рис. 1. Перенос тепла в материале

В барабанных вращающихся печах свободно насыпанная в рабочую камеру шихта образует динамический слой. В процессе вращения установки наружный слой материала быстро нагревается за счет подъема, обрушения и перемешивания с ниж-

ними холодными слоями. С каждым последующим оборотом печи увеличивается объем прогреваемого слоя. Теплообмен при этом происходит как между теплоносителем и соприкасающимся с ним слоем материала, так и при перемешивании самого материала. Однако эффективность такого способа нагрева также невысокая из-за низкой скорости теплоносителя и высокой адгезионной способности влажного материала, что препятствует интенсивному дроблению комков. Скорость потока теплоносителя, пропускаемого через печь, ограничена (1–5 м/с) и не может превышать скорость витания частиц, во избежание уноса частиц из печи с выходящим потоком. Невысокая скорость и прямолинейный характер движения потока теплоносителя практически не позволяют ему участвовать в динамическом воздействии на материал. Повышение термического КПД вращающихся печей достигается в основном увеличением времени пребывания материала в печи, за счет увеличения длины печи. При переходе к гибким малотоннажным производствам, становится нерентабельно использовать оборудование большой мощности, а короткобарабанные печи имеют КПД на уровне 10–15 %.

Во вращающихся барабанных печах диспергирование слоя происходит под действием гравитационных сил. Схема разрушения слоя может быть проиллюстрирована на рис. 2.

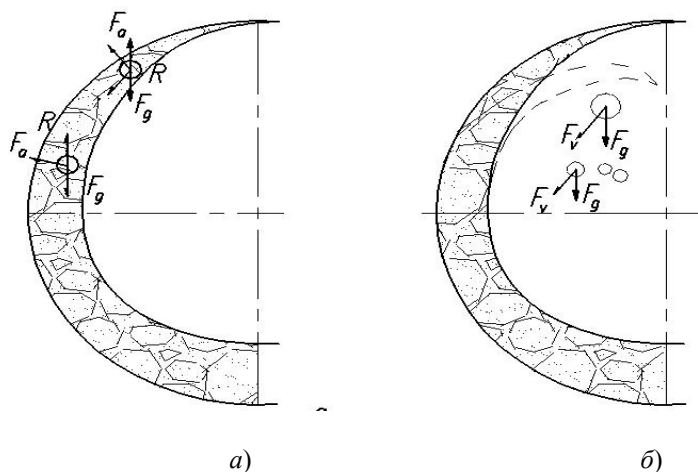


Рис. 2. Схема движения материалов во вращающейся печи:  
 $F_a, F_g$  – силы адгезии и гравитации,  $R$  – реакция слоя,  
 $F_v$  – сила аэродинамического давления

Аэродинамический напор в традиционных барабанных печах (сушилах), практически не влияет на процесс разрушения слоя вследствие своей малости: при скоростях 3–5 м/с скоростной напор составляет 5–15 Па, что дает не более 0,02 Н при воздействии на элемент слоя диаметром 25 мм. При расчете усилий, воздействующих на более мелкие фракции слоя, величина давления уменьшается пропорционально квадрату диаметра и не может преодолеть силы когезии даже в слое влажного кварцевого песка.

В общем случае дробление образующихся комков определяется критериальным числом Фруда:

$$Fr = \frac{\omega^2}{g \cdot D_k}, \quad (1)$$

## 168 Секция II. Материаловедение и технология обработки материалов

где  $D_k$  – характерный размер комков, м;  $\omega$  – относительная скорость, м/с.

Если величина  $Fr$  больше 5, то комки распадаются, при  $Fr$  меньше 4–5 – разрушения не произойдет. Это обстоятельство также приводит к необходимости использовать барабанные печи большого диаметра. При этом тепловой КПД печи снижается.

Наиболее эффективным способом теплообмена в слое дискретных материалов является конвекция. При этом газообразный теплоноситель должен продуваться сквозь слой.

Шихтовые материалы, имеющие порозность на уровне 0,4–0,6 и высоту слоя, равную  $10^2$ – $10^3$  крат по отношению к приведенному диаметру элементов слоя, при конвективном тепло- и массообмене позволяют получить тепловой КПД, близкий к 75–85 %. Причем на начальных стадиях процесса этот показатель еще выше. Отсюда и высокая скорость нагрева, сушки и др. тепловых процессов. Это явление имеет место только при «продувании» теплоносителя через слой дискретных материалов, когда площадь поверхности теплообмена резко возрастает по сравнению с непродуваемым слоем при прочих равных параметрах.

Таким образом, эффективность теплообменных и массообменных процессов в слое дискретных материалов определяется, главным образом, структурой слоя или эффективностью диспергирования.