

8. Я.З.Цыпкин. Основы теории обучающихся систем. М., Наука, 1970.
9. Сб. „Прием сигналов при наличии шума“ М., Изд. ИЛ, 1960.
10. А.А.Каплин, А.Н.Покровская, Б.А.Кубрак, М.В.Крашенинников. Химия и химическая технология, Томск, Изд. ТГУ, 1973.

## К ТЕОРИИ ОКОМКОВАНИЯ ВЛАЖНЫХ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.М.Витюгин

Широкое внедрение гранулированных дисперсных материалов в металлургию и химическую технологию настоятельно требует создания прочной теоретической базы для направленного совершенствования этого процесса. Возможность применения и эффективность процесса гранулирования в первую очередь определяется склонностью каждого конкретного дисперсного материала к окомкованию, т.е. его комкуемостью. Комкуемость, в конечном счете, определяет и два основных технико-экономических показателя процесса: удельную производительность оборудования и качество гранулята. Таким образом, выяснение причин, обуславливающих комкуемость дисперсных материалов, и разработка научно обоснованной методики оценки комкуемости являются первоочередными задачами теории гранулирования.

Критерии для оценки комкуемости должны учитывать как свойства дисперсного материала, так и специфику процесса окомкования в механических грануляторах барабанного и тарельчатого типов. В этом смысле наибольшее значение приобретают соответственно водно-физические характеристики дисперсного материала и структурно-механические свойства комкуемой системы. Водно-физические свойства, выражаемые через характеристические влагоемкости, предопределяют прочность сырого гранулята / 1 /. Пластичность комкуемого материала, в свою очередь, оказывает решающее влияние на скорость окатывания, так как основная особенность этого процесса заключается в большой свободе развития объемных деформаций формирующихся гранул; устойчивый процесс будет эффективным лишь в случае преимущественного развития пластических деформаций / 2 /.

Естественно, что водно-физические и структурно-механи-

ческие свойства комкуемых материалов тесно связаны, и повышение комкуемости одновременно приводит как к улучшению качества сырого гранулята, так и к увеличению удельной производительности грануляторов. Однако, как и в любом другом процессе, эти конечные технико-экономические показатели относительно друг друга имеют противоречивый характер. При постоянстве свойств комкуемой системы повышение качества гранулята ограничивается снижением удельной производительности грануляторов, и наоборот. Это предопределяет экстремальный характер влияния комкуемости на эффективность процесса гранулирования в целом. Таким образом, оптимальное значение показателя комкуемости будет определяться строгим соотношением водно-физических и структурно-механических свойств комкуемой системы.

Для установления численных значений показателя комкуемости необходимо выразить комплекс водно-физических и структурно-механических свойств комкуемого материала через одинаковые показатели. Очевидно, такими показателями могут служить оптимальные значения рабочей влажности сырья, установленные, с одной стороны, по водно-физическим, а с другой - по структурно-механическим свойствам.

Многочисленными исследованиями и практикой окомкования различных дисперсных материалов установлено, что влажность комкуемого материала должна строго соответствовать его влагоемкости. Так, для хорошо комкующихся цементно-сырьевых смесей оптимум рабочей влажности совпадает со значением наименьшей капиллярной влагоемкости (НКВ).

Однако с ухудшением комкуемости оптимум рабочей влажности существенно превышает значение НКВ, а агрегация грубодисперсных, практически некомкующихся материалов, возможна лишь при влажностях, близких к максимальной капиллярной влагоемкости (МКВ). Рабочее значение влажности комкуемой шихты по водно-физическим свойствам ( $W_{в.ф}^p$ ) может быть определено по разности

$$W_{в.ф}^p = МКВ - НКВ \quad (I)$$

Эта влажность будет нижним пределом оптимального значения, обуславливающим возможный максимум прочности гранулята.

Вторым фактором, определяющим значение оптимума рабочей влажности, как указывалось выше, является пластичность комку-

емого материала. Грубозернистая часть реальных дисперсных материалов самостоятельно неспособна к коагуляционному структурообразованию и не обладает пластичностью. Только гидрофильные коллоидные и полуколлоидные частицы образуют коагуляционные структуры в водной среде. Эти активные фракции концентрируются в поровом пространстве формирующихся гранул, обеспечивая пластические деформации в комкуемой системе. С этих позиций целесообразно подразделение дисперсного материала на грубодисперсную непластичную каркасную часть и на активную пластичную поровую суспензию-пасту. Как известно, пластичность коагуляционных структур ( $\Psi$ ) можно выразить через отношение предельного напряжения сдвига ( $\theta$ ) к пластической вязкости ( $\eta_{пл.}$ ).

$$\Psi = \frac{\theta}{\eta_{пл.}} \quad (2)$$

Как показали исследования / 3,4 /, пластичность находится в экстремальной зависимости от концентрации твердой фазы в суспензии. Положение максимума пластичности на кривой зависимости ее от концентрации твердой фазы суспензии или, соответственно, от влажности суспензии, определяется коллоидно-химическими свойствами тонкодисперсной части комкуемого материала и природой жидкой фазы.

В формировании поровой суспензии участвует вся вода комкуемой системы ( $W^p$ ), за исключением прочно-связанной ( $M\Gamma_k$ ) гигроскопической воды каркаса гранул. Таким образом, влажность поровой суспензии может быть вычислена по разности:

$$W_{п.с.} = \frac{W^p - M\Gamma_k(1-x)}{x}, \quad (3)$$

где  $x$  - доля твердой фазы, содержащейся в поровой суспензии гранулята. Рабочая влажность комкуемой среды, соответствующая максимуму пластичности поровой суспензии ( $W_{пл.}^p$ ), в этом случае рассчитывается по уравнению

$$W_{пл.}^p = M\Gamma_k(1-x) + W_{п.с.} \cdot x, \quad (4)$$

где  $W_{п.с.}$  - влажность поровой суспензии при концентрации твердой фазы, соответствующей максимальной пластичности. Очевидно,  $W_{пл.}^p$  является верхним пределом оптимума влажности комкуемых материалов. Численное значение  $W_{п.с.}$  определяется из опытной экстремальной зависимости пластичности поровой

суспензии от концентрации в ней твердой фазы. Экспериментальное изучение этой зависимости осуществляется на ротационном вискозиметре РВ-8.

По отношению показателей рабочей влажности комкуемой системы можно оценивать склонность этой системы к окомкованию. Показатель комкуемости (К) выражается соотношением

$$K = \frac{W_{в.ф.}^p}{W_{н.л.}^p} \quad (5)$$

Численное значение этого показателя может изменяться в пределах от 0 до 1. Чем ближе значения  $W_{в.ф.}^p$  и  $W_{н.л.}^p$ , тем ближе к единице величина показателя комкуемости и тем лучше комкуется материал.

Знание параметров К,  $W_{в.ф.}^p$  и  $W_{н.л.}^p$  позволяет рассчитывать без проведения сложных и длительных прямых опытов окомкования оптимальную величину влажности комкуемой шихты  $W_{опт.}^p$  по уравнению

$$W_{опт.}^p = W_{в.ф.}^p + (W_{н.л.}^p - W_{в.ф.}^p)(1-K) \quad (6)$$

Более того, изучение факторов, определяющих величину показателей  $W_{в.ф.}^p$  и  $W_{н.л.}^p$ , являющихся критериями водно-физических и структурно-механических свойств комкуемых дисперсий, открывает практические пути повышения комкуемости, а следовательно, и эффективность процесса мокрого гранулирования.

#### Литература

1. В.М.Витюгин, А.С.Богма. Известия вузов. Черная металлургия, № 4, с. 18-22, 1969.
2. В.И.Коротич. Теоретические основы окомкования тонкозернистых железорудных концентратов. М., Металлургиздат, 1966.
3. А.А.Багров. Коллоидный журнал, № 4, с.486, 1968.
4. В.М.Витюгин, И.Н.Ланцман, П.Н.Докучаев. Бюллетень ЦИИИ черной металлургии, М., 22, с.32, 1971.

#### ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ КОРУНДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

П.Г.Усов, А.Т.Добролюбов

В настоящее время наряду с статическими методами иссле-