

# Основные свойства пылей



Промышленные пыли в зависимости от механизма их образования подразделяют на следующие 4 класса:

- **механическая пыль** - образуется в результате измельчения продукта в ходе технологического процесса;
- **возгоны** - образуются в результате объемной конденсации паров веществ при охлаждении газа, пропускаемого через технологический аппарат, установку или агрегат;
- **летучая зола** - содержащийся в дымовом газе во взвешенном состоянии несгораемый остаток топлива, образуется в процессе горения входящих в его состав минеральных примесей;
- **промышленная сажа** - входящий в состав промышленного выброса твердый высокодисперсный углерод, образуется при неполном сгорании или термическом разложении углеводородов.

# Плотность частиц

Различают истинную и насыпную (кажущуюся) плотность. Насыпная плотность (в отличие от истинной) учитывает воздушную прослойку между частицами пыли. При слеживании насыпная плотность возрастает в 1,2-1,5 раза.

Кажущаяся плотность представляет собой отношение массы частиц к занимаемому ею объему, включая поры, пустоты и неровности. Гладкие монолитные частицы имеют плотность, практически совпадающую с истинной. Пыли, склонные к коагулированию и спеканию, снижают кажущуюся плотность по отношению к истинной.

# *Форма и дисперсность частиц*

Размер частицы является основным ее параметром. Выбор пылеуловителя определяется дисперсным составом улавливаемой пыли.

Частицы промышленной пыли имеют различную форму (шарики, палочки, пластинки, иглы, чешуйки, волокна и т. д.). Частицы пыли могут коагулировать и объединяться в агломераты, поэтому понятие размера частицы условно. В пылеулавливания принято характеризовать размер частицы величиной, определяющей скорость ее осаждения.

Такой величиной служит седиментационный диаметр - диаметр шара, скорость осаждения и плотность которого равны скорости осаждения и плотности частицы. При этом сама частица может иметь произвольную форму. Пылевые частицы различной формы при одной и той же массе оседают с разной скоростью. Чем ближе их форма к сферической, тем быстрее они оседают.

Наибольший и наименьший размеры частиц характеризуют диапазон дисперсности данной пыли. Для характеристики дисперсного состава пыли всю массу пылинок разбивают на некоторые фракции, ограниченные частицами определенного размера с указанием, какую долю в процентах по массе (или по числу частиц) они составляют.

Дисперсный состав пыли изображается в виде интегральных кривых. Большинство промышленных пылей подчиняется нормально-логарифмическому закону распределения частиц по размеру:

$$D(d_p) = \frac{100}{\lg \sigma_p \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\lg d_p} \exp \left( -\frac{\lg^2 \frac{d_p}{d_m}}{2 \lg^2 \sigma_p} \right) d(\lg d_p)$$

где  $D(d_{\psi})$  - относительное содержание частиц меньше данного размера, %;

$Ig\sigma_{\psi}$  - среднее квадратическое отклонение в функции данного распределения;

$Ig(d_{\psi}/d_M)$  - логарифм отношения текущего размера  $d_{\psi}$  к медианному для данного распределения размеру  $d_M$ , который представляет собой такой размер, при котором число частиц крупнее  $d_M$  равно числу частиц мельче  $d_M$ .



# Адгезионные свойства частиц

Эти свойства частиц определяют их склонность к слипаемости. Повышенная *слипаемость* частиц может привести к частичному или полному забиванию аппаратов.

Чем меньше размер частиц пыли, тем легче они прилипают к поверхности аппарата. Пыли, у которых 60 – 70% частиц имеют диаметр меньше 10 мкм, ведут себя как слипающиеся, хотя те же пыли с размером частиц более 10 мкм обладают хорошей сыпучестью.

# По слипаемости пыли делятся на 4 группы:

Характеристика пыли	Вид пыли
Неслипающаяся	Сухая шлаковая, кварцевая; сухая глина
Слабослипающаяся	Коксовая; магнезитовая сухая; апатитовая сухая; доменная; колошниковая летучая зола, содержащая много несгоревших продуктов; сланцевая зола
Среднеслипающаяся	Торфяная, влажная магнезитовая; металлическая, содержащая колчедан, оксиды свинца, цинка и олова, сухой цемент; летучая зола без недожига; торфяная зола; сажа, сухое молоко; мука, опилки
Сильнослипающаяся	Цементная; выделенная из влажного воздуха; гипсовая и алебастровая; содержащая нитрофоску, двойной суперфосфат, клинкер, соли натрия; волокнистая (асбест, хлопок, шерсть)

Со слипаемостью тесно связана другая характеристика пыли - ее **сыпучесть**. Сыпучесть пыли оценивается по углу естественного откоса, который принимает пыль в свеженасыпанном состоянии.

# *Абразивность частиц*

Абразивность пыли характеризует интенсивность износа металла при одинаковых скоростях газов и концентрациях пыли. Она зависит от твердости, формы, размера и плотности частиц. Абразивность учитывают при расчетах аппаратуры (выбор скорости газа, толщины стенок аппаратуры и облицовочных материалов).

# *Смачиваемость частиц*

Смачиваемость частиц водой оказывает влияние на эффективность мокрых пылеуловителей, особенно при работе с рециркуляцией. Гладкие частицы смачиваются лучше, чем частицы с неровной поверхностью, так как последние в большей степени оказываются покрытыми абсорбированной газовой оболочкой, затрудняющей смачивание.

По характеру смачивания все твердые тела разделяют на три основные группы:

- 1) гидрофильные материалы - хорошо смачиваемые: кальций, кварц, большинство силикатов и окисленных минералов, галогениды щелочных металлов;
- 2) гидрофобные материалы - плохо смачиваемые: графит, уголь, сера,
- 3) абсолютно гидрофобные: парафин, тефлон, битумы.

# *Гигроскопичность частиц*

Способность пыли впитывать влагу зависит от химического состава, размера, формы и степени шероховатости поверхности частиц. Гигроскопичность способствует их улавливанию в аппаратах мокрого типа.

# Электрическая проводимость слоя пыли

Этот показатель оценивается по удельному электрическому сопротивлению слоя пыли  $\rho_{сл}$ , которое зависит от свойств отдельных частиц (от поверхностной и внутренней электропроводности, формы и размеров частиц), а также от структуры слоя и параметров газового потока. Оно оказывает существенное влияние на работу электрофильтров.



- В зависимости от удельного электрического сопротивления пыли делят на три группы:
- 1) низкоомные пыли  $\rho_{сл} < 10^4$  Ом см. При осаждении на электроде частицы пыли мгновенно разряжаются, что может привести ко вторичному уносу ;
  - 2) пыли с  $\rho_{сл} = 10^4 - 10^{10}$  Ом•см. Эти пыли хорошо улавливаются в электрофилт্রে, так как разрядка частиц происходит не сразу, а в течение времени, необходимого для накопления слоя;
  - 3) пыли с  $\rho_{сл} > 10^{10} - 10^{13}$  Ом см. Улавливание пылей этой группы в электрофилтрах вызывает большие трудности. Частицы пыли этой группы образуют на электроде пористый изолирующий слой.

# *Электрическая заряженность частиц*

Знак заряда частиц зависит от способа их образования, химического состава, а также от свойств веществ, с которыми они соприкасаются. Этот показатель оказывает влияние на эффективность улавливания в газоочистных аппаратах (мокрых пылеуловителях, фильтрах и др.), на взрывоопасность и адгезионные свойства частиц.

## *Способность частиц пыли к самовозгоранию и образованию взрывоопасных смесей с воздухом*

Горючая пыль вследствие сильно развитой поверхности контакта частиц с кислородом воздуха способна к самовозгоранию и образованию взрывоопасных смесей с воздухом. Интенсивность взрыва пыли зависит от ее химических и термических свойств, от размеров и формы частиц, их концентрации в воздухе, от влагосодержания и состава газов, размеров и температуры источника воспламенения и относительного содержания инертной пыли. Способностью к воспламенению обладают некоторые пыли органических веществ, образующиеся при переработке красителей, пластмасс, волокон, а также пыли металлов; магнезия, алюминия и цинка.

Минимальные взрывоопасные концентрации взвешенной в воздухе пыли - примерно 20-500 г/м<sup>3</sup>, максимальные - 700-800 г/м<sup>3</sup>. Чем больше содержание кислорода в газовой смеси, тем вероятнее взрыв и больше его сила. При содержании кислорода менее 16% пылевое облако не взрывается.

# Эффективность улавливания

Степень очистки (коэффициент полезного действия) выражается отношением количества уловленного материала к количеству материала, поступившего в газоочистной аппарат с газовым потоком за определенный период времени.

Эффективность очистки  $\eta$  определяют по формуле

$$\eta = \frac{G'_y - G''_y}{G'_y} = \frac{V'_z c' - V''_z c''}{V'_z c'} = 1 - \frac{V''_z c''}{V'_z c'} = \frac{G_y'''}{V'_z c'_{21}}$$

где  $G'_c$ ,  $G''_c$  - массовый расход частиц пыли, содержащейся в газах, соответственно поступающих и выходящих из аппарата, кг/с;  $V'_g$ ,  $V''_g$  - объемный расход газов (при  $0^\circ\text{C}$  и  $101,3$  кПа), соответственно поступающих и выходящих из аппаратов,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $c'$ ,  $c''$  - концентрация частиц в газах, поступающих и выходящих из аппарата соответственно,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $G_c'''$  - количество уловленной пыли, кг/с.

Если объем газов в процессе очистки изменяется, например, за счет подсоса, то эффективность

$$\eta = 1 - K_n \frac{c''}{c'}$$

где  $K_n$  – коэффициент подсоса.

Известно, что эффективность очистки для частиц пыли различных размеров неодинакова. Так как лучше улавливается крупная пыль, то коэффициент очистки газов часто определяют по фракционной эффективности – степени очистки газов от частиц определенного размера.

Фракционная эффективность

$$\eta_{\phi} = \frac{\Phi' - \Phi''(1 - \eta)}{\Phi'}$$

где  $\Phi'$ ,  $\Phi''$  – содержание фракций в газах соответственно на входе и выходе аппарата, %.



Зная фракционную степень очистки газов,  
можно определить общую  
эффективность аппарата

$$\eta = \frac{\eta_{\phi 1} \Phi_1}{100} + \frac{\eta_{\phi 2} \Phi_2}{100} + \dots + \frac{\eta_{\phi n} \Phi_n}{100}$$

Эффективность улавливания пыли может быть выражена в виде коэффициента проскока частиц (степени неполноты улавливания), который представляет собой отношение концентрации частиц за аппаратом к их концентрации перед ним. Его используют, когда надо оценить конечную запыленность или сравнить относительную запыленность газов на выходе из различных аппаратов.

Коэффициент проскока  $K_{пр}$  рассчитывают по формуле

$$K_{пр} = 1 - \eta$$

Суммарную степень очистки газов  $\eta$ , достигаемую в нескольких последовательно установленных аппаратах, рассчитывают по формуле

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n)$$

где  $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$  – степень очистки газов от пыли соответственно в первом, втором и  $n$ -ом аппарате.