Аэрозоль представляет собой дисперсную систему, в которой дисперсионной (сплошной) средой является газ, в частности, воздух, а дисперсной фазой - твердые или жидкие частицы. Наиболее мелкие (тонкие) аэрозольные частицы по размерам близки к крупным молекулам, а для наиболее крупных наибольший размер (до 100...200 мкм) определяется их способностью более или менее длительное время находиться во взвешенном состоянии.

Различают дисперсионные и конденсационные аэрозоли. Дисперсионные аэрозоли образуются при измельчении (диспергировании) твердых и жидких веществ, конденсационные - при конденсации насыщенных паров, а также в результате газовых реакций. Дисперсионные частицы обычно значительно грубее, чем конденсационные, обладают большей полидисперсностью, имеют неправильную форму. Конденсационные аэрозоли имеют часто правильную шарообразную или кристаллическую форму и при коагуляции, сливаясь, снова получают шарообразную форму.

На практике часто приходится встречаться с аэрозолями, включающими частицы как дисперсионного, так и конденсационного происхождения, обычно ультрамикроскопического размера.

Диспергированные вещества могут образовывать взвеси и истинные растворы не только в жидкой, но и в газообразной среде. Взвеси твердых и жидких частиц в жидкостях называют золями, в воздухе - аэрозолями. К аэрозолям относятся пыли, туманы и дымы.

Пыли представляют собой диспергированные вещества. Эта дисперсия может быть молекулярной и коллоидной до очень крупных размеров. Пылью обычно также называют совокупность осевших частиц (гель или аэрогель). Размеры пылевых частиц колеблются в пределах от 1 до 500 мкм.

Туманы - газообразная среда с жидкими частицами как конденсационными, так и дисперсионными, независимо от их дисперсности.

Дымы - конденсационные аэрозоли с твердой дисперсной фазой или включающие частицы и твердые, и жидкие.

Пыль может быть классифицирована по нескольким признакам, в том числе по своему происхождению, т.е. по материалу, из которого она образована.

В зависимости от происхождения различают пыль естественного происхождения и промышленную пыль.

Пыль естественного происхождения образуется в результате процессов, не связанных непосредственно с процессом производства, хотя во многих случаях имеется взаимосвязь между этим видом пылеобразования и хозяйственной деятельностью человека. К пыли естественного происхождения относят пыль, образующуюся в результате эрозии почвы, а также пыль, возникающую при выветривании горных пород, пыль космического происхождения и т.д. Естественное происхождение имеют органические пылевидные частицы - пыльца, споры растений. К образующейся в результате эрозии почвы, обветривания горных пород и т.п. близка по составу пыль, возникающая при выветривании строительных конструкций, дорог и других сооружений. С пылью естественного происхождения приходится сталкиваться, главным образом, при решении вопросов очистки приточного воздуха перед поступлением его в вентилируемые помещения.

Промышленная пыль возникает в процессе производства. Почти каждому виду производства, каждому материалу или виду сырья сопутствует определенный вид пыли. Многие технологические процессы направлены на получение различных материалов, состоящих из мелких частиц, например цемента, строительного гипса, муки и т.д. Совокупность этих частиц правильно называть пылевидным материалом. Соответствующей пылью (например, цементной, мучной и т.д.) обычно называют наиболее мелкие частицы этих материалов, разносимые потоками воздуха. Большая часть видов пыли возникает в результате процессов, связанных с обработкой материалов (резание, шлифование и т.п.), их сортировкой и транспортированием (погрузка, разгрузка и т.п.).

В зависимости от материала, из которого пыль образована, она может быть органической и неорганической.

Органическая пыль бывает растительного (древесная, хлопковая, мучная, табачная, чайная и т.д.) и животного (шерстяная, костяная и др.) происхождения.

Неорганическая пыль подразделяется на минеральную (кварцевая, цементная и др.) и металлическую (стальная, чугунная, медная, алюминиевая и др.).

Значительная часть промышленных пылей - смешанного происхождения, т.е. состоит из частиц неорганических и органических или, будучи органической, включает в себя частицы минеральной и металлической пыли. Например, зерновая пыль, кроме частиц, образующихся при измельчении зерна, содержит также минеральные частицы, попавшие в массу зерна при выращивании и сборе урожая. Пыль, выделяющаяся при шлифовании металлических изделий, кроме металлических частиц, содержит минеральные частицы, образующиеся при взаимодействии обрабатываемого металла и орудий его обработки (абразивного круга и т.д.). Это нужно учитывать при выборе методов очистки и пылеулавливающего оборудования.

Состав взвешенных частиц характеризуют концентрацией и дисперсностью. Концентрацию дисперсной фазы чаще всего представляют как массу частиц в единице объема дисперсионной фазы. Аэрозоли обычно полидисперсны, т.е. содержат частицы различных размеров.

Дисперсность - степень измельчения вещества. Под дисперсным (зерновым, гранулометрическим) составом понимают распределение частиц аэрозолей по размерам. Он показывает, из частиц какого размера состоит данный аэрозоль, и массу или количество частиц соответствующего размера.

Дисперсность в значительной мере определяет свойства аэрозолей. В результате измельчения изменяются некоторые свойства вещества и приобретаются новые. Это вызвано, в основном, тем, что при диспергировании вещества многократно увеличивается его суммарная поверхность. Например, при измельчении тела, имеющего форму куба и размеры 10 х 10 х 10 мм, и превращении его в частицы кубической формы размером 1 мкм суммарная поверхность материала возрастет в 10 000 раз и станет равной 6 м2 (вместо 600 мм2).

В результате резкого увеличения суммарной поверхности вещества повышается поверхностная энергия, что влечет за собой увеличение физической и химической активности. Очень быстро и интенсивно протекают реакции окисления этих веществ. О повышении физической активности говорит, например, то, что измельченные вещества растворяются во много раз быстрее, чем исходный материал.

Мелкодисперсная пыль осаждается значительно медленнее, а особо мелкодисперсная пыль практически вовсе не осаждается. Рассеивание пылевых частиц в воздухе в значительной мере определяется дисперсным составом пыли. Выбор пылеулавливающего оборудования решается главным образом на основании дисперсного состава пыли.

Имеется несколько способов выражения размеров пылевых частиц: по диаметру частицы; по размеру в свету наименьших размеров ячеек сита, через которые проходят данные частицы; по диаметру шарообразных частиц, имеющих такую же массу; по наибольшему линейному размеру частиц неправильной формы; по диаметру условных шарообразных частиц, обладающих при одинаковой плотности скоростью витания, равной скорости витания данной пылевой частицы. Точно размер частицы может быть выражен диаметром шарообразной частицы. Однако частицы такой формы практически не встречаются, поэтому для выражения размера частицы пользуются понятиями эквивалентный диаметр, седиментационный диаметр и др.

Эквивалентный диаметр частицы неправильной формы - диаметр шара, объем которого равен объему частицы, или диаметр круга, площадь которого одинакова с площадью проекции частицы.

Седиментационный диаметр частицы - диаметр шара, скорость оседания и плотность которого соответственно равны скорости оседания и плотности частицы неправильной формы.

Интервал дисперсности аэрозольных частиц весьма велик: от 10-7 до 1 см. Нижний предел определяется возможностью длительного самостоятельного существования весьма малых частиц; верхний предел ограничен тем, что крупные частицы весьма быстро осаждаются под действием сил тяжести и во взвешенном состоянии практически не наблюдаются.

Весь диапазон размеров частиц разбивают на фракции. Фракция объединяет частицы, находящиеся в пределах одного интервала размеров рекомендуемой шкалы. Например, применяют следующую шкалу размеров пылевых частиц: 1 - 1,3 - 1,6 - 2,0 - 2,5 - 3,2 - 4,0 - 5,0 - 6,3 - 8,0 - 13 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 мкм.

Дисперсный состав пыли представляют в виде таблицы или графика. Распределение пыли по фракциям в процентах от обшей массы приведено ниже.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Размер частиц на границах фрак­ций, мкм ... | < 1,5 | 1,5... | 2,5... | 5... | 7,5... | 10... | 15... | 25... | 35... | >50 |
|  | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 50 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Фракции, % от об­щей массы час­тиц | 2,19 | 3,73 | 7,89 | 13,16 | 15,45 | 21,13 | 18,63 | 6,06 | 5,1 | 6,66 |

Совокупность всех фракций аэрозоля называют фракционным составом его дисперсной фазы, которую можно представлять графически. Откладывая по оси абсцисс значения интервалов, составляющих фракции, а по оси ординат - доли или процентные содержания частиц соответствующих фракций, получают гистограммы - ступенчатые графики фракционного состава. С уменьшением интервалов фракций гистограммы приближаются к плавным кривым. Иногда такие кривые бывают близки по форме к кривой нормального распределения случайных величин, которая описывается двумя параметрами - средним диаметром частиц Dm и стандартным отклонением σ от него:

http://studme.org/imag/ecolog/vet_tozos/image003.jpg (2.1)

где *Mi* - число частиц в *i*-й фракции.

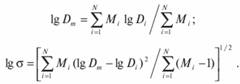
Результаты определения дисперсного состава могут быть представлены в виде таблицы, в которой приведены проценты массы или числа частиц, с размерами меньше или больше заданного (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Фракции пыли с частицами меньше или больше заданного размера

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Размер частиц d, мкм | 1,5 | 2,5 | 4 | 7 | 10 | 15 | 25 | 50 |
| Масса частиц больше d, % | 97,81 | 94,08 | 86,19 | 70,74 | 49,61 | 30,98 | 17,82 | 6,66 |
| Масса частиц меньше d, % | 2,19 | 5,92 | 13,81 | 29,26 | 50,39 | 69,02 | 82,18 | 93,34 |

Теоретически обосновано, что дисперсность пыли, образующейся при измельчении материала в течение достаточно длительного времени, подчиняется логарифмически нормальному закону распределения.

Кривую логарифмически нормального распределения также можно задать двумя параметрами - логарифмами среднего диаметра и стандартного отклонения от него:

 (2.2)

Интегральные кривые нормального и логарифмически нормального распределений имеют форму интеграла вероятностей, что позволяет использовать таблицы его значений во всех расчетах, связанных с распределением частиц аэрозоля по размерам.

Все пыли в зависимости от дисперсности подразделяются на пять групп (ГОСТ 12.2.043 - 80): I - наиболее крупнодисперсная; II - крупнодисперсная; III - среднедисперсная; IV - мелкодисперсная; V - наиболее мелкодисперсная пыль.

Дисперсность аэрозолей характеризует также медианный диаметр. Медианным (средним) диаметром d50называют такой размер частиц, по которому массу аэрозоля можно разделить на две равные части: масса частиц мельче d50 составляет 50% всей массы пыли, так же как и масса частиц крупнее d50.

Плотность - масса единицы объема, кг/м3. Различают истинную, кажущуюся и насыпную плотность частиц пыли.

Истинная плотность представляет собой массу единицы объема вещества, из которого образована пыль.

Кажущаяся плотность - это масса единицы объема частиц, включая объем закрытых пор. Кажущаяся плотность монолитной частицы равна истинной плотности данной частицы.

Насыпная плотность - масса единицы объема уловленной пыли, свободно насыпанной в емкость. В объем, занимаемый пылью, входят внутренние поры частиц и промежуточное пространство между ними.

Слипаемость пыли - склонность частиц к сцеплению друг с другом, определяемая аутогезионными (когезионными) свойствами. Взаимодействие пылевых частиц между собой называется аутогезией. Аутогенным воздействием вызывается образование конгломератов пыли. Взаимодействие пылевых частиц с поверхностями называется адгезией.

Слипаемость обусловлена силами электрического, молекулярного и капиллярного происхождения. Устойчивая работа пылеулавливающего оборудования во многом зависит от слипаемости пыли. В качестве показателя слипаемости принимают прочность пылевого слоя на разрыв Р, Па. По степени слипаемости пыли разделяют на четыре группы (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Слипаемость пыли

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группа сли­паемости | Разрывная прочность слоя пыли Р, Па | Некоторые виды пыли данной группы |
| I | Неслипающиеся, Р < 60 | Доломитовая, глиноземная, шлаковая |
| II | Слабослипающиеся, Р = 60...300 | Коксовая, доменная, апатито­вая |
| III | Среднеслипающиеся, Р = 300...600 | Несхватывающиеся влажные пыли, цементная, торфяная, ме­таллическая, мучная, пыль с максимальным размером частиц 25 мкм |
| IV | Сильнослипающиеся, Р > 600 | Влажные схватывающиеся пыли, цементная, гипсовая, во­локнистые пыли (асбестовая, хлопковая, шерстяная); все пыли с частицами размером не более 10 мкм |

Наличие схватывающихся пылей в составе загрязнителей указывает на возможность химических реакций между компонентами выбросов. Считают, что для влажной пыли степень ее слипаемости должна быть увеличена на один уровень. Слипаемость возрастает с уменьшением размера частиц.

Смачиваемость пыли. На смачивании пыли распыленной водой основано мокрое пылеулавливание. Смачиваемость дисперсных загрязнителей в определенной мере влияет на выбор средств очистки. Так, мокрые способы очистки не эффективны для плохо смачиваемых пылей.

Электрические свойства оказывают значительное влияние на поведение пыльевых частиц. Электрические силы во многом определяют процесс коагуляции, устойчивость пылевых агрегатов, взрывоопасность пыли, ее воздействие на живые организмы. Данные об электрических свойствах улавливаемой пыли используются для оптимизации работы электрофильтров, эффективность и устойчивость которых непосредственно зависят от этих свойств. Основные электрические свойства пыли - удельное электрическое сопротивление и электрический заряд пыли.

Удельное электрическое сопротивление (УЭС) характеризует электрическую проводимость слоя пыли. УЭС равно сопротивлению прохождения электрического тока через куб пыли со стороной, равной 1 м (Ом · м). По значению УЭС пыль можно разделить на три группы: хорошо проводящая - < 102 Ом · м, со средней проводимостью 102...108-9Ом·м, высокоомная > 108-9 Ом·м. Электрическое сопротивление пыли обусловлено поверхностной и объемной проводимостью. Поверхностный слой пылинок по своим электрическим свойствам отличается от основной массы вследствие того, что на поверхности адсорбируются влага и газы. Объемная (внутренняя) проводимость определяется проводимостью материала частицы. УЭС пыли зависит также от химического состава, размера и упаковки частиц.

Горючесть и взрываемость пыли. Способность образовывать с воздухом взрывоопасную смесь и способность к воспламенению являются важнейшими отрицательными свойствами многих видов пыли.

Такие вещества, как зерно и сахар, хотя и способны сгорать при определенных условиях, не являются взрывоопасными веществами. Но приведенные в пылевидное состояние они становятся не только пожаро-, но и взрывоопасными. Многие виды пыли образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые способны взрываться. Пыль, находящаяся во взвешенном состоянии в воздухе помещений, взрывоопасна. Осевшая пыль (гель) пожароопасна. Однако при определенных условиях осевшая пыль способна переходить во взвешенное состояние, образуя взрывоопасные смеси.

Коагуляция аэрозолей. Аэрозоль - неустойчивая система. Он подвержен постоянным изменениям. С течением времени в аэрозоле происходит укрупнение взвешенных частиц. Этот процесс носит название коагуляции (агрегирования, агломерации); он происходит в результате взаимодействия частиц под влиянием различного рода физических факторов. Параллельно с процессом образования агломератов происходит процесс разрушения образовавшихся укрупненных частиц.

Коагуляция взвешенных в газах частиц существенно влияет на эффективность действия пылеулавливающих устройств. С точки зрения обеспыливания воздуха (газов) коагуляция - положительное явление, так как благодаря укрупнению пылевых частиц повышается эффективность их улавливания. Мелкодисперсная пыль, плохо или совсем не улавливаемая в более простых аппаратах, может быть задержана ими после коагуляции. Соединение и укрупнение частиц происходит при слипании их вследствие столкновения под действием гравитационных сил, сил инерции, броуновского движения, взаимного притяжения и т.д. Наибольшая роль в коагуляции принадлежит молекулярным силам и силам электрического притяжения.

Коагуляция будет происходить тем интенсивнее, чем больше вероятность столкновения аэрозольных частиц. Мелкие частицы в большей степени подвержены коагуляции, чем крупные. Ускоряется также коагуляция при повышении концентрации пылевых частиц в газовой среде.

Различают естественную коагуляцию, когда этот процесс происходит под действием естественных сил, т.е. в основном за счет броуновского движения и гравитационных сил, и искусственную, когда этот процесс интенсифицируют, применяя дополнительные факторы, например турбулизацию запыленного потока, его искусственную ионизацию и акустическую обработку. Процесс коагуляции в результате ускоряется во много раз, так как вероятность столкновения и взаимодействия частиц во много раз увеличивается.

Скорость коагуляции аэрозольных частиц подчиняется закону

1/n - 1/n0 = Ккτ, (2.3)

где n - концентрация частиц в некоторый момент времени τ (с), 1/м3; n0 - начальная концентрация частиц, 1/м3; Кк - константа коагуляции, м3/с.

Скорость убывания счетной концентрации частиц в результате процесса коагуляции определяется из выражения

N = - dn/dτ = - Ккn2 (2.4)

где N - скорость коагуляции, соответствует числу встреч частиц в единице объема в единицу времени, 1/(м3 · с).

Из выражения (2.3) следует, что в начальный момент, когда концентрация частиц велика, коагуляция происходят с большей скоростью, но затем ее скорость быстро падает.