

Обеспечение безопасности при производстве взрывоопасных порошков

«Если ты не можешь что-то предотвратить, то ты должен это возглавить».

От редакции сайта:

Некоторые материалы в порошковом виде могут сверхбыстро окисляться в воздушной среде с образованием взрыва. Это такие материалы, как магний, алюминий, сера, целлюлоза и другие. Обычно, чем больше развитая поверхность горючих частиц (меньше крупность частиц порошка), тем быстрее окисление и выше взрывоопасность пылевоздушной смеси. Помол материалов в жидкой среде (воде) с целью уменьшения взрывоопасности не всегда возможен. К тому же экономика страдает вследствие требования последующей сушки. Сухой помол возможен, но необходимо обеспечить защиту персонала и оборудования на случай нештатной ситуации. Вопросам техники и технологии взрывозащиты при производстве взрывоопасных порошков и посвящена данная статья. Стоит отметить, что общих знаний для применения описанной техники недостаточно. Требуется обращение к компетентным производителям такого оборудования, которые могут сделать соответствующий расчет и оптимизацию размещения специальных устройств в конкретную линию для производства порошков.

Содержание:

1. Введение

- задачи системы безопасности при взрыве
- виды защиты
 - подавление взрыва
 - предотвращение распространения взрыва
 - освобождение взрыва
 - сочетание видов защиты

2. Системы подавления взрыва

3. Системы изоляции взрыва

- взрывозапорные клапана

4. Механические системы изоляции взрыва

5. Система химической защиты от распространения взрыва

6. Системы освобождения давления взрыва

- мембранные клапана
- вывод энергии взрыва наружу

7. Обнаружение, контроль и управление устройствами взрывозащиты

- требование к интеллектуальной панели управления взрывозащитными устройствами

1. Введение

Способ защиты от взрыва зависит от типа взрывоопасной атмосферы. Специфика пылевоздушных и пылегазовых взвесей и взрывоопасных атмосфер из воздуха (кислорода) и горючих порошков требует особых мер защиты.

Задачи системы безопасности при взрыве

Защита от взрывов горючей пыли в оборудовании должна обеспечить целостность конструкций и безопасность для здоровья и жизни персонала. Немаловажной задачей также является предотвращение так называемого вторичного взрыва, гораздо сильнее инициирующего. Вторичный взрыв представляет собой взрыв порошка, который первым взрывом перешел из

состояния «лежалого» порошка в пылевоздушное состояние с образованием существенно большей поверхности, доступной для окисления.

Методы защиты

Защита от взрыва пылевоздушных смесей состоит в изоляции объемов с взрывоопасной атмосферой таким образом, чтобы взрыв не распространился на соседние устройства, а поток штатного давления и температуры при этом проходил свободно в сторону безопасного (для людей и оборудования) пространства.

Или наоборот, защита направляется на отделение оборудования с взрывоопасной атмосферой от внешнего пространства, чтобы источники воспламенения не проникли внутрь других элементов производственных линий и помещений.

Подавление огня осуществляется устройствами, называемыми **пламегасителями**.

Распространение огня предотвращается **огнепреградителями**, пропускающими нормальный поток и останавливающими пламя.

Таким образом, обеспечение безопасности сводится к определенному набору оборудования, технологий и автоматизации, которые можно свести к следующим процедурам:

- подавление взрыва
- предотвращение распространения взрыва
- освобождение взрыва (освобождение избыточного давления)

Рассмотрим эти процедуры подробнее.

Подавление взрыва представляет собой снижение давления взрыва внутри оборудования сверхбыстрым подавляющим устройством. В первую очередь к ним относятся устройства снижающие концентрацию кислорода, что обеспечивает снижение окисления (горения) порошков.

Предотвращение распространения взрыва представляет собой защиту от пламени или давления с пламенем, распространяющихся от места возгорания на другие части оборудования. Как уже отмечалось, предотвращение осуществляется посредством пламепреградителей и взрывопреградителей.

Освобождение взрыва представляет собой систему для снижения давления взрыва путем освобождения его во внешнюю среду. Освобождение осуществляется

- специальными мембранами, которые встраиваются в оборудование (мельницы, циклоны, продуктопроводы и т.п.),
- специальными устройствами по выводу энергии взрыва и избыточного давления в атмосферу или за пределы производственной зоны.

Сочетание видов защиты представляет собой сумму систем (освобождение взрыва + предотвращение распространения или подавление взрыва + освобождение избыточного давления), которые решают задачи обеспечения безопасности, поставленные выше.

Комбинированные системы защиты

Комбинированные системы защиты применяются в случаях, когда какой-либо один вид не способен обеспечить полную безопасность.

Например, систему освобождения взрыва сочетают с устройствами пламеподавления в случае, когда распространение пламени происходит по трубопроводу, соединяющем устройства, защищенные только мембранами.

Другой пример, когда систему освобождения взрыва сочетают с пламепреградителями. Этот вариант применяется в тех случаях, когда распространение пламени и давления взрывной волны происходит по трубопроводу, соединяющему устройства, защищенные только мембранами или ничем не защищены. В этом случае силой взрывной волны может быть нанесен вред здоровью персонала.

Сочетание подавителя взрыва и пламепреградителя применяется в случаях, когда распространение взрыва не может быть остановлено только подавителем взрыва, из-за невозможности расположить пламепреградитель в начале трубопровода.

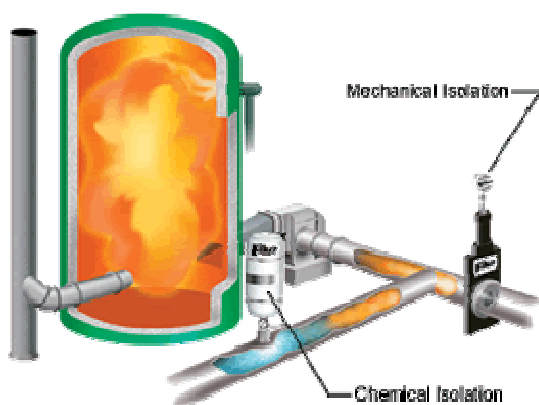


Рис.1. Общая схема взрывозащиты

Таким образом, общая система управления рисками должна включать в себя различные способы для предотвращения нежелательных последствий взрыва.

Не смотря на то, что важнейшим фактором любого производства является минимизация затрат, более серьезными факторами (которые, впрочем, тоже имеют свою экономическую составляющую) являются:

- безопасность персонала,
- минимизации разрушения оборудования,
- минимизация времени простоя.

Важное замечание.

Не стоит забывать и о том, что системы освобождения взрыва малоэффективны, когда нет абсолютной уверенности в том, что у взрывной волны нет иного пути, кроме защитных мембран. Для этого технологическое оборудование для производства порошков изготавливают во взрывозащищенном исполнении, что означает, что оно должно выдерживать повышенное внутреннее давление (обычно, не менее 10 бар.).

2. Система подавления взрыва

Для определения взрыва на ранней стадии его зарождения на измельчительной

линии должна быть установлена соответствующая диагностическая аппаратура. Такие устройства должны очень быстро диагностировать световую вспышку и изменение давления. После того, как взрыв определен, в защищаемый объем в течение нескольких миллисекунд впрыскивается взрывоподавляющий агент. Это останавливает нарастание давления и гасит пламя взрыва. Так как устойчивость к давлению всегда больше, чем реальное давление – устройство не повреждается.

Таким образом, минимизация последствий взрыва начинается с системы, состоящей из датчиков взрыва (световых и давления), блока управления и микропроцессора, а заканчивается взрывоподавляющими элементами (баллонами высокого давления с огнетушащим веществом и клапаном сверхбыстрого открытия).

Безопасная эксплуатация таких устройств основана, как правило, на механизмах, в которых не используются детонаторы для срабатывания.

Для пищевой и фармацевтической промышленности также требуется использовать соответствующий сертифицированный пламегасящий агент. Агент для подавления взрыва металлической пыли также должен быть сертифицирован.

3. Системы изоляции взрыва

Взрывозапорные клапана

Технологическое оборудование в линии производства порошков обычно соединено продуктопроводами, представляющими собой, как правило, трубы. Во время взрыва в замкнутом объеме самое главное предотвратить его передачу на другое оборудование по трубам. Ведь, в случае передачи возникает эффект вторичных взрывов, зачастую сильнее первичного, потому что взрывная волна поднимает пыль в воздух, повышает ее концентрацию. А продуктопроводы как раз и насыщены пылевоздушной смесью. При этом пламя взрыва – наилучший инициатор следующего взрыва.



Рис.2. Взрывозапорные клапана
(клапана, закрываемые энергией взрыва - давлением)

В отличие от активных запорных клапанов, такие клапана, работают от энергии взрыва и не подключены к электричеству, детекторам и системам управления. Они предназначены для закрытия (в течение миллисекунд), обеспечивая механический барьер против пламени и давления. Для предотвращения вторичных взрывов скорость и надежность этих клапанов являются важнейшими факторами.

Взрывозапорный клапан препятствует распространению пламени и давления (в обоих направлениях), эффективно предотвращая взрыв, проходящий по технологическим трубопроводам и воздухопроводам. Корпус клапана обычно состоит тяжелого литого корпуса, содержащего полимерный рукав. В случае взрыва сжатый воздух проходит на высокой скорости по продуктопроводу (воздуховоду) и в течение миллисекунд рукав “схлопывается” до полного перекрытия отверстия, предотвращая распространение взрыва за клапан. Взрывозапорные клапана используются в сочетании с другими элементами взрывозащиты системы таким образом, чтобы наиболее экономичным способом предотвратить распространение выброса пламени

Другим способом воспрепятствовать распространению взрыва является его механическая изоляция обратным клапаном-думпером.

4. Механические системы изоляции взрыва

Опыт использования взрывозащищающих устройств показал, что для предотвращения распространения огня из одной части процесса к другому, оптимально сочетание быстродействующей взрывозапорной арматуры и/или химических барьеров.

Механические взрывозапорные клапана предполагают использование механические клапаны уникального дизайна, которые обеспечивают реальный физический барьер для предотвращения распространения взрыва по продуктопроводам. Такие клапана выпускают несколько компаний применительно к конкретной области использования.

Для механического преграждения взрыва используются специальные клапаны, которые предохраняют систему от распространения пламени и давления взрыва в сторону, противоположную потоку нормальной эксплуатации.

Механический способ отделяет взрыв посредством обратного клапана. Такой клапан пропускает нормальный поток в одном направлении, однако, возникшее давление с другой стороны закрывает его. Это препятствует не только распространению пламени, но и давления

Такая система проста, не нуждается в обслуживании и очень надежна. Она может использоваться там, где присутствуют люди. Поставив клапан, например, перед циклонным фильтром, можно далее использовать легкие трубы из пластика, алюминия, и т.п., что значительно удешевляет общую стоимость линии.

Типичным местом установки такого клапана можно назвать место подвода трубы (продуктопровода) к фильтру. В этом случае клапан предотвращает распространения взрыва в фильтр, который засасывает пыль.

Другой распространенный пример – система пневмотранспорта, которая используется, например, для заполнения силосных бункеров (с готовой или промежуточной продукцией помола).



Рис.3. Обратный клапан



Рис.4.Механический клапан

Требования к механическим клапанам:

- сертификация
- комплектация электронным выключателем и индикатором
- выбор типоразмеров от 100 до 500 мм
- не снижает давление при штатном режиме
- высокая устойчивость к давлению
- минимальные расстояния установки (минимальная длина самого клапана)
- низкая стоимость пусконаладочных работ и эксплуатации
- нет ограничений по концентрации пыли и скорости потока

5. Система химической защиты от распространения взрыва



Рис.5. Химические запорные клапана

Химическая взрывоизоляция достигается с помощью быстрого разряда (выпуска) химического пожаротушающего вещества из специальной емкости (баллона). Цель – подавить горение и предотвратить распространение пламени. Взрывной детектор инициирует открытие клапана и освобождение пожаротушающего компонента, который предотвращает распространение огня и горящих материалов.

Данная химическая защита сверхбыстрой разрядки также известна, как HRD – High Rate Discharger Barrier. В случае взрыва его световые и барометрические показатели детектируются сенсорами и тушащее вещество впрыскивается в трубопровод, подавляя взрыв.

Таким образом, после срабатывания датчиков на пламя или давление взрывной волны, тушащее вещество мгновенно впрыскивается в трубопровод, предотвращая распространение взрыва по нему (химическое подавление взрыва). Химическое подавление особенно необходимо в случаях:

- когда взрыв может произойти с обеих сторон трубы
- когда труба не круглая
- когда диаметр трубы превышает 500 мм

В составе системы HRD нужно выделить:

- оптические датчики,
- датчики давления,
- блок управления,
- взрывоподавляющий элемент(ы) с тушащим веществом.

Очевидно, что системы пожаротушения, построенные на инертных газах (углекислый, аргон и другие) при всей эффективности все-таки требуют подать в систему до 50% объема дополнительного агента. Это может привести к сильному повышению внутреннего давления, которое повредит оборудование, если дополнительный газ (агент) не будет вымещаться в другой объем. Поэтому при прочих равных, стоит выбирать тот агент, которого необходимо меньше (по объему) для получения достаточного эффекта пожароподавления.

Требования к системе химической защиты от распространения взрыва:

- сертификация (пламегасящий агент должен быть сертифицирован для конкретных целей: пищевой, фармацевтической промышленности или для подавления взрыва металлической пыли).
- экологичность (огнегасящая смесь должна наносить минимальный вред окружающей среде)
- специально подобранная для данного измельчаемого материала смесь инертных газов и огнегасящего агента
- высокая надежность и постоянный контроль параметров функционирования
- высокая вариативность сочетаний элементов системы и монтажа устройства на защищаемом оборудовании
- минимальная стоимость пусконаладочных работ
- минимальное место для размещения
- безопасная эксплуатация (не используются детонаторы для срабатывания)
- расчетная равномерная, но ограниченная скорость истечения инертного газа из сопла (регулируется редуктором и специальным клапаном), чтобы не создавать в системе дополнительного избыточного давления. Эта постоянная скорость истечения позволяет использовать трубопроводы меньшего диаметра и более низкого давления (то есть более дешевые). Что особенно важно для достаточно протяженных систем вентиляции.

6. Системы освобождения давления взрыва



Рис.6



Рис.7



Рис.8



Рис.9

Рис.6, 8-Испытание беспламенного освобождения взрыва

Рис.7 -Внешний вид устройства беспламенного освобождения взрыва

Рис.8 -Выход взрыва 200 кг кукурузного крахмала через 24-дюймовое отверстие
Рис.9 -Испытание по усл.рис.2, но с использование дополнительного объема для снижения энергии (давления) освобождаемого взрыва

Система освобождения давления взрыва обычно осуществляется посредством мембран (также называют защитные или взрывные мембраны) прямоугольной или круглой формы, произведенные из различных материалов

Системы освобождения взрыва работают следующим образом. После достижения определенного уровня давления внутри защищаемой области, срабатывает предохранитель (клапан, содержащий мембрану, изготовленную для разрыва под определенным заданным давлением). Открытие мембраны позволяет избыточному давлению выйти наружу. То есть в случае взрыва, взрывная волна, пламя, горячая и негорячая пыль выбрасываются наружу. В таком случае конструкция и оболочка защищаемого объема подвергается гораздо меньшему воздействию давления, чем незащищенная конструкция.

Если система освобождения давления взрыва сделана правильно, давление, остающееся после открытия мембран, гораздо ниже предельных показателей и не приводит к повреждению оборудования.

Мембранные клапаны выпускаются различными компаниями и имеют достаточно широкий ассортимент типоразмеров и прочностей на разрыв. От компаний-производителей требуется гибкость в подходе к решению задачи, широкий спектр материалов и возможность технической экспертизы материалов и конструкций (желательно в собственной лаборатории).

В вопросе подбора решений для конкретного случая важны следующие факторы:

- тип сброса давления
- применение
- условия эксплуатации (требования к опасности утечки и др.)
- конфигурация входа\выхода
- технические требования к мембране клапана (разрывное давление, температура, время отклика, требования к расходу через отверстие и к материалу мембраны)

Следующим уровнем прохождения пламени (энергии взрыва) после разрыва мембранного клапана является отвод энергии взрыва в безопасное место. Во время установки соответствующих устройств, принципиально важно соблюдать следующее правило: такой вид защиты возможен, только если можно сделать соответствующую зону безопасности, куда будет закрыт доступ персонала и нет никаких препятствий для выхода продуктов взрыва через мембрану.

Пламя под давлением, выходящее из защищаемого объема, не должно наносить ущерб зданиям или оборудованию (стеклам окон, ЛВС, деревянным паллетам и т.п.) Нужно понимать, что использование системы освобождения давления взрыва означает, что взрыв будет протекать без всякого вмешательства. Поэтому при ненадлежащем исполнении пламя может распространиться на несгоревшую пыль, вызывая вторичные взрывы. Для предотвращения этого, данную систему для наилучшего результата необходимо комбинировать с системами изоляции взрыва.

Вывод энергии взрыва в вентиляционные отверстия (наружу) - одно из самых экономичных, практических и удобных решений для предотвращения последствий взрывов, реализующих свой опасный потенциал через повышение давления.

Однако, часто бывает, когда необходимо размещать технологическое оборудование в помещении так, что вывод энергии взрыва наружу затруднен или невозможен. Тогда используют вывод взрыва в больший объем (соседнее помещение, специальную цистерну, просто в огороженную сторону, постоянно свободную от персонала и объектов, способных разрушиться).

Для этого решения предназначены устройства с квадратным/прямоугольным отверстием.

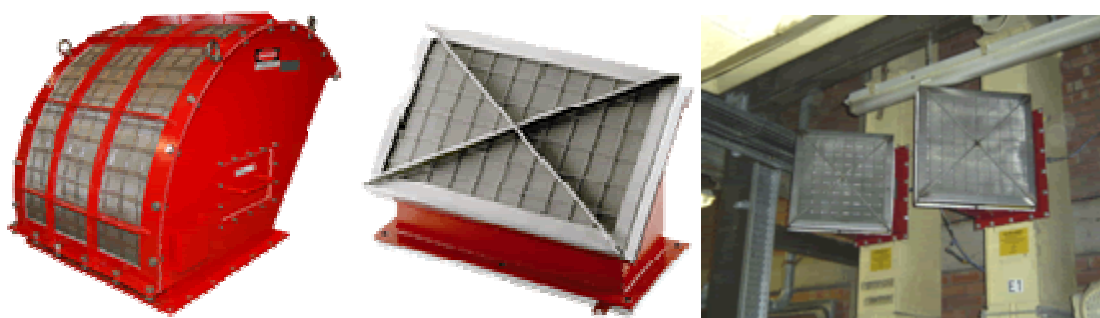


Рис.10. Устройства вывода беспламенного взрыва наружу

Вывод выполнен в виде многослойной сетки из нержавеющей стали, стойкой к высокой температуре, поглощающей тепло, выделяющееся при горении. Это позволяет устанавливать такой вывод (с подавленным пламенем) в помещении.

Требования к системам освобождения давления взрыва:

- сертификация
- желательно полностью из нержавеющей стали
- конструкция из нескольких (2-3) слоев для долговременной эксплуатации и хороших эксплуатационных характеристик
- высокая точность и надежность срабатывания (разрыв мембран от давления, гашение пламени в устройстве вывода взрыва)
- минимальные затраты на установку и эксплуатацию
- быстрый, легкий и экономичный возврат в эксплуатацию после взрыва

7.Обнаружение, контроль и управление устройствами взрывозащиты

Чем меньше время срабатывания устройств взрывозащиты, тем меньше ущерб от взрыва можно получить. Напрасливается временной интервал в несколько секунд. Однако, в случае пожара, несколько секунд – это уже целая вечность. Когда дело доходит до потенциального повреждения огнем, дымом, взрывом критически важных активов (люди, оборудование, материалы, помещение) требуется значительно меньшее время отклика.

Кроме собственно диагностики нештатной ситуации (загорание, взрыв) требуется очень быстрое принятие оптимальных решений и их очень быстрая реализация. Это возможно на современном уровне автоматизации с помощью соответствующей интеллектуальной панели управления, входящей в шкаф управления измельчительным комплексом или размещаемой отдельно.

В первую очередь это означает, что каждый модуль и датчик противопожарной (противовзрывной) защиты способен управляться такой панелью на уровне партнера, а также обмениваться информацией с другими моделями и датчиками. Такое решение позволяет снизить время отклика до десятой и даже сотой доли секунды.

Поэтому выбирая при прочих равных из систем взрывозащиты, требуется исходить из наличия в системе такого управляющего ею блока, который обеспечивает:

- минимизацию времени отклика,
- генерацию системой подробной и точной информации,
- возможность подключения и обработка сигнала от множества датчиков,
- минимум 2 сигнальные линии от каждого датчика к управляющей панели,
- наличие звукового и светового сигнала тревоги для персонала,
- автономное питание (низковольтное),
- модульность (возможность увеличения и усложнение системы – важно для малых производств),
- наличие вывода важнейших параметров на ЖК-дисплей для анализа состояния готовности системы,
- возможность увеличения дистанции для размещения управляющей панели (вывод ее за пределы линии).
- удобный интерфейс настройки и диагностики системы.