

TRANSPORT I MAGAZYNOWANIE MATERIAŁÓW SYPKICH

Ing. Tadeáš Podstawka, Ph.D.

Prezes

IHAS Sp. z o.o. Spółki

Łukasz Zawadzki

Dyrektor Zarządzający

IHAS Sp. z o.o.

Efektywny transport wraz z magazynowaniem materiałów sypkich powinien spełniać szereg wymagań m.in. zużywać niewiele energii, nie zajmować dużo miejsca oraz ograniczać pylenie produktu, które ma istotny wpływ na bezpieczeństwo procesowe. Ograniczenie pylenia wpływa na ogólne warunki pracy oraz utrzymywanie czystości w zakładzie, a w przypadku, gdy transportujemy i magazynujemy produkty palne niweluje zasięg stref zagrożenia wybuchem lub prowadzi do ich całkowitej eliminacji z odpylanych obszarów. Warunkiem koniecznym do wystąpienia zagrożenia wybuchowego jest powstanie atmosfery wybuchowej. W przypadku palnych materiałów sypkich atmosfera wybuchowa będzie mieszaniną pyłowo-powietrzną o stężeniu mieszczącym się w zakresie pomiędzy dolną i górną granicą wybuchowości. Najważniejszymi przepisami prawnymi odnoszącymi się do atmosfer wybuchowych są Dyrektywy ATEX:

- Dyrektywa 2014/34/UE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej wprowadzona Rozporządzeniem Ministra Rozwoju z dnia 6 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej (Dz.U. 2016 poz. 817);
- Dyrektywa 1999/92/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 1999 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa wprowadzona Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 r. w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej (Dz.U. 2010 nr 138 poz. 931).

Zasadniczą różnicą pomiędzy obiema wyżej wymienionymi Dyrektywami jest to, iż Dyrektywa 2014/34/UE nakłada obowiązki na producentów urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej w celu spełnienia zasadniczych wymagań dyrektywy, natomiast Dyrektywa 1999/92/WE nakłada obowiązki na pracodawców, aby dokonali oceny ryzyka wybuchu na stanowiskach w zakładzie, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa i opracowali Dokument Zabezpieczenia przed Wybuchem.

Za pył palny zdolny do tworzenia atmosfery wybuchowej uważa się pył o nominalnym rozmiarze cząstek równym lub mniejszym od 500 μm . Możemy podzielić pyły ze względu na:

- pochodzenie (pyły organiczne np. pyły węgla, biomasy; pyły nieorganiczne np. pyły metali takich jak aluminium, magnez itp.),
- różnorodność ziaren (monodispersyjne – średnica ziaren jest jednakowa; polidispersyjne – średnica ziaren jest różna),
- kształt ziaren (sferyczne np. skrobia; odłamkowe np. cement; prostokątne np. kwarc; płaskie np. grafit; prętowe np. talk; włókniste np. celuloza)
- przewodnictwo (pyły przewodzące o oporze właściwym $\leq 10^3 \Omega\text{m}$ np. pyły metali; nieprzewodzące o oporze właściwym $> 10^3 \Omega\text{m}$ np. pył drzewny)

Przyjmuje się, że dla większości pyłów palnych warstwa pyłu o grubości 1 mm równomiernie rozłożona na podłodze w danym pomieszczeniu po rozpyleniu jest w stanie wypełnić przestrzeń atmosferą wybuchową tego pyłu. Aby doszło do wybuchu pyłu muszą zostać spełnione następujące warunki:

- obecność pyłu palnego w zakresie stężeń pomiędzy dolną i górną granicą wybuchowości,
- obecność tlenu zawartego w powietrzu,
- obecność źródła zapłonu o wystarczającej energii do zainicjowania wybuchu,
- ograniczona przestrzeń,
- dyspersja materiału palnego.

Wybuchowe atmosfery pyłowo-powietrzne powstają np. podczas transportu, mielenia, przesiewania, odpylania materiału sypkiego, operacji napełniania i opróżniania silosów magazynowych. W przypadku pyłów palnych o prawdopodobieństwie powstania atmosfery wybuchowej decydują dodatkowe czynniki takie jak: skład chemiczny, wilgotność, gęstość nasypowa, wielkość ziaren pyłu. Im większe wartości przyjmują wcześniej wspomniane parametry, tym prawdopodobieństwo powstania atmosfery wybuchowej jest mniejsze. Z pojęciem atmosfery wybuchowej związane jest pojęcie strefy zagrożenia wybuchem, czyli przestrzeni, w której może występować mieszanina wybuchowa substancji palnych z powietrzem lub innymi gazami utleniającymi, o stężeniu zawartym między dolną i górną granicą wybuchowości. W przypadku pyłów palnych wyróżniamy następujące strefy zagrożenia wybuchem:

- STREFA 20 – przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu występuje stale, często lub przez długie okresy;
- STREFA 21 – przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania;
- STREFA 22 – przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia, utrzymuje się przez krótki okres.

W przypadku podziału ze względu na miejsce występowania stref zagrożonych wybuchem można wyróżnić:

- wewnętrzne strefy zagrożenia wybuchem – są to strefy zlokalizowane wewnątrz obudów urządzeń i instalacji (np. w silosach, jednostkach odpylających, zabudowanych przesypach itp.),
- zewnętrzne strefy zagrożenia wybuchem – są to strefy zlokalizowane na zewnątrz obudów urządzeń i instalacji (np. otwarte składowiska sypkich materiałów palnych, otwarte przesypy, zapylenie obszaru wynikające z nieuszczelności instalacji i/lub obecności pyłów osiadłych).

Przy określaniu zewnętrznych stref zagrożonych wybuchem należy uwzględniać warstwy i osady nagromadzonego pyłu, jako źródła mogące potencjalnie wytwarzać atmosferę wybuchową. Należy również pamiętać, iż tworzenie się warstw osiadłego pyłu na urządzeniach wytwarzających znaczne ilości ciepła jest niebezpieczne. Gorące powierzchnie takich urządzeń mogą stanowić źródło zapłonu osadzającej się na nich warstwy pyłu lub warstwa pyłu może stanowić źródło zapłonu dla występującej nad nią atmosfery wybuchowej.

W celu przeprowadzenia oceny ryzyka wybuchu pierwszym krokiem, od którego należy zacząć jest określenie pożarowo-technicznych charakterystyk substancji (PTCH). Ze względu, iż uboczne produkty spalania (UPS) to substancje mineralne powstające w wyniku spalania np. węgla kamiennego lub biomasy, których pyły zdolne są do tworzenia atmosfer wybuchowych skupimy się na PTCH tych surowców. W tabeli nr 1 podano przykładowe PTCH dla pyłu węgla kamiennego i biomasy, które są niezbędne przy dokonywaniu oceny ryzyka wybuchu.

Tab. 1. PTCH pyłu węgla kamiennego i biomasy
(dane pobrano z bazy danych firmy IHAS).

Lp.	Parametr	Węgiel kamienny	Bio-masa	Jed-nostka
1.	Minimalna energia zapłonu	>500	>1000	mJ
2.	Maksymalne ciśnienie wybuchu	<7,6	9	bar
3.	Dolna granica wybuchowości	50-60	53	g/m ³
4.	Minimalna temperatura zapłonu obłoku pyłu	>550	430	°C
5.	Minimalna temperatura zapłonu warstwy pyłu	>500	430	°C
6.	Stała K _{St}	<200	94	bar·m/s
7.	Klasa wybuchowości	St1	St1	-

Należy również dodać, iż istotny wpływ na wartości powyższych parametrów będzie miała średnia wielkość ziarna danego pyłu. Analizując powyższą tabelę parametrem mającym znaczący wpływ na rodzaj wyznaczonej strefy zagrożenia wybuchem, będzie dolna granica wybuchowości. W przypadku niskiej wartości dolnej granicy wybuchowości strefa zagrożenia wybuchem będzie łatwiejsza do utworzenia, ze względu na niższe stężenie jakie musimy osiągnąć, aby wejść w zakres pomiędzy dolną i górną granicą wybuchowości. Parametry takie jak maksymalne ciśnienie wybuchu, stała K_{st} będą istotne podczas doboru urządzeń systemu ochrony przeciwybuchowej. Wyróżniamy trzy klasy wybuchowości pyłów określane na podstawie stałej K_{st} , które zostały przedstawione w tabeli nr 2.

Tab. 2. Klasy wybuchowości pyłów palnych.

Klasa zagrożenia	K_{st} [bar·m/s]	Określenie
St1	<200	Słabo wybuchowy
St2	200-300	Silnie wybuchowy
St3	>300	Bardzo silnie wybuchowy

Podsumowując, znając powyższe parametry jesteśmy w stanie wyznaczyć strefy zagrożenia wybuchem, wykluczyć niektóre z 13 potencjalnych źródeł zapłonu takie jak np. iskra wytworzona mechanicznie, elektrostatyka, dobrać urządzenia do pracy w wyznaczonej strefie o odpowiedniej klasie temperaturowej, czy też urządzenia i systemy ochrony przeciwybuchowej.

Do urządzeń i aparatów we wnętrzu, których najczęściej dochodzi do wybuchu atmosfer pyłowo-powietrznych należą: silosy; młyny; filtry (instalacje odpylania); instalacje transportu np. pneumatycznego; urządzenia do transportu np. przenośniki kubełkowe, ślimakowe, zgrzeblowe; suszarki, mieszalniki, przesiewacze itp. Odnosząc strefy zagrożenia wybuchem do powyższych urządzeń i aparatów można wywnioskować, iż:

- strefa 20 będzie najczęściej występować wewnątrz filtrów (strona brudna) instalacji odpylania, młynów, silosów, instalacji transportu pneumatycznego;
- strefa 21 będzie najczęściej występować wewnątrz mieszalników, przenośników kubełkowych, ślimakowych itp., suszarek, przesiewaczy;
- strefa 22 będzie najczęściej występować wewnątrz kanałów odciągowych instalacji odpylania, różnego rodzaju przenośników, w obudowanych przesypach, lejach zasypowych oraz w obszarach otaczających wyżej wymienione urządzenia i aparaty.

Wyżej wymienione przykłady występowania stref zagrożonych wybuchem nie są regułą, a na rodzaj występującej strefy ma wpływ wiele różnych czynników, w tym PTCH substancji, rodzaj i sposób prowadzenia danego procesu technologicznego.

Analizując zagrożenia związane z transportem i magazynowaniem materiałów sypkich, należy zwrócić również uwagę na możliwość samozapalenia substancji

magazynowanej w silosach, na hałdach lub zasobnikach. Na zjawisko samozapalenia składa się wiele procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, których występowanie i przebieg jest bardzo zróżnicowany. Skłonność do samozapalenia wykazują m. in. pyły węglowe i biomasy. Do metod mających ograniczyć niebezpieczeństwo samozapalenia w silosie można zaliczyć:

- okresowe opróżnianie silosu,
- stosowanie monitoringu w postaci czujników temperatury w złożu oraz czujnika detekcji tlenu węgla w silosie, a także inertyzowanie atmosfery w jego wnętrzu za pomocą gazu obojętnego np. azotu.

W celu skutecznego zapobiegania powstawania atmosfer wybuchowych pyłów palnych należy:

- wyeliminować lub ograniczyć powstawanie atmosfer wybuchowych wewnątrz urządzeń i aparatów np. stosowanie inertyzacji przy użyciu gazów obojętnych takich jak para wodna, spaliny, azot itp. lub stosowanie inertyzacji przy użyciu pyłów obojętnych np. węglan wapnia.
- wyeliminować lub ograniczyć powstawanie atmosfer wybuchowych w okolicach urządzeń i aparatów np. poprzez zapewnienie hermetyzacji instalacji, stosowanie instalacji odpylania, okresowe sprzątanie pyłów osiadłych przy pomocy urządzeń podciśnieniowych (systemy centralnego odkurzania, odkurzacze palne dostosowane do odciągania pyłów palnych i wybuchowych).

Należy pamiętać, iż wyżej wymienione metody posiadają pewne ograniczenia. Procesy inertyzacji przy użyciu gazów obojętnych możemy prowadzić jedynie przy hermetycznej instalacji, natomiast pył po inertyzacji pyłem obojętnym stanowi odpad, który zwykle nie nadaje się do dalszego wykorzystania. W przypadku metod z punktu drugiego usuwamy atmosferę wybuchową z okolic urządzeń i aparatów, lecz atmosfera zostaje przeniesiona do wnętrza instalacji odpylania np. filtr, cyklon i kanały odciągowe. Podczas usuwania pyłów osiadłych zabrania się stosowania miotły, sprężonego powietrza itp., ponieważ środki te powodują wzniesienie lekkich frakcji pyłowych i mogą doprowadzić do powstania atmosfery wybuchowej.

Podsumowując, aby zapobiegać wybuchom i zapewnić ochronę przed ich skutkami należy stosować środki ochronne w podanej kolejności:

1. Zapobieganie tworzeniu się atmosfery wybuchowej poprzez stosowanie środków technicznych i organizacyjnych.
2. Zapobieganie wystąpieniu zapłonu atmosfery wybuchowej poprzez eliminację 13 potencjalnych źródeł zapłonu określonych w normie PN-EN 1127-1:2011.
3. Ograniczenie szkodliwego efektu wybuchu, w celu zapewnienia ochrony zdrowia i bezpieczeństwa osób zatrudnionych poprzez zastosowanie urządzeń i systemów ochrony przeciwwybuchowej takich jak: konstrukcje odporne na ciśnienie wybuchu, systemy dekompresji wybuchu np. panele dekompresyjne, systemy odsprzęgania wybuchu np. kłapy zwrotne oraz systemy tłumienia wybuchu np. system HRD.

Na zakończenie należy dodać, iż ochrona przeciwwybuchowa stanowi ostateczność, gdyż dopuszcza możliwość wybuchu i powinna być stosowana wtedy, gdy nie ma możliwości wyeliminowania powstawania atmosfery wybuchowej lub eliminacji wszystkich potencjalnych źródeł zapłonu.