

Pyły palne w obiektywie Dyrektywy Atex 137 - część I.

st. kpt. mgr inż. Robert Żuczek.

Wstęp.

Tematyka wybuchowości pyłów palnych wydaje się być wiedzą tylko dla głęboko wtajemniczonych. Nie ulega jednak wątpliwości, że znaczna część stanowisk pracy związana jest właśnie z tworzeniem się pyłowych atmosfer wybuchowych. Jak więc podejść do kompleksowej oceny ryzyka skoro zarówno sama dyrektywa Atex 137 jak i wytyczne do niej, w bardzo małym stopniu opisują problematykę wybuchowości pyłów palnych.

Kluczowym elementem dla wykonania **oceny ryzyka**, jest **ocena zagrożenia wybuchem** przeprowadzona w myśl postanowień rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 80, poz. 563). W niniejszym artykule, opisana zostanie metodologia postępowania przy ocenie zagrożenia wybuchem pomieszczeń, która posłuży do wykonania oceny ryzyka na stanowiskach pracy. Druga część w kolejnym numerze PROMOTORA zostanie poświęcona analizie źródeł zapłonu oraz ocenie skutków wybuchu.

Mając na uwadze wymagania dla „Dokumentu zabezpieczenia stanowisk pracy przed wybuchem”, określone w rozporządzeniu Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z 29 maja 2003 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa (Dz. U. Nr 107, poz. 1004 z późn. zmianami) należy podać:

- a. Informację o identyfikacji atmosfer wybuchowych oraz ocenę ryzyka wystąpienia wybuchu.
- b. Informację o podjętych odpowiednich środkach zapobiegających wystąpieniu zagrożeń wybuchem, sporządzoną w formie zestawienia.
- c. Wykaz miejsc pracy zagrożonych wybuchem wraz z ich klasyfikacją.
- d. Deklarację, że stanowiska pracy, narzędzia pracy, a także urządzenia zabezpieczające i alarmujące są zaprojektowane, używane i konserwowane z uwzględnieniem zasad bezpieczeństwa.

Identyfikacja atmosfer wybuchowych.

Klasyfikacja stref zagrożenia wybuchem pyłów palnych, powinna zostać wykonana zgodnie z **PN-EN 61241-10:2005** Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłów palnych -- Część 10: Klasyfikacja obszarów, w których mogą być obecne pyły palne. Ponadto każdorazowo przed wykonaniem klasyfikacji, należy uwzględnić szczególne właściwości pyłów, które mają znaczący wpływ na powstawanie atmosfer wybuchowych. Należy przestrzegać następujących zasad:

1. Zwiększenie zawilgocenia pyłu zmniejsza jego wybuchowość. Pyły zawierające ponad 15 % wilgoci wykazują znacznie mniejsze skłonności do wybuchu. Pyły zawierające ponad 30 % wilgotności nie stwarzają zagrożenia wybuchowego.
2. Od rozdrobnienia pyłu zależy wielkość jego powierzchni przypadającej na jednostkę masy, a o za tym idzie – prędkość reagowania pyłu z tlenem. Im pył jest drobniejszy, tym jest bardziej wybuchowy. Za najgroźniejszy pod tym względem uznaje się pył o

ziarnach mniejszych niż 75 mikrometrów. Pyły o rozmiarach cząstek ponad 500 mikrometrów praktycznie nie stwarzają zagrożenia wybuchowego.

Klasyfikacja stref przedstawia się następująco:

Strefa 20 – przestrzeń, w której pył palny w postaci chmury występuje stale lub często podczas normalnych warunków pracy, w ilościach wystarczających do utworzenia mieszaniny pyłowo-powietrznej oraz gdzie może się utworzyć warstwa pyłu o niekontrolowanej i nadmiernej grubości.

Strefa 21 – przestrzeń, w której istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia pyłu palnego podczas normalnych warunków pracy w ilościach, które są w stanie utworzyć mieszaninę pyłowo-powietrzną.

Strefa 22 – przestrzeń, w której chmury pyłu palnego mogą występować rzadko i utrzymywać się tylko przez krótki okres lub gdzie występować mogą warstwy pyłu palnego podczas nienormalnych warunków pracy i powodować mieszaniny pyłowo-powietrzne.

W tabeli 1 przedstawiono ogólne zasady klasyfikacji stref zagrożenia wybuchem dla pyłów palnych.

Stopień źródła emisji	Strefa zagrożenia wybuchem dla pyłów emitowanych do otoczenia.	Strefa zagrożenia wybuchem dla warstw pyłu o kontrolowanej grubości	
		Często rozpylana	Rzadko rozpylana
Ciągłe (wokół źródła)	20	21	22
Pierwotne (podstawowe)	21	21	22
Wtórne (drugorzędne)	22	21	22

Tabela 1. Zasady kwalifikacji stref zagrożenia wybuchowego dla pyłów emitowanych do otoczenia i dla pyłów osiadłych.

Kolejnym istotnym elementem na poziomie identyfikacji zagrożeń, będzie ustalanie palnych i wybuchowych właściwości poszczególnych pyłów. Nie będzie to zadanie łatwe, ze względu na brak danych literaturowych oraz brak szczegółowych informacji w kartach charakterystyk. W poniższym zestawieniu, zaprezentowano właściwości niektórych spotykanych pyłów.

PYŁ PALNY

Pył palny	Temperatura samozapłonu dla		Minimalna energia zapłonu (obłok) (mJ)	Minimalna stężenie wybuchowe (obłok) (g/m ³)
	Warstwy	Obłok (°C)		
Pyły pochodzenia rolniczego				
Skrobia (pszenica)	380	400	25	25
Orzechy ziemne (łuski)	210	460	50	45
Pszenica (w dużej ilości)	220	500	60	65
Drewno / sosna (trociny)	260	470	40	35
Kakao	240	510	100	75
Nieprzetworzona bawełna	520	-	100	190
Celuloza	270	480	80	55
Dekstryna	390	410	40	40
Mąka / pszenica	440	440	60	50
Skrobia kukurydziana	-	380	30	40
Mleko w proszku	200	490	50	50
Kora dębu korkowego	210	460	35	35
Słód	250	400	35	55
Ryż	450	510	100	85
Soja (mąka)	340	550	100	60
Cukier	400	370	30	45

Tabela 2.

Ocena zagrożenia wybuchem w pomieszczeniach.

W przypadku stanowisk pracy, na których dominują pyły osiadłe, istnieje możliwość obliczenia granicznej masy pyłu, która może stworzyć zagrożenie dla pomieszczeń i zarazem stanowisk pracy. Określenie masy krytycznej pyłu np. węgla kamiennego, która przesądzi o zakwalifikowaniu pomieszczenia jako zagrożone wybuchem określają wzory [1] i [2].

Wzór:

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \times q_{sp} \times P_0 \times W}{V \times \rho_p \times c_p \times T} \quad [1]$$

$$m_{\max} = \frac{\Delta P \times V \times \rho_p \times c_p \times T}{q_{sp} \times P_0 \times W} \quad [2]$$

Założenia:

ΔP_{\max} - 5 (kPa) – maksymalne dopuszczalne nadciśnienie w analizowanym pomieszczeniu.

q_{sp} - 29.3×10^6 (J x kg) ciepło spalania analizowanego pyłu palnego,

P_0 - 101,325 (kPa) – ciśnienie atmosferyczne normalne (wartość stała),

ρ_p - 1,2 (kg/m³) – gęstość powietrza w temperaturze T (wartość stała),

c_p - $1,01 \times 10^3$ (J/kg x K) - (wartość stała),

T- 293 (K) = 20 ° C – temperatura otoczenia,

V - 2400 (m³) – kubatura analizowanego pomieszczenia,

W = 0,17 – współczynnik przebiegu reakcji - (wartość stała),

m_{max} = 8448 g = 8,4 kg (dla całego pomieszczenia)

Pomieszczenie należałoby zakwalifikować jako zagrożone wybuchem, jeżeli masa pyłu osiadłego w pomieszczeniu przekroczy 8,4 kg.

Lokalne gromadzenie się pyłu na podłodze lub na konstrukcjach instalacji, wymaga wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem 22. Zgodnie z **PN-EN 61241-10:2005** określa, się, że zasięg osiadania pyłu podczas przesypywania i wysypywania substancji nie powinien być większy niż 1 m. Właściwości pyłu - wilgotność i duże średnice węgla uniemożliwią przemieszczanie się cząsteczek na większą odległość. W związku z powyższym przyjęto, że powierzchnia osiadania pyłu dla analizowanego obiektu zostanie zawężona do 1 metra od źródeł pylenia.

Mając na uwadze fakt, że podniesienie się pyłu osiadłego na całej powierzchni jest praktycznie nie możliwe, bardziej prawdopodobne jest uniesienie się pyłu lokalnie, dlatego do dalszych obliczeń grubości warstwy pyłu która powoduje zaliczenie pomieszczenia do zagrożonego wybuchem przyjęto powierzchnie 6 m². Grubość warstwy dla tej powierzchni wynosi:

$$d = \frac{m_{\max}}{F_{\text{pom}} \times q_n}$$

gdzie:

q_n – gęstość nasypowa pyłu (węgiel kamienny) – 523 kg/m³,

d – grubość warstwy pyłu,

F_{pom} - powierzchnia osiadania warstwy pyłu 6 m²,

m_{max} - graniczna masa pyłu.

$$d = \frac{8,4\text{kg}}{6\text{m}^2 \times 523\text{kg/m}^3} = 2,7 \text{ mm}$$

Jeżeli w wyniku systematycznego sprzątania ograniczymy grubość warstwy pyłu poniżej 2,7 mm/m² (masa uniesionego pyłu z przyjętej powierzchni 6m² < 8,4 kg) możemy uznać pomieszczenie jako niezagrożone wybuchem.

Zaniedbanie sprzątania i doprowadzenie do:

- gromadzenia się pyłu o grubości ponad 2,7 mm,
 - gromadzenia się pyłu w ilości 8,4 kg (na powierzchni 6 m²),
- spowoduje zakwalifikowanie pomieszczenia jako zagrożone wybuchem.

Czasookresy sprzątania należy tak dostosować, aby określone warunki (grubość warstwy, lub masa pyłu) nigdy nie były przekroczone. Na podstawie badań dobowego opadu pyłu oraz wiedzy literaturowej określono, że średni dobowy opad pyłu dla analizowanego pomieszczenia wynosił średnio - 0,14 g/m²/dobę. Dlatego sugerowany termin przeprowadzania generalnego sprzątania powinien wynosić, co najmniej raz na trzy tygodnie.

Metoda sprzątania, nie może powodować podnoszenia się pyłu (wykluczone metody zdmuchiwania pneumatycznego) a jedynie odkurzanie, zmywanie lub zmiatanie jak pokazano ona rysunku rys. 1.



Rys. 1.

Strefy zagrożenia wybuchem i ich zasięgi.

Zgodnie PN 50281-3 określa, się, że:

Miejsce występowania strefy 20:

- zasobniki, kosze samowyładowcze, silosy,
- cyklony i filtry,
- systemy transportowe pyłu, oprócz niektórych części przenośników taśmowych i łańcuchowych,
- mieszarki, młyny, suszarki, urządzenia workujące,
- na zewnątrz urządzeń, gdzie brak czynności porządkowych pozwala na tworzenie się niekontrolowanych warstw pyłów, itp.

Zasięg strefy zagrożenia wybuchem – jest to odległość w każdym kierunku od krawędzi źródła uwolnienia pyłów palnych do punktu gdzie zagrożenie związane z tą strefą nie istnieje.

Jako strefę 20 wyznacza się przestrzenie wewnątrz kanałów, urządzeń do produkcji i transportu pyłów, w których mieszanina wybuchowa utrzymuje się stale, w długich okresach bądź bardzo często. Również przestrzenie na zewnątrz obudów należy oznaczyć jako strefę 20, jeśli mieszanina wybuchowa występuje tam stale.

Miejsce występowania strefy 21:

- przestrzenie na zewnątrz wyposażenia technologicznego w pobliżu i w okolicach otworów, które są często otwierane w celach technologicznych, w czasie gdy nie występują mieszaniny przy pracy o ciśnieniu niższym od atmosferycznego,
- przestrzenie na zewnątrz wyposażenia technologicznego w pobliżu punktów napełniania i opróżniania podajników taśmowych, stanowisk wyładowczych,

- przestrzenie na zewnątrz wyposażenia technologicznego, gdzie gromadzi się pył i jego warstwa może zostać rozpylona tworząc mieszaninę,
- przestrzenie wokół wylotów z cyklonów, filtrów, itp.

Zasięg strefy 21 zależy od rodzaju źródła oraz warunków otoczenia, jakie występują w danej przestrzeni. Zasięg strefy 21:

- obejmuje wnętrza urządzeń do transportu pyłów, w których istnieje prawdopodobieństwo wytworzenia się mieszaniny wybuchowej,
- na zewnątrz urządzeń zależy od ilości pyłu, jaki może dostać się do powietrza, wielkości cząstek pyłu, jego wilgotności. Wystarczającym jej zasięgiem jest zazwyczaj odległość 1 m wokół źródła emisji,
- jeżeli rozprzestrzenianie pyłu jest ograniczone przeszkodami (ściany) mogą one być uznane za granice strefy,
- jeżeli warstwa pyłu osiada poza granicami strefy 21, może być wymagane rozszerzenie strefy na całą powierzchnię zalegania pyłu, gdzie może się wytworzyć obłok pyłu w powietrzu.

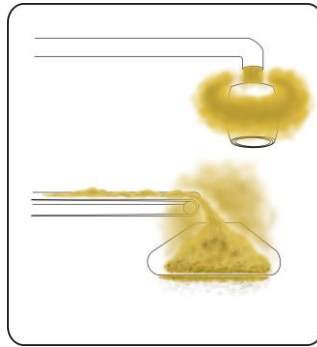
Miejsce występowania strefy 22:

- wyloty odpowietrzania filtrów workowych,
- w pobliżu urządzeń, które muszą być czasami otwarte lub wyposażenie, które może stać się źródłem wycieków, gdzie ciśnienie wyższe od atmosferycznego może spowodować wydmuchnięcie pyłu na zewnątrz urządzeń,
- urządzenia współdziałające z instalacjami odpowietrzania wybuchów (np. klapy odpowietrzające), które mogłyby spowodować wydzielenie pyłu podczas zadziałania,
- przestrzenie normalnie zakwalifikowane do Strefy 21, lecz przekwalifikowane w wyniku zastosowania odpowiednich środków zapobiegawczych (np. wentylacji wyciągowej)

Zasięg strefy 22 zależy od rodzaju źródła oraz warunków otoczenia, jakie występują w danej przestrzeni. Zasięg strefy 22:

- na zewnątrz urządzeń zależy od ilości pyłu, jaki może dostać się do powietrza, wielkości cząstek pyłu, jego wilgotności,
- jeżeli rozprzestrzenianie pyłu jest ograniczone przeszkodami (ściany) mogą one być uznane za granice strefy,
- jeżeli warstwa pyłu osiada poza granicami strefy 22, może być wymagane rozszerzenie strefy na całą powierzchnię zalegania pyłu, gdzie może się wytworzyć obłok pyłu w powietrzu.

Przestrzenie zakwalifikowane do strefy 21, powinny być otoczone obszarem zakwalifikowanym jako 22.



Rys. 2 Przykłady tworzenia się stref zagrożenia wybuchowego pyłów.

Ocena ryzyka.

Wykonując ocenę ryzyka np. metodą „RISC SCORE”, prawidłowa klasyfikacja stref zagrożenia wybuchem pyłu umożliwi właściwe określenie prawdopodobieństwa pojawienia się atmosfery wybuchowej, a w dalszym etapie na właściwe wykonanie oceny ryzyka.

Posługując się wzorem [3] należy zauważyć, że do określenia ryzyka niezbędne będzie także określenie prawdopodobieństwa wystąpienia źródeł zapłonu oraz skutków wybuchu. Szczegółowej analizie tych elementów, zostanie poświęcona II część artykułu.

$$R=S \times E \times F \quad [3]$$

gdzie:

R - ryzyko

S - potencjalne skutki zagrożenia

E - ekspozycja na zagrożenie

P - prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia

Na podstawie Tabeli 3 należy określić prawdopodobieństwo pojawienia się **atmosfery wybuchowej pyłu**.

Wartość	Rodzaj strefy zagrożenia wybuchem	Opis strefy	Czas trwania	Prawdopodobieństwo wystąpienia
10	strefa 20	stale w długim czasie lub często,	stale	1
1	strefa 21	może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania,	do 100 godz./rok	0.01 -0.05
0,5	strefa 22	nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia trwa tylko przez krótki czas,	do 10 godz./rok	0.001- 0.005

Tabela 3.

Wnioski.

Tematyka wybuchowości pyłów palnych, w kontekście dyrektywy Atex 137, wydaje się dość skomplikowanym zagadnieniem. O ile literatura i Polskie Normy szczegółowo opisują problematykę gazów i par cieczy palnych mogących spowodować wybuch o tyle pyły palne to ciągle nierozpoznany temat. Osoby wykonujące ocenę zagrożenia wybuchem dla stanowisk pracy powinny zapoznać się ze specyfiką zagrożeń powodowanych przez pyły palne. Powyższy artykuł, pokazuje jakie m.in. elementy powinny zostać uwzględnione w celu właściwej klasyfikacji stref zagrożenia wybuchem. Jest to jednak dopiero początek mozolnej drogi do wykonania oceny ryzyka. Dalszym etapem działań, będzie określenie prawdopodobieństwa pojawienia się efektywnych źródeł zapłonu czy skutków powodowanych przez wybuch. Wszystkie te działania mają na celu m.in. uświadomienie właścicieli zakładów co do potencjalnego zagrożenia czy zwrócenie uwagi na zaniebdywany problem pyłów osiadłych.