

## **Załącznik nr 4 – Potencjalne źródła zapłonu atmosfery wybuchowej**

Rozróżnia się następujące podstawowe źródła zapłonu gazowej atmosfery wybuchowej występującej w sieciach przesyłowych gazu ziemnego:

### **1. Gorące powierzchnie,**

Zapłon może wystąpić, jeżeli dojdzie do kontaktu atmosfery wybuchowej z ogrzaną powierzchnią. Źródłem zapłonu może być nie tylko sama gorąca powierzchnia, lecz także warstwa pyłu lub palne ciało stałe zapalone w kontakcie z gorącą powierzchnią może także stanowić źródło zapłonu atmosfery wybuchowej.

Zdolność ogrzanej powierzchni do spowodowania zapłonu zależy od rodzaju i stężenia poszczególnych substancji w mieszaninie z powietrzem. Zdolność ta zwiększa się ze wzrostem temperatury i pola powierzchni. Ponadto, temperatura powodująca zapłon zależy od rozmiaru i kształtu ogrzanego elementu, gradientu stężenia w pobliżu powierzchni i, w pewnym stopniu, również od rodzaju materiału ogrzanej powierzchni. Z drugiej strony, w przypadku ogrzanych ciał charakteryzujących się raczej wypukłościami niż wklęsłościami, do zapłonu konieczna jest wyższa temperatura powierzchni; minimalna temperatura samozapłonu wzrasta, na przykład w przypadku kul albo rur ze zmniejszaniem się ich średnicy. Kiedy atmosfera wybuchowa przepływa nad ogrzаныmi powierzchniami, do zapłonu konieczna jest wyższa temperatura powierzchni z powodu krótkiego czasu kontaktu.

Jeżeli atmosfera wybuchowa pozostaje w kontakcie z gorącą powierzchnią przez względnie długi czas, mogą zachodzić wstępne reakcje, np. zimne płomienie, wskutek czego tworzą się łatwiej zapalne produkty rozkładu ułatwiające zapłon pierwotnych atmosfer.

Oprócz łatwo rozpoznawalnych gorących powierzchni, takich jak grzejniki, suszarki, węzownice grzewcze i inne, źródłem niebezpiecznej temperatury mogą być również procesy mechaniczne i obróbka mechaniczna. Procesy te obejmują również urządzenia, systemy ochronne i komponenty, które przemieniają energię mechaniczną w ciepłą, tj. wszystkie rodzaje sprzęgła ciernych i hamulców działających mechanicznie (np. w pojazdach i wirówkach). Ponadto wszystkie części ruchome w łożyskach, przejściach wałów, dławnicach itd. mogą stawać się źródłem zapłonu, jeżeli nie są w wystarczającym stopniu smarowane. W przypadku ciasnego pasowania ruchomych części wnikanie ciał obcych lub przesunięcie osi również mogą powodować tarcie, które z kolei może prowadzić do wysokiej temperatury powierzchni, w niektórych przypadkach dość szybko.

Powinno się również brać pod uwagę wzrost temperatury w wyniku reakcji chemicznych (np. ze smarami i środkami czyszczącymi).

### **2. Płomienie i gorące gazy (łącznie z gorącymi cząstkami)**

Płomienie towarzyszą reakcjom spalania w temperaturze powyżej 1 000 °C. Gorące gazy są produktem reakcji, a w przypadku płomieni dymiących i/lub kopcących również tworzą się żarzące się cząstki stałe. Płomienie oraz ich gorące produkty reakcji, lub inaczej - gazy

ogrzone do wysokiej temperatury, mogą zapalić atmosferę wybuchową. Płomienie, nawet bardzo małe, są jednym z najbardziej efektywnych źródeł zapłonu.

Jeżeli atmosfera wybuchowa występuje zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz urządzenia, systemu ochronnego lub komponentu, albo w sąsiednich częściach instalacji i jeżeli zapłon następuje w jednym z tych miejsc, płomień może rozprzestrzeniać się do innych miejsc przez otwory takie jak kanały wentylacyjne.

Krople stopionego metalu powstające podczas spawania lub cięcia są cząstkami o bardzo dużej powierzchni i dlatego są jednymi z najbardziej efektywnych źródeł zapłonu.

### **3. Iskry wytwarzane mechanicznie**

W wyniku tarcia, uderzenia lub procesów ścierania takich jak mielenie, może następować oddzielenie od ciał stałych cząstek o wysokiej temperaturze, o energii użytej w procesie oddzielenia. Jeżeli cząstki te zawierają substancje zdolne do utleniania, na przykład żelazo lub stal, mogą one ulegać procesowi utleniania, osiągając przez to nawet wyższą temperaturę. Cząstki takie (iskry) mogą zapalać palne gazy i pary i niektóre mieszaniny pyłowo-powietrzne (zwłaszcza mieszaniny pyłu metalu/powietrze). W osadach pyłu iskry mogą spowodować tlenie, które może być źródłem zapłonu atmosfery wybuchowej.

Jako powód iskrzenia należy rozważyć wnikanie do urządzeń, systemów ochronnych i komponentów materiałów obcych, np. kamieni albo skrawków metalu.

Tarcie, nawet między podobnymi metalami żelaznymi i między pewnymi materiałami ceramicznymi, może je miejscowo nagrzewać i wytwarzać iskry podobne do powstających w trakcie mielenia. Mogą one powodować zapłon atmosfer wybuchowych.

Uderzenia w obecności rdzy i metali lekkich (np. aluminium i magnezu) oraz ich stopów mogą zapoczątkowywać reakcję termitową, która może powodować zapłon atmosfer wybuchowych.

Metale lekkie - tytan i cyrkon - mogą również w kontakcie z wystarczająco twardym materiałem, nawet pod nieobecność rdzy, pod wpływem uderzenia lub tarcia tworzyć iskry zapalające.

### **4. Urządzenia elektryczne**

W przypadku urządzeń elektrycznych źródłami zapłonu mogą być iskry elektryczne i gorące powierzchnie. Iskry elektryczne mogą być wytwarzane, np.:

- kiedy obwody elektryczne są włączane i wyłączane;
- przez poluzowanie połączeń;
- przez prądy błędne.

Wykazano jednoznacznie, że bardzo niskie napięcie (ELV np. poniżej 50 V) stosowane w celu ochrony osób przed porażeniem prądem nie jest środkiem zabezpieczającym przed

wybuchem. Napięcia niższe niż wyżej wymienione mogą bowiem wytworzyć energię wystarczającą do zapalenia atmosfery wybuchowej.

## **5. Prądy błędzące, katodowa ochrona przed korozją**

Prądy błędzące mogą płynąć w systemach przewodów elektrycznych lub częściach systemów jako:

- prądy powrotne w systemach elektroenergetycznych - zwłaszcza w sąsiedztwie kolei elektrycznej i dużych systemów spawalniczych - gdy, na przykład, elektroprzewodzące części systemu, takie jak szyny i kable leżące pod ziemią, obniżają opór ścieżki prądu powrotnego;
- wynik zwarcia albo doziemienia z powodu uszkodzeń instalacji elektrycznych;
- jako wynik indukcji magnetycznej (np. ze względu na sąsiedztwo instalacji elektrycznych z silnymi prądami lub częstotliwościami radiowymi) i
- jako wynik uderzenia pioruna.

Jeżeli części systemu zdolnego do przewodzenia prądów błędzących są rozłączane, łączone lub mostkowane -nawet w razie niewielkich różnic potencjału - atmosfera wybuchowa może ulec zapłonowi w wyniku iskiei i/lub łuków elektrycznych. Ponadto, zapłon może również nastąpić z powodu nagrzania się ścieżki przepływu prądu.

W przypadku zastosowania katodowej ochrony przed korozją wyżej wymienione ryzyko zapłonu również jest możliwe. Jeżeli stosuje się anody ochronne, ryzyko zapłonu z powodu iskiei elektrycznych jest mało prawdopodobne, chyba że anody wykonane są z aluminium lub magnezu.

## **6. Elektryczność statyczna**

W określonych warunkach wyładowania elektryczności statycznej mogą powodować zapłon. Rozładowanie naładowanych, izolowanych części przewodzących łatwo może prowadzić do wytworzenia iskiei zapalających. W przypadku naładowanych elementów wykonanych z materiałów nieprzewodzących, dotyczy to głównie tworzyw sztucznych, ale również niektórych innych materiałów, możliwe jest wystąpienie wyładowań snopiastych. W specjalnych przypadkach, podczas szybkich procesów rozdziatu (np. taśmy przesuwające się na wałkach, pasy napędowe) lub w wyniku kombinacji materiałów przewodzących i nieprzewodzących, możliwe są również rozprzestrzeniające się wyładowania snopiaste. Mogą również występować wyładowania stożkowe od materiałów składowanych luzem oraz wyładowania z obłoku pyłu.

Iskry, rozprzestrzeniające się wyładowania snopiaste, wyładowania stożkowe i wyładowania z obłoku pyłu mogą w zależności od energii wyładowania zapalić wszystkie rodzaje atmosfer wybuchowych. Wyładowania snopiaste mogą zapalić niemal wszystkie wybuchowe atmosfery gazów i par. Zgodnie z obecnym stanem wiedzy można wykluczyć zapłon wybuchowych atmosfer pył/powietrze przez wyładowanie snopiaste.

## **7. Uderzenie pioruna**

Jeżeli piorun uderzy w atmosferę wybuchową, zawsze dojdzie do jej zapłonu. Co więcej, istnieje również możliwość zapłonu ze względu na wysoką temperaturę, jaką osiągają przewody odgromowe.

Z miejsca uderzenia pioruna płyną silne prądy, które mogą tworzyć iskry w sąsiedztwie miejsca uderzenia.

Nawet bez uderzenia pioruna burze mogą powodować indukowane wysokie napięcia w urządzeniach, systemach ochronnych i komponentach, co może prowadzić do zagrożenia zapłonem.

## **8. Fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej (RF) od $10^4$ Hz do $3 \times 10^{11}$ Hz**

Fale elektromagnetyczne są emitowane przez wszystkie systemy generujące i stosujące energię elektryczną o częstotliwości radiowej (systemy częstotliwości radiowej), np. nadajniki radiowe lub przemysłowe, lub medyczne generatory RF stosowane do ogrzewania, suszenia, utwardzania, spawania, cięcia itd.

Wszystkie przewodzące części znajdujące się w polu promieniowania działają jak anteny odbiorcze. Jeżeli pole jest wystarczająco silne i jeżeli antena odbiorcza jest wystarczająco duża, części przewodzące mogą powodować zapłon w atmosferach wybuchowych. Odbierana energia o częstotliwości radiowej może, na przykład, rozżarzyć cienkie przewody lub generować iskry podczas łączenia lub rozłączania części przewodzących. Doprowadzana przez antenę odbiorczą energia, która może prowadzić do zapłonu, zależy głównie od odległości między nadajnikiem i anteną odbiorczą oraz od rozmiarów anteny odbiorczej przy wszystkich długościach i wartościach energii fal RF.

## **9. Fale elektromagnetyczne od $3 \times 10^{11}$ Hz do $3 \times 10^{15}$ Hz**

Promieniowanie w tym zakresie widma może - zwłaszcza w przypadku skupienia - stać się źródłem zapłonu poprzez pochłanianie przez atmosfery wybuchowe lub powierzchnie ciał stałych.

Światło słoneczne, na przykład, może powodować zapłon w obecności przedmiotów zdolnych do skupienia jego promieni (np. butelki działające jak soczewki, reflektory skupiające).

W określonych warunkach promieniowanie intensywnych źródeł światła (ciągłego albo błyskowego) jest tak intensywnie pochłaniane przez cząstki pyłu, że stają się one źródłem zapłonu atmosfer wybuchowych lub osadów pyłowych.

W przypadku promieniowania laserowego (np. stosowanego w łączności, urządzeniach do pomiaru odległości, pomiarach geodezyjnych, znaczniki pola widzenia), nawet przy dużych odległościach energia lub gęstość mocy nawet nie zogniskowanego promienia mogą być wystarczające do spowodowania zapłonu. Również w tym przypadku proces ogrzewania

zachodzi głównie wtedy, gdy wiązka laserowa trafia na powierzchnię ciała stałego lub gdy jest absorbowana przez cząstki pyłu w atmosferze lub przez zanieczyszczone części przezroczyste.

Należy zauważyć, że każde urządzenie, system ochronny i komponent generujący promieniowanie (np. lampy, łuki elektryczne, lasery itd.) mogą same stanowić źródło zapłonu.

## **10. Promieniowanie jonizujące**

Promieniowanie jonizujące generowane, na przykład, przez lampy rentgenowskie i substancje radioaktywne może zapalić atmosferę wybuchową (zwłaszcza atmosfery wybuchowe z cząstkami pyłu) w wyniku absorpcji energii. Ponadto, źródło radioaktywne samo może się podgrzewać, z powodu wewnętrznej absorpcji energii promieniowania, do temperatury przekraczającej minimalną temperaturę samozapłonu otaczającej atmosfery wybuchowej.

Promieniowanie jonizujące może powodować chemiczny rozkład lub inne reakcje, które mogą prowadzić do tworzenia bardzo reaktywnych rodników lub związków niestabilnych chemicznie. Może to powodować zapłon.

UWAGA Takie promieniowanie może również tworzyć atmosferę wybuchową w wyniku rozkładu (np. mieszanina tlenu i wodoru w wyniku radiolizy wody).

## **11. Ultradźwięki**

Podczas stosowania fal ultradźwiękowych znaczna część energii, jaką wytwarza przetwornik elektroakustyczny, jest absorbowana przez substancje stałe lub ciekłe. W wyniku absorpcji substancja wystawiana na działanie ultradźwięków ogrzewa się tak, że w skrajnych przypadkach może nastąpić zapłon.

## **12. Sprężanie adiabatyczne i fale uderzeniowe**

W przypadku sprężania adiabatycznego lub prawie adiabatycznego i w przypadku fal uderzeniowych może występować tak wysoka temperatura, że atmosfery wybuchowe (i osadzony pył) mogą zostać zapalone. Przyrost temperatury zależy głównie od stosunku wartości ciśnień a nie od ich różnicy.

UWAGA 1 W przewodach ciśnieniowych sprężarek powietrza i w zbiornikach podłączonych do tych przewodów wybuchy mogą występować jako wynik zapłonu sprężonych mgieł olejów smarnych.

Fale uderzeniowe są generowane, na przykład, podczas nagłego rozprężania gazów pod wysokim ciśnieniem do rurociągów. W tym procesie fale uderzeniowe rozprzestrzeniają się do miejsc o niskim ciśnieniu szybciej niż prędkość dźwięku. Kiedy są uginane lub odbijane przez zagięcia rurociągu, przewężenia, połączenia kotłownicowe, zamknięte zawory itd., może występować bardzo wysoka temperatura.

UWAGA 2 Urządzenia, systemy ochronne i komponenty zawierające silnie utleniające gazy, np. czysty tlen lub atmosfery gazowe o wysokim stężeniu tlenu, mogą stawać się efektywnym źródłem zapłonu przy sprężaniu adiabatycznym, fali uderzeniowej lub nawet zwykłym przepływie, ponieważ zapaleniu ulec mogą smary, uszczelnienia a także materiały konstrukcyjne. Jeżeli to prowadzi do zniszczenia urządzeń, systemów ochronnych lub komponentów, ich części będą zapalać otaczającą atmosferę wybuchową.

### **13. Reakcje egzotermiczne, łącznie z samozapaleniem pyłów**

Reakcje egzotermiczne mogą stanowić źródło zapłonu, gdy szybkość wytwarzania ciepła będzie większa od szybkości odprowadzania ciepła do otoczenia. Wiele reakcji chemicznych jest reakcjami egzotermicznymi. Możliwość osiągnięcia wysokiej temperatury podczas reakcji zależy, między innymi, od stosunku objętość/powierzchnia układu reagującego, temperatury otoczenia i czasu reakcji. Ta wysoka temperatura może prowadzić do zapłonu atmosfer wybuchowych, jak również zapoczątkowania tlenia się i/lub palenia.

UWAGA 1 Nie istnieją znormalizowane metody identyfikacji materiałów, które są zdolne do samopodtrzymującego się spalania tlącego.

UWAGA 2 Materiały, które nie są zdolne do samopodtrzymującego się spalania lub tlenia w warstwach pyłu, mogą jednak być zdolne do wybuchu pyłowego, gdy zostaną zdyspergowane w powietrzu.

Do reakcji tych zalicza się reakcje substancji piroforycznych z powietrzem, metali alkalicznych z wodą, samo-zapalenie palnych pyłów, samonagrzewanie się pasz, reakcje zapoczątkowane procesami biologicznymi, rozkład organicznych nadtlenuków lub reakcje polimeryzacji.

Katalizatory również mogą wzbudzać reakcje egzotermiczne (np. atmosfery wodoru/powietrze w obecności platyny).

UWAGA 3 Niektóre reakcje chemiczne (np. piroliza i procesy biologiczne) mogą również prowadzić do tworzenia substancji palnych, które z kolei mogą tworzyć atmosfery wybuchowe z otaczającym powietrzem.

Gwałtowne reakcje kończące się zapłonem mogą występować w niektórych połączeniach materiałów konstrukcyjnych z substancjami chemicznymi (np. miedź z acetylenem, metale ciężkie z nadtlakiem wodoru).

Niektóre połączenia substancji, zwłaszcza gdy są dobrze rozdrobnione, (np. aluminium/rdza albo cukier/chlorany) reagują gwałtownie w razie uderzenia lub tarcia.

UWAGA 4 Zagrożenia mogą też wynikać z reakcji chemicznych spowodowanych termiczną niestabilnością, dużym ciepłem reakcji i/lub szybkim wyzwalamieniem gazu. Te zagrożenia nie są rozważane w niniejszej normie.