



PORADNIK MAGAZYNY ENERGII · 8 MIN

Odprowadzanie gazów i ochrona przed deflagracją: NFPA 68/69 i konsekwencje dla wykładziny

W magazynach energii wybuch bywa groźniejszy niż pożar. Czego NFPA 68 i NFPA 69 wymagają w zakresie odciążenia wybuchowego i wentylacji — i jakie konsekwencje ma to dla wykładziny oraz separacji termicznej obudowy.

Niedoceniane zagrożenie: deflagracja zamiast pożaru

W trakcie niekontrolowanego wzrostu temperatury (thermal runaway) ogniwa baterijne uwalniają palną mieszaninę gazową — zasadniczo wodór, tlenek węgla, dwutlenek węgla oraz węglowodory takie jak metan i etylen. W zamkniętych kontenerach i pomieszczeniach bateryjnych mieszanina ta może się wzbogacać aż do momentu, w którym źródło zapłonu wywoła deflagrację. Kilka poważnych zdarzeń z ostatnich lat, również z rannymi ratownikami, nie wynikało z samego pożaru, lecz z wybuchu nagromadzonego gazu.

Środowisko branżowe rozróżnia dwa scenariusze: deflagrację natychmiastową, w której gaz zapala się krótko po odgazowaniu, oraz deflagrację opóźnioną, w której gaz gromadzi się przez minuty lub godziny, zanim ulegnie zapłonowi. Ta druga wywołuje znacznie wyższe ciśnienia — i wyłącznie środkami biernymi jest niemal nieopanowana. NFPA 855 wymaga dlatego dla magazynów litowo-jonowych rozwiązania z zakresu ochrony przeciwwybuchowej: odciążenia wybuchowego według NFPA 68 i/lub prewencji wybuchowej według NFPA 69.

NFPA 68: prawidłowe wymiarowanie odciążenia wybuchowego

NFPA 68 reguluje odciążenie ciśnienia deflagracji: powierzchnie rozrywne, klapy lub panele lekkiej konstrukcji otwierają się przy zdefiniowanym ciśnieniu zadziałania i odprowadzają falę ciśnienia oraz płomień w sposób kontrolowany na zewnątrz. Powierzchnie odciążające wymiaruje się na podstawie właściwości gazu — maksymalnego ciśnienia wybuchu, prędkości spalania i granic wybuchowości gazu odprowadzanego z ogniwa, tak jak podaje je raport UL 9540A z poziomu ogniwa — oraz wytrzymałości ciśnieniowej obudowy (zredukowanego ciśnienia maksymalnego, które musi przenieść przegroda).

- Podstawą wymiarowania są rzeczywiste parametry gazu z raportu UL 9540A, a nie założenia ogólne
- Konstrukcja przegradzająca musi wytrzymać pozostające zredukowane ciśnienie wybuchu
- Przed otworami odciążającymi należy zachować strefy wolne — tamtędy wydostają się ciśnienie, płomień i odłamki
- Bierne odciążenie wybuchowe działa niezawodnie przede wszystkim przeciw deflagracjom natychmiastowym

Wskazówka: Granica odciążenia biernego — Wobec deflagracji opóźnionej z wysokim stężeniem gazu w całej

objętości bierne powierzchnie odciążające mogą okazać się zbyt małe — piki ciśnienia przekraczają wówczas to, co da się odciążyć w sposób ekonomiczny. W takich scenariuszach nie da się obejść aktywnego ograniczania stężenia według NFPA 69.

NFPA 69: utrzymanie stężenia gazu poniżej progu zapłonu

NFPA 69 działa jeszcze przed zapłonem: detekcja gazów i wentylacja mechaniczna utrzymują stężenie gazów palnych trwale poniżej 25 procent dolnej granicy wybuchowości (LFL). Jako wartość orientacyjna dla pomieszczeń bateryjnych ugruntowała się wydajność wentylacji co najmniej 1 cfm na stopę kwadratową powierzchni podłogi (około 5,1 l/s na m²), dobrana na najgorszy scenariusz z raportu badawczego. Ponieważ wodór z LFL na poziomie około 4 procent objętościowych jest składnikiem najbardziej krytycznym, detekcję projektuje się zasadnie na wodór jako wielkość wiodącą.

W praktyce oba standardy stosuje się łącznie: wentylacja i detekcja według NFPA 69 zapobiegają nagromadzeniu gazu, a powierzchnie odciążające według NFPA 68 przechwytują ryzyko resztkowe zapłonu natychmiastowego. Taka obrona w głąb chroni nie tylko instalację, lecz przede wszystkim ratowników, którzy w razie zdarzenia muszą podejść do obudowy.

Co to oznacza dla wykładziny i separacji termicznej

Dla wykładziny wewnętrznej kontenerów i pomieszczeń bateryjnych z ochrony przeciwwybuchowej wynikają konkretne reguły konstrukcyjne, wykraczające poza klasyczną ochronę przeciwpożarową. Izolacja, która w razie pożaru odgradza doskonale, może stać się problemem w razie deflagracji — jeżeli blokuje powierzchnie odciążające, odpasja się pod ciśnieniem albo tworzy pustki, w których gromadzi się gaz.

- Powierzchnie odciążające i drogi odprowadzania gazu utrzymywać całkowicie wolne od warstw izolacyjnych i okładzinowych
- Wykładziny mocować mechanicznie tak, aby wytrzymały uderzenie ciśnienia i nie prowadziły do wyrzutu odłamków
- Wybierać zamknięte, niepalne powierzchnie; żadnych otwartych pustek i stref martwych bez przewietrzania
- Ścieżki odprowadzania gorących gazów wykładać materiałami odpornymi na temperaturę — temperatury gazu mogą, zależnie od chemii ogniwa, sięgać kilkuset stopni
- Przepusty dla wentylacji, detekcji i kabli uszczelniać gazo- i dymoszczelnie, nie utrudniając przy tym funkcji odciążającej

Ochronę przeciwpożarową i przeciwwybuchową należy zatem projektować wspólnie: wykładzina jest częścią obu systemów. Kto projektuje separację termiczną, nie znając ścieżek odprowadzania gazu, ciśnień zadziałania i koncepcji wentylacji, ryzykuje wzajemne unieważnienie systemów ochronnych — w najgorszym przypadku barierę, która utrzyma pożar, ale wzmocni wybuch.

Często zadawane pytania

Czy kłapa odciążająca według NFPA 68 wystarczy jako ochrona przeciwwybuchowa?

Wobec deflagracji natychmiastowej, krótko po odgazowaniu, bierne odciążenie może wystarczyć. Wobec groźniejszej deflagracji opóźnionej z wysokim stężeniem gazu w całej objętości samo odciążenie jest często niewystarczające — potrzebne są wtedy dodatkowo detekcja gazów i wentylacja według NFPA 69, utrzymujące stężenie poniżej 25 procent LFL.

Skąd pochodzą parametry do wymiarowania odciążenia i wentylacji?

Z raportu badawczego UL 9540A zastosowanego systemu: dokumentuje on objętość gazu, jego skład, dolną i górną granicę wybuchowości, maksymalne ciśnienie wybuchu oraz prędkość spalania gazu odprowadzanego z ogniwa. Ogólne wartości literaturowe są jedynie rozwiązaniem awaryjnym, ponieważ mieszanina gazowa różni się wyraźnie w zależności od chemii i typu ogniwa.

Czy izolacja wewnętrzna kontenera bateryjnego może pogorszyć ochronę przeciwwybuchową?

Tak, na kilka sposobów: jeżeli blokuje powierzchnie odciążające, odspaja się przy uderzeniu ciśnienia i prowadzi do wyrzutu odłamków albo tworzy pustki, w których gaz gromadzi się niepostrzeżenie. Wykładzinę, powierzchnie odciążające i koncepcję wentylacji trzeba dlatego projektować w sposób zintegrowany i wzajemnie uzgodniony.

Porozmawiajmy o Państwa projekcie

Odpowiedź w ciągu 24 godzin w dni robocze.

info@sbs-rs.de

+49 89 541 960 209

Czytaj online: www.sbs-rs.de/batteriespeicher/ratgeber/gasableitung-deflagrationsschutz