



PORADNIK MAGAZYN Y ENERGII · 7 MIN

LFP, NMC i ogniwa sodowo-jonowe z perspektywy ochrony przeciwpożarowej: co chemia ogniwa oznacza dla bariery

Temperatura początku reakcji, ilość gazu, wydzielanie ciepła: chemia ogniwa określa obraz zagrożenia magazynu energii — a tym samym to, czy separację termiczną należy projektować przede wszystkim przeciw ciepłu, czy przeciw gazom.

Dlaczego chemia ogniwa przesuw a cel ochrony

„Magazyn energii” nie jest z punktu widzenia ochrony przeciwpożarowej kategori ą jednorodną. To, czy ogniwo pracuje w technologii litowo-żelazowo-fosforanowej (LFP), niklowo-manganowo-kobaltowej (NMC) czy sodowo-jonowej, zmienia zasadniczo trzy wielkości: temperaturę, przy której rozpoczyna się niekontrolowany wzrost temperatury (thermal runaway), ilość uwalnianego przy tym ciepła oraz ilość i skład gazów odprowadzanych z ogniwa. Dla projektowania bariery wynika stąd prosta, lecz często pomijana konsekwencja: dominujący cel ochrony zależy od chemii — raz na pierwszym planie stoi separacja termiczna, innym razem zarządzanie gazem i ochrona przeciwwybuchowa.

Różnica strukturalna tkwi w materiale katody: ogniwa NMC wykorzystują tlenek warstwowy, który w wysokich temperaturach może uwalniać tlen i podsycać pożar sam z siebie. Struktura oliwinowa LFP wiąże natomiast tlen trwale — reakcja przebiega wyraźnie łagodniej, choć w żadnym razie nie jest nieszkodliwa.

NMC: wysokie wydzielanie ciepła, wczesny początek reakcji

Ogniwa NMC wchodzą w porównaniu wcześniej w thermal runaway — typowe temperatury początku reakcji mieszczą się, zależnie od typu ogniwa i metody pomiaru, z grubsza w zakresie od 170 do 210 °C — i reagują wówczas najgwałtowniej. Badania porównawcze wykazują dla NMC najwyższe temperatury gazów odprowadzanych z ogniwa (w aktualnym opracowaniu około 1050 °C wobec około 446 °C przy LFP) oraz największą ilość gazu na amperogodzinę. Dochodzą do tego często wypływ płomienia, wyrzut iskier i cząstki ogni w, które działają jako źródła zapłonu dla obszarów sąsiednich.

Dla separacji termicznej oznacza to: w systemach NMC dominuje obciążenie cieplne. Ściany działowe i wykładziny muszą krótkotrwale przyjąć bardzo wysokie temperatury i gęstości strumienia ciepłego, nie dopuszczając do krytycznego wzrostu temperatury po stronie przeciwnej. Materiały izolacyjne odporne na wysokie temperatury o przebadanym zachowaniu powyżej 1000 °C, mechanicznie stabilne warstwy okrywowe chroniące przed uderzeniami cząstek oraz przekładki hamujące propagację między modułami stanowią tu

podstawowe elementy.

LFP: mniej pożaru, więcej ryzyka deflagracji

LFP słusznie uchodzi za technologię bardziej stabilną termicznie: wyższa temperatura początku reakcji, mniejsze wydzielanie ciepła, rzadsze pożary podtrzymujące się samoczynnie. Często wyciąga się z tego jednak błędny wniosek, że LFP jest z punktu widzenia ochrony przeciwpożarowej niekrytyczne. Pomiary porównawcze wykazują wprawdzie najmniejszą ilość gazu w odniesieniu do pojemności (w aktualnym opracowaniu około 0,02 mol/Ah wobec około 0,07 mol/Ah przy NMC), ale przy najwyższym udziale wodoru w gazie odprowadzanym z ogniwa — w tym samym badaniu około 41 procent.

Wskazówka: Paradoks LFP — Właśnie dlatego, że gazy z ogniw LFP często nie zapalają się natychmiast, mogą niepostrzeżenie gromadzić się w obudowie lub w pomieszczeniu. Jeżeli bogata w wodór chmura natrafi później na źródło zapłonu, grozi opóźniona deflagracja — scenariusz, który w kilku rzeczywistych szkodach był główną przyczyną strat. W przypadku LFP cel ochrony przesuwają zatem z samej bariery przeciwpożarowej w stronę detekcji gazów, wentylacji i odciążenia wybuchowego według NFPA 68/69.

Dla wykładziny oznacza to: musi ona nie tylko odgradzać ciepło, lecz także wspierać zarządzanie gazem — utrzymywać drożne zdefiniowane drogi odprowadzenia, nie blokować powierzchni odciążających i sama nie tworzyć źródeł zapłonu ani pustek, w których gaz mógłby się gromadzić.

Ogniwa sodowo-jonowe: obiecujące, lecz nie bezpieczne bezwarunkowo

Ogniwa sodowo-jonowe wykazują w pierwszych badaniach porównawczych korzystny profil bezpieczeństwa: temperatury początku reakcji mniej więcej na poziomie LFP (rzęd wielkości 220 do 260 °C) i wyraźnie niższe maksymalne temperatury gazów niż w obu chemiach litowych. Również możliwość rozładowania ogniwa do zera woltów na czas transportu i magazynowania zmniejsza ryzyko w cyklu życia.

Mimo to również ogniwa sodowo-jonowe uwalniają w razie awarii gazy palne — z istotnym udziałem wodoru, tlenku węgla i par elektrolitu. Baza danych jest przy tym wciąż wąska: istnieje dopiero niewiele niezależnych opracowań i niemal brak badań pożarowych w wielkiej skali na poziomie systemu. Dla projektowania obowiązuje zatem zasada: nie obniżać ryczałtowo wymagań wobec separacji termicznej, odprowadzania gazów i odciążenia wybuchowego, lecz żądać danych badawczych właściwych dla projektu (na przykład według UL 9540A) i na nich opierać rozwiązanie.

- NMC: barierę projektować przede wszystkim przeciw wysokim temperaturom, strumieniowi cieplnemu i cząstkom
- LFP: nacisk na detekcję gazów, wentylację, odciążenie wybuchowe i wykonanie wolne od źródeł zapłonu
- Ogniwa sodowo-jonowe: korzystny profil, ale rozwiązanie redukować dopiero na podstawie wiarygodnych danych badawczych
- Dla wszystkich chemii: zachowanie propagacyjne z raportów badawczych ma pierwszeństwo przed danymi z kart katalogowych

Często zadawane pytania

Czy magazyn LFP w ogóle potrzebuje bariery przeciwpożarowej?

Tak. LFP reaguje łagodniej niż NMC, w razie awarii uwalnia jednak bogatą w wodór, zapalną mieszaninę gazową i przy propagacji przez wiele ogniwa może wydzielć znaczne ilości ciepła. Bariera pozostaje konieczna — uzupełniona o konsekwentne zarządzanie gazem z detekcją, wentylacją i odciążeniem wybuchowym.

Czy magazyny sodowo-jonowe są rozwiązaniem problemu ochrony przeciwpożarowej?

Są postępem, nie zwolnieniem z obowiązków. Pierwsze opracowania wykazują wyższe temperatury początku reakcji i łagodniejszy przebieg niż przy NMC, ale również ogniwa sodowo-jonowe odgazowują palne

mieszaniny. Dopóki badania pożarowe w wielkiej skali na poziomie systemu są rzadkością, projektowanie ochrony powinno pozostać zachowawcze i opierać się na danych badawczych właściwych dla projektu.

Czy barierę przeznaczoną dla systemów NMC można zastosować bez zmian przy LFP?

Termicznie jest ona wówczas najczęściej przewymiarowana, funkcjonalnie jednak może być nietrafiona: przy LFP liczy się przede wszystkim, aby obudowa nie utrudniała odprowadzania gazów i odciążenia wybuchowego oraz nie tworzyła niewentylowanych pustek. Rozwiązanie należy zawsze wyprowadzać z raportu badawczego właściwego dla danej chemii i danego systemu.

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/zellchemie-brandschutz