



GUIDE STOCKAGE PAR BATTERIES · 18 MIN

Cloisonnement thermique dans les systèmes de stockage par batteries : matériaux réfractaires contre l'emballement thermique

Comment les planificateurs et exploitants de systèmes de stockage par batteries (BESS) limitent la propagation thermique entre cellule, module, rack et conteneur — réglementations, choix des matériaux, mise en œuvre, essais et maintenance du point de vue du montage réfractaire.

Ce qui se passe lors d'un emballement thermique — et pourquoi le temps est le facteur décisif

Un emballement thermique commence dans une seule cellule : à la suite d'un court-circuit interne, d'un dommage mécanique, d'une surcharge ou d'un défaut de fabrication, la température de la cellule augmente au point que la décomposition de l'électrolyte s'auto-accélère. En quelques secondes apparaissent plusieurs centaines de degrés Celsius, des gaz inflammables (hydrogène, monoxyde de carbone, hydrocarbures) et un jet de particules incandescentes. Dans cet état, la cellule elle-même ne peut plus être éteinte — la réaction se poursuit jusqu'à épuisement de l'énergie stockée.

Ce qui est dangereux pour l'installation, ce n'est pas cette cellule isolée, mais la propagation : la chaleur de la première cellule chauffe les cellules voisines jusqu'à ce que le seuil y soit également franchi. Sans cloisonnement, la chaîne traverse le module, le rack et enfin le conteneur. Chaque étage qui retarde la transmission de quelques minutes donne au système de gestion de la batterie le temps de couper, à l'évacuation des gaz le temps de ventiler et aux pompiers le temps d'arriver.

Remarque : La mission centrale des matériaux réfractaires — Non pas éteindre, mais séparer : une barrière thermique entre les niveaux maintient la température du côté opposé sous le seuil d'inflammation des cellules voisines suffisamment longtemps pour que la propagation s'arrête ou devienne suffisamment lente pour être maîtrisée. Le critère est le temps jusqu'au passage de la température — et non la seule température de classification du matériau.

- Niveau cellule : températures à la surface de la cellule supérieures à 600 °C, jet de particules jusqu'à plus de 1000 °C
- Niveau module : dégagement gazeux de plusieurs centaines de litres par kWh, montée en pression dans le boîtier
- Niveau rack et conteneur : s'y ajoute la charge combustible des plastiques, câbles et composants électroniques
-

Fenêtre temporelle : sans barrière, la propagation entre cellules voisines se produit typiquement en quelques minutes ; avec une barrière efficace, elle est nettement retardée ou interrompue

Réglementations : ce qui est exigé et ce qui doit être démontré

Pour les systèmes stationnaires de stockage par batteries, il n'existe pas en Allemagne de loi unique et exhaustive — les exigences résultent de normes produits, de méthodes d'essai, de directives d'assureurs et du droit de la construction. Pour le choix des matériaux dans le conteneur, ce sont avant tout les méthodes d'essai démontrant la sécurité contre la propagation qui sont déterminantes.

UL 9540A est la méthode d'essai répandue au niveau international, qui examine la propagation d'un emballement thermique par étapes aux niveaux cellule, module, unité et installation. De nombreux appels d'offres et assureurs exigent aujourd'hui un rapport UL 9540A ; les températures et durées qui y sont documentées constituent les données d'entrée pour le dimensionnement du cloisonnement. NFPA 855 régit, en tant que norme d'installation, les distances, les compartiments coupe-feu ainsi que les concepts d'extinction et de ventilation. En Europe, la norme IEC 62933-5-2 décrit les exigences de sécurité applicables aux systèmes de stockage d'énergie électrochimiques raccordés au réseau. La directive VdS 3103 résume les attentes des assureurs de biens allemands vis-à-vis des systèmes de stockage lithium-ion.

Pour les matériaux réfractaires eux-mêmes s'appliquent les classifications selon DIN EN 13501-1 (réaction au feu, classe A1 pour les produits incombustibles) et les essais de résistance au feu selon DIN EN 1363 et DIN EN 1364. Pour les matériaux fibreux s'y ajoute la protection des travailleurs : la laine d'aluminosilicate (ASW) relève de la règle technique allemande TRGS 558, la laine AES biosoluble n'en relève pas — un point qui, dans les systèmes de stockage par batteries, fait presque toujours pencher la balance.

Remarque : Conseil pratique — Demandez au fournisseur du système le rapport UL 9540A aux niveaux module et unité avant de parler de matériaux. Les températures de surface qui y sont mesurées et la durée de l'événement déterminent l'effet barrière dont vous avez besoin — tout le reste est un dimensionnement à l'aveugle.

Le concept de cloisonnement : quatre niveaux, quatre missions

Un cloisonnement efficace suit la structure du système de stockage de l'intérieur vers l'extérieur. Chaque niveau a sa propre mission, sa propre charge thermique et donc son propre matériau adapté. Qui installe le même matériau à tous les niveaux paie soit trop cher, soit protège insuffisamment à l'endroit critique.

- Cellule–cellule : intercalaires minces de 1 à 3 mm qui retardent le transfert de chaleur vers la cellule voisine — papier de fibres céramiques en qualité biosoluble ou stratifiés de films microporeux ; les critères décisifs sont une faible épaisseur et une faible conductivité thermique à haute température
- Module–module : plaques de 5 à 25 mm entre les modules dans le rack — plaques microporeuses offrant le plus fort pouvoir isolant par millimètre là où l'encombrement est compté ; plaques de silicate de calcium là où une résistance à la compression est en plus nécessaire
- Rack–rack et rack–paroi : cloisons de séparation et habillages avec résistance au feu — plaques de silicate de calcium ou plaques fibreuses en plusieurs couches, joints décalés, raccords étanchés au cordon de fibres
- Revêtement intérieur du conteneur : habillage des parois et du plafond en nappe ou plaque de fibres biosolubles, qui maintient l'enveloppe en acier sous la température critique et empêche la transmission de l'incendie aux conteneurs voisins

S'y ajoutent les traversées : câbles, conduites de refroidissement, barres omnibus et ouvertures de ventilation traversent chaque niveau. Une cloison de séparation ne vaut que ce que vaut sa traversée la plus faible — ici, cordons de fibres, joints en papier et manchons coupe-feu font partie intégrante du concept, et non des accessoires.

Choix des matériaux : biosoluble, microporeux, sans fibres — et pourquoi l'ASW est rarement la bonne réponse dans un système de stockage

Dans un four industriel, c'est la température qui décide du matériau. Dans un système de stockage par batteries s'ajoutent trois exigences qui pèsent davantage sur le choix : l'encombrement, la protection des travailleurs et la nomenclature du client.

La laine AES biosoluble (SOLUT BW Blanket, BW Board, BW Paper) est exemptée de la classification comme cancérigène conformément à la note Q du règlement CLP et ne relève pas de la TRGS 558. Pour les fabricants de systèmes de stockage, cela signifie : pas de catégories d'exposition lors de la mise en œuvre, pas d'obligation d'étiquetage dans le produit, pas de déclaration SVHC selon REACH art. 33. Avec une température de classification de 1200 °C, elle couvre les températures apparaissant sur les parois et le plafond lors d'un emballement thermique. Sa limite pratique en service continu, inférieure à environ 900 °C, ne joue ici aucun rôle — le cas de charge est un événement de quelques minutes, pas un service continu.

Les plaques microporeuses (SOLUT MP Board) offrent la conductivité thermique la plus basse de tous les isolants — autour de 0,02 à 0,03 W/mK entre 200 et 400 °C — et donc le plus grand effet barrière par millimètre. C'est le matériau de choix entre les modules, là où chaque millimètre d'encombrement coûte de la densité énergétique. Elles sont sans fibres, incombustibles (A1) et livrables revêtues d'une feuille d'aluminium, d'un tissu de verre ou d'un film PE pour ne pas générer de poussières à la manipulation.

Les plaques de silicate de calcium (SOLUT CAL Board) sont mises en œuvre là où la barrière doit porter : sous les racks, comme cloison de séparation avec fixations, comme support de composants. Résistances à la compression de 13 à 27 N/mm² pour une température de classification de 1000 °C, sans fibres et usinables avec des outils à bois.

Remarque : Pourquoi pas l'ASW ? — La laine d'aluminosilicate résiste certes à 1260 à 1430 °C, mais elle est classée cancérigène de catégorie 1B. Dans un produit que les fabricants livrent dans de nombreux pays et que des techniciens de maintenance ouvrent, cela entraîne des obligations d'étiquetage, d'information et de protection des travailleurs que presque aucun fabricant de systèmes de stockage ne veut assumer. La réserve de température de l'ASW n'est pas nécessaire dans un système de stockage — l'alternative biosoluble suffit pour le cas de charge.

- Intercalaires de cellules : SOLUT BW Paper 1–3 mm ou stratifié microporeux
- Séparation des modules : SOLUT MP Board 5–25 mm, revêtu
- Cloisons porteuses et supports : SOLUT CAL Board 12,7–50 mm
- Habillage des parois et du plafond du conteneur : SOLUT BW Blanket 25–50 mm ou BW Board
- Traversées et joints : cordon de fibres et BW Paper, combinés à des systèmes de cloisonnement homologués pour les compartiments coupe-feu

Comparaison des matériaux : les quatre matériaux barrières en un coup d'œil

Le tableau suivant compare les quatre principaux matériaux barrières — avec les caractéristiques qui comptent vraiment dans un système de stockage : conductivité thermique en cas d'événement, encombrement requis, résistance mécanique et statut réglementaire.

Remarque : Règle empirique — Là où l'encombrement est la ressource la plus rare : microporeux. Là où il faut porter ou visser : silicate de calcium. Là où des surfaces sont habillées : fibres biosolubles. Là où il faut être mince : papier de fibres. L'ASW uniquement lorsqu'il faut isoler en continu au-dessus de 900 °C — dans un système de stockage, pratiquement jamais.

Mise en œuvre et essais : là où la barrière échoue dans la pratique

Le meilleur choix de matériaux ne sert à rien si la barrière présente des lacunes. Nos chantiers nous ont appris quatre points faibles récurrents : joints de plaques ouverts, traversées non étanchées, fixations en acier formant des ponts thermiques à travers l'isolation, et couches isolantes écrasées lors de l'assemblage, perdant ainsi leur épaisseur et leur pouvoir isolant.

- Décaler les joints de plaques en deux couches ou les exécuter à rainure et languette ; garnir les joints en une seule couche d'un cordon de fibres
- Dessiner chaque traversée comme un détail à part entière : cordon, papier ou manchon, longueur d'étanchéité au moins égale à l'épaisseur de la plaque
- Séparer thermiquement les fixations — ancrages en céramique ou en acier inoxydable avec rondelle isolante au lieu de vis en acier traversantes
- Vérifier l'épaisseur d'isolation à l'état monté, pas à l'état livré ; documenter le serrage et la compression
- Évaluer les revêtements et films sur la face exposée à l'événement : ils protègent à la manipulation, mais n'apportent rien en cas d'incendie

La démonstration se fait en deux étapes : les caractéristiques des matériaux proviennent des fiches techniques et des classifications au feu, l'effet barrière du système d'un essai de propagation au niveau du module ou de l'unité — de préférence selon UL 9540A, car les résultats sont alors également exploitables auprès des assureurs et des autorités d'homologation. Nous fournissons les données des matériaux et accompagnons la fabrication des corps d'épreuve, afin que le système testé corresponde à ce qui sera installé par la suite.

Check-list de planification : ce qui doit être clarifié avant l'appel d'offres et l'offre

La plupart des retards dans les projets de stockage ne surviennent pas lors de la mise en œuvre, mais avant — parce que des éléments de base manquent au moment de comparer les offres. Ces douze points doivent être clarifiés avant l'envoi de la première demande :

- Rapports UL 9540A du fournisseur de cellules/modules disponibles aux niveaux module et unité ? Quelles températures et durées ont été mesurées ?
- Objectif de protection défini : empêcher la propagation cellule-cellule, retarder module-module ou seulement séparer conteneur-conteneur ?
- Budget d'encombrement fixé par niveau (mm entre cellules, modules, racks) ?
- Exigences de l'assureur recueillies (VdS 3103, le cas échéant conditions propres) ?
- Réaction au feu des matériaux exigée en classe A1 selon DIN EN 13501-1 ?
- Nomenclature sans fibres exigée — ou les fibres biosolubles (note Q) sont-elles admises ?
- Traversées dénombrées et un détail d'étanchéité défini par type (câble, conduite de refroidissement, barre omnibus, ventilation) ?
- Concept de fixation planifié sans ponts thermiques traversants ?
- Compression des couches isolantes calculée lors de l'assemblage — épaisseur à l'état monté ?
- Corps d'épreuve prévus pour l'essai de propagation (matériau, date, institut d'essai) ?
- Fabrication en série : découpe en kit ou pièces individuelles ? Tolérances définies ?
- Concept de démantèlement et de pièces de rechange : comment une barrière est-elle rétablie après une intervention de maintenance ?

Remarque : Notre offre aux planificateurs — Envoyez-nous les données UL 9540A et le budget d'encombrement — nous proposons la structure des couches par niveau, fournissons les caractéristiques des matériaux pour la démonstration de sécurité et fabriquons sur demande corps d'épreuve et kits de série.

Exploitation, maintenance et démantèlement

En service normal, une barrière thermique ne travaille pas — elle attend. C'est précisément pourquoi elle est facilement endommagée lors des opérations de maintenance et de transformation : des plaques sont démontées pour l'accès et remontées de façon incomplète, des joints de traversées sont perdus lors du remplacement de câbles, des couches isolantes sont écrasées par des composants ajoutés ultérieurement. C'est pourquoi la documentation de maintenance doit comporter un plan de cloisonnement qui identifie chaque barrière, chaque traversée et chaque joint.

- Après chaque intervention : contrôle visuel de la barrière concernée par rapport au plan de cloisonnement, photo au dossier
- Chaque année : contrôle par sondage des joints de traversées et de la compression des couches isolantes
- Après un événement thermique : renouveler intégralement les barrières concernées — même la laine biosoluble et les plaques microporeuses perdent leurs propriétés après un passage de température
- Lors de la dépose : trier les matériaux selon leur marquage — les matériaux biosolubles et sans fibres ne sont pas des déchets dangereux, les déchets d'ASW relèvent du code déchet 170603*

Remarque : Tout d'une seule main — Nous livrons les matériaux avec des fiches techniques en sept langues, découpons plaques et nappes selon plan, réalisons la mise en œuvre avec nos propres monteurs et prenons en charge, en cas de transformation ou de mise à l'arrêt, le démantèlement avec justificatif d'élimination. Pour les fabricants qui produisent des systèmes de stockage en série, nous préfabriquons des kits de cloisonnement.

Normes et réglementations

UL 9540A

Méthode d'essai pour évaluer la propagation de l'emballement thermique aux niveaux cellule, module, unité et installation (Fournit les températures et durées pour le dimensionnement des barrières ; de plus en plus exigée par les assureurs et les appels d'offres)

NFPA 855

Norme d'installation pour les systèmes stationnaires de stockage d'énergie — distances, compartiments coupe-feu, concepts d'extinction et de ventilation (Cadre pour la disposition des cloisons de séparation et des distances entre unités)

IEC 62933-5-2

Exigences de sécurité applicables aux systèmes de stockage d'énergie électrochimiques raccordés au réseau (Base européenne des démonstrations de sécurité du système complet)

VdS 3103

Directive des assureurs de biens allemands pour les batteries et systèmes de stockage lithium-ion (Attentes des assureurs en matière d'implantation, de cloisonnement et de protection incendie)

DIN EN 13501-1

Classification de la réaction au feu des produits de construction (classe A1 : incombustible) (Démonstration de l'incombustibilité des matériaux d'isolation et de séparation mis en œuvre)

DIN EN 1363-1 / EN 1364

Essais de résistance au feu, dispositions générales et éléments non porteurs (Démonstration de la résistance au feu des cloisons de séparation et des habillages)

TRGS 558

Règle technique allemande sur les activités impliquant des laines haute température — catégories d'exposition et mesures de protection (S'applique à l'ASW, pas à la laine AES biosoluble ; décisive pour le choix des matériaux)

Règlement CLP, note Q

Exemption des laines minérales biosolubles de la classification comme cancérogènes (Base des matériaux fibreux sans obligation d'étiquetage dans les systèmes de stockage)

Questions fréquentes

Une laine biosoluble à 1200 °C suffit-elle alors que l'emballement thermique dépasse 1000 °C ?

Pour ce cas de charge, oui : la température de classification décrit le retrait après 24 heures de sollicitation continue. Un emballement thermique est un événement de quelques minutes, pendant lequel la barrière doit retarder la chaleur, pas la supporter en permanence. Ce qui est décisif, c'est l'épaisseur et la conductivité thermique — et la démonstration sur le système testé.

Pourquoi du microporeux plutôt qu'une nappe de fibres simplement plus épaisse ?

Parce que dans un système de stockage, l'encombrement, c'est de la densité énergétique. Une plaque microporeuse atteint avec 10 mm ce pour quoi une nappe de fibres a besoin du double au triple. Entre les modules, c'est la différence entre un rack de plus ou de moins dans le conteneur.

Les matériaux eux-mêmes doivent-ils disposer d'une homologation ?

Les matériaux ont besoin de classifications (réaction au feu A1, valeurs de fiche technique). L'homologation concerne le système : la sécurité contre la propagation est testée sur le module ou sur l'unité, pas sur le matériau seul. Nous fournissons les données des matériaux pour cette démonstration.

Qu'advient-il du cloisonnement après un événement ?

Les barrières concernées sont intégralement renouvelées. Les isolants ayant subi un passage de température sont fragilisés ou densifiés et n'atteignent plus leurs caractéristiques — même s'ils paraissent intacts en apparence.

Parlons de votre projet

Réponse sous 24 heures les jours ouvrés.

info@sbs-rs.de

Life on fire : www.sbs-rs.de/batteriespeicher/ratgeber/thermische-abschottung-batteriespeicher