

Filtration des liquides chargés d'électrodes dans les usines de fabrication de piles électrochimiques aux ions de lithium

Introduction

Une pile électrochimique aux ions de lithium (Li-ion) est composée d'une anode, d'une cathode, d'un électrolyte, d'un séparateur et d'autres composants. À l'intérieur de la pile, les ions de lithium se déplacent entre l'anode et la cathode, transportant les électrons et les stockant pendant la charge et la décharge. Les principales étapes de la fabrication des piles électrochimiques sont les suivantes :

- **le mélange** : à cette étape du traitement, l'ingrédient actif des matériaux solides de l'anode et de la cathode sous forme de poudre est mélangé séparément dans un entraîneur liquide pour produire un mélange homogène, également connu sous le nom de liquides chargés anodiques et cathodiques.
- **le revêtement** : les liquides chargés qui sont produits pendant le mélange doivent enduire un substrat de feuille métallique en une couche mince et uniforme. Un revêtement non uniforme entraînerait des points en saillie sur le revêtement, ce qui pourrait entraîner une densité de flux d'électrons non uniforme, susceptible de réduire la durée utile de la pile et la capacité de stockage énergétique. Le processus de revêtement consiste à pomper le liquide chargé vers les enduiseuses à fentes qui déposent une fine couche sur le substrat en mouvement. Le revêtement doit être polymérisé pour former une couche solide par évaporation de l'entraîneur ou du solvant. Les électrodes sont stratifiées, intercalées d'un séparateur et enroulé pour former un grand rouleau ou des feuilles gerbées, selon la conception de la pile. Cet ensemble sera polymérisé dans un four pour garantir que tous les solvants sont éliminés de l'ensemble de la pile.

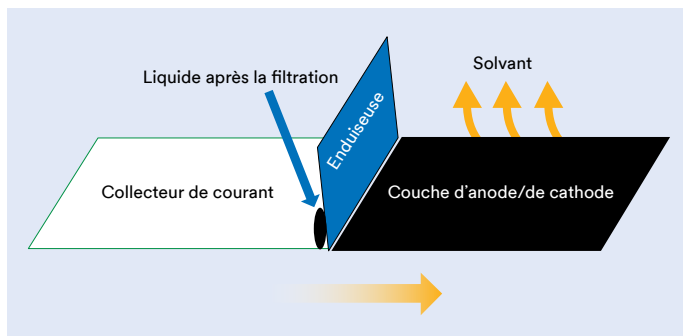


Figure 1 : Processus de revêtement



Figure 2 : Système de filtration encapsulé CTG-Klean 3M^{MC} de Série GPJ

Dans l'ensemble du processus de fabrication, la filtration des liquides chargés d'électrodes lors de l'étape de revêtement constitue le procédé de filtration le plus critique. Les liquides chargés cathodiques et anodiques devraient enduire les poteaux métalliques (les collecteurs de courant) après la filtration. Le liquide chargé cathodique enduit la feuille d'aluminium et celui anodique enduit la feuille de cuivre. Les couches de revêtement sur les poteaux métalliques devraient être lisses, sinon les courts-circuits et le rendement énergétique de la pile seront compromis. Les défauts du revêtement sur l'électrode réduisent le rendement de la production de piles et augmentent les défauts. Pour garantir que les grandes particules présentes sur la couche de revêtement n'entraînent pas de courts-circuits ou de faible durée utile des piles, un filtre à tamis est nécessaire pour ne laisser passer que les matériaux actifs dont la taille est inférieure à la taille de particule spécifiée, tandis que les grosses particules sont retenues. L'absence de filtration ou une filtration inadéquate entraîne des défauts sur la surface de l'électrode. Typiquement, un dispositif à couplage de charge (DCC) est installé après l'embout de revêtement pour détecter la qualité de l'électrode. Certains défauts liés à une filtration et à un revêtement inadéquats sont les suivants : les cratères, l'agglomération de gel, les rayures vives, les ampoules, les piqûres dans le revêtement, etc.

Ce mémoire technique d'utilisation évalue les méthodes de filtration appropriées qui peuvent être utilisées lors du revêtement des liquides chargés d'électrodes pour réduire les grandes particules et les contaminants déformables. Une filtration adéquate garantit une alimentation homogène des matériaux vers les filières plates pour enduction, ce qui peut se traduire par une augmentation des volumes traités, des chiffres d'affaires et de l'efficacité globale de l'équipement.

La composition du liquide chargé

Le liquide chargé cathodique contient du matériau ternaire ($\text{Li}(\text{NiCoMn})\text{O}_2$) ou LiFePO_4 comme ingrédient actif; le polyfluorure de vinylidène (PVDF) en tant qu'adhésif; le N-méthyl-pyrrolidine (NMP) en tant que solvant; et certains autres produits chimiques en tant qu'additifs. Le liquide chargé anodique est composé des éléments suivants : graphite en tant qu'ingrédient actif; caoutchouc butadiène-styrène (SBR) en tant qu'adhésif; eau déionisée en tant que solvant; et certains autres produits chimiques en tant qu'additifs, tout comme le carboxyméthylcellulose (CMC) en tant qu'agent d'épaississement.

Le rôle du processus de filtration

Le processus de production de liquides chargés prend du temps et un bon mélange peut être obtenu si l'on permet assez de temps et d'énergie fournie. Cependant, le dernier 0,1 % des particules pourrait susciter des heures de mélange pour obtenir un liquide chargé qui est entièrement homogène. Il est plus économique de réduire le temps du cycle de mélange et de retirer le 0,1 % de particules non mélangées au moyen de la filtration. La filtration peut être optimisée à l'aide d'un filtre à filtration nominale d'un micromètre, d'un filtre à structure de pores de tailles graduées, ou de plusieurs filtres à pores de tailles décroissantes de l'amont à l'aval de la filière plate pour enduction. L'optimisation du système de filtration dépend de la taille des particules et de la distribution granulométrique des particules de pile actives. Pour fournir un liquide chargé de haute qualité à la filière plate pour enduction, il faut surveiller la chute de pression du système ainsi que la chute de pression à travers chaque filtre. Cela garantit qu'une quantité suffisante de liquide chargé est fournie à la filière plate pour enduction et que les filtres sont remplacés régulièrement, ce qui permet d'éviter un faible débit dû à une chute de pression élevée dans les filtres. Cependant, les procédés de revêtement de liquide chargé sont conçus différemment et la plupart des systèmes utilisent une filtration à deux ou trois étapes. La plupart des conceptions des clients utilisent un treillis métallique comme première étape de filtration. Ces filtres en treillis métallique peuvent être nettoyés et réutilisés pour réduire le coût d'exploitation. Les deuxième et troisième étapes de la filtration utilisent des filtres en profondeur non tissés. Les capsules constituent un excellent choix pour le fonctionnement dans les deuxième et troisième étapes, puisqu'elles peuvent réduire le temps de nettoyage et permettre des remplacements rapides, réduisant ainsi le risque d'interruption du processus de revêtement en continu.

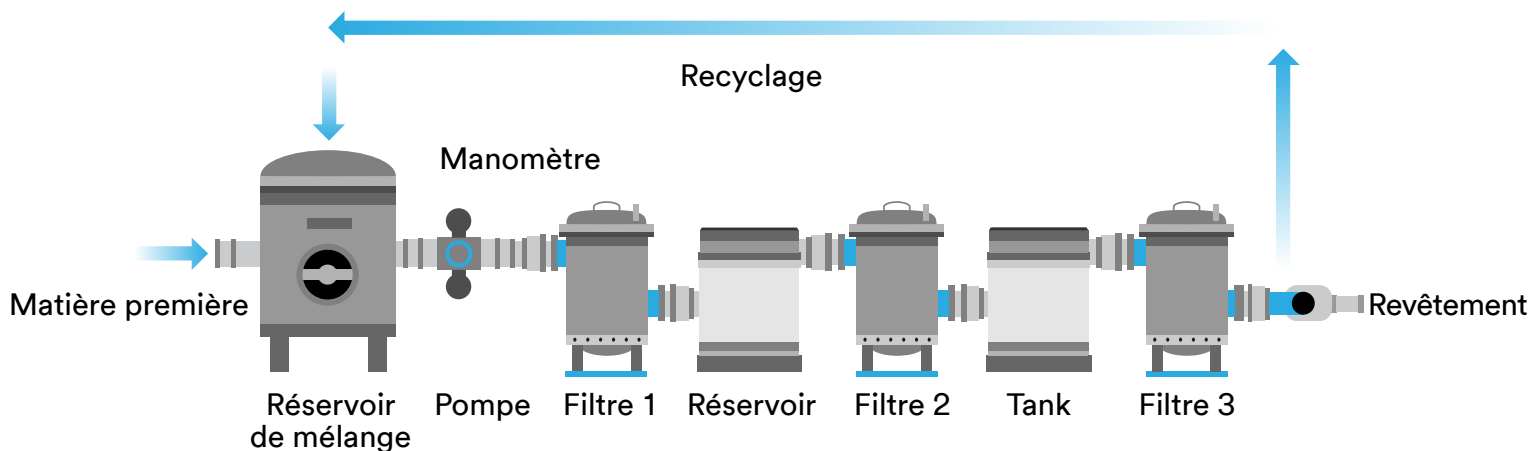


Figure 3 : Processus de filtration de liquide chargé cathodique/anodique

Taux élevé de défauts

Les liquides chargés cathodiques et anodiques ont tous deux une viscosité très élevée d'environ 10 000 cP (en général, le liquide chargé cathodique est plus collant que le liquide chargé anodique). Il est donc préférable d'utiliser une cartouche filtrante rigide pour ce procédé afin d'éviter la déformation et l'effondrement de la cartouche provoqués par une chute de pression élevée associée au débit de liquides visqueux.

Structure non rigide



Cartouche effondrée

Structure rigide



Figure 4 : Une comparaison de la structure des matériaux rigide et non rigide

Le liquide chargé contient également des contaminants gélatineux dans les liquides chargés cathodiques/anodiques. Les gels sont produits par polymérisation prématurée ou par le séchage des liants dans le liquide chargé. La meilleure démarche pour éliminer les impuretés gélatineuses est d'utiliser un filtre en profondeur rigide. Si les contaminants gélatineux ne sont pas éliminés ou extrudés à travers les filtres de surface, ils se déposeront sur les électrodes cathodiques ou anodiques, entraînant une diminution du rendement de la pile.

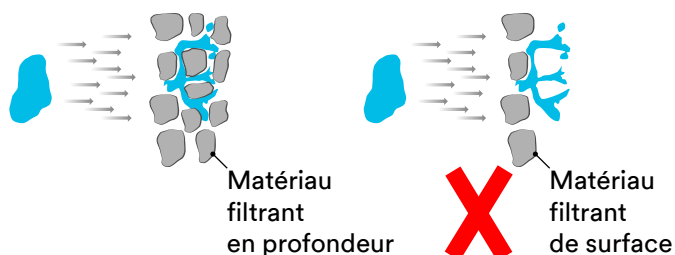
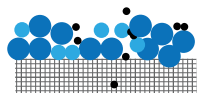


Figure 5 : Une comparaison du matériau filtrant en profondeur et de surface

Dans le processus de filtration du liquide chargé, un filtre ayant un seuil de séparation élevé (de classification) sera requis pour retenir les particules surdimensionnées et laisser passer les ingrédients actifs de petite taille. La filtration de classification aide le liquide chargé à éliminer les grandes particules tout en maintenant le contenu solide. En général, le filtre de classification est constitué d'un matériau dont la densité et la porosité sont uniformes.

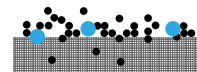
Densité progressive



Surface extérieure



Couche intermédiaire



Couche interne



En aval

Densité uniforme

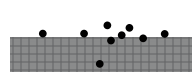
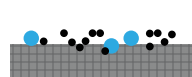
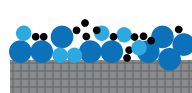


Figure 6 : Une comparaison des matériaux filtrants de classification et de clarification

De plus, une cartouche filtrante pour filtration en profondeur dotée d'un matériau de classification à structure rigide est nécessaire pour la filtration de liquide chargé afin de fournir de multiples couches de filtration et de résister aux changements de la taille des pores sous l'effet de la pression appliquée.

La prévention des déchets de liquide chargé

Le liquide chargé d'électrodes est dispendieux, surtout le liquide chargé cathodique, en raison du coût élevé des matières premières actives. Par conséquent, les déchets de liquide chargé devraient être évités le plus que possible. Une conception en capsule offre

plusieurs avantages si elle permet de réduire ou d'éviter les déversements, de récupérer facilement les matières de liquide chargé et de minimiser le nettoyage et l'utilisation de solvants et de limiter la quantité de déchets. Par contre, si une cartouche filtrante est utilisée dans le processus de revêtement, le boîtier du filtre doit être nettoyé à l'aide de produits chimiques ou d'eau déionisée, ce qui entraînerait des coûts d'exploitation supplémentaires lors de la fabrication de la pile aux ions de lithium.

La solution

Les défauts des piles peuvent être réduits considérablement par une filtration appropriée des liquides chargés et par l'élimination des grosses particules et des contaminants déformables. Par conséquent, la production d'un liquide chargé homogène et de qualité permet de stabiliser la pile cathodique ou anodique et le processus de revêtement. Les Cartouches filtrantes Betapure 3M^{MC} de Série AU sont dotées d'une structure autoportante rigide parfaitement adaptée à la filtration de liquide chargé à haute viscosité. Les Cartouches filtrantes Betapure 3M^{MC} démontrent d'excellentes capacités de filtration au cours de leur durée utile. Du départ à la fin, le rendement du filtre est stable. La structure rigide du Filtre Betapure 3M^{MC} de Série AU résiste à la déformation, au déchargement ou à la dérivation des particules, tout en offrant une efficacité d'élimination des particules élevée. Par rapport aux filtres de surface, le matériau filtrant pour filtration en profondeur Betapure 3M de Série AU peut retenir plus de contaminants déformables gélatineux à la même chute de pression. De plus, la Cartouche filtrante Betapure 3M^{MC} de Série AU est dotée d'une porosité uniforme, ce qui lui confère un bon rendement en matière de classification en retenant les particules surdimensionnées et en laissant passer les ingrédients actifs de petite taille.

En outre, le Système de filtration encapsulé CTG-Klean 3M^{MC} de Série GPJ est doté d'une conception de capsule molle qui encapsule la cartouche filtrante d'une pellicule mince qui fournit un obstacle physique entre le filtre et le boîtier métallique. Toute la charge de compression est transférée au boîtier métallique, éliminant ainsi le besoin d'un corps en plastique lourd. L'utilisation du matériau est minimisée et en même temps, le gaspillage de matériaux est optimisé. Cette feuille molle et mince peut être découpée facilement pour récupérer tout liquide chargé résiduel dans la capsule après la conclusion du processus de filtration. Ces avantages en matière de conception aident à réduire le coût total de filtration pour les clients. Selon les calculs, une pièce de capsule de 20 po du Système de filtration encapsulé CTG-Klean 3M^{MC} de Série GPJ peut récupérer environ 0,5 l de liquide chargé. Si le coût du liquide chargé cathodique est de 100 \$ US/l, il peut offrir 50 \$ US d'économies à chaque remplacement du filtre. Les capsules du Système de filtration encapsulé CTG-Klean 3M^{MC} de Série GPJ peuvent inclure des Cartouches filtrantes Betapure^{MC} 3M^{MC} de Série AU, des Cartouches filtrantes Betapure^{MC} 3M^{MC} de Série NT-T et des Cartouches filtrantes Micro-Klean^{MC} 3M^{MC} de Série RT. Chacun de ces filtres offre des caractéristiques et des avantages uniques qui pourraient être utilisés pour optimiser la chaîne de filtration cathodique ou anodique. Dans la plupart des

cas, une chaîne de filtration à deux ou trois étapes offre un fonctionnement de filtration optimisé en matière de prolongement de la durée utile du filtre, de réduction du nombre de remplacements du filtre et du coût global d'exploitation.

Conclusion

1. Le processus de revêtement de liquide chargé contient plusieurs points de filtration après le mélange du liquide chargé. 3M offre des solutions de filtration qui garantissent que le liquide chargé produit est de la plus haute qualité, conforme aux spécifications du liquide chargé au point de distribution aux filières plates pour enduction. L'utilisation des cartouches et capsules filtrantes de grand rendement, mentionnées dans la section « La solution » ci-dessus, réduira le risque de rayures sur la surface de l'électrode. Il s'agit d'un bon moyen de réduire le coût global d'exploitation pour le client.
2. La Cartouche filtrante Betapure^{MC} 3M^{MC} de Série AU contient un matériau filtrant pour filtration en profondeur rigide doté d'une porosité uniforme, ce qui permet d'éliminer les particules surdimensionnées et les contaminants déformables gélatineux et de garder les particules actives de petite taille dans les liquides chargés. Il s'agit d'un choix judicieux pour la filtration des liquides chargés cathodiques et anodiques.

La capsule du Système de filtration encapsulé CTG-Klean 3M^{MC} de Série GPJ, dotée de la cartouche appropriée à l'intérieur, offre non seulement tous les avantages de la cartouche, mais peut également préserver les liquides chargés grâce à sa conception de « capsule molle ». Parmi les autres avantages de la capsule du Système de filtration encapsulé CTG-Klean 3M^{MC} de Série GPJ on compte ses caractéristiques écologiques, son boîtier de filtre qui ne nécessite aucun nettoyage et l'absence de contact de l'opérateur avec le liquide chargé, etc.

Matériel de référence et renseignements sur les produits connexes

Cartouches filtrantes Betapure^{MC} 3M^{MC} de Série AU : les Cartouches filtrantes Betapure^{MC} 3M^{MC} de Série AU utilisent une

technologie de pointe pour produire une structure de filtre rigide et propre avec des caractéristiques de filtration constantes et reproductibles pour la filtration du liquide chargé. La matrice du filtre est constituée de longues fibres bicomposées, où chaque fibre est composée d'une âme centrale et d'une gaine extérieure (voir la fiche technique du produit). Les Cartouches filtrantes Betapure^{MC} 3M^{MC} de Série AU sont offertes en deux structures de fibres bicomposées, soit en polypropylène/polyéthylène, soit en polyester/co-polyester, pour offrir la plus grande gamme de compatibilité chimique possible.

Les fibres bicomposées de la matrice du filtre sont liées thermiquement en exploitant la différence entre les températures de fusion des deux composants en fibres. Le réchauffement de la matrice à la température de fusion de la gaine en polyéthylène, mais inférieure à celle de l'âme en polypropylène, provoque la liaison fibre-à-fibre à chaque point de contact. Le grand degré de liaison fibre-à-fibre permet d'obtenir une structure rigide, ce qui réduit le besoin d'un support d'âme et tout risque de migration du matériau filtrant. Les opérations dynamiques dans lesquelles le système de filtration est soumis à des impulsions, à des cycles ou à des pressions différentielles élevées sont susceptibles de provoquer la décharge des contaminants dans le fluide de procédé par les filtres non rigides. La structure rigide des Cartouches filtrantes Betapure^{MC} 3M^{MC} de Série AU résiste à la déformation, à la décharge des particules et à la dérivation afin de fournir une réduction de particules efficace et constante, même dans des conditions de fonctionnement défavorables.

Capsules du Système de filtration encapsulé CTG-Klean 3M^{MC} de Série GPJ : les capsules du Système de filtration encapsulé CTG-Klean 3M^{MC} de Série GPJ sont conçues pour les procédés de filtration industrielle. Diverses séries de cartouches filtrantes 3M peuvent être installées dans la capsule, notamment les Cartouches filtrantes Betapure^{MC} 3M^{MC} de Série AU, les Cartouches filtrantes Betapure^{MC} 3M^{MC} de Série NT-T et les Cartouches filtrantes Micro-Klean^{MC} 3M^{MC} de Série RT. Les avantages de la conception de la capsule comprennent : ses caractéristiques écologiques, son boîtier de filtre qui ne nécessite aucun nettoyage et une absence de contact de l'opérateur avec le liquide chargé. La conception « molle » facile à découper et à ouvrir offre l'avantage important de récupérer les résidus pendant le processus de filtration.

Restrictions d'utilisation : 3M déconseille d'utiliser ces produits 3M pour d'autres utilisations que celles pour lesquelles ils sont conçus, puisque les autres utilisations n'ont pas été évaluées par 3M et les résultats peuvent entraîner des conditions dangereuses ou involontaires. Ne pas utiliser de manière à ce que le produit 3M, ou toute substance extractible ou lixiviable provenant du produit 3M, puisse faire partie ou rester dans un dispositif médical, un médicament, un produit cosmétique, un supplément, une préparation pour nourrissons, ou dans des applications impliquant des applications médicales de maintien de la vie ou un contact prolongé avec des liquides biologiques ou des tissus internes.

Renseignements techniques : Les renseignements techniques, conseils et autres énoncés contenus dans le présent document ou fournis par 3M sont fondés sur des dossiers, des essais ou des expériences que 3M juge fiables, mais dont l'exactitude, l'exhaustivité et la nature représentative ne sont pas garanties. Ces renseignements sont destinés à des personnes qui possèdent les connaissances et les compétences techniques requises pour les évaluer et exercer un jugement éclairé à leur égard. Aucune licence d'utilisation de droits de propriété intellectuelle de 3M ou de tiers n'est accordée ou implicite en vertu de ces renseignements.

Sélection et utilisation des produits : De nombreux facteurs indépendants de la volonté de 3M et connus uniquement par l'utilisateur peuvent nuire à l'utilisation et au rendement d'un produit 3M lors d'un usage particulier. Par conséquent, il incombe au client seul d'évaluer le produit et de déterminer s'il convient à l'utilisation prévue, y compris d'effectuer une évaluation des dangers présents dans le lieu de travail et un examen de toutes réglementations et normes applicables (p. ex., OSHA, ANSI, etc.). Le fait de ne pas bien évaluer, sélectionner et utiliser un produit 3M conformément à toutes les directives applicables et avec l'équipement de protection approprié, ou de ne pas respecter toutes les règles de sécurité, peut provoquer des blessures ou des problèmes de santé, entraîner la mort ou causer des dommages à des biens.

Garantie, limite de recours et exonération de responsabilité : À moins qu'une garantie différente ne soit spécifiquement énoncée sur l'emballage ou la documentation applicables du produit 3M (une telle garantie ayant préséance, le cas échéant), 3M garantit que chaque produit 3M est conforme aux spécifications des produits 3M applicables au moment de son expédition. 3M N'OFFRE AUCUNE AUTRE GARANTIE OU CONDITION, EXPRESSE OU IMPLICITE, Y COMPRIS, MAIS SANS S'Y LIMITER, TOUTE GARANTIE OU CONDITION IMPLICITE DE QUALITÉ MARCHANDE, D'ADÉQUATION À UN USAGE PARTICULIER OU DÉCOULANT DE LA CONDUITE DES AFFAIRES, DES PRATIQUES COURANTES ET DES USAGES DU COMMERCE. Si un produit 3M n'est pas conforme à cette garantie, le seul et unique recours est, au gré de 3M, d'obtenir le remplacement du produit 3M ou le remboursement de son prix d'achat.

Limite de responsabilité : À l'exception de la limite de recours énoncée plus haut, et à moins d'interdiction par la loi, 3M ne saurait être tenue responsable des pertes ou des dommages directs, indirects, spéciaux, fortuits ou conséquents (y compris, mais sans s'y limiter, la perte de profits et d'occasions d'affaires) découlant de l'utilisation du produit 3M ou en lien avec celui-ci, quelle que soit la théorie juridique ou équitable dont on se prévaut, y compris, mais sans s'y limiter, celles de responsabilité contractuelle, de violation de garantie, de négligence ou de responsabilité stricte.



3M Purification, inc.
La Compagnie 3M Canada
300, rue Tartan
London (Ontario) N5V 4M9
Canada

1 800 364-3577
3M.ca/WaterQuality-FR

3M, 3M Science. Au service de la Vie., Betapure et Micro-Klean sont des marques de commerce de 3M, utilisées sous licence au Canada. © 2023, 3M. Tous droits réservés. Toutes les autres marques de commerce appartiennent à leurs propriétaires respectifs. 2306-26644 F