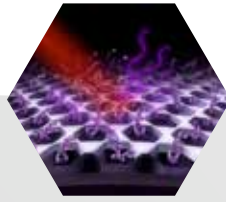


La nanotechnologie à l'œuvre : Nettoyage amélioré grâce aux membranes

PROMOTION DES INNOVATIONS
EN TECHNOLOGIES DE L'EAU :
Étude de cas



Naturellement **supérieur**



« La nouvelle technologie d'électrode nanostructurée bifonctionnelle développée dans le cadre de ces projets a intégré de façon efficace deux procédés avancés, la photocatalyse et l'électrocatalyse, pour en faire un système d'une grande efficacité pour le traitement et la purification de l'eau, ce qui offre un grand potentiel pour l'efficacité du nettoyage par membranes. »

Aicheng Chen, PhD, FRSC(UK), FISE
Professeur et chaire de recherche du Canada
Département de chimie, Université Lakehead

Résultats du rendement des électrodes bifonctionnelles

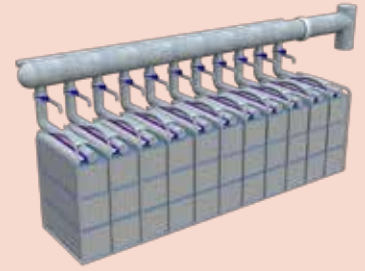
- Les nanotubes catalyseurs offrent une excellente stabilité, avec une efficacité élevée
- Réduction de 20 % de la durée du nettoyage par membranes utilisant l'hypochlorite de sodium et les électrodes bifonctionnelles, en raison de l'augmentation de l'efficacité du nettoyage
- Une réduction inorganique s'est produite pendant le nettoyage à l'hypochlorite de sodium, éliminant la nécessité d'un nettoyage à l'acide et permettant une réduction de 30 % de la consommation de produits chimiques et des eaux usées



Ce projet a bénéficié d'un soutien au financement du gouvernement de l'Ontario. Ce soutien n'indique pas que le gouvernement de l'Ontario a approuvé le contenu du présent document.

Contexte

L'usine de traitement d'eau (UTE) de Bare Point utilise une technologie d'ultrafiltration par membrane pour produire de l'eau potable pour la ville de Thunder Bay. L'usine traite en moyenne 44 MLJ (millions de litres par jour) d'eau. La saleté et les pathogènes retirés de l'eau adhèrent à la surface de la membrane et la heurtent. Les substances salissantes comprennent les substances inorganiques, les matières organiques, les colloïdes, les matières particulaires et les micro-organismes qui adhèrent à la surface de la membrane ou à l'intérieur de la matrice membranaire, qui causent une détérioration du rendement de la membrane et réduisent sa durée de vie. Pour l'entretien des membranes, le procédé de l'UTE de Bare Point produit chaque jour, de 3 à 5 millions de litres d'eaux usées provenant du lavage à contre-courant et 0,4 million de litres d'eaux usées provenant du nettoyage des membranes. Dans son processus de nettoyage des membranes, l'usine de traitement utilise de l'hypochlorite de sodium, de l'acide citrique et de l'acide phosphorique. L'usine de Bare Point exploite et entretient cinq trains membranaires pour le traitement de l'eau. Chaque année, l'entretien des membranes nécessite environ 1 825 lavages à 100 mg/L de chlore, 60 lavages de récupération à 500 mg/L de chlore et 30 lavages à l'acide citrique ou phosphorique. Dans le cadre du processus de nettoyage des membranes, environ 146 millions de litres d'eau sont ajoutés au flux de déchets de l'usine chaque année.



Défi

Un défi opérationnel du processus de filtration membranaire consiste à garder les membranes propres pour éviter les remplacements coûteux. Les usines de traitement d'eau membranaires utilisent une combinaison de lavages à contre-courant et de nettoyages chimiques pour enlever les matières organiques et inorganiques (substances salissantes) qui adhèrent à la surface des membranes. Les matières organiques sont éliminées lors d'un nettoyage chimique alcalin chauffé d'une durée de 6 heures (500 mg/L d'hypochlorite de sodium) suivi d'un nettoyage chimique acide chauffé de 6 heures (2 000 mg/L d'acide citrique au pH déprimé à 2 par un acide fort). Ce processus est efficace, quoique long et associé à des coûts d'énergie pour le chauffage de l'eau. Un deuxième défi est le fait que le processus de nettoyage n'est pas efficace à 100 %, laissant une petite quantité de substances salissantes (ce que l'on appelle colmatage irréversible) s'accumuler lentement avec le temps (10 ans) et réduire la perméabilité des membranes, ce qui finira par augmenter la consommation d'énergie de l'usine, réduire la capacité de celle-ci et augmenter la fréquence des nettoyages chimiques de la membrane. Le résultat : au fur et à mesure que les membranes vieillissent, les coûts d'exploitation et d'immobilisation de l'usine augmentent.

Venant s'ajouter à la complexité de la recherche de solutions de rechange est le fait que le nettoyage des matières organiques et celui des matières inorganiques se produisent aux antipodes de l'échelle de pH. Un pH de 11 est requis pour l'enlèvement de matières organiques et un pH de 2 pour les matières inorganiques.

De plus, le processus d'enlèvement des substances salissantes peut augmenter les coûts d'exploitation et réduire la durée de vie des membranes. Les travaux de recherche effectués par le Dr Liao et coll. ont démontré que l'hypochlorite de sodium utilisé pour les nettoyages de récupération détériore la structure du difluorure de polyvinylidène (PVDF), le polymère dont est fabriquée la membrane, et que les nettoyages de récupération à l'hypochlorite de sodium à 500 mg/L contribuent au dépôt de matières inorganiques sur la surface de la membrane. La source d'eau de l'UTE de Bare Point est peu alcaline, ce qui entraîne un indice de saturation Langiers élevé pendant les nettoyages de récupération à l'hypochlorite de sodium à 500 mg/L, ce qui signifie que le potentiel d'entartrage est élevé pendant ces nettoyages.

La régénération de l'écosystème grâce à l'innovation

Ce projet a bénéficié d'un soutien au financement du gouvernement de l'Ontario. Ce soutien n'indique pas que le gouvernement de l'Ontario a approuvé le contenu du présent document.

Objectifs du projet

Le projet avait pour objectif la démonstration d'une technologie de nettoyage par membrane novatrice qui permettrait d'améliorer l'efficacité du nettoyage et de réduire les coûts d'exploitation. Le financement pour le projet a été fourni par le programme Promotion des innovations en technologies de l'eau du ministère ontarien de l'Environnement et de l'Action en matière de changement climatique.

Solution

Le Dr Aicheng Chen, professeur de chimie et chaire de recherche du Canada en chimie des matériaux et de l'environnement, ainsi que son équipe de recherche à l'Université Lakehead (campus de Thunder Bay) ont créé une technologie bifonctionnelle innovante permettant d'éliminer la toxicité des effluents d'eaux usées. La technologie bifonctionnelle intègre de façon efficace deux méthodes avancées de purification de l'eau : la dégradation photochimique et l'oxydation électrochimique. La dégradation photochimique utilise la lumière et un photocatalyseur pour décomposer les polluants organiques, et l'oxydation électrochimique utilise l'électricité et un électrocatalyseur pour enlever les contaminants inorganiques. Leur technologie bifonctionnelle innovante a démontré que lorsque ces deux processus sont combinés, l'efficacité du traitement est beaucoup plus élevée que pour les deux méthodes prises séparément.



La nature bifonctionnelle de la technologie a suggéré que la réduction organique et la réduction inorganique pourraient être réalisées en une seule étape de nettoyage des membranes.

L'électrode bifonctionnelle a été développée à l'Université Lakehead comme dispositif de traitement des eaux usées. La conception incorpore une source de lumière ultraviolette et une électrode dans un circuit de type batterie. Sur la surface de l'électrode, un électrocatalyseur est combiné avec un photocatalyseur. La première étape du projet a été la modification des catalyseurs pour en augmenter l'efficacité et la stabilité (longue durée de vie). La deuxième étape a consisté à apprendre comment plaquer l'électrocatalyseur comme mince structure nanoporeuse sur l'électrode. La réussite de ces deux domaines dans le laboratoire de l'Université Lakehead a permis d'obtenir une électrode plus stable et plus réactive que l'électrode initiale utilisée à l'échelle du laboratoire qui a entraîné la demande de subvention dans le cadre du projet Promotion de l'innovation. L'électrode bifonctionnelle à l'échelle pilote utilisait un catalyseur structuré en nanotubes.

Les résultats d'une étude de nettoyage des membranes à l'UTE de Bare Point ont indiqué que la sonde bifonctionnelle pouvait être utilisée pour augmenter l'efficacité du processus de nettoyage en réduisant la durée et la fréquence des nettoyages. Pour ce projet, des électrodes ont été fabriquées et installées dans une usine de traitement d'eau pilote à l'UTE de Bare Point, et de nombreux cycles de nettoyage ont été effectués afin d'évaluer l'efficacité de la technologie pour l'amélioration du processus de nettoyage des membranes.

La régénération de l'écosystème grâce à l'innovation

Ce projet a bénéficié d'un soutien au financement du gouvernement de l'Ontario. Ce soutien n'indique pas que le gouvernement de l'Ontario a approuvé le contenu du présent document.

Pour de plus amples renseignements, veuillez prendre contact avec :

Carl D. Goodwin, P.Eng, ingénieur des procédés
Division de l'environnement
Ville de Thunder Bay
807 684-3195
cgoodwin@thunderbay.ca

Aicheng Chen, PhD, FRSC(UK), FISE
Professeur et chaire de recherche du Canada
Département de chimie, Université Lakehead
807 343-8318
achen@lakeheadu.ca

Résultats

On peut citer les résultats suivants de l'électrode bifonctionnelle utilisée pendant le nettoyage de récupération :

- Les résultats de l'électrode bifonctionnelle indiquent que les matières organiques et les matières inorganiques sont enlevées toutes les deux pendant un seul nettoyage de 6 heures à l'hypochlorite de sodium, sans ajustement du pH
- Économies de 50 % des produits chimiques, grâce à l'augmentation de l'efficacité du nettoyage à l'hypochlorite de sodium et à l'élimination du nettoyage à l'acide citrique.
- Augmentation potentielle du cycle de vie des membranes
- Réduction de 33 % des eaux usées grâce à l'élimination du nettoyage à l'acide citrique

Application pour les municipalités de l'Ontario

Les collectivités de l'Ontario peuvent bénéficier des leçons suivantes tirées de ce projet :

- Le nettoyage conventionnel de membranes est un processus qui prend beaucoup de temps et qui génère des volumes importants d'eaux usées. De plus, avec le temps, les solutions de nettoyage détériorent le polymère de la membrane, ce qui se traduit par des coûts d'immobilisation élevés pour le remplacement.
- Les partenariats entraînent des solutions innovantes, surtout lorsqu'une solution relativement nouvelle est requise en raison des préoccupations associées à l'adaptation de résultats changeants issus de la recherche sur une nouvelle technologie, comme l'ultrafiltration pour l'eau potable.
- L'électrode bifonctionnelle pourrait permettre un nettoyage des matières organiques et des matières inorganiques en une seule étape de nettoyage de récupération.

La régénération de l'écosystème grâce à l'innovation

Ce projet a bénéficié d'un soutien au financement du gouvernement de l'Ontario. Ce soutien n'indique pas que le gouvernement de l'Ontario a approuvé le contenu du présent document.