Energie
Programmes nationaux de recherche 70 et 71

Projet

Auto-régénération de catalyseurs



Un matériau intelligent et auto-régénérant pour les piles à combustible

Un matériau intelligent et auto-régénérant pour les piles à combustible

Faiblement émettrices de CO_2 et douées d'une belle efficacité énergétique, les piles à combustible haute température à usage stationnaire se présentent comme une technologie prometteuse pour l'avenir. Les équipements actuellement disponibles ne sont pas encore assez robustes et durables, mais un matériel « intelligent » inédit promet de remédier à cette lacune.



Au Japon, avec le soutien du gouvernement, plus de 120 000 foyers ont été équipés de générateurs d'énergie équipés de piles à combustible. *Source :* AdobeStock

En un coup d'œil

- Un nouveau matériau capable de se régénérer lui-même améliore la longévité et donc la rentabilité des piles à combustible stationnaires.
- Les piles à combustible dotées de ce matériau innovant pourraient être exploitées directement avec des vecteurs d'énergie neutres en carbone, comme le biogaz.
- En tant que petites centrales électriques hautement efficaces, capables d'alimenter les bâtiments à la fois en électricité et en chaleur, les piles à combustible pourraient contribuer à réduire les émissions de CO_2.

La décentralisation croissante de l'approvisionnement énergétique est un aspect important de la Stratégie énergétique 2050. Parmi les sources d'énergie potentielles figurent à ce titre les piles à combustible stationnaires, en particulier les piles à combustible dites à haute température, qui peuvent atteindre 900°C en fonctionnement. Ces mini-centrales électriques sont imbattables en termes d'efficacité : une pile à combustible peut alimenter un foyer à la fois en électricité et en chaleur, en exploitant 95 % de l'énergie contenue dans le combustible. À titre de comparaison, l'approvisionnement énergétique actuel des ménages, qui repose sur l'électricité du réseau et les combustibles fossiles, ne dépasse par un rendement global de 60 %.

Grâce à leur rendement élevé, les piles à combustible haute température émettent aussi moins de CO_2 que les sources d'énergie courantes actuelles. Les émissions de CO_2 peuvent être réduites encore davantage en utilisant en guise de combustible du gaz neutre en carbone d'origine renouvelable, issu par exemple de la biomasse.

Jusqu'à présent, les piles à combustible n'ont toutefois pas pu s'imposer comme source d'énergie. Un des problèmes est leur durée de vie relativement courte, qui rend les équipements particulièrement coûteux. De plus, les piles à combustible haute température sont sensibles aux composés soufrés, tels qu'on en trouve dans le biogaz. Le gaz doit par conséquent être préalablement débarrassé de ces impuretés, un processus coûteux.

Le talon d'Achille de la pile à combustible haute température est le catalyseur, dont le rôle est de fragmenter les molécules de combustible pour libérer l'hydrogène nécessaire à la réaction de production d'énergie. Les catalyseurs traditionnels supportent mal les mises en marche et les arrêts répétés car le nickel, qui sert de composant catalytique actif, s'agglomère et perd sa fonction au fil du temps. La température de fonctionnement élevée peut elle aussi entraîner des dégâts avec le temps.

Auto-régénération intelligente

C’est précisément à ce point faible que se sont attaqués les chercheuses et chercheurs de la Haute école des sciences appliquées de Zurich (ZHAW). Ils ont développé un matériau catalytique inédit, doté de propriétés « intelligentes » uniques. Ce nouveau composant a la capacité de se régénérer automatiquement lorsque l’alimentation en combustible est alternativement activée (conditions de réduction) et désactivée (conditions d’oxydation). Ce cycle d’oxydoréduction (ou redox) n’est donc pas nuisible au catalyseur, comme c’est le cas pour les piles à combustible haute température classiques, mais a un effet régénérant. Grâce à un nouveau procédé de fabrication, le nickel reste réparti en fines particules et conserve ainsi longtemps sa fonction catalytique. De plus, non seulement le matériau fonctionne mieux avec les combustibles soufrés, mais il retrouve en outre sa pleine capacité après seulement deux cycles d’oxydoréduction. Tous ces avantages prolongent considérablement la durée de vie du catalyseur. Le nouveau matériau présente d’ailleurs une autre caractéristique intéressante : par rapport aux piles à combustible existantes, il réduit les besoins en nickel de 90 % et promet donc un moindre impact environnemental.

Enracinement solide

Contrairement à ce qui se faisait jusqu’à présent, avec le nouveau matériau les particules de nickel ne sont pas simplement déposées sur le support, mais y sont littéralement enracinées. Selon les chercheuses et chercheurs, cela stabilise le catalyseur et empêche le nickel de s’agglutiner.

Ceci est avant tout rendu possible par un procédé de fabrication inédit, qui garantit un mélange très pur et homogène du nickel avec les autres composants et confère au matériau ses « propriétés d’auto-régénération ». Grâce à un dispositif expérimental, l’équipe de recherche a démontré que ces propriétés intelligentes étaient conservées dans la pratique.

Des débuts prometteurs

Cependant, le nouveau matériau catalytique n'ayant encore jamais été intégré dans une pile à combustible, il reste beaucoup de chemin à parcourir avant sa commercialisation. En effet, les performances de l'ensemble de l'installation dépendent également d'autres caractéristiques matérielles, notamment la conductivité électrique. Or, cette dernière est actuellement encore nettement inférieure à celle des catalyseurs classiques. Une pile à combustible intégrant le nouveau matériau dans sa forme actuelle n'offrirait donc pas encore suffisamment de puissance.

Des mesures sont également requises sur le marché

Les scientifiques soulignent par ailleurs que la situation actuelle du marché n'est pas favorable à une démocratisation des systèmes de piles à combustible. En Suisse, il n'existe par exemple pas de promotion nationale de ces équipements et le faible prix de l'électricité limite leur rentabilité. Enfin, cette technologie et ses avantages sont encore insuffisamment connus des consommateurs.

Produkte aus diesem Projekt

- Fundamental relationships between 3D pore topology, electrolyte conduction and flow properties : Towards knowledge-based design of ceramic diaphragms for sensor applications
  Date de publication: 01.01.18
- Structural Reversibility and Nickel Particle stability in Lanthanum Iron Nickel Perovskite-Type Catalysts
  Date de publication: 01.01.18
- Big Data for Microstructure-Property Relationships : A Case Study of Predicting Effective Conductivities
  Date de publication: 01.01.18
- Lanthanum doped strontium titanate - ceria anodes : Deconvolution of impedance spectra and relationship with composition and microstructure
  Date de publication: 01.01.18
- Smart material concept : reversible microstructural self-regeneration for catalytic applications
  Date de publication: 01.01.18
- Microstructure-property relationships in a gas diffusion layer (GDL) for Polymer Electrolyte Fuel Cells
  Date de publication: 01.01.18
- Stochastic 3D modeling of complex three-phase microstructures in SOFC-electrodes with completely connected phases
  Date de publication: 01.01.18
- SMART catalyst based on doped Sr-titanite for advanced SOFC anodes
  Date de publication: 01.01.18
- Optimization of Ni-YSZ Anode Performance by Virtual Materials Testing
  Date de publication: 01.01.18
- Exsolution and integration of nanosized SMART catalysts for next generation SOFC anodes
  Date de publication: 01.01.18
- LST-CGO anodes : deconvolution of impedance spectra and relationship with composition and microstructure
  Date de publication: 01.01.18
- Lanthanum doped strontium titanate - ceria anodes : Deconvolution of impedance spectra and relationship with composition and microstructure
  Date de publication: 01.01.18
- SMART catalyst based on doped Sr-titanite for advanced SOFC anodes
  Date de publication: 01.01.18
- Exsolution and integration of nanosized SMART catalysts for next generation SOFC anodes
  Date de publication: 01.01.18
- Self Self-regenerating catalyst for efficient energz production with renewable fuels
  Date de publication: 01.01.18
- Renewable fuels for sustainable electricity production
  Date de publication: 01.01.18
- Puzzleteile eines neuen Energiesystems
  Date de publication: 01.01.18

Team & Kontakt

Prof. Dr. André Heel
HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Oberseestrasse 10
Rapperswil

+41 (0)55 222 41 11



Dariusz Burnat



Lorenz Holzer



Andre Heel
Direction du projet

Le contenu de ce site représente l'état des connaissances au 17.12.2018.