

Technische Universität Ilmenau

Abscheidung und Passivierung von Zinn-Nickel-Schichten als Korrosionsschutz für Bipolarplatten in PEM-Elektrolyseuren

Bei der Suche nach kostengünstigen Ersatzmetallen für Titan als Substratmaterial für Bipolarplatten (BPP) in Elektrolyseuren mit Protonenaustauschmembranen (PEM) kommt der Korrosionsstabilität eine große Bedeutung zu. Die galvanische Beschichtung von Edelstahl mit Zinn-Nickel (SnNi) hat sich aufgrund der niedrigen Kosten und der Korrosionsstabilität unter bestimmten Bedingungen als interessanter Kandidat für diese Anwendung erwiesen. Allerdings müssen die Korrosionsbeständigkeit und das Passivierungsverhalten der Schichten in saurem Medium mit Zellspannungen von 2 Volt grundlegend untersucht werden.

Unsere Welt steht vor einer Verknappung der fossilen Brennstoffe. Diese nicht erneuerbaren Ressourcen, die Hunderte von Millionen Jahren für ihre Entstehung benötigen, können schädliche Treibhausgasemissionen wie Kohlendioxid verursachen. Der Ersatz durch erneuerbare Energien ist ein interessantes Thema auf vielen Forschungsplattformen. Mithilfe von Protonenaustauschmembran-(PEM-)Elektrolyseuren ist es möglich, elektrische Energie in chemische Energie in Form von CO_2 -neutralem Wasserstoff umzuwandeln. In letzter Zeit hat die PEM-Brennstoffzellentechnologie aufgrund ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten einen guten Ruf erlangt. Sie findet breite Anwendbarkeit in verschiedenen Bereichen wie Verkehr, tragbare elektronische Geräte und dezentrale Stromerzeugungssysteme. Auch die Fahrzeugindustrie hat sich diese Technologie zu eigen gemacht, zum Beispiel in Honda Clarity.[1]

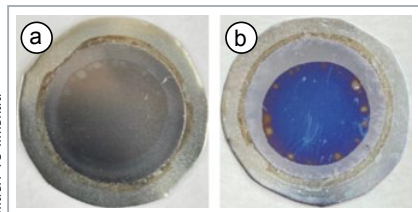


Abb. 1: Elektrochemisch passivierte SnNi-Schichten mit unterschiedlichen Oxidationszuständen

Dabei sind die Preise für Metalle wie Titan ein Faktor, der die Herstellungskosten signifikant beeinflusst. Die Möglichkeit, galvanisch beschichteten Edelstahl für Bipolarplatten zu verwenden, könnte die Produktionskosten deutlich senken. Folgerichtig wird Edelstahl als Substrat aufgrund seiner geringen Kosten und guten Verfügbarkeit ausgiebig als BPP-Material untersucht. Eine Schutzschicht aus einer Zinn-Nickel-Legierung verbessert die Korrosionsbeständigkeit des Edelstahls.

Diese Schichten sind jedoch bei Spannungen von +2 Volt gegenüber der Wasserstoffseite nicht langzeitstabil. Daher ist eine Passivierung erforderlich, bevor die beschichteten Komponenten in einem Elektrolyseur eingesetzt werden können. Elektrochemische Methoden erlauben, je nach Wahl der Parameter, die Einstellung unterschiedlicher Oxidationszustände, die sich anhand der Farbgebung unterscheiden (Abbildung 1).

Eine galvanisch abgeschiedene SnNi-Schicht wurde getempert, um sie mit dem elektrochemisch gebildeten Oxid zu vergleichen. Mittels Focused Ion Beam (FIB) konnten die Oxidschichten visualisiert werden (Abbildung 2). Es zeigte sich, dass die Wärmebehandlung eine Oxiddicke von etwa

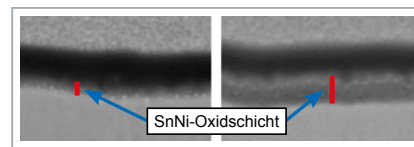


Abb. 2: FIB-Querschnittsansicht der braunen (links) und blauen (rechts) SnNi-Oxidschicht

45 nm erzeugt, wohingegen die Dicken des braunen und blauen Oxids aus Abbildung 1 etwa 60 nm bzw. 80 nm betragen. Die Oxidschichten bestehen aus Mischungen von NiOx, SnO_2 , Sn_2O_3 und Sn_3O_4 .

Die passivierten SnNi-Schichten wurden chronoamperometrischen Messungen bei +2 V_{NHE} für zwei Stunden in verdünnter Schwefelsäure unterzogen, um ihre Korrosionsstabilität zu untersuchen (Abbildung 3). Die Ergebnisse zeigen einen guten Korrosionsschutz für die elektrochemisch oxidierten Zinn-

Zur Person

Carlos Aziz

ist Masterstudent der TU Ilmenau im Studiengang Biotechnische Chemie. Im Rahmen seiner Masterarbeit befasst er sich mit der galvanischen Beschichtung von Stahl mit Zinn-Nickel (SnNi) und der Passivierung dieses Schichtsystems.

Bild: Carlos Aziz

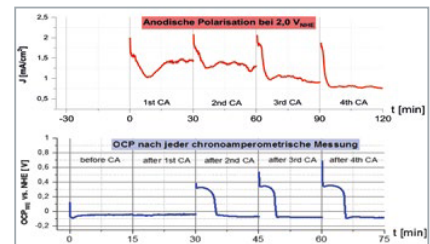


Abb. 3: Stromdichte-Zeit-Kurven bzw. Ruhepotenzial-Zeit-Kurven bei +2 V_{NHE} für eine passivierte SnNi-Schicht

Nickel-Legierungen. Die getemperte Zinn-Nickel-Probe zeigt eine noch bessere Stabilität.

Mit Vier-Punkt-Widerstandsmessungen wurde festgestellt, dass die Oxide den Schichtwiderstand von SnNi erhöhen. In weiteren Versuchen sollen die Stabilität der beschichteten Komponenten und die Auswirkungen des erhöhten Widerstandes in einem Test-Stack untersucht werden.

Kontakt:

Carlos Aziz

carlos.aziz@tu-ilmenau.de

Dr. Martin Leimbach

Tel.: +49 (0)3677 69-3108

martin.leimbach@tu-ilmenau.de

Prof. Dr. Andreas Bund

Tel.: +49 (0)3677 69-3107

andreas.bund@tu-ilmenau.de

www.tu-ilmenau.de/wt-ecg

Literatur

[1] Gurbinder Kaur, Hrsg., PEM Fuel Cells: Fundamentals, Advanced Technologies, and Practical Application, Amsterdam Kidlington Cambridge, MA: Elsevier, 2022.