

Membran-Elektroden-Einheiten für PEM-WE auf Basis von glasfaserverstärkten PFSA/ssPS-Verbundmembranen

Autoren: Maximilian Cieluch¹, Dennis Dürkop², Norbert Kazamer¹, Florian Wirkert¹, Ulrich Rost³, Michael Brodmann¹, Achim Schmiemann²
¹ Westfälische Hochschule, Westfälisches Energieinstitut; ² Hochschule Ostfalia, Institut für Recycling, Wolfsburg; ³ ProPuls GmbH, Gelsenkirchen

Problemstellung

Elektrochemische Wasserspaltungstechnologien wie Protonenaustauschmembran-Wasser-Elektrolyse (PEMWE) können aufgrund ihrer hohen Energieeffizienz, ihres flexiblen dynamischen Betriebs und ihrer Fähigkeit, komprimierten und reinen Wasserstoff zu erzeugen, eine nachhaltige Lösung für wasserstoffbasierte Energiesysteme darstellen [1,2].

Eine der Schlüsselkomponenten in PEMWE ist die MEA, bestehend aus der PEM und den Elektroden, die für die elektrochemischen Reaktionen verantwortlich sind. Beim aktuellen Stand der Technik werden in PEMWEs katalysatorbeschichtete Membranen (CCMs) auf der Basis von Perfluorsulfonsäure als Wasserstoff-Protonen-Träger verwendet, da sie mechanisch und thermisch ausreichend stabil und chemisch inert sind [3].

Ziel der Arbeit

Eine Verringerung der Membrandicke und die Verwendung eines alternativen Polymers können dazu beitragen, die Rohstoffkosten zu senken und die PEMWE-Effizienz zu erhöhen. Dazu werden in der vorliegenden Arbeit Verbundmembranen synthetisiert, die aus protonenleitenden, vernetzten ssPS-Partikeln eingebettet in eine glasfaserverstärkte PFSA-Polymermatrix bestehen. Diese neuartigen Membranen werden in einem hydraulisch verpressten Testsystem (siehe Abbildung 1) für die PEMWE-Anwendung charakterisiert.

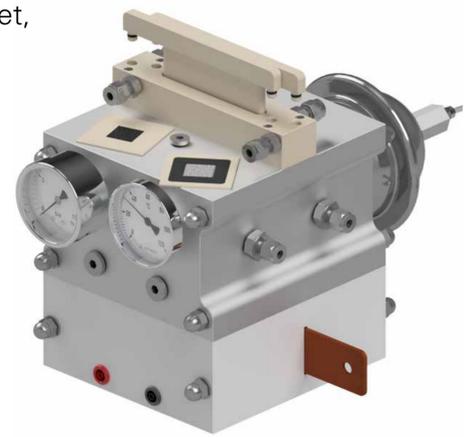


Abb. 1: PEMWE-Testsystem mit hydraulischer Einzelzellverpressung.

Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt die thermo-oxidative Stabilität der PSFA/ssPS-Membran im Vergleich zur Nafion115 Referenz. Der Gewichtsverlust bis 200°C wird durch Wasserverdampfung verursacht, gefolgt von einer Desulfonierung beider Membranen beginnend zwischen 250°C und 300°C. Die PFSA/ssPS-Membran zeigt im Vergleich zu Nafion115 eine ähnliche thermisch-oxidative Stabilität.

Abbildung 3 zeigt die in-situ Polarisationskurven für die ssPS(CL)-PPSU-Verbundmembran und die Nafion115-Referenzmembran, beide präpariert als CCMs mittels Ultraschall-Sprühbeschichtung. Bei einer Stromdichte von $2 \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$ liegt eine Zellspannungsdifferenz von 0,4 V vor. Diese Spannungsdifferenz ist auf die erhöhte Membrandicke (ca. $134 \mu\text{m}$) der ssPS(CL)-PPSU-Membran im Vergleich zur Nafion115 ($125 \mu\text{m}$) zurückzuführen.

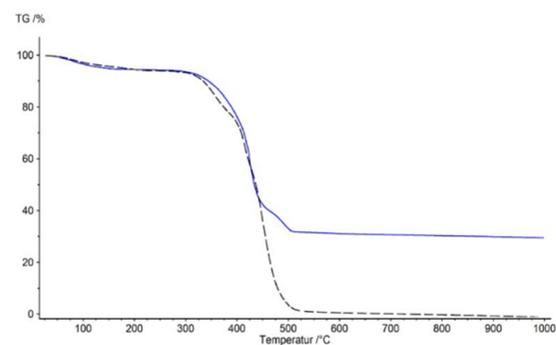


Abb. 2: TGA-Messung zur Bestimmung der thermo-oxidativen Stabilität von Nafion115 und PFSA/ssPS-Membranen.

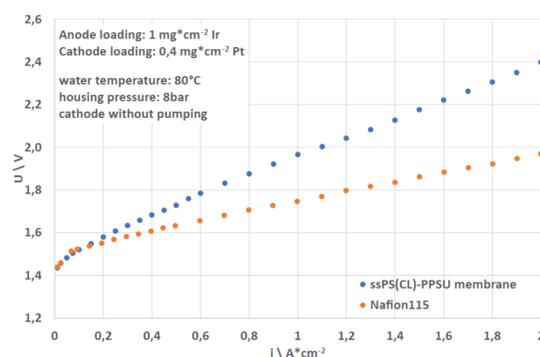


Abb. 3: PEMWE-Polarisationskurven (blau – ssPS(CL)-PPSU Membran; orange – Nafion115 Membran) aufgezeichnet bei 80°C Betriebstemperatur.

Schlussfolgerungen

Die auf ssPS-Basis synthetisierte Verbundmembran zeigt vielversprechende Ergebnisse für die PEMWE-Anwendung. Änderungen der Polymermatrix sowie der Glasfaserverstärkung sollen untersucht werden, um weitere Verbesserungspotentiale ausfindig machen zu können. Darüber hinaus soll für die Herstellung der MEA eine flüssiges Ionomer auf ssPS-Basis eingesetzt werden.

Quellen

- [1] United Nations. COP26: The Glasgow climate pact; 2021.
- [2] Sterner, M. et al (eds.). Energiespeicher - Bedarf, Technologien, Integration. 2nd ed. Berlin: Springer Vieweg; 2017;
- [3] Bareiß, K. et al. Life cycle assessment of hydrogen from proton exchange membrane water electrolysis in future energy systems. Applied Energy 2019; 237: 862–72.

Danksagung

Wir danken der Firma GKN Sinter Metals Filters GmbH für die Herstellung der Ti-basierten Stromverteiler sowie der Firma ProPuls GmbH für die Unterstützung der in-situ Untersuchungen.