



Mechanische Eigenschaften von katalysatorbeschichteten Membranen für die Polymer-Elektrolyt-Membran Elektrolyse

Elena Borgardt

Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 533

ISBN 978-3-95806-533-8

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung
Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-14)

Mechanische Eigenschaften von katalysatorbeschichteten Membranen für die Polymer-Elektrolyt-Membran Elektrolyse

Elena Borgardt

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 533

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-533-8

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	i
Abstract	iii
1 Einleitung und Zielsetzung	1
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Problematik und Zielsetzung	3
1.3 Methodik.....	4
1.4 Gliederung der Arbeit.....	5
2 Grundlagen und Stand der Forschung	7
2.1 Grundlagen der PEM Elektrolyse	7
2.1.1 Allgemeines Funktionsprinzip	7
2.1.2 Aufbau von Zellen und Stacks	8
2.1.3 Die ionenleitende Membran	10
2.1.4 Poröse Transportschichten	11
2.1.5 Betriebsbedingungen	12
2.1.6 Verlustmechanismen.....	13
2.2 Mechanische Eigenschaften von Nafion® und CCMs.....	15
2.2.1 Wassergehalt und Schwellverhalten von Nafion® und CCMs.....	18
2.2.2 Elastizität von Nafion® und CCMs	20
2.2.3 Viskosität von Nafion® und CCMs	22
2.3 Einfluss der mechanischen Eigenschaften der CCM auf die Leistung von Elektrolyseuren	26
2.4 Zusammenfassung.....	29
3 Methoden und Materialien	33
3.1 Mechanische Charakterisierung von Nafion® und CCMs.....	33
3.1.1 Probenmaterial.....	35

3.1.2	Kompressionsversuche	36
3.1.3	Schwellversuche	36
3.1.4	Spannungsrelaxation	37
3.1.5	Kriechen	37
3.2	Einfluss der mechanischen Eigenschaften auf die Zelleistung	38
3.2.1	Testzelle	38
3.2.2	Zelldesigns	39
3.2.3	Geräte und Versuchsanordnung der in-situ Tests	41
3.2.4	Polarisationskurven	43
3.2.5	Elektrochemische Impedanzspektroskopie	43
3.2.6	Versuche mit konstantem und variierendem Anpressdruck	45
3.2.7	Relaxationsversuche	46
3.2.8	Kriechversuche	46
3.3	Ermittlung der Druckverteilung	47
3.4	Widerstandsmessungen	47
3.5	Mikroskopie	48
4	Mechanische Charakterisierung von Nafion® und CCMs	49
4.1	Verhalten unter Auf- und Abbau von Druck	49
4.2	Einfluss von Wasser auf die zeitabhängige Deformation	55
4.3	Schwelldruck	57
4.4	Spannungsrelaxation	61
4.5	Kriechen	66
4.6	Diskussion	67
5	Einfluss von Anpressdruck und Druckänderungen auf die Zelleistung	71
5.1	Druckhomogenität	71
5.2	Widerstandsmessungen	75

Inhaltsverzeichnis

5.2.1	Elektrischer Widerstand	75
5.2.2	Kompression während der Widerstandsmessung	78
5.2.3	Zeitabhängigkeit der Widerstandsmessung	80
5.3	Einfluss von Anpressdruck auf die Zelleistung	82
5.3.1	Standard Design	82
5.3.2	Streckmetall Design	85
5.3.3	Freudenberg Design	89
5.4	Einfluss von Druckänderungen auf die Zelleistung	94
5.4.1	Einfluss der Zeit bei Druckänderungen	94
5.4.2	Zeitkonstanten bis zum Gleichgewichtszustand	97
5.4.3	Zyklischer Auf- und Abbau des Drucks	98
5.5	Diskussion	101
6	Einfluss von Spannungsrelaxation auf die Zelleistung	105
6.1	Ermittlung von Temperaturdehnung und Schwelldruck	105
6.2	Spannungsrelaxation im Standard Design	106
6.3	Spannungsrelaxation im Streckmetall Design	110
6.4	Diskussion	115
7	Einfluss von Kriechen auf die Zelleistung	117
7.1	Kriechversuch bei einem Anpressdruck von 2,8 MPa	117
7.2	Kriechversuch bei einem Anpressdruck von 4,25 MPa	120
7.3	Diskussion	121
8	Diskussion	123
9	Zusammenfassung	139
	Literatur	141
	Anhang	149
	Abbildungsverzeichnis	169

Tabellenverzeichnis 175

Abkürzungsverzeichnis 177

Formelzeichen 178

Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 533
ISBN 978-3-95806-533-8