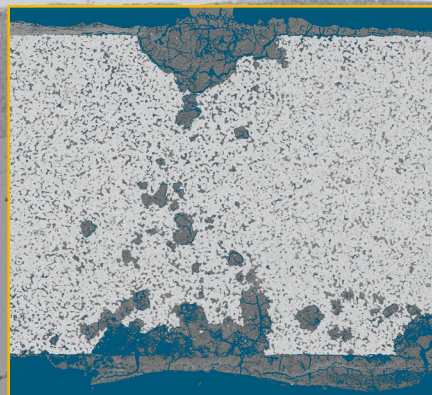
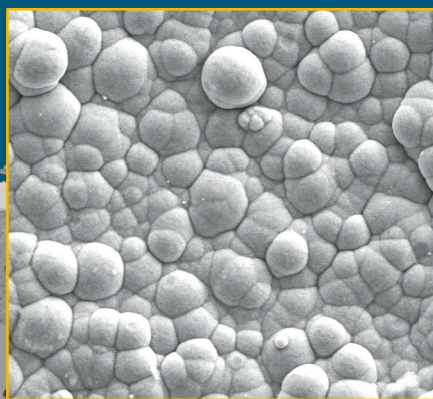


Entwicklung eines metallbasierten Substratkonzepts für energieeffiziente Gastrennmembranen

Adam Jan Kot



Energie & Umwelt/
Energy & Environment
Band/ Volume 314
ISBN 978-3-95806-134-7

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung
Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren (IEK-1)

Entwicklung eines metallbasierten Substratkonzepts für energieeffiziente Gastrennmembranen

Adam Jan Kot

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

Band / Volume 314

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-134-7

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	v
Abstract	vii
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Grundlagen und Stand der Technik	4
2.1 Membrantechnologien in energetischen Prozessen	4
2.1.1 Stofftransport und Trennmechanismen in Gastrennmembranen	5
2.1.2 H ₂ -Erzeugung über Membranreaktoren	8
2.1.3 CO ₂ -Abtrennung in fossil befeuerten Kraftwerken	12
2.2 Grundlagen metallgestützter Gastrennmembranen	14
2.2.1 Metallsubstrate	15
2.2.2 Keramische Diffusionsbarriereschichten	17
2.2.3 Wasserstoff-Trennmembran auf Basis von Pd und Pd-Legierungen	20
2.2.4 CO ₂ -Selektive Keramikmembranen	26
2.2.5 Modulintegration in den Reaktor	27
3 Experimentelle Methoden und Versuchsdurchführung	30
3.1 Metallsubstrate	30
3.1.1 Werkstoffe	31
3.1.2 Kommerzielle Substrate	31
3.1.3 Herstellung von metallischen Substraten durch Foliengießen .	32
3.1.4 Fertigung der metallischen Trägerstruktur des Membranreaktors	40
3.2 Applikation der keramischen Zwischenschicht aus 8YSZ	43
3.2.1 Ausgangspulver	44
3.2.2 Tauchbeschichtung mit 8YSZ Suspensionen	44
3.3 Herstellung der Wasserstoffmembran	48
3.3.1 Anschweißen der Pd-Folie (IMVT, KIT Karlsruhe)	48

3.3.2	Electroless-Plating-Verfahren (ELP) des Pd-Membranschichten (RSE-Milano)	48
3.4	Charakterisierungsmethoden	50
3.4.1	Partikelgrößenverteilung	50
3.4.2	Porositätbestimmung	51
3.4.3	Porengrößenverteilung nach DIN ISO 4003 (Bubble-Point-Test)	53
3.4.4	Durchflussmessung am mit 8YSZ beschichteten Substrat	54
3.4.5	Rheologische Eigenschaften des Schlickers	57
3.4.6	Rheologische Eigenschaften der Suspension	58
3.4.7	Kontaktwinkelmessung	60
3.4.8	Dilatometrie	60
3.4.9	Weißlichttopograph-Cyberscan	62
3.4.10	Lichtmikroskopie/REM/EDX	62
3.4.11	Röntgendiffraktometrie XRD	63
3.4.12	Chemische Analyse	64
3.5	Funktionsnachweis der Membranen	64
3.5.1	Durchflussmessung an Pd-Membranen	64
3.5.2	Stabilitätstests im Kraftwerk	65
3.5.3	Analyse des Kondensats bzw. des Permeats	69
3.5.4	Stabilitätstests im Labor	70
4	Ergebnisse und Diskussion	73
4.1	Metallsubstrate	73
4.1.1	Eigenschaften des Schlickers	73
4.1.2	Analyse der Gießfolie	74
4.1.3	Laminierversuche von foliengegossenen Substraten	76
4.1.4	Untersuchung des Sinterungsverhaltens	76
4.1.5	Porosität, Durchflussrate und Rauheit nach Wärmebehandlungsschritten	87
4.1.6	Sinterung der mikrostrukturierten Metallsubstrate	89
4.1.7	Einschweißen der Substrate in Fensterbleche	93
4.2	Diffusionsbarriere aus 8YSZ	94
4.2.1	Optimierung der Tauchsuspension	94
4.2.2	Vorversuche zum Beschichtungs- und Sinterverhalten	104
4.2.3	Detaillierte Beschichtungsstudie mit der Suspension TSD1a3	108
4.2.4	Übertragung auf Test-Membranmodule (TM) mit Schweißnaht	123
4.3	Membran Funktionsschicht	127
4.3.1	Electrolessplated Pd-Membran	127
4.3.2	Folien basierte Pd-Membran	136
4.4	Anwendungsfall CO ₂ selektiver Membranen in fossil befeuerten Kraftwerken	138

4.4.1	Herstellungsbedingte Neigung zur Korrosion von pulverge-	
	interten Stählen	138
4.4.2	Auslagerung im Rauchgaskanal	139
4.4.3	Entnahme und Analyse des Rauchgaskondensats und Korro-	
	sionstests der Metallsubstrate in Rauchgaskondensat	162
5	Zusammenfassung und Ausblick	175
	Literaturverzeichnis	180
	Danksagung	200

**Energie & Umwelt /
Energy & Environment
Band / Volume 314
ISBN 978-3-95806-134-7**

