

Dipl.-Ing. Jörg Kapischke, Bochum

Entwicklung und Unter- suchung einer Startvor- richtung zur Aktivierung eines Hochtemperatur- hydridreaktors

Reihe **6**: Energietechnik

Nr. **351**

INHALTSVERZEICHNIS

Formelzeichen und Indices	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Wasserstoffwirtschaft	1
1.2 Wärme- und Wasserstoffspeicherung in Metallhydriden	3
1.3 Stand der Forschung auf dem Gebiet des Magnesium-Magnesiumhydrid- Systems	5
1.3.1 Materialforschung	6
1.3.2 Gleichgewichtskurven des Magnesium-Magnesiumhydrid-Systems	7
1.3.3 Reaktionsgeschwindigkeit der Magnesiumhydridbildungsreaktion	7
1.3.4 Wärmeleitfähigkeit des Magnesium-Magnesiumhydrid-Systems	9
1.4 Ziel der Arbeit	10
2 Grundlagen und Anwendungen der Metallhydride	12
2.1 Grundlagen der Metallhydride	12
2.2 Stand der Anwendungstechnik von Metallhydriden	22
2.2.1 Energetische Anwendung	22
2.2.2 Thermochemische Anwendung	24
2.2.3 Thermomechanische Anwendung	32
2.2.4 Druckgenerierende Anwendung	38
2.2.5 Adsorptive Anwendung	39
2.2.6 Elektrochemische Anwendung	40
3 Kombinationshydridreaktor	43
4 Experimentalprogramm mit dem Hochtemperaturhydrid	47
4.1 Zyklenversuche	49
4.1.1 Ergebnisse und Diskussion der Zyklenversuche	56
4.2 Messung der Konzentrations-Druck-Isothermen	60
4.3 Startbeladungsversuche	64
4.3.1 Ergebnisse und Diskussion der Startbeladungsversuche	67
4.4 Effektive Wärmeleitfähigkeit von Magnesiumhydridschüttungen	76

4.4.1	Grundlagen zur Messung der effektiven Wärmeleitfähigkeit	78
4.4.2	Theorie des instationären Meßverfahrens	79
4.4.3	Experimentelle Bestimmung der effektiven Wärmeleitfähigkeit	85
4.4.4	Fehlerabschätzung	86
4.4.5	Ergebnisse und Diskussion des Meßverfahrens	88
5	Experimentalprogramm mit den Tieftemperaturhydriden	93
5.1	Auswahl der Tieftemperaturhydride	94
5.1.1	Ergebnisse und Diskussion der Messung von Konzentrations-Druck- Isothermen	97
5.2	Zündversuche	106
5.2.1	Ergebnisse und Diskussion der Zündversuche	107
6	Modellbildung des Startbeladungsverhaltens des Hochtemperaturhydrides	113
6.1	Definition der Problemstellung	113
6.2	Mathematische Formulierung des heterogenen Reaktormodells	114
6.2.1	Impulstransport im durchströmten Magnesiumhydridreaktor	116
6.2.2	Umwandlung vom heterogenen zum homogenen Reaktormodell	121
6.3	Formulierung des Programms	124
6.3.1	Struktur des Simulationsprogramms im Programmsystem Phoenics	124
6.3.2	Diskretisierung der partiellen Differentialgleichungen für den Wärme- und Stofftransport mit chemischer Reaktion	125
6.3.3	Numerische Lösung der partiellen Differentialgleichungen für den Wärme- und Stofftransport mit chemischer Reaktion	130
6.3.3.1	Transportkoeffizienten	132
6.3.3.2	Berechnungsgebiet	134
6.3.3.3	Rand- und Anfangsbedingungen	134
6.3.3.4	Gleichgewichte, Stoffwerte und Reaktionskinetik	137
6.3.4	Programmablaufplan	139
6.3.5	Ergebnisse und Diskussion der Simulation	139
7	Untersuchung des Kombinationshydridreaktors	147
7.1	Pendelversuche mit dem isolierten Tieftemperaturhydrid	147
7.2	Versuche mit dem Kombinationshydridreaktor	154
7.2.1	Wasserstoffzugabe bei vollständig entladene[m] Tieftemperaturhydrid	159

7.2.2	Pendelung des Wasserstoffs bei teilentladem Tieftemperaturhydrid	161
7.3	Diskussion der Ergebnisse der Beladungsversuche des Kombinationshydridreaktors.....	164
8	Zusammenfassung	170
 Anhänge		
A	Stoffwerte	173
B	Effektive Wärmeleitfähigkeit	175
B.1	Lösung der Wärmeleitungsgleichung mittels Laplace-Transformation	175
B.2	Methode der Fourieranalyse	184
C	Massen-, Impuls- und Wärmebilanz	186
C.1	Massenbilanz	186
C.2	Impulsbilanz	189
C.3	Wärmebilanz	190
D	Simulationsprogramm	191
D.1	Eingabe über das Q1-File	191
D.2	Programmablaufplan und Modifikation des Ground-Files	195
	 Literaturverzeichnis	 202