

Dipl.-Ing. Manfred Nagel, Essen

**Untersuchung
des Betriebsverhaltens
einer periodisch
mit Metallhydriden
arbeitenden Kältemaschine**

Reihe **19**: Wärmetechnik/
Kältetechnik

Nr. **37**

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
1. EINLEITUNG	1
1.1 Theorie des Wärmetransformators	2
1.2 Stand der Forschung und Entwicklung von Wärmetransformatoren auf Metallhydridbasis	6
1.3 Aufgabenstellung	11
2. EIGENSCHAFTEN VON METALL-WASSERSTOFF-REAKTIONEN UND METALLHYDRIDEN	13
2.1 Geschichtliches über die Entwicklung der Metallhydride	13
2.2 Die Metall-Wasserstoff-Reaktion	14
2.3 Speicherkapazität, Plateaubereich, Hysterese	17
2.4 Beeinflussung der Absorptions- und Dissoziations- charakteristiken	20
2.5 Reaktionskinetik	22
3. WÄRMETRANSPORTPROBLEME IN REAKTIONSBETTEN	24
3.1 Wärmetransport in Pulverschüttungen	24
3.2 Verbesserung des Wärmetransports in Reaktionsbetten	25
4. BESCHREIBUNG DER KÄLTEMASCHINE	28
4.1 Zweck der Kältemaschine	28
4.2 Funktionsprinzip	28
4.3 Auslegung des Kreisprozesses	31
4.4 Experimenteller Aufbau	43
4.4.1 Reaktionsbettgruppen	47
4.4.2 Luftkanalsystem mit Heizung	52
4.4.3 Steuerung und Regelung	52
4.4.4 Meßsystem	53
5. EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN	57
5.1 Versuchsprogramm und Vorgehensweise	57
5.1.1 Parameter	60
5.1.1.1 Zykluszeit	61
5.1.1.2 Aufgenommene Wasserstoffmenge	62
5.1.1.3 Temperaturen	62
5.1.1.4 Luftströme	65

INHALTSVERZEICHNIS (Fortsetzung)

	<u>Seite</u>
5.2 Experimentelle Ergebnisse	66
5.2.1 Temperaturverläufe	66
5.2.2 Wasserstoffdrücke	75
5.2.3 Ausgetauschte Wasserstoffmenge	75
5.3 Auswertung der Meßergebnisse	78
5.3.1 Reaktionsgeschwindigkeit	78
5.3.2 Wärmeströme, Wärmeverhältnis	80
5.3.3 Dynamisches Verhalten gekoppelter Reaktionsbetten	84
5.3.3.1 Dynamisches Druck-Temperatur-Verhalten	85
5.3.3.2 Dynamisches Druck-Konzentrations-Verhalten	88
5.3.3.3 Dynamisches Temperatur-Konzentrations-Verhalten	92
5.3.4 Treibende Druckgefälle	95
5.3.4.1 Statischer Druckunterschied Δp_I bei Prozeßauslegung	97
5.3.4.2 Statischer Druckunterschied Δp_{II} im theoretischen Kreisprozeß	98
5.3.4.3 Dynamischer Druckunterschied Δp_{III} im realen Kreisprozeß	99
5.3.4.4 Dynamischer Druckunterschied $\Delta p_{IV,d}$ für den Dissoziationsvorgang und $\Delta p_{IV,a}$ für den Absorptionsvorgang im einzelnen Reaktionsbett	102
5.3.5 Auswirkungen der Betriebsbedingungen auf das Betriebsverhalten	106
5.3.5.1 Zykluszeit	111
5.3.5.2 Aufgenommene und ausgetauschte Wasserstoffmengen	115
5.3.5.3 Temperaturen	118
5.3.5.4 Luftströme	128
5.3.6 Charakteristische Kenngrößen der Kältemaschine	130
6. VERBESSERUNGSMÖGLICHKEITEN AN DER KÄLTEMASCHINE	135
7. ZUSAMMENFASSUNG	137
8. LITERATURVERZEICHNIS	142
9. ANHANG	
A1: Berechnung der Wärmeübertragung im Wärmetauscher	157
A2: Kalibrierkurven der Druckaufnehmer	164
A3: Kalibrierkurven der Chromel-Alumel-Thermoelemente	165
A4: Erfassung der Luftströme	168
A5: Liste der durchgeführten Experimente	174