Keramiken und Keramikkombinationen zur Feinstpartikelabscheidung mit Hilfe thermisch induzierter Potentialfelder und Elektronenemissionen

David Wenzel
Keramiken und Keramikkombinationen zur Feinstpartikelabscheidung mit Hilfe thermisch induzierter Potentialfelder und Elektronenemissionen

David Wenzel
Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis VII
Tabellenverzeichnis IX

1 Einleitung 1
  1.1 Motivation dieser Arbeit ........................ 1
  1.2 Politischer Hintergrund ........................ 1
    1.2.1 Klimawandel .......................... 1
    1.2.2 Energiebedarf weltweit .................... 2
    1.2.3 Situation in Deutschland .................. 3
  1.3 Technologische Ansätze ........................ 4
    1.3.1 Druckkohlestaubfeuerung ................. 4
    1.3.2 Oxyfuel und Oxycoal-AC .................. 6
    1.3.3 IGCC .................................. 7
    1.3.4 Biomassevergasung ........................ 9
  1.4 Heißgasreinigung ......................... 11
    1.4.1 Herkömmliche Verfahren .................... 11
    1.4.2 Untersuchung neuartiger Verfahren in der Versuchsanlage Dorsten ...................... 11
  1.5 Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ............... 13

2 Theoretische Grundlagen 15
  2.1 Impedanzspektroskopie ........................ 15
  2.2 Bandstruktur ................................ 17
  2.3 Austrittsarbeit ................................ 22
  2.4 Aufladung und Abscheidung der Partikel .......... 26

3 Herstellung der Proben 29
  3.1 Probenformen .............................. 29
  3.2 Materialauswahl .......................... 29
Inhaltsverzeichnis

3.3 Untersuchte Keramiken ............................................. 30
  3.3.1 Aluminiumoxid ............................................. 30
  3.3.2 Ceroxid .................................................. 31
  3.3.3 Chromoxid ................................................ 31
  3.3.4 Magnesiumoxid ........................................... 31
  3.3.5 Zirkoniumoxid ............................................. 32
  3.3.6 Titandioxid ............................................... 32
  3.3.7 Siliziumcarbid ........................................... 33
  3.3.8 Mischkeramik SEPR ....................................... 33

3.4 Keramikpille für elektrochemische Untersuchungen ............ 34

3.5 Keramikrohre für Abscheideuntersuchungen ...................... 37
  3.5.1 Keramikrohre für Abscheidunguntersuchungen mit Materi-
       alkombinationen .......................................... 37
  3.5.2 Keramikrohre für Abscheideuntersuchungen mit Emissionssp-
       annungen ................................................ 39

4 Experimentelle Untersuchungsmethoden ............................ 41
  4.1 Elektrochemische Versuchseinrichtungen ....................... 41
    4.1.1 Durchführung der impedanzspektroskopischen Messungen .. 41
    4.1.2 Durchführung der Potentialdifferenzmessungen .......... 46
    4.1.3 Durchführung der Bandlückenmessungen .................. 47
  4.2 Versuchseinrichtungen zur Messung der Austrittsarbeiten .... 47
    4.2.1 Parallele Messung der Austrittsarbeite .................. 47
    4.2.2 Passive Messung der Austrittsarbeite .................... 49
    4.2.3 Spannungsunterstützte Messung der Austrittsarbeite .... 49
  4.3 Versuchseinrichtungen für Abscheidemessungen ................ 51
    4.3.1 Zusammenarbeit mit Projektpartnern ..................... 51
    4.3.2 Grundaufbau für Abscheidemessungen ..................... 51
    4.3.3 Grundelemente der Versuchsaufbauten für Abscheidemes-
           sungen ............................................... 52
      4.3.3.1 Partikelgenerierung ................................ 52
      4.3.3.2 Partikelklassierung ................................ 56
      4.3.3.3 Partikelabscheidung im Abscheideofen ............ 57
      4.3.3.4 Partikelzählung .................................. 59
      4.3.3.5 Ladungsbestimmung ................................. 64
    4.3.4 Gesamtaufbauten für Keramikkombinationen und Einzelke-
           ramiken ............................................... 64
5 Ergebnisse

5.1 Elektrochemische Charakterisierung .......................... 69
5.1.1 Impedanzspektroskopie ...................................... 69
5.1.1.1 Leitfähigkeiten ........................................... 69
5.1.1.2 Keramikkombinationen ................................... 75
5.1.1.3 Ladungsträger ........................................... 80
5.2 Potentialdifferenzen ............................................. 86
5.3 Gemessene Bandstrukturen ...................................... 89
5.3.1 Bandlücken ................................................... 89
5.4 Austrittsarbeiten ............................................... 90
5.4.1 Parallele Messung ........................................... 90
5.4.2 Passive Messung ............................................ 92
5.4.3 Spannungsunterstützte Messung .............................. 94
5.4.4 Vergleich und Mittelung ...................................... 96
5.4.5 Ferminiveau .................................................. 105
5.4.6 Valenzband .................................................. 107
5.4.7 Rekonstruierte Bandstrukturen ............................. 109
5.5 Abscheideversuche ............................................. 113
5.5.1 Keramikkombinationen ...................................... 113
5.5.1.1 Abscheideleistung ....................................... 113
5.5.1.2 Partikelaufladung ....................................... 120
5.5.2 Einzelkeramiken ............................................ 122
5.5.2.1 Abscheideleistung mit Einzelkeramiken ............... 122
5.5.2.2 Partikelaufladung bei Verwendung von Einzelkerami-
      ken .............................................................. 124
5.5.2.3 Emissionsfelder ohne Abscheidespannung ............... 127
5.5.2.4 Emissionsfelder mit Abscheidespannungen ............... 129

6 Zusammenfassung und Diskussion .............................. 139

Literaturverzeichnis ............................................... 145

A Impedanzspektren ................................................ XI
Keramiken und Keramikkombinationen zur Feinstpartikelabscheidung mit Hilfe thermisch induzierter Potentialfelder und Elektronenemissionen

David Wenzel