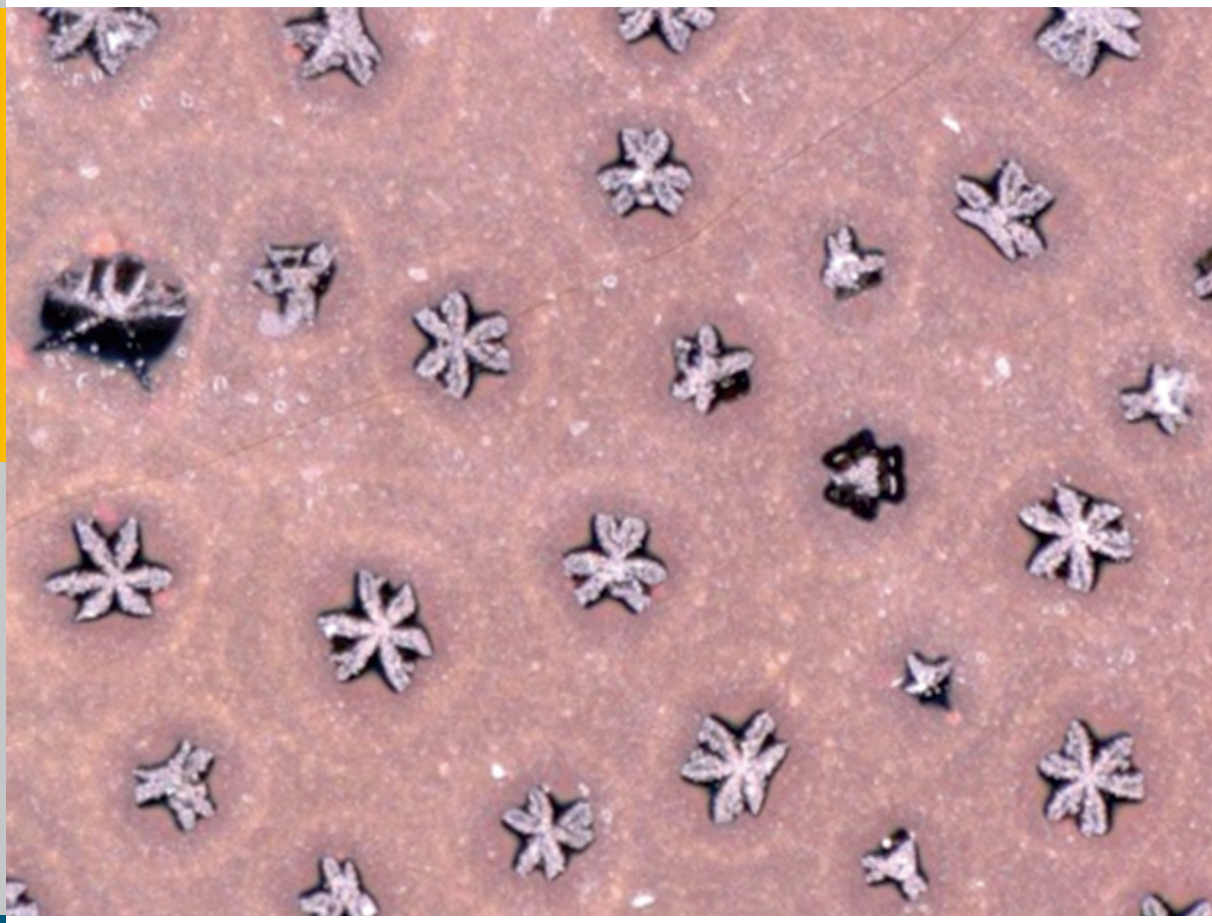
Einfluss der Kristallisation auf das Fließverhalten oxidischer Schmelzen

Sören Seebold



Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 393
ISBN 978-3-95806-268-9

JÜLICH FORSCHUNGSZENTRUM

Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung
Werkstoffstruktur und -eigenschaften (IEK-2)

Einfluss der Kristallisation auf das Fließverhalten oxidischer Schmelzen

Sören Seebold

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment Band / Volume 393

ISSN 1866-1793 ISBN 978-3-95806-268-9

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1

2. Grundlagen der Vergasungstechnologie 4

2.1 Systematisierung von Festbrennstoffen 4
2.2 Thermochemische Konversion von Festbrennstoffen 8
2.3 Aschen und Schlacke im Vergasungsprozess 13
2.4 Schlackefluss in der Flugstromvergasung 16

3. Fließverhalten von Teilschmelzen 21

3.1 Viskosität 21
3.1.1 Fließverhalten oxidischer Schmelzen 25
3.1.2 Fließverhalten von Teilschmelzen 30
3.2 Kristallisation und Glaszustand 38
3.2.1 Kinetik und Thermodynamik der Kristallisation 42
3.2.2 Beschreibung der Kristallisation 47

4. Methodik 49

4.1 Hochtemperaturviskosimeter 49
4.1.1 Rotationsviskosimetrie für Hochtemperaturmessungen 50
4.1.2 Experimenteller Aufbau des Hochtemperaturviskosimeters 54
4.1.3 Kalibrierung des Hochtemperaturviskosimeters und Validierung 57
4.1.4 Durchführung der Messungen 61
4.2 Erhitzungsmikroskopie 64
4.2.1 Versuchsaufbau und -durchführung 65
4.2.2 Auswertung der Messungen 67
4.3 Grundlage und Theorie der Thermoanalytik 69
4.3.1 Differenzthermoanalyse 70
4.3.2 Dynamische Differenzkalorimeter 71
4.4 Analytische Methoden 72
4.4.1 Rasterelektronenmikroskopie 72
4.4.2 Probennahme und Auswertung 73
4.5 Untersuchte Systeme 74

5. Experimentelle Ergebnisse 76

5.1 Kinetik der Kristallisation 77
5.1.1 Viskosität in Abhängigkeit von der Temperatur 79
5.1.2 Thermoanalytische Untersuchungen 81
5.1.3 Isotherme Evolution der Viskosität 83
5.1.4 Identifikation der kristallinen Phase 86
5.1.5 Darstellung der Phasenumwandlung 89
5.1.6 Einfluss der Scherrate auf die Kristallisation 91
5.1.7 Beschreibung der Kristallisation 93
5.2 Einfluss der Kristallisation auf das Fließverhalten 96
5.2.1 Stufenweise Viskositätsmessung 97
5.2.2 Isotherme Viskositätsmessung 98
5.2.3 Konzept der relativen Viskosität 99
5.2.4 Einfluss der kristallinen Phase auf die relative Viskosität 101
5.2.5 Änderung des Fließverhaltens durch kristalline Phasen 102
5.2.6 Einfluss der chemischen Änderung auf die Viskosität der Restschmelze 105
5.3 Diskussion der experimentellen Ergebnisse 109
5.3.1 Kristallisationsverhalten der oxidischen Schmelzen 109
5.3.2 Einfluss der kristallinen Phase auf das Fließverhalten oxidischer Schmelzen 116

6. Ansatz zur Modellierung von Teilschmelzen 120

6.1 Viskositätsmodell oxidischer Schmelzen 123
6.2 Beschreibung des Partikeleinflusses auf die Viskosität 126
6.3 Beschreibung der Kristallisation 130
6.4 Beschreibung der Dichte 131

7. Ergebnisse der Modellierung 134

7.1 Einfluss der Kristallisation auf die Viskosität der Restschmelze 135
7.2 Betrachtung der Viskosität von Teilschmelzen im Gleichgewicht 137
7.3 Kinetischer Einfluss auf das Fließverhalten oxidischer Schmelzen 141
7.4 Diskussion des Modellansatzes 146

8. Zusammenfassung und Ausblick 147

Symbol- und Abkürzungsverzeichnis 151

Literaturverzeichnis 155

Energie & Umwelt /
Energy & Environment
Band / Volume 393
ISBN 978-3-95806-268-9