



Verhalten und Kontrolle von Schlacken des bioliq[®]-Vergasers

Konrad Mielke

Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 548

ISBN 978-3-95806-566-6

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

Verhalten und Kontrolle von Schlacken des bioliq[®]-Vergasers

Konrad Mielke

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

Band / Volume 548

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-566-6

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	- 5 -
Tabellenverzeichnis	- 8 -
1. Einleitung	- 9 -
2. Zielstellung und Motivation	- 13 -
3. Stand des Wissens	- 15 -
3.1 Chemische Zusammensetzung von Biomasse	- 15 -
3.1.1 Funktion und Verteilung der chemischen Bestandteile	- 15 -
3.1.2 Chemie in Strohbiomassen	- 17 -
3.2 Pyrolyse von Biomasse	- 20 -
3.3 Vergasung von Biomasse	- 23 -
3.3.1 Grundlagen der Vergasungstechnologie	- 23 -
3.3.2 Vergasungsverfahren	- 27 -
3.4 Der bioliq [®] -Prozess	- 29 -
3.4.1 Aufbereitung	- 30 -
3.4.2 Pyrolyse	- 30 -
3.4.3 Flugstromvergasung	- 32 -
3.4.4 Gasreinigung und Kraftstoffsynthese	- 33 -
3.5 Struktur von Schlacken und Gläsern	- 35 -
3.5.1 Netzwerktheorie	- 35 -
3.5.2 Ionentheorie und Basizität	- 39 -
3.6 Viskosität	- 40 -
3.6.1 Definition	- 40 -
3.6.2 Rheologisches Verhalten	- 42 -
3.6.3 Messmethoden	- 44 -
3.6.3.1 Konzentrische Zylinder-Messsysteme	- 44 -
3.6.3.2 Kegel/Platte-Messsysteme	- 46 -
3.6.3.3 Platte/Platte-Messsysteme	- 47 -
3.6.4 Viskositätsmodellierung von oxidischen Schmelzen	- 48 -
3.6.4.1 Viskositätsmodelle abhängig von der Temperatur	- 48 -
3.6.4.2 Viskositätsmodelle abhängig von Temperatur und chemischer Zusammensetzung ..	- 50 -
3.6.4.3 Viskositätsmodelle abhängig von Temperatur, chemischer Zusammensetzung und Struktur	- 51 -
3.6.4.4 Multiphasen-Viskositätsmodelle	- 53 -
3.7 Schlackebildung und -eigenschaften in der Flugstromvergasung	- 54 -
3.7.1 Schlackeaufbau und -eigenschaften im Vergaser	- 54 -

3.7.2 Reaktionskinetik der Brennstoffkomponenten während der Vergasung	57 -
3.7.3 Reaktionsverhalten von K und Na während der Vergasung.....	59 -
3.7.4 Modellierung der Alkalifreisetzung	61 -
4. Methodik	64 -
4.1 Hochtemperaturviskosimetrie.....	64 -
4.2 Molekularstrahlmassenspektroskopie (MBMS)	66 -
4.3 Analytische Methoden.....	67 -
4.3.1 Rasterelektronenmikroskopie (REM-EDX)	67 -
4.3.2 Röntgendiffraktometrie	68 -
4.3.3 Chemische Analysen	69 -
4.3.3.1 Elementaranalyse.....	69 -
4.3.3.2 Optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES)	70 -
4.3.3.3 Ionenchromatographie.....	70 -
4.4 Viskositätsmodell	71 -
4.4.1 Modellgrundlage	71 -
4.4.2 Modellerweiterung durch Assoziat	72 -
4.4.3 Modellerweiterung auf Mehrphasensysteme mit $\text{SiO}_2\text{--CaO--MgO--Na}_2\text{O--K}_2\text{O}$	73 -
4.4.4 Modellerweiterung mit Al_2O_3	74 -
4.4.5 Modellerweiterung mit $\text{FeO/Fe}_2\text{O}_3$	76 -
4.5 Thermodynamische Modellierung.....	76 -
5. Charakterisierung von bioliq [®] - Schlacken	79 -
5.1. Probencharakterisierung	79 -
5.1.2 Viskositätsdaten.....	81 -
5.1.3 Bezug der Viskositätsdaten zum bioliq [®] -Vergaser.....	86 -
5.1.4 Fazit	89 -
6. Chemische Fraktionierung von Modellbiomassen	91 -
6.1 Probenvorbereitung und Probencharakterisierung	92 -
6.2 Versuchsbedingungen	94 -
6.3 Ergebnisse	96 -
6.3.1 Einfluss der Flüssigphase	97 -
6.3.2 Charakterisierung des Vergasungsrückstandes	99 -
6.4 Fazit.....	103 -
6.4.1 Reaktionskinetik.....	103 -
6.4.2 Anwendung auf reale Vergaserbedingungen.....	104 -
7. Thermodynamische Modellierung des bioliq [®] -Prozesses mit SimuSage.....	107 -
7.1 Modellbeschreibung	107 -
7.1.1 Modell 1	107 -

7.1.2 Modell 2	- 109 -
7.2 Sensitivitätsanalysen der thermodynamischen Modelle.....	- 111 -
7.2.1 Modellbrennstoff für die Berechnungen.....	- 112 -
7.2.2 Temperatursensitivität der K-Freisetzung in Reaktor 1 und Reaktor 2.....	- 112 -
7.2.3 Drucksensitivität der K-Freisetzung.....	- 115 -
7.2.4 Sensitivität des Splitfaktors der Gasphase.....	- 118 -
7.2.5 Sensitivität der Erweiterungen von Modell 2 gegenüber Modell 1	- 121 -
7.2.6 Fazit	- 124 -
7.3 Modellrechnungen.....	- 124 -
7.3.1 bioliq® - Schlacken	- 124 -
7.3.1.1 Inputdaten und Rahmenbedingungen der bioliq®-Brennstoffproben	- 125 -
7.3.1.2 Temperaturabhängige Simulationen.....	- 127 -
7.3.1.3 Evaluierung des Modells an bioliq®-Versuchsbedingungen	- 132 -
7.3.1.3.1 Chemische Zusammensetzungen und Rahmenbedingungen	- 132 -
7.3.1.3.2 Viskositäten	- 135 -
7.3.2 Evaluierung des Modells an Strohproben.....	- 137 -
7.3.2.1 Inputdaten und Rahmenbedingungen	- 137 -
7.3.2.1 Strohasche (SA).....	- 138 -
7.3.2.2 Strohkoks H10	- 139 -
7.3.3 Alternative Additive	- 142 -
8. Charakterisierung von Laborschlacken, Mischungen und Additiven.....	- 146 -
8.1 Viskositätsbeeinflussung durch Additivierung.....	- 146 -
8.1.1 Na-Glas.....	- 147 -
8.1.2 Strohaschen	- 148 -
8.1.3 Fazit	- 149 -
8.2 Einbindeverhalten von Additiven in Stroh und Schlacke.....	- 150 -
8.2.1 Additiv NaOH	- 151 -
8.2.2 Additiv KOH	- 154 -
8.2.3 Additiv SiO ₂	- 156 -
8.2.4 Fazit	- 158 -
9. Zusammenfassung und Ausblick.....	- 159 -
10. Literaturverzeichnis.....	i
11. Anhang	xi

Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 548
ISBN 978-3-95806-566-6