

Inhaltsverzeichnis

Versicherung	5
Vorbemerkung	6
Danksagung	7
1 Einleitung.....	12
1.1 Von der Elektromobilität zur Notwendigkeit des C-Faser-Recyclings.....	12
1.2 Motivation für die Gewinnung von rC-Fasern aus CFRTS.....	13
1.2.1 Rechtliche Restriktionen	13
1.2.2 Ökonomische Hintergründe	14
1.2.3 Ökologische Aspekte	15
1.3 C-Faser-Recycling mittels elektrohydraulischen Effektes	17
1.3.1 Forschungsthema	17
1.3.2 Zentrale und weiterführende Forschungsfrage	17
1.3.3 Potenzielle Anwendungsmöglichkeiten für rC-Fasern.....	18
1.4 Methodik, Ziel und Aufbau der Arbeit.....	20
2 Stand der Technik des C-Faser-Recyclings aus CFRTS.....	21
2.1 Übersicht bekannter C-Faser-Recyclingprozesse	21
2.2 Mechanische Recyclingprozesse.....	21
2.2.1 Mechanischer Aufschluss	21
2.2.2 Elektrodynamische Fragmentierung.....	22
2.3 Thermische Recyclingprozesse	24
2.3.1 Pyrolyse im Gasgemisch, Metallbad und mit Mikrowellen	24
2.3.2 Thermische Oxidation in der Wirbelschicht	25
2.4 Chemische Recyclingprozesse	26
2.4.1 Solvolyse und Hydrolyse	26
2.4.2 Solvolyse mit überkritischen Fluiden	27
3 Grundlagen der EHZ für die Anwendung an CFRTS.....	29
3.1 Grundprinzip der EHZ von CFRTS	29

Inhaltsverzeichnis

3.2	Bisherige Forschung, Anwendungen und Parameter von EHZ-Anlagen.....	30
3.3	Wandlung elektrischer in mechanische Energie bei der Unterwasserfunkenentladung.....	33
3.3.1	Konstruktiver Aufbau einer elektrohydraulischen Nasszerkleinerungsanlage	33
3.3.2	Vereinfachte elektrische Ersatzschaltung für die Unterwasserfunkenentladung	35
3.3.3	Entladungsablauf der Unterwasserfunkenstrecke.....	41
3.3.4	Zeitlicher Zusammenhang zwischen dem Leistungs- und Druckverlauf	45
3.4	Bekannte Zerkleinerungsmechanismen der EHZ für Verbunde	48
3.4.1	Nasse EHZ von Verbundmaterialien	48
3.4.2	Flächenbezogener Energieeintrag der Schockwelle über die Materialoberfläche	49
3.4.3	Verhalten der Schockwelle in Verbundmaterial-Schichten.....	50
3.4.4	Partielle Stromführung durch elektrisch leitende Verbund-Komponenten	52
3.5	Übertragung bekannter Zerkleinerungseffekte von Verbundmaterialien auf CFRTS	52
3.5.1	CFRTS als Zwei-Komponenten-Verbund im Quasi-Schichtaufbau	52
3.5.2	Makroskopische Schäden durch Schockwellen an der CFRTS-Oberfläche	54
3.5.3	Akustische Eigenschaften von CFRTS bei der Schockwellenbehandlung	54
3.5.4	Elektrische Eigenschaften von CFRTS bei Unterwasserfunkenentladungen	56
4	Vorversuche für die EHZ von CFRTS	58
4.1	Versuchsplanung und Aufbereitung von Produktionsabfällen zu Probematerialien	58
4.1.1	Eingesetzte Probematerialien.....	58
4.1.2	Aufbereitung der Produktionsabfälle	59
4.1.3	Planung der Vorversuche	62
4.2	Versuchsreihe V1: C-Fasern (Komponente A)	64
4.2.1	Präparation der C-Faser-Proben	64
4.2.2	Fibre Cube-Fasermessmethodik	65
4.2.3	Ergebnisse der Versuchsreihe V1	66
4.3	Versuchsreihe V2: EP (Komponente B).....	69
4.3.1	Massebilanz der zerkleinerten EP(B)-Proben mit den Ausgangsmassen.....	69
4.3.2	Siebanalyse der zerkleinerten EP(B)-Partikel	70
4.3.3	Verlauf der EHZ von EP-Granulat in Abhängigkeit der Beanspruchungsenergie.....	70
4.4	Versuchsreihe V3: CFRTS (Materialverbund AB).....	71

Inhaltsverzeichnis

4.4.1	Manuelles Trennverfahren freier Komponenten(A+B) von Restverbunden(AB)	71
4.4.2	Masseanteilverlauf freier Komponenten $w_{\text{frei, A+B}}(x)$	73
4.4.3	REM-Untersuchung der freien Komponenten(A+B)	75
4.5	Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorversuche	76
5	Weiterführende Untersuchungen zur EHZ von CFRTS	79
5.1	Methodik	79
5.1.1	Ziel der Untersuchungen	79
5.1.2	Inhalt der Versuchsplanung	79
5.1.3	Vereinfachte Systemanalyse der EHZ von CFRTS	80
5.1.4	Betrachtung der Versuchsanlage EHZ1001	83
5.1.5	Betrachtung des Probenmaterials	88
5.1.6	Planung der Versuchsreihen	91
5.1.7	Beschreibung der Versuchsdurchführung	94
5.2	Versuchsdurchführung	95
5.2.1	Bestimmung des Masseanteilverlaufs freier Komponenten $w_{\text{frei, A+B}}(x)$	95
5.2.2	Masseverlust bei der EHZ von CFRTS	100
5.2.3	Bestimmung der Längenverteilung des rC-Faserkonzentrats	102
5.2.4	REM-Untersuchung des rC-Faserkonzentrats	108
5.2.5	Einzelfaserzugversuche der rC- und C-Neufasern	110
5.3	Rückschlüsse bezüglich des C-Faser-Recyclings	114
6	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	117
	Literaturverzeichnis	121
	Abbildungsverzeichnis	130
	Tabellenverzeichnis	134
	Symbolverzeichnis	135
	Abkürzungsverzeichnis	138
	Anhang	140