

Schriftenreihe des IME

Band 69

**Stephanie Kruse**

**Pyrometallurgische Gewinnung von  
Selten-Erd-Oxiden als Prozessstufe  
des NdFeB-Magnetrecyclings**

Shaker Verlag  
Düren 2020

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	IX
Tabellenverzeichnis .....	XIII
Kurzfassung .....	XV
Extended Abstract.....	XVII
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen NdFeB basierter Magnete .....	3
2.1 Zusammensetzung und Gefüge .....	4
2.2 Herstellung von NdFeB-Magneten und anfallende Reststoffe .....	8
2.2.1 Schleifschlamm .....	9
2.3 Marktsituation und Rohstoffverfügbarkeit.....	11
3 Recycling von Selten-Erd-Magnetmaterial.....	16
3.1 Recyclingsituation unter Berücksichtigung der SEE-Versorgungslage.....	16
3.2 Existierende Konzepte gemäß Stand der Forschung .....	20
3.2.1 Pyrometallurgische Verfahren zum Recycling von SEE aus Magnetmaterial. 22	
3.2.2 Hydrometallurgische Verfahren zum Recycling von SEE aus Magnetmaterial ..	34
3.3 Erkenntnisse für die vorliegende Arbeit.....	37
4 Grundlagen der selektiven Oxidation und Phasenbildung.....	39
4.1 Oxidationspotential von SEE und NdFeB.....	39
4.2 Phasenbildung beim Einschmelzen von NdFeB-Material.....	50
4.3 Fazit und offene Fragestellungen aus bisher publizierten Arbeiten .....	57
5 Arbeitshypothese und experimentelle Methodik .....	59
6 Thermische Konditionierung NdFeB basierten Materials .....	63
6.1 Versuchsplanung, Aufbau und Durchführung .....	64
6.1.1 Pyrolyse ölhaltiger Schleifschlämme.....	64
6.1.2 Gezielte Oxidation pulverförmiger Altmagnete.....	65
6.2 Ergebnisse und Auswertung.....	70
6.2.1 Elementanalysen.....	70
6.2.2 Sauerstoffanalysen .....	72
6.2.3 Phasenanalysen.....	73
6.3 Bewertung der Ergebnisse und Entwurf eines Reaktionsmodells.....	86
7 Einschmelzversuche unterschiedlicher oxidierten NdFeB-Reststoffe.....	91
7.1 Versuchsaufbau .....	91

7.2	Durchführung und Beobachtungen.....	93
7.3	Ergebnisse und Auswertung.....	97
8	Upscaling der Pyrolyse und des Einschmelzens .....	109
8.1	Aufbau und Durchführung der Versuche.....	109
8.2	Beobachtung und Ergebnisse der Versuche.....	111
9	Gesamtbewertung der Einschmelzversuche.....	115
10	Zusammenfassung und Ausblick.....	117
11	Literaturverzeichnis.....	XXXI
Anhang	.....	XXXVIII