

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik und Wissenschaft zu Wälzlagern in Elektromotoren	4
2.1	Grundlegende Kenngrößen für elektrisch isolierende Schutzschichten	4
2.2	Verhalten von Isolationswerkstoffen im Wechselstrom	6
2.3	Grundlagen des Elektromotors	11
2.4	Belastungskollektiv des Wälzlagers in elektrifizierten Antriebssträngen	16
2.4.1	Elektrische Belastung	16
2.4.2	Einfluss des Schmiermittels	19
2.4.3	Zusammenfassung des Belastungskollektivs	22
2.5	Wälzlagerschäden	22
2.5.1	Topografische Veränderungen	23
2.5.2	Schmierstoffveränderung durch elektrische Spannung	25
2.5.3	Zusammenfassung der betrachteten Wälzlagerschäden	27
2.6	Lösungskonzepte	28
3	Hypothese und Forschungsfragen	32
4	Lösungsweg und Methodik	33
5	Thermisches Spritzen von elektrischen Isolationsschutzschichten	35
5.1	Atmosphärisches Plasmaspritzen	35
5.2	Schichtaufbau und Morphologie	37
5.3	Versiegelung thermisch gespritzter Beschichtungen	39
5.4	Werkstoffeigenschaften thermisch gespritzter Isolationswerkstoffe	39
5.4.1	Aluminiumoxid	40
5.4.2	Spinell	41
5.4.3	Mullit	41
5.4.4	Vergleich der Werkstoffeigenschaften	42
6	Prüfmethoden für elektrisch isolierende Beschichtungen	45
6.1	Der spezifische Widerstand	45
6.2	Durchschlagfestigkeitsmessung thermisch gespritzter Beschichtungen	46
6.3	Impedanzmessung thermisch gespritzter Isolationsschutzschichten	50
6.3.1	Messaufbau und Konditionierung bei L ₃ -Proben	51

Inhaltsverzeichnis

6.3.2	Messaufbau und Konditionierung für L ₁ -Proben	52
6.3.3	Parameter und Spannungsquelle	54
6.3.4	Methodik zur Auswertung der Impedanzmessung	55
7	Level 1: Schichtwerkstoffscreening	67
7.1	Vergleich von Al ₂ O ₃ mit Mullit	67
7.2	Zwischenfazit zu Forschungsfrage 2	78
7.3	Weiterentwicklung der Mullitschichten	78
7.3.1	Impedanzmessung von L ₁ -Mullit	80
7.3.2	Durchschlagfestigkeit von L ₁ -Mullit	82
7.3.3	Porosität	83
7.3.4	Phasenanalyse	84
7.4	Zwischenfazit zu Forschungsfrage 3	91
8	Einfluss des Versieglers auf die elektrische Isolation	94
8.1	Level 2: Versiegler auf freistehenden Schichten	94
8.2	Level 3: Gesamtschichteigenschaften	96
8.2.1	Versiegelung ohne Vakuum	97
8.2.2	Versiegelung mit Vakuum	101
8.2.3	Versiegelung unter Vakuum	105
8.3	Zwischenfazit zu Forschungsfrage 4	108
9	Level 4: Demonstratorprüfung	111
9.1	Demonstratoraufbau	112
9.2	Unterschied zwischen L ₄ und L ₃ -Proben	113
9.3	Stromdurchgänge im Lagerprüfstand	115
9.4	Zwischenfazit zu Forschungsfrage 5	117
10	Zusammenfassung	118
11	Ausblick	120
12	Literaturverzeichnis	I
13	Anhang	IX
13.1	Gesammelte Übersicht der Prozessparameter	IX
13.2	Werte des Fittings der Bode-Diagramme	X