
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Problemstellung und Zielsetzung	3
3	Grundlagen des induktiven Randschichthärtens	7
3.1	Prinzip des induktiven Randschichthärtens	7
3.2	Induktiver Erwärmungsvorgang	10
3.2.1	Elektromagnetisches Feld	10
3.2.2	Temperaturfeld	12
3.2.3	Kopplung der Felder	12
3.2.4	Elektromagnetische Eindringtiefe	12
3.3	Einfluss von Härteparametern	14
3.3.1	Frequenz des Induktorstroms	14
3.3.2	Erwärmungszeit und Generatorleistung	14
3.4	Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen	16
3.4.1	Materialkunde	16
3.4.2	Schaubilder zur Wärmebehandlung	17
3.5	Die SDF-Technik	21
3.5.1	Grundlagen	21
3.5.2	Energieversorgung	22
3.5.3	Frequenzspektrum	26
3.5.4	Leistungsumsetzung und elektromagnetische Eindringtiefe	29
4	Numerisches Simulationsmodell	33
4.1	Simulationsanordnung	34
4.1.1	Vernetzung	35
4.2	Elektromagnetisches Modell	39
4.2.1	Elektromagnetische Randbedingungen	39
4.2.2	Elektrische Eingabegrößen	40
4.2.3	Lösungsansatz	43
4.3	Thermisches Modell	44
4.3.1	Thermische Eingabegrößen	44
4.3.2	Lösungsansatz	45

4.4	Gekoppeltes System	49
4.4.1	Simulationszyklus	49
4.4.2	Sequentielle Berechnung	50
4.4.3	Erwärmungsverlauf bei der SDF-Technik	51
5	Optimierung mittels numerischer Simulation	57
5.1	Einführung	57
5.2	Begriffsdefinitionen	59
5.2.1	Designvariablen	59
5.2.2	Zielfunktion	59
5.2.3	Restriktionen	60
5.2.4	Optimierungsverfahren	60
5.3	Konzept der Optimierung	62
5.4	Anwendungsbeispiel Getriebeschnecken	64
5.4.1	Ziel	64
5.4.2	Zielfunktionen	64
5.4.3	Designvariablen	66
5.4.4	Simulationsmodell	67
6	Simulationsergebnisse	70
6.1	Einfrequenz-Erwärmung	70
6.1.1	Einfluss der Frequenz	70
6.1.2	Einfluss der Erwärmungszeit	76
6.1.3	Optimierung	81
6.2	Zweifrequenz-Erwärmung	85
6.2.1	Einfluss der Anteile von HF- und MF-Leistung	85
6.2.2	Optimierung	88
7	Verifikation des Berechnungsmodells	94
7.1	SDF-Härtung ohne Vorerwärmung	94
7.2	SDF-Härtung mit Vorerwärmung	97
8	Ausblick	101
9	Zusammenfassung	103