

Inhalt

Vorwort	V
Geleitwort	VII
Autorenverzeichnis	VIII
1 Grundlagen der induktiven Erwärmung	1
1.1 Einführung	2
1.1.1 Induktives Erwärmen zum Umformen	3
1.1.2 Induktive Wärmebehandlung	5
1.1.3 Induktives Erwärmen zum Fügen und Trennen	6
1.1.4 Beispiele aktueller Entwicklungen	6
1.2 Mathematische Grundlagen und Berechnung induktiver Erwärmungsprozesse ..	8
1.2.1 Elektromagnetisches Feld	8
1.2.2 Wärmeübertragung, Temperaturfeld	13
1.2.3 Kopplung von elektromagnetischem und thermischem Feld	33

1.3	Methoden zur numerischen Berechnung	33
1.4	Auslegung von Induktionserwärmern	39
1.5	Wirkungsgrade und Energiebilanzen bei der induktiven Erwärmung	42
1.5.1	Wirkungsgradketten	43
1.5.2	Wirkungsgrade für die induktive Erwärmung	45
2	Wärmen zum Umformen	47
2.1	Schmieden und Walzen	48
2.1.1	Einleitung	48
2.1.2	Grundlagen	48
2.1.3	Numerische Anlagenauslegung	56
2.1.4	Verfahren und Anlagen	60
2.1.5	Anwendungsbeispiele	62
2.2	Flachprodukte, Bänder, Bleche	65
2.3	Blockerwärmung für Strangpressanwendungen	72
2.3.1	Kombinierte Erwärmanlagen	74
2.4	Thixoforming	81
2.4.1	Verfahrensgrundlagen	81
2.4.2	Einflussgrößen bei der induktiven Erwärmung	85
2.4.3	Qualitätssicherungskriterien für die Erwärmung in einen thixotropen Zustand	85
2.4.4	Realisierte Anlagenkonzepte zum Thixoforming	86
2.4.5	Prozessführung	87
3	Wärmebehandeln	91
3.1	Einleitung	92
3.2	Härten	95
3.2.1	Werkstoffkundliche Grundlagen des Randschichthärtens	95
3.2.2	Zahnstangenhärten	112
3.2.3	Härten von Zahnrädern – Allzahnhärtung	116
3.2.4	Härten von Kurbelwellen	122
3.2.5	Härten von Großwälzlageringen für Windkraftanlagen	131
3.2.6	Härten von Antriebsteilen	141
3.3	Glühen	142
3.3.1	Induktive Erwärmung von Bändern	142
3.3.2	Inline-Nahtglühen und Normalisieren	144
3.4	Induktive Vergütung von Rohr- und Stabmaterial	147
3.4.1	Prinzipieller Aufbau einer Quench & Temper-Anlage	147
3.4.2	Vorteile der induktiven Vergütung	148
3.4.3	Innovative Lösungen für neue Produkte	152

4 Fügen und Trennen	155
4.1 Induktives Lötén	156
4.1.1 Besonderheiten beim induktiven Lötén	157
4.1.2 Lötspalte und Lotwerkstoffe	157
4.1.3 Induktoren für das Lötén	159
4.1.4 Lötén unter Schutzgas und Vakuum	160
4.1.5 Anwendungen	164
4.2 Induktion in der Klebtechnik	164
4.2.1 Einleitung	164
4.2.2 Schnellkleben mittels Induktion	165
4.2.3 Lösen von strukturellen Klebverbindungen mittels Induktion	167
4.2.4 Zusammenfassung	169
4.3 Induktive Erwärmung zum Aufschrumpfen	169
4.3.1 Berechnungsformel	170
4.3.2 Ausführungsbeispiel PKW-Schwungrad	170
4.3.3 Gebaute Nockenwellen	171
4.3.4 Zusammenfassung	172
4.4 Induktionsverfahren zum Schweißen	173
4.4.1 Induktives Längsnahtschweißen von Rohren	173
4.4.2 Induktiv unterstützte Laser- und Hybridschweißverfahren	177
4.4.3 Induktive Vorwärmung bei Schweißverfahren	182
4.4.4 Induktives Erwärmen zum Pressschweißen	184
5 Sonderverfahren	195
5.1 Presshärten	196
5.1.1 Fertigungslinie von Strukturbauteilen	197
5.1.2 Alternative Induktionserwärmung	199
5.2 Fixturhärten	201
5.2.1 Verzug aufgrund von Wärmeausdehnungen	201
5.2.2 Verzug bedingt durch Phasenumwandlungen und Volumenänderungen ..	202
5.2.3 Verzug bedingt durch Werkstück-Vorbehandlungen	203
5.2.4 Prinzip des Fixturhärtens	203
5.2.5 Ablauf eines Fixturhärteprozesses	206
5.3 Induktive Umschmelz- und Feingussanlagen	208
5.3.1 Einführung	208
5.3.2 Wirkprinzip	208
5.4 Induktives Versiegeln	211
5.4.1 Induktives Tubenschweißen	211
5.4.2 Induktives Verschweißen von Kartonagen	211
5.4.3 Induktives Versiegeln von Flaschen, Gläsern und Kanistern	212

5.4.4	Vorteile des induktiven Versiegelns gegenüber konventionellen Verfahren	213
5.5	Induktives Beheizen von Kunststoffspritzgussformen	213
5.5.1	Einleitung	213
5.5.2	Auslegung des Erwärmungs- und Kühlungssystems	214
5.5.3	Anlagenkonzept	214
5.5.4	Zusammenfassung	214
5.6	Induktive Erwärmung von kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff	215
5.6.1	Einleitung	215
5.6.2	Erwärmungsmechanismus	215
5.6.3	Anwendungsbeispiele der Induktion von CFK	216
5.6.4	Anwendungsbeispiel Induktionsschweißen	216
5.7	Wärmebehandlung von Kohlenstoffmaterialien	217
5.8	Induktive Verfahren bei Kristallzüchtungsprozessen	218
5.8.1	Einleitung	218
5.8.2	Czochralski(CZ)-Prozess	219
5.8.3	Floating-Zone(FZ)-Prozess	220
5.9	Induktive Suszeptorbeheizung in Epitaxieprozessen	221
5.9.1	Einleitung	221
5.9.2	Anlagenkonzept	221
5.9.3	Erwärmungssystem	222
5.10	Induktive Erwärmung von Flachgläsern	222
5.11	Induktiv gekoppeltes Plasma (ICP)	223
5.11.1	Einleitung	223
5.11.2	Wie entsteht ein ICP?	223
5.11.3	Anforderungen an die HF-Stromversorgung	224
5.11.4	Vorteile des ICP gegenüber dem Gleichstrom-Plasma (DCP)	224
5.12	Induktive Erwärmung von magnetischen nanostrukturierten Partikeln	224
5.12.1	Physikalisches Prinzip	224
5.12.2	Praktische Umsetzung	225
5.12.3	Industrielle Anwendung	225
5.13	Thermographische Risserkennung von Bauteilen	226
5.13.1	Einleitung	226
5.13.2	Induktiv angeregte Thermographie	226
5.13.3	Anforderungen an die Stromversorgungen	227
6	Energieversorgung	229
6.1	Grundlagen der Energieversorgung für die induktive Erwärmung	230
6.2	NF-Energieversorgung	233
6.2.1	NF-Schaltanlagen in konventioneller Technik	233
6.2.2	NF-Umrichtertechnik	234

6.3	MF-Umrichter	239
6.3.1	Parallelschwingkreis-Umrichter	239
6.3.2	Serienschwingkreis-Umrichter	242
6.3.3	Umrichter mit L-LC-Lastschaltung	243
6.4	HF-Umrichter	244
6.4.1	Serienschwingkreis-Umrichter für HF-Anwendungen	245
6.5	Multifrequenz-Generatoren	247
6.5.1	Grundlegendes zum Multifrequenzverfahren	247
6.5.2	Schaltungstopologie eines Zweifrequenzgenerators	247
6.5.3	Leistungsklassen und Regelung	249
6.5.4	Einstellmöglichkeiten, Ansteuerung und Prozessüberwachung	250
	Stichwortverzeichnis	253
	Inserentenverzeichnis	261