

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Geleitwort	VII
Autorenverzeichnis	XI
Inhaltsverzeichnis	XV
1. Härtereipraxis	1
1.1 Planung und Beschaffung von Wärmebehandlungsanlagen	2
Einleitung	2
1.1.1 Anforderungen an Wärmebehandlungsanlagen	2
1.1.2 Planungs- und Beschaffungsprozess	3
1.1.3 Zusammenfassung	10
1.2 Wirtschaftliche Nutzung großer Härteofenanlagen im Materialfluss einer modernen Fertigung mit reduzierten Beständen	12
Einleitung	12
1.2.1 Verluste bei dem Wechsel der Ofenatmosphäre	12
1.2.2 Experimentelle Datenermittlung	14
1.2.3 Aktueller Stand – Einsatzhärten	16
1.2.4 Effizienzsteigerung	17
1.2.5 Zusammenfassung	21
1.3 Abstimmung von Wärmebehandlungsverfahren mit der Vor- und Nachbearbeitung von Bauteilen in der Automobilindustrie	22
Einleitung	22
1.3.1 Fertigungsablauf einer Getriebefertigung	22
1.3.2 Verzahnungsweichbearbeitung	23
1.3.3 Verzugsreduzierung durch die Wärmebehandlung	25
1.3.4 Designänderung am Beispiel Wellen	26
1.3.5 Zusammenfassung	27
1.4 Optimierung von Energiekosten in der Wärmebehandlung	28
Einleitung	28
1.4.1 Energiebeschaffung	28
1.4.2 EEG-Umlage	29
1.4.3 KWKG-Umlage	31
1.4.4 Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz	33

1.5	Reproduzierbarkeit der Härtetiefenbestimmung CHD – NHD – SHD	36
	Einleitung	36
1.5.1	Normung	36
1.5.2	Einflüsse auf das Prüfergebnis	37
1.5.3	Ringversuch	40
1.5.4	Auswertung	43
1.5.5	Zusammenfassung	44
2.	Industrie 4.0.	47
2.1	Entwicklungen im Bereich MSR-Konzepte für Industrieofenanlagen	48
	Einleitung	48
2.1.1	Die Vision	49
2.1.2	Das Industrial Internet of Things (IIoT)	49
2.1.3	Industrie 4.0	50
2.1.4	Cyber-Physical Systems (CPS)	51
2.1.5	Künstliche Intelligenz?	53
2.1.6	Schaffen wir uns damit ab?	54
2.1.7	Willkommen in der Welt der Quantencomputer	56
2.1.8	Ausblick für die Wärmebehandlung	57
2.1.9	Zusammenfassung	58
2.2	Lohnhärterei im Umfeld von Industrie 4.0	61
	Einleitung	61
2.2.1	Was bedeutet der Begriff „Industrie 4.0“?	61
2.2.2	Vernetzung der Lohnhärterei zum Umfeld	62
2.2.3	Beispiel Auftragsabwicklung	63
2.2.4	Aufgabenstellung Standardisierung von Schnittstellen	64
2.2.5	Zusammenfassung	64
3.	Aufkohlen, Nitrieren und Nitrocarburieren	65
3.1	Nitrieren und Nitrocarburieren in der industriellen Praxis	66
	Einleitung	66
3.1.1	Zweck des Nitrierens und Nitrocarburierens	66
3.1.2	Aufbau und Struktur der Nitrierschicht	67
3.1.3	Die Härte der Nitrierschicht	72
3.1.4	Einfluss des Nitrierens/Nitrocarburierens auf die Werkstückgeometrie. . .	74
3.1.5	Eigenspannungen	76
3.1.6	Formänderungsvermögen – Zähigkeit	76
3.1.7	Festigkeitsverhalten	77
3.1.8	Verschleißverhalten	78
3.1.9	Korrosionsverhalten	80

3.1.10	Hinweise für das praktische Durchführen des Nitrierens und Nitrocarburierens	80
3.1.11	Hinweise zu den Verfahren.	82
3.1.12	Anwendung des Nitrierens und Nitrocarburierens.	84
3.2	Möglichkeiten und Grenzen von Sensoren und Sonden zum Messen und Regeln der Ofenatmosphäre	86
	Einleitung	86
3.2.1	Thermoelemente	87
3.2.2	C-Pegel Sonde (Q-Sonde)	88
3.2.3	H ₂ -Sensor.	91
3.2.4	Gas-Analysatoren	94
3.2.5	Zusammenfassung	95
3.3	Kompakte Ammoniakversorgungsanlagen für Härtereien.	97
	Einleitung	97
3.3.1	Stoffeigenschaften Ammoniak.	97
3.3.2	Verfahrens- und Anlagenbeschreibung	100
3.3.3	Sicherheitseinrichtungen	111
3.4	Plasmanitrocarburieren in der Serienfertigung von Pressteilen für den Einsatz in Doppelkupplungen.	113
	Einleitung	113
3.4.1	Herstellung der Kupplungsblechteile.	114
3.4.2	Plasmanitrieren in der Serienfertigung von Kupplungsblechteilen	115
3.4.3	Zusammenfassung	120
4.	Einsatzhärten und Niederdruckaufkohlen	121
4.1	Wärmebehandlung von Großzahnradern – Minimierung von Härteverzügen	122
	Einleitung	122
4.1.1	Drei Methoden im Vergleich.	123
4.1.2	Die Wahl des Härteverfahrens	124
4.1.3	Betriebserfahrungen	131
4.1.4	Zusammenfassung	133
4.2	Einsatzhärtung von Großserien-Getriebebauteilen für die Automobilindustrie	134
	Einleitung	134
4.2.1	Niederdruckaufkohlung	134
4.2.2	Prozessgasaufkohlung.	135
4.2.3	Abschreckung	137
4.2.4	Vergleich unterschiedlicher Prozesse	138
4.2.5	Weiterentwicklung der Prozessgasanlagen	140
4.2.6	Zusammenfassung	141
4.3	In die Produktionslinie integrierte Vakuum- oder Niederdruck-Wärmebehandlung	143
	Einleitung	143

4.3.1	Beschreibung des Aufbaus	144
4.3.2	Vorteile	145
4.3.3	Anwendungsbeispiele	150
4.3.4	Zusammenfassung	152
5.	Induktive Wärmebehandlung	155
5.1	Induktive Wärmebehandlung von Kurbelwellen.	156
	Einleitung	156
5.1.1	Das induktive Härteverfahren.	156
5.1.2	Maschinentechnik für das Härten von Kurbelwellen	157
5.1.3	Zusammenfassung	159
5.2	Induktive Wärmebehandlung unter Schutzgas	160
	Einleitung	160
5.2.1	Versuche zur Verzunderung beim induktiven Härten.	160
5.2.2	Härteprozess unter Schutzgasatmosphäre	161
5.2.3	Prüfung der Wärmebehandlung.	165
5.2.4	Ergebnisse	166
6.	Press- und Fixturhärten	167
6.1	Prozessrelevante Ausprägungen an Fixturhärtepressen zur Verzugsminimierung	168
	Einleitung	168
6.1.1	Aspekte der Auswahl von Fixturhärtepressen	168
6.1.2	Zusammenfassung	176
6.2	Presshärten von Verschleiß- und Konstruktionsteilen	177
	Einleitung	177
6.2.1	Borlegierte Vergütungsstähle.	177
6.2.2	Presshärten	179
6.2.3	Mechanische Eigenschaften pressgehärteter Borstähle	181
6.2.4	Schweiß Eigenschaften pressgehärteter Borstähle	183
6.2.5	Anwendungen pressgehärteter Borstähle	184
6.2.6	Zusammenfassung	186
6.3	Neueste Veränderungen in der Wärmebehandlung von warmumgeformten Bauteilen	188
	Einleitung	188
6.3.1	Ofentechnologie.	188
6.3.2	Anwendungen und Ergebnisse	190
6.3.3	Rückverfolgbarkeit der Ofenparameter	193
6.3.4	Zusammenfassung	194

7. Wärmebehandlungs- und Beschichtungsverfahren	195
7.1 Maßänderungen bei der Wärmebehandlung von ledeburitischen Kaltarbeitsstählen	196
Einleitung	196
7.1.1 Wärmebehandlung	196
7.1.2 Zusammenfassung	200
7.2 CVD- und PVD-Hartstoffschichten	202
Einleitung	202
7.2.1 CVD (Chemical Vapour Deposition)	202
7.2.2 PVD (Physical Vapour Deposition)	204
7.2.3 Beschichtungsgerechte Oberflächen	209
7.2.4 Anwendungen	210
7.2.5 Zusammenfassung	214
8. Chargiersysteme aus CFC, Oxidkeramiken	215
8.1 CFC-Gestelle in der Wärmebehandlung – Praxisanwendungen in Vakuum- und Atmosphärenprozessen	216
Einleitung	216
8.1.1 Die spezielle Eigenschaften von CFC	217
8.1.2 Das Herstellungsverfahren von CFC	218
8.1.3 Die Risiken bei der Anwendung von CFC in der Wärmebehandlung	220
8.1.4 Konstruktionsmerkmale	221
8.1.5 Beispiele für die gängigsten Konstruktionen für CFC-Chargiersysteme	222
8.1.6 Zusammenfassung	225
8.2 Effizienz- und Qualitätsverbesserung in der Wärmebehandlung durch Werkstückträger aus Oxid-Faserkeramik	226
Einleitung	226
8.2.1 Problemstellung und Lösungsansätze	226
8.2.2 Material und Eigenschaften	226
8.2.3 Anwendungsbeispiele	228
9. Energieeffizienz	233
9.1 Moderne Gasbeheizungssysteme in Wärmebehandlungsöfen	234
Einleitung	234
9.1.1 Vergleich von Brennstoff- und elektrischer Beheizung	234
9.1.2 Wärmeübertragung im brennstoffbeheizten Ofen	235
9.1.3 Verbrennungsluftvorwärmung	237
9.1.4 Sekundärnutzung der Abgaswärme	239
9.1.5 Zusammenfassung	239

9.2	Energieeffizienz induktiver Härteanlagen	240
	Einleitung	240
9.2.1	Leistungsbilanz und Wirkungsgrad von induktiven Härteanlagen	241
9.2.2	Gesamtwirkungsgrad und Energiebedarf am Beispiel Schneckenwelle	246
9.2.3	Zusammenfassung	247
9.3	Rippenrohr-Rekuperatorbrenner mit höchster Energieeffizienz an Härtereiofen	249
	Einleitung	249
9.3.1	Vorteile des Einsatzes von Metallschaum	249
9.3.2	Rippenrohr-Rekuperatorbrenner mit verbesserter Energieeffizienz	249
9.3.3	Praxiseinsatz	252
9.3.4	Zusammenfassung	254
9.4	Nutzung von Abwärme zur Beheizung von industriellen Reinigungsanlagen	255
	Einleitung	255
9.4.1	Bestimmung des Energiegehalts	255
9.4.2	Energierückgewinnung	256
9.4.3	Wasser als Wärmeüberträger	256
9.4.4	Die industrielle Reinigungsanlage als Verbraucher	256
9.4.5	Anwendungsbeispiel	258
9.4.6	Zusammenfassung	258
	Insertenverzeichnis	259