

Inhaltsverzeichnis

1. Härtereipraxis	1
1.1 Rückkühlungsanlagen im Wärmebehandlungs- und Härtereibetrieb	2
1.1.1 Kurzfassung	2
1.1.2 Einführung	2
1.1.3 Planung und Ausführung von Rückkühlanlagen	3
1.1.4 Die 42. Bundesimmissionsschutzverordnung (42. BImSchV)	7
1.1.5 Praktische Umsetzung der 42. BImSchV	9
1.1.6 Bedarfsgerechte Bioziddosierung	11
1.1.7 Wasserdatenmanagement und Industrie 4.0	12
1.1.8 Weitere Möglichkeiten der praktischen Umsetzung der 42. BImSchV	17
1.1.9 Zusammenfassung	18
1.2 Induktionshärten und Anlassen von Sinterstählen – Einfluss von Werkstoff, Dichte und Prozesshistorie	20
1.2.1 Einführung	20
1.2.2 Einfluss von Stickstoff auf das Alterungsverhalten von Sintereisen und Sinterstählen	25
1.2.3 Blausprödigkeit	29
1.2.4 Besonderheiten bei der induktiven Austenitisierung von Sinterstählen	35
1.2.5 Besonderheiten bei der induktiven Anlassbehandlung von Sinterstählen	40
1.2.6 Induktionshärten von Distaloy AB + 0,5 % C + 0,5 % MnS	43
1.3 Optimierte Produkte für die Wärmebehandlung aus hitzebeständigen Stählen	56
1.3.1 Einführung – Hitzebeständiger Edelstahl – Herstellung und Historie	56
1.3.2 Herstellungsverfahren für Gusskomponenten	56
1.3.3 Auswahl und Dimensionierung von Gussbauteilen	57
1.3.4 Zusammenfassung	61
1.4 Optimierte Abkühlgeschwindigkeiten in Wirbelbett-Wärmebehandlungssystemen	62
1.4.1 Ausgezeichnete Alternative zum Salzbad und zu weiteren Wärmebehandlungssystemen	62
1.4.2 Funktionsprinzip der Wirbelbettssysteme	62
1.4.3 Vorteile der Wirbelbetttechnologie	63
1.4.4 Optimierung des Abkühleffekts im Wirbelbett	63
1.4.5 F-&-E-Projekt	63
1.4.6 Fazit	67
1.5 Endogas-Erzeugung aus Erdgas mit zunehmend volatiler Gasbeschaffenheit	68

1.5.1	Erdgas mit zunehmend volatiler Konsistenz	68
1.5.2	Hintergrund geplanter H ₂ -Beimengung in größeren Mengen	71
1.5.3	Neues Berechnungstool zur Bestimmung der Einstellwerte und Berechnung der Endogas-Zusammensetzung.....	72
1.5.4	Ausführungsvarianten von Endogas-Generatoren	75
1.5.5	Fazit.....	78
1.6	Level-2-Optimierung: neue Wege in der Wärmebehandlung	79
1.6.1	Status quo	79
1.6.2	Die Herausforderung – exponentielles Wachstum.....	79
1.6.3	Die Lösung – Prozessoptimierung auf Level 2	81
1.6.4	Der Nutzen.....	84
1.7	Smarte Stickstoff-Methanol-Eindüslungslanze für Aufkohlungs- und Härteatmosphären – eine Fallstudie	85
1.7.1	Das Stickstoff-Methanol-Verfahren	86
1.7.2	Air Products innovative Stickstoff-/Methanol-Smart-Lanze und Air Products Smart-Technology-System.	87
1.7.3	Die Smart-Lanze im Vergleich zu einer herkömmlichen Stickstoff-Methanol-Tropflanze.....	88
1.7.4	Installation der Stickstoff-/Methanol-Smart-Lanze.....	89
1.7.5	Realisierte Vorteile mit der Smart-Lanze	91
1.7.6	Air Products Smart-Technology	92
1.7.7	Zusammenfassung	94
2.	Nachhaltigkeit und Ressourcen- und Energieeffizienz	95
2.1	Nachhaltigkeit und Dekarbonisierung – Maßnahmen zur Zukunftsfähigkeit in Wärmebehandlung und Härterei.....	96
2.1.1	Einführung	96
2.1.2	Grundlegende Aspekte zur Dekarbonisierung	97
2.1.3	Aspekte und Beispiele zur verbesserten Effizienz und Klimaneutralität durch das Nitrocarburieren und Niederdruck-aufkohlen in modularen Anlagenkonzepten.....	98
2.1.4	Zusammenfassung	102
2.2	Maßnahmen zur energieeffizienten Wärmebehandlung in der Industrie-ofentechnik – Aspekte und Hinweise zur Förderung	104
2.2.1	Allgemeines.....	104
2.2.2	Grundlegende Betrachtungen zum energieeffizienten Industrie-ofenbau und der Wärmebehandlung	104
2.2.3	Energieeffizienzmaßnahmen, Wärmerückgewinnung und Fördermöglichkeiten.....	107
2.2.4	Leitfaden Energieeffizienz.....	109
2.2.5	Fazit und Empfehlungen	110
2.3	Energieeffizienz und Wärmerückgewinnung in Wärmebehandlung und Härtereietrieb.....	112
2.3.1	Energieeffizienz im Ofenbau – Allgemeine Aspekte	112
2.3.2	Umweltschutz und Fördermöglichkeiten	118

2.3.3	Leitfaden Energieeffizienz	119
2.3.4	Fazit	121
2.4	Lohnwärmebehandlung in Deutschland – Eine Branche im Wandel der Zeit mit den Mega-Themen Transformation, Energiewende und Nachhaltigkeit	122
2.4.1	Einführung	122
2.4.2	Die Geschichte der Wärmebehandlung	122
2.4.3	Der Industrieverband Härtetechnik (IHT)	123
2.4.4	Transformation in der deutschen Automobilindustrie	125
2.4.5	Energiewende und Energiekosten	128
2.4.6	Nachhaltigkeit – das Handlungsprinzip unserer Zeit	131
2.4.7	Zusammenfassung und Fazit	136
2.5	Industrielle Brennertechnik und nachhaltige Wärmeerzeugung in Zeiten des Wandels	138
2.5.1	Einführung	138
2.5.2	Energiewende	139
2.5.3	Fluktuierende Erzeugung	140
2.5.4	Zukünftige Entwicklung der Energiepreise	142
2.5.5	Thermoprosesstechnik	142
2.5.6	Direkte Elektrifizierung	142
2.5.7	Hybride Systeme	142
2.5.8	Brennstoffflexible Brenner	143
2.5.9	Indirekte Elektrifizierung durch Nutzung von Elektrolysewasserstoff	143
2.5.10	Ausblick	144
2.6	Förderprogramme für die Umstellung auf eine emissionsfreie Produktion	146
2.6.1	Beratungsförderung	147
2.6.2	Investitionsförderung	147
2.6.3	Fazit	149
2.7	Dekarbonisierung von Schutzgasatmosphären	150
2.7.1	Einführende Anmerkungen: Gegenwärtig gebräuchliche Schutz- und Reaktionsgasatmosphären	150
2.7.2	Ausblick auf künftig verfügbare, alternative Optionen	150
2.7.3	Umweltfreundliche Schutzgas-Atmosphärenalternativen	150
2.7.4	Umweltfreundliche reaktive Atmosphäre für die Gasaufkohlung	152
2.7.5	Einführende Anmerkungen	152
2.7.6	Neue „Low-Emission“-Gasaukokohlungsatmosphäre	154
2.7.7	Fazit	161
2.8	Ein Programmwerkzeug zur Effizienzsteigerung des Einsatzhärtens	162
2.8.1	Einführung	162
2.8.2	Beanspruchungskontrollierte Zielgrößen und Prozessparameter	163
2.8.3	Programmwerkzeug BeKoEH-Postprozessor	164
2.8.4	Anwendungsbeispiel	165
2.8.5	Zusammenfassung und Ausblick	170

2.9	Optimierungsmöglichkeiten im Hinblick auf die Energieeffizienz bei Thermoprozessanlagen.....	172
2.9.1	Einleitung.....	172
2.9.2	Verbrauchsdatenerfassung.....	172
2.9.3	Energieverbraucher nach Prozessabschnitt.....	173
2.9.4	Prozessabschnitte: Halten, Heizen, Kühlen.....	173
2.9.5	Energieeinsparpotenzial.....	175
2.9.6	Zusammenfassung.....	177
3.	Reinigen vor und nach der Wärmebehandlung.....	179
3.1	Moderne Lösemittelreinigung von Großserienbauteilen unter Vakuum in Durchlauföfenanlagen.....	180
3.1.1	Einleitung.....	180
3.1.2	Überblick Verunreinigungen.....	180
3.1.3	Bisherige Art der Reinigung.....	182
3.1.4	Praxisbeispiel Lösemittelreinigung mit und ohne Beyond-Reinigung.....	183
3.1.5	Durchstoßvariante Rollenherdofen.....	189
3.1.6	Fazit.....	189
3.2	Optimierung von Wärmebehandlungsprozessen durch hochmoderne Metallreinigungsmöglichkeiten.....	190
3.2.1	Abstract.....	190
3.2.2	Einführung.....	190
3.2.3	Grundlegendes zur Reinigung.....	192
3.2.4	Überblick über Reinigungsmittel.....	194
3.2.5	Gesetzgebung.....	195
3.2.6	Reinigungstechnologien.....	197
3.2.7	Reinigungsversuche (Studie).....	199
3.2.8	Schlussfolgerungen.....	205
4.	Qualitätsmanagement.....	209
4.1	Reproduzierbarkeit der Härtetiefenbestimmung CHD.....	210
4.1.1	Einleitung.....	210
4.1.2	Normung.....	210
4.1.3	Einflüsse auf das Prüfergebnis.....	211
4.1.4	Ringversuch.....	215
4.1.5	Prüfergebnisse des Ringversuches.....	216
4.1.6	Ergebnisse aus früheren Ringversuchen.....	218
4.1.7	Fazit.....	220
4.2	CQI-9 – der Gold-Standard in der Wärmebehandlung.....	222
4.2.1	4. Auflage der CQI-9.....	222
4.2.2	Akkreditiert für die Instrumentierungsprüfung und SAT-Messung....	225
4.2.3	Kompaktlösung zur Kalibrierung.....	225
4.2.4	Vor-Ort-Kalibrierung.....	226

5. Modernisierung und Instandhaltung	227
5.1 Vorausschauende Instandhaltung für Thermoprozessanlagen	228
5.1.1 Anomalieerkennung	228
5.1.2 Restlebensdauerprognose	240
6. Digitalisierung	257
6.1 Digitalisierung und Datenanalyse in der Wärmebehandlungsindustrie	258
6.1.1 Herausforderungen der Wärmebehandlungsindustrie	258
6.1.2 Herausforderung: IT-Infrastruktur	259
6.1.3 Ein ganzheitlicher Ansatz	260
6.1.4 Zusammenfassung	272
6.2 Digitalisierung im Bereich der Wärmebehandlung von Antriebskomponenten	274
6.2.1 Vom One-Piece-Flow zur Small-Batch-Production	275
6.2.2 Digitalisierung	278
6.2.3 Prozessroutings	280
6.2.4 Bauteilkennzeichnung	281
6.2.5 Qualitätssicherung	284
6.2.6 Digitalisierung im Bereich After Sales	284
6.2.7 Digitales Wartungshandbuch	285
6.2.8 Digitaler Webshop	285
6.2.9 Fazit	286
7. Induktionshärten	287
7.1 Einfluss der Frequenz und Erwärmungszeit auf die Härtetiefe von großen Werkstücken	288
7.1.1 Frequenz	289
7.1.2 Erwärmungszeit	290
7.1.3 Modell	291
7.1.4 Ergebnisse	293
7.1.5 Fazit	295
7.2 Induktives Härten von Rotorwellen für die E-Mobilität	296
7.2.1 Der Elektromotor	296
7.2.2 Verfahrenskonzepte zur induktiven Härtung	297
7.2.3 Effiziente Auslegung der Induktoren	300
7.2.4 Richtige Konzeptwahl	302
7.3 Direktumrichter-Technologie für induktive Erwärmungsaufgaben	304
7.3.1 Vorteile auf der Prozess- und Umrichterseite	304
7.3.2 Induktive Blockerwärmung	305
7.3.3 Induktive Schmelztiegelöfen	307
7.3.4 Wirtschaftliche Vorteile	309
7.3.5 Betriebsverhalten	310
7.3.6 Schallemission	311

7.3.7	Weitere Betriebsmerkmale	312
7.3.8	Fazit	313
Autorenverzeichnis		314
Inserentenverzeichnis		318