

Inhaltsverzeichnis

1. Härtereipraxis	1
1.1 Standpunkt: „Elektromobilität – Klimaretter und Arbeitsplatzvernichter?“	2
1.1.1 Einführung	2
1.1.2 Die Automobilindustrie – Deutschlands größte Wirtschaftskraft	2
1.1.3 Aktuelle Situation E-Mobilität und Pkw-Bestand Deutschland	3
1.1.4 Klimawandel und das Atmosphären gas Kohlendioxid (CO ₂)	5
1.1.5 Energiewende und grüner Strom für die Elektromobilität	8
1.1.6 Wie wirkungsvoll sind E-Fahrzeuge bei der CO ₂ -Reduzierung	11
1.1.7 Fazit	14
1.2 Sicherheit von Ofenanlagen – Praktische Aspekte in Betrieb und Instandhaltung	18
1.2.1 Wenn die Sicherheit versagt	18
1.2.2 Risiken/Gefährdungen	18
1.2.3 Prüfungen Gefährdungsbeurteilung	21
1.2.4 Anpassung auf Stand der Technik	23
1.2.5 Befähigte Person	23
1.3 Verzugsarme Stähle für den automobilen Leichtbau	25
1.3.1 Neue Stähle im Automobilbau	25
1.3.2 Neue Stähle für Leichtbauanwendungen	27
1.4 Vorteile von Vergütungsatmosphären mit reduziertem CO-Gehalt	34
1.4.1 Einleitung	34
1.4.2 Hochtemperaturkorrosion	35
1.4.3 Aufkohlung	36
1.4.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	42
1.4.5 Fazit	44
1.5 Messung von Abkühlverläufen im Ölbad eines Mehrzweckkammerofens	46
1.5.1 Übergeordnete Zielsetzung	47
1.5.2 Zielsetzung des Kooperationsprojektes	47
1.5.3 Experimentelle Randbedingungen	47
1.5.4 Ergebnisse	51
1.5.5 Ermittlung des Wärmeübergangskoeffizienten	53
1.5.6 Fazit	54
1.5.7 Danksagung	55
1.6 CQI-9 HTSA 4. Edition – Besondere Hürden und Herausforderungen im Härtereibetrieb	57
1.6.1 Instandhaltungsforderungen und technische Schwerpunkte der CQI-9	57
1.6.2 Hürden und Herausforderungen bei der Umsetzung der Anforderungen	60
1.6.3 Hürden und Herausforderungen bei der Umsetzung der Anforderungen	63
1.6.4 Fazit	65

2. Energieeffizienz und CO₂	67
2.1 CO ₂ -Emissionen reduzieren – ein wärmetechnischer Werkzeugschrank für Industrieöfen	68
2.1.1 Die sieben Fächer des Werkzeugschranks	69
2.1.2 Fazit	73
2.2 Energieeffizienzmaßnahmen im Härtereibetrieb – Einsparpotenziale und Fördermöglichkeiten	74
2.2.1 Einleitung	74
2.2.2 Maßnahmen zu Abwärmenutzung	74
2.2.3 Maßnahme zur Abwärmevermeidung	76
2.2.4 Förderung von Energieeffizienzprojekten	79
2.3 Aspekte zur Rückkühlung in Härtereien: Gesetzgebung, Verfahren, Probleme (Teil 1)	82
2.3.1 Grundlegende Betrachtungen und Energiebilanz	83
2.3.2 Grundlagen zur Rückkühlung	84
2.3.4 Physikalische Grundlagen	84
2.3.5 Betriebsweise und Arten der Rückkühlung	85
2.3.6 Auslegung von Verdunstungskühlanlagen	85
2.3.7 Auswahl und Bauweise von Verdunstungskühlanlagen	86
2.4 Aspekte zur Rückkühlung in Härtereien: Gesetzgebung, Verfahren, Probleme (Teil 2)	88
2.4.1 Hygienisch-sicherer Betrieb	88
2.4.2 Anorganische Ablagerungen	88
2.4.3 Korrosionsprodukte	89
2.4.4 Schmutzablagerungen	89
2.4.5 Mikrobiologische Ablagerungen	89
2.4.6 Gesetze und Richtlinien für Verdunstungskühlanlagen	90
2.4.7 Lösungen für den Betrieb von Verdunstungskühlanlagen	92
2.4.8 Wasseraufbereitung	92
2.4.9 Wasserbehandlung	93
2.4.10 Überwachung und Dokumentation	93
2.4.11 Zusammenfassung	93
3. Industrie 4.0	95
3.1 Die vernetzte Härterei – Die Herausforderung an die Härtereianlage in der Welt von Industrie 4.0	96
3.1.1 Die nächste industrielle Revolution	96
3.1.2 Automation in der Härterei	99
3.1.3 Das ECM-Konzept – Die vernetzte Härterei	103
3.1.4 Fazit	104
3.2 Industrie 4.0 – Wärmebehandlungsansätze für Liefer- und Prozessketteneinflüsse	105
3.2.1 Signalverarbeitung	105
3.2.2 Umwelteinflüsse	113
3.2.3 Variierende Eingangsgrößen	117

4. Thermochemische Diffusionsverfahren	119
4.1 Beanspruchungsgerecht Nitrieren mittels moderner Entwicklungen der Plasmanitriertechnologie	120
4.1.1 Einleitung	120
4.1.2 Beanspruchungsanalyse als Grundlage für ein erfolgreiches Nitrieren	121
4.1.3 Umweltfreundliches Nitrieren und Nitrocarburieren im Plasma	121
4.1.4 Typische Anwendungsbeispiele für die Behandlung im Plasma	122
4.2 Inchromieren – Ein Diffusionsverfahren für höchste Anforderungen an die Verschleiß-, Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit	128
4.2.1 Einleitung	128
4.2.2 Theorie	128
4.2.3 Aufbau und Zusammensetzung der Diffusionsschichten	130
4.3 Carbonitrierte Wälzlager unter dem Aspekt der Elektromobilität	137
4.3.1 Wälzlager in der Automobilindustrie	137
4.3.2 Carbonitrierte Wälzlager	139
4.3.3 Industrieller Standard für carbonitrierte Wälzlager auf 100Cr6-Basis	140
4.3.4 Fazit	142
4.4 Möglichkeiten des Oberflächenhärtens korrosionsbeständiger Stähle	143
4.4.1 Einleitung	143
4.4.2 Hochtemperatur – Verfahren	143
4.4.3 Niedertemperatur-Diffusion: Kolsterisieren®	144
4.4.4 Technologische Eigenschaften kolsterisierter Bauteile	145
4.4.5 Anwendungen	147
5. Induktionshärten	151
5.1 Effizienzerhöhung durch den Einsatz langer, mehrwindiger Induktoren	152
5.1.1 Modell	153
5.1.2 Ergebnisse	155
5.1.3 Fazit	158
5.2 Einsatz von 3D-gedruckten Induktoren aus Kupfer in der induktiven Wärmebehandlung	160
5.2.1 Biegetechnik	160
5.2.2 CNC-Frästechnik	161
5.2.3 3D-Druck-Technologie	162
6. Anlagentechnik für die Wärmebehandlung	167
6.1 Auswirkungen von Wasserstoff und Erdgas-Wasserstoffgemischen auf Gasgebläseburner	168
6.1.1 Verbrennungseigenschaften Wasserstoff	169
6.1.2 Versuchskonzept/-aufbau	170
6.1.3 Ergebnisse	172
6.1.4 Fazit	175

6.2	Zukünftige Beheizung von Industrieöfen	176
6.2.1	Reduzierung der fossilen CO ₂ -Emissionen	176
6.2.2	Reduzierung der Schadstoffemissionen	179
6.2.3	Zusammenfassung	180
6.3	Modulare Wärmebehandlung beim Nitrieren und Niederdruckaufkohlen (Teil 1)	181
6.3.1	Modulare Vakuumwärmebehandlung	182
6.3.2	Ablauf ICBP Flex Chargentransport	186
6.4	Modulare Wärmebehandlung beim Nitrieren und Niederdruckaufkohlen (Teil 2)	188
6.4.1	Grundlagen der betrachteten Wärmebehandlungsverfahren	188
6.5	Modulare Wärmebehandlung beim Nitrieren und Niederdruckaufkohlen (Teil 3)	194
6.5.1	Umweltschutz & Energieeffizienz	194
6.5.2	Zusammenfassung und Ausblick	201
6.6	Der Weg zu normenkonform und durchgängig sicher automatisierten Thermoprozessanlagen	202
6.6.1	Das ist normenkonform und zulässig – aber sind Thermoprozessanlagen dann in jedem Fall durchgängig sicher?	204
6.6.2	Durchgängige Sicherheit ist möglich	204
6.7	Integrierte Sicherheit für Thermoprozessanlagen	206
6.7.1	SPS-basierte, integrierte Sicherheitslösung gemäß EN 746 und EN 62061	207
6.7.2	Industriegerechte Komponenten erleichtern den praktischen Einsatz	208
6.7.3	Flexibel durch Software	209
	Autorenverzeichnis	210