

# 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 Atmosphärengas Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ) .....	5
1.1.5 Energiewende und grüner Strom für die Elektromobilität .....	8
1.1.6 Wie wirkungsvoll sind E-Fahrzeuge bei der CO <sub>2</sub> -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

<b>2. Energieeffizienz und CO<sub>2</sub></b> .....	67
2.1 CO <sub>2</sub> -Emissionen reduzieren – ein wärmetechnischer Werkzeugschrank für Industrieöfen .....	68
2.1.1 Die sieben Fächer des Werkzeugschrankes .....	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
<b>3. Industrie 4.0</b> .....	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

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

6.2	Zukünftige Beheizung von Industrieöfen . . . . .	176
6.2.1	Reduzierung der fossilen CO <sub>2</sub> -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