

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort . . . . .	VII
Geleitwort . . . . .	IX
Autorenverzeichnis . . . . .	XI
Inhaltsverzeichnis . . . . .	XV
<b>1. Härtereipraxis . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1 Standpunkt: Elektromobilität – das vorbestimmte Ende der deutschen Lohnwärmebehandlung? Eine Prognose für die nächsten zehn Jahre . . . . .	2
1.1.1 Einführung . . . . .	2
1.1.2 Rahmenbedingungen . . . . .	3
1.1.3 Ergebnisse aus der fka-Studie . . . . .	8
1.1.4 Schlussbemerkungen . . . . .	11
1.2 Planung und Beschaffung von Wärmebehandlungsanlagen – Mit Systematik zum Erfolg . . . . .	13
1.2.1 Einführung . . . . .	13
1.2.2 Planungs- und Beschaffungsprozess . . . . .	14
1.2.3 Zusammenfassung . . . . .	32
1.3 Gewichtsreduzierung von Bauteilen durch optimierte Wärmebehandlungsprozesse . . . . .	34
1.3.1 Gewichtsreduzierung von Getriebebauteilen . . . . .	34
1.3.2 Bainitisieren von Schrauben . . . . .	37
1.3.3 Schrauben aus Aluminium . . . . .	39
1.3.4 Höchstfeste Strukturbauteile . . . . .	39
1.3.5 Fazit . . . . .	42
1.4 Planung und Optimierung der Vakuumprozesse in der Wärmebehandlung und deren zentraler Versorgung . . . . .	44
1.4.1 Einleitung . . . . .	44
1.4.2 Thermisches Fügen und Nachbehandeln hitzebeständiger Folien und Mantelrohre bei metallischen Katalysatorträgern . . . . .	44
1.4.3 Gegenüberstellung verschiedener Anlagenkonzepte zum Hochtemperaturlöten und Oxidieren im Batchverfahren . . . . .	45
1.4.4 Anforderungen zur Vakuumversorgung . . . . .	45
1.4.5 Einsatz mehrstufiger Wälzkolben-Pumpstände als Alternative zu Diffusionspumpen . . . . .	47
1.4.6 Zusammenfassung . . . . .	51

1.5	Die 42. BImSchV – Kühlwasser in Härtereietrieben – Herausforderungen und Lösungen	52
1.5.1	Einleitung	52
1.5.2	Hintergrund	52
1.5.3	Anorganische Ablagerungen	52
1.5.4	Korrosionsprodukte	53
1.5.5	Schmutzablagerungen	53
1.5.6	Mikrobiologische Ablagerungen	54
1.5.7	Forderungen der 42. BImSchV	55
1.5.8	Wasseraufbereitung	56
1.5.9	Wasserbehandlung	57
1.5.10	Überwachung und Dokumentation	58
1.5.11	Zusammenfassung	58
1.6	Retrofits an Kammeröfen mit weiterentwickelten Plug & Play Rekuperatorbrennern	61
1.6.1	Retrofit	61
1.6.2	Weiterentwicklung der Brennertechnik	63
1.6.3	Variable Retrofitmaßnahmen sind möglich	64
1.6.4	Step-by-Step-Retrofit	66
1.6.5	Aktuelle Sicherheitsaspekte müssen beachtet werden	67
1.6.6	Ofensteuerung	68
1.6.7	Weitere Retrofitmaßnahmen	68
1.6.8	Fazit	68
1.7	Abwärmenutzung in Härtereien am Beispiel der Wärmerückgewinnung unter Berücksichtigung staatlicher Fördermaßnahmen	70
1.7.1	Einleitung	70
1.7.2	Ermittlung des Energieinhalts	70
1.7.3	Auslegung der Wärmerückgewinnung	72
1.7.4	Ermittlung der Wärmesenken	73
1.7.5	Anwendungsbeispiele bei Industrieöfen	74
1.7.6	Das Energiedienstleistungsgesetz [3] und staatliche Fördermaßnahmen	77
1.7.7	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	80
1.7.8	Zusammenfassung	83
1.8	Zerstörungsfreie Härte-/Gefügeprüfung von wärmebehandelten Teilen/Massenteilen mit Mehrfrequenz-Wirbelstromprüfsystemen	84
1.8.1	Einleitung	84
1.8.2	Historie	84
1.8.3	Warum 100 % Prüfung?	85
1.8.4	Wie funktioniert die Wirbelstromprüfung [4]?	87
1.8.5	Aktuelle Prüfmethoden	89
1.8.6	Praktische Anwendung	93
1.8.7	Zusammenfassung	97

# bonGROUP

EXPERTISE IN HEAT TREATMENT



## BURGDORF OSMIROL NÜSSE

Die Spezialisten für Ihren  
Wärmebehandlungsprozess

### PROZESSSTOFFE DIE MASSSTÄBE SETZEN

#### **ABSCHRECKÖLE**

Hochleistungs- und Mehrbereichs-Abschrecköle,  
Vakuum-Abschrecköle,  
Synthetische Abschreck- und Anlassöle

#### **DURIXOL / MULTIQUENCH**

#### **SYNABOL / SYNANOL**

#### **POLYMER-ABSCHRECKMITTEL**

Intensiv, mild und ölähnlich wirkende Polymer-Produkte  
für das Brausen- und Tauchbadabschrecken

#### **SERVISCOL / POLYQUENCH**

#### **OSMANIL / GLYKOQUENCH**

#### **KORROSIONSSCHUTZMITTEL**

Korrosionsschutz- und Brünierungsmittel

#### **SERVITOL / ISOQUENCH**

#### **SPEZIALREINIGER**

Neutrale und alkalische wässrige Reiniger,  
Reiniger auf Basis von Kohlenwasserstoffen  
und modifizierten Alkoholen

#### **SERVIDUR / SERVICLEAN**

#### **HÄRTESCHUTZMITTEL**

für das Aufkohlen, Gasnitrieren, Nitrocarburieren,  
Plasma- / Pulsplasmanitrieren sowie für das Glühen

#### **CONDURSAL / CONDURON / VACUCOAT**

#### **PROZESSFLÜSSIGKEITEN**

für das Reinigen und Entpassivieren  
vor dem Nitrieren / Nitrocarburieren

#### **NITROSAFE / CITROX II**

1.9	Die CE-Kennzeichnung von Chargiervorrichtungen – sicherer Umgang und Vermeidung von Schadensfällen .....	99
1.9.1	Hintergrund und Motivation .....	99
1.9.2	Einsatzbedingungen von Chargiervorrichtungen in der Wärmebehandlung .....	99
1.9.3	Definition „Lastaufnahmemittel“ nach Maschinenrichtlinie .....	100
1.9.4	Ablauf einer CE-Kennzeichnung .....	101
1.9.5	Die CE-Dokumentation .....	102
1.9.6	Nach der Kennzeichnung ist vor der Kennzeichnung .....	103
1.9.7	Schnittstelle zwischen Hersteller- und Betreiberpflichten (Bild 6) .....	103
1.9.8	Sicherer Umgang mit Chargiervorrichtungen und Vermeidung von Schadensfällen .....	104
<b>2.</b>	<b>Industrie 4.0.</b> .....	<b>107</b>
2.1	Industrie 4.0 – Wärmebehandlungsansätze für Liefer- und Prozessketteneinflüsse .....	108
2.1.1	Einleitung .....	108
2.1.2	Signalverarbeitung .....	108
2.1.3	Umwelteinflüsse .....	116
2.1.4	Variierende Eingangsgrößen .....	120
2.2	Energieeffizientes Induktivhärten im Zeitalter von Industrie 4.0 .....	122
2.2.1	Stufe 1: Datenerfassung .....	122
2.2.2	Stufe 2: Datenauswertung und Handlungsempfehlungen .....	122
2.2.3	Stufe 3: Selbstoptimierung der Maschine .....	127
2.3	#jakob – Mobile Instandhaltungsassistenten für Thermoprozessanlagen .....	129
2.3.1	Assistenzsysteme im Allgemeinen (CMMS-Systeme) .....	130
2.3.2	#jakob – Digitales Assistenzsystem für die Branche .....	130
2.3.3	Objekterkennung .....	132
2.3.4	Objekt- und Ersatzteilerkennung .....	134
2.3.5	Wartungsplanung und Wartungsdurchführung/Informationsbeschaffung .....	136
2.3.6	Monitoring .....	139
2.3.7	Predictive Maintenance .....	139
2.3.8	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	140
<b>3.</b>	<b>Thermochemische Diffusionsverfahren</b> .....	<b>141</b>
3.1	Nitrieren – wie Vorprozesse das Ergebnis beeinflussen .....	142
3.1.1	Einfluss der mechanischen Fertigung .....	143
3.1.2	Zusammenfassung .....	147
3.2	Die vernetzte Härterei – die Herausforderung an die Härtereanlage in der Welt der Industrie 4.0 .....	150
3.2.1	Die nächste industrielle Revolution .....	150
3.2.2	Fertigungskonzepte .....	153

# STANDARDWERK IN NEUER AUFLAGE



Dieses Buch beantwortet wichtige Fragen:

- Metallurgische Verfahrenstechnik der Induktionsanlagen für das Schmelzen, Warmhalten und Gießen
- Aktuelle Zusammenhänge der CO<sub>2</sub>-Diskussion und der Abwärmenutzung

Jetzt im  
Shop bestellen  
und Wissen sichern!

[www.vulkan-shop.de](http://www.vulkan-shop.de)



Erwin Dötsch  
3. Auflage 2019  
Artikelnummer: 31075  
Auch als eBook erhältlich.  
**Preis: € 80,-**

15% Ermäßigung auf dieses Buch  
EXKLUSIV FÜR PROZESSWÄRME ABONNENTEN

VULKAN VERLAG. **FÜR ALLE, DIE MEHR WISSEN WOLLEN.**

3.2.3	Automation in der Härterei . . . . .	156
3.2.4	Das ECM Konzept – die vernetzte Härterei . . . . .	158
3.2.5	Fazit . . . . .	158
<b>4.</b>	<b>Oberflächenhärten korrosionsbeständiger Stähle . . . . .</b>	<b>159</b>
4.1	Möglichkeiten des Oberflächenhärtens korrosionsbeständiger Stähle . . . . .	160
4.1.1	Einleitung . . . . .	160
4.1.2	Hochtemperatur-Verfahren . . . . .	160
4.1.3	Niedertemperatur-Diffusion: Kolsterisieren . . . . .	162
4.1.4	Technologische Eigenschaften kolsterisierter Bauteile . . . . .	162
4.1.5	Anwendungen . . . . .	164
4.2	Einsatzhärten von nichtrostenden Stählen mittels Stickstoff . . . . .	168
4.2.1	Einleitung . . . . .	168
4.2.2	Stickstoff in Stahl . . . . .	169
4.2.3	Einsatzhärten von nichtrostenden Stählen . . . . .	170
4.2.4	Kennwerte – Prüfung . . . . .	171
4.2.5	Anwendungsbeispiele . . . . .	172
<b>5.</b>	<b>Induktive Wärmebehandlung . . . . .</b>	<b>175</b>
5.1	Induktionserwärmung – Anwendungen im Automobilbau . . . . .	176
5.1.1	Einleitung . . . . .	176
5.1.2	Wirkprinzip des induktiven Randschichthärtens . . . . .	176
5.1.3	Ausgewählte Beispiele . . . . .	176
5.2	Induktive Wärmebehandlung unter Schutzgas . . . . .	184
5.2.1	Versuche zur Verzunderung beim induktiven Härten . . . . .	184
5.2.2	Härteprozess unter Schutzgasatmosphäre . . . . .	185
5.2.3	Prüfung der Wärmebehandlung . . . . .	187
5.2.4	Ergebnisse . . . . .	188
<b>6.</b>	<b>Vergüten . . . . .</b>	<b>189</b>
6.1	Vollautomatische Vergütung in Kammeröfen – Aspekte zur technisch sinnvollen und wirtschaftlich optimalen Wärmebehandlungstechnik . . . . .	190
6.1.1	Einführung . . . . .	190
6.1.2	Grundlagen . . . . .	191
6.1.3	Vollautomatische Vergütung in flexiblen Kammeröfen – „Nolzen-Vario-Konzept“ . . . . .	193
6.1.4	Zusammenfassung . . . . .	197
6.2	Die Wärmebehandlung von Warmarbeitsstählen mit 5 % Chrom . . . . .	198
6.2.1	Einleitung . . . . .	198
6.2.2	Wärmebehandlung . . . . .	198
6.2.3	Zusammenfassung . . . . .	202

6.3	Einsparungen des CO-Verbrauchs beim Schutzgashärten durch Optimierung der Regelung .....	204
6.3.1	Zusammenfassung .....	204
6.3.2	Einleitung .....	204
6.3.3	Hochtemperaturkorrosion .....	205
6.3.4	Aufkohlung .....	206
6.3.5	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	211
6.3.6	Fazit .....	213
<b>7.</b>	<b>Höherfeste Stähle und Sinterstähle .....</b>	<b>215</b>
7.1	Verzugsarme Stähle für den automotiven Leichtbau .....	216
7.1.1	Einleitung .....	216
7.1.2	Herausforderungen für neue Stähle im Automobilbau .....	216
7.1.3	Neue Stähle für Leichtbauanwendungen .....	218
7.1.4	Zusammenfassung .....	224
7.2	Einfluss der Nachbehandlung auf die Schwingfestigkeit von Sinterstählen .....	225
7.2.1	Einführung .....	225
7.2.2	Die Rolle der Porosität $f$ und der chemischen Zusammensetzung bei der thermischen oder thermochemischen Nachbehandlung von Sinterstählen .....	228
7.2.3	Praxisbeispiel 1: Carbonitrierbehandlung und Nitrocarburierbehandlung von FD 4600A + 0,3 % C .....	231
7.2.4	Praxisbeispiel 2: Niederdruckaufkohlen und Hochdruckgasabschrecken von Astaloy CrA + 1 % Cu + 0,2 % C .....	234
7.2.5	Praxisbeispiel 3: Plasmanitrieren von AS 4300 + 0,6 % C .....	240
7.2.6	Praxisbeispiel 4: Sinterhärten von Distaloy DH1 + 0,65 % C .....	244
7.2.7	Praxisbeispiel 5: Anlassbehandlung von Distaloy DH1 + 0,65 % C .....	248
7.2.8	Zusammenfassung .....	250
<b>8.</b>	<b>Aluminium .....</b>	<b>253</b>
8.1	Wärmebehandlung von Aluminiumlegierungen .....	254
8.1.1	Einführung .....	254
8.1.2	Lösungsglühen .....	257
8.1.3	Abschrecken .....	259
8.1.4	Auslagern .....	264
8.1.5	Qualitätssicherung .....	270
8.1.6	Zusammenfassung .....	272

# ELTROPULS



Anlagen & Lohnbehandlung vom Spezialisten

Verschleißschutz durch Plasma-  
nitrieren, Plasmanitrocarburieren  
und Oxidieren.

**ELTRO GmbH**

Arnold-Sommerfeld-Ring 3

D - 52499 Baesweiler

Tel.: +49 (0)2401 8097-0

info@eltropuls.de

[www.eltropuls.de](http://www.eltropuls.de)