

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
	Johann Grosch	
<b>2</b>	<b>Grundlagen des Aufkohlens</b>	<b>5</b>
	Johann Grosch	
2.1	Aufkohlen in Gasatmosphären	5
2.1.1	Gasgleichgewichte	5
2.1.2	Diffusion des Kohlenstoffs im Stahl	10
2.1.3	Zur Kinetik der Aufkohlung	12
2.2	Carbonitrieren	15
2.3	Aufkohlen in Salzbädern	17
2.4	Schrifttum	18
<b>3</b>	<b>Verfahrens- und Anlagentechnik des Einsatzhärtens</b>	<b>20</b>
	Arnim Küper	
3.1	Verfahrensablauf	20
3.1.1	Werkstückvorbereitung	21
3.1.2	Aufkohlen	22
3.1.3	Härten	24
3.1.4	Tiefkühlen	26
3.1.5	Anlassen	26
3.1.6	Carbonitrieren	27
3.2	Einsatzhärten mit Gasaufkohlung bei Normaldruck	27
3.2.1	Die Prozessführung und -überwachung des Gasaufkohlens bei Normaldruck	28
3.2.1.1	Direkte Messmethoden	28
3.2.1.2	Indirekte kontinuierliche Messmethoden – C-Pegelregelung	29
3.2.2	Die Anlagentechnik des Einsatzhärtens mit Gasaufkohlung	35
3.2.2.1	Erzeugung der Aufkohlungsatmosphären	35
3.2.2.2	Die Ofentechnologie des Gasaufkohlens	38
3.2.2.3	Abschrecken	43
3.2.2.4	Anlassen	45
3.3	Gasaufkohlen in Atmosphären bei Unterdruck	45
3.3.1	Grundlagen des Gasaufkohlens bei Unterdruck	46
3.3.2	Die Prozessführung und -überwachung des Gasaufkohlens bei Unterdruck	47
3.3.3	Anlagentechnik des Gasaufkohlens bei Unterdruck	48
3.3.4	Plasmaunterstütztes Aufkohlen	49
3.4	Schrifttum	54

<b>4</b>	<b>Aufkohlen in Salzschmelzen</b>	<b>55</b>
	Frank Trautmann	
4.1	Grundlagen	55
4.2	Verwendete Salze	57
4.3	Verfahrensablauf	60
4.4	Anlagentechnik	63
4.5	Anwendungsbeispiele	67
4.6	Entsorgung / Umweltschutz	68
4.7	Aufkohlen austenitischer, korrosionsbeständiger Stähle nach dem Durofer® SH Verfahren	69
4.8	Verfahrensvor- und -nachteile	72
4.9	Zusammenfassung	72
4.10	Schrifttum	73
<b>5</b>	<b>Einsatzgehärtete Gefüge und Werkstoffauswahl</b>	<b>75</b>
	Johann Grosch	
5.1	Martensit und Restaustenit	75
5.2	Unvermeidbare und unerwünschte Gefügeanteile und Gefügezustände	87
5.2.1	Randoxidation	87
5.2.2	Carbide	90
5.2.3	Einschlüsse und Seigerungen	92
5.3	Einsatzhärten nichtrostender Stähle	93
5.4	Werkstoffe	96
5.5	Schrifttum	97
<b>6</b>	<b>Eigenspannungen – Maßänderung – Verzug</b>	<b>99</b>
	Hubert Bomas	
6.1	Einleitung	99
6.2	Grundlegende Erkenntnisse	100
6.2.1	Abkühlung von nicht umwandelnden Werkstoffen	100
6.2.2	Abkühlung von umwandelnden Werkstoffen	101
6.2.3	Anlassen	105
6.3	Einsatzhärten	107
6.3.1	Eigenspannungen nach dem Härteln	107
6.3.2	Eigenspannungen nach dem Tiefkühlen	109
6.3.3	Eigenspannungen nach dem Anlassen	109
6.3.4	Maßänderungen von zylindrischen Körpern	110
6.3.4.1	Blindhärten	110
6.3.4.2	Einfluss der Aufkohlungstiefe auf die Maßänderungen	111
6.3.5	Maßänderungen von Bauteilen	113
6.4	Zusammenfassung	114
6.5	Schrifttum	114

<b>7</b>	<b>Schwingfestigkeit</b>	<b>116</b>
	Hubert Bomas	
7.1	Einleitung	116
7.2	Rissbildung	119
7.2.1	Teile mit ortsunabhängigen mechanischen Eigenschaften	119
7.2.2	Einsatzgehärtete Teile	121
7.3	Rissfortschritt	125
7.4	Lebensdauer und Dauerfestigkeit	127
7.4.1	Einfluss des Einsatzhärtungverfahrens	127
7.4.2	Einfluss des Randkohlenstoffgehalts	128
7.4.3	Einfluss der Aufkohlungsdauer	129
7.4.4	Randoxidation	130
7.4.5	Einfluss der Härtetemperatur	131
7.4.6	Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit	131
7.4.7	Einfluss des Tiefkühlens	131
7.4.8	Einfluss des Anlassens	132
7.5	Übersicht zur Wechselfestigkeit	132
7.6	Schrifttum	133
<b>8</b>	<b>Zähigkeit und Duktilität einsatzgehärteter Bauteile und Gefüge</b>	<b>135</b>
	Johann Grosch	
8.1	Einleitung	135
8.2	Zähigkeit des einsatzgehärteten (Verbund-)Gefüges	136
8.3	Duktilität des einsatzgehärteten Randgefuges	140
8.4	Schlussfolgerungen	147
8.5	Schrifttum	147
<b>9</b>	<b>Wälzfestigkeit einsatzgehärteter Zahnräder</b>	<b>149</b>
	Hubert Bomas	
9.1	Einleitung	149
9.2	Zahnfuß	151
9.3	Zahnflanke	153
9.4	Versagen	154
9.5	Einfluss der Wärmebehandlung	159
9.5.1	Randkohlenstoff- und Restaustenitgehalt	159
9.5.2	Einsatzhärtungstiefe	161
9.5.3	Gefüge	161
9.6	Schleiffehler	162
9.7	Zusammenfassung	163
9.8	Schrifttum	163

## Die Autoren