

Inhaltsverzeichnis

Herausgeber-Vorwort

Vorwort

1	Einführung in die Methodik der Schadensuntersuchung	1
	<i>Johann Grosch</i>	
1.1	Definitionen und Abgrenzungen	1
1.2	Ablauf einer Schadensuntersuchung	2
1.3	Literatur	4
2	Untersuchungsverfahren	5
2.1	Makroskopische und lichtmikroskopische Untersuchungen	5
	<i>Johann Grosch</i>	
2.1.1	Makroskopische Untersuchungen – Sichtprüfung	5
2.1.2	Lichtmikroskopische Untersuchungen	8
2.1.3	Literatur	18
2.2	Schadensuntersuchungen durch Röntgenfeinstrukturanalysen	19
	<i>Wolfgang Zinn, Thomas Hirsch</i>	
2.2.1	Einleitung	19
2.2.2	Grundlagen	20
2.2.3	Ermittlung der Phasenzusammensetzung durch Feinstrukturanalysen ...	25
2.2.4	Grundlagen der Eigenspannungsanalyse	27
2.2.5	Anwendungsbeispiele	31
2.2.6	Weitere röntgenographische Untersuchungsverfahren	38
2.2.7	Literatur	39
2.3	Rasterelektronenmikroskopische und elektronenstrahlmikroanalytische Untersuchungen	41
	<i>Johann Grosch</i>	
2.3.1	Wechselwirkung Elektronenstrahl / metallischer Festkörper	41
2.3.2	Wirkungsweise des Rasterelektronenmikroskops	43
2.3.3	Elektronenstrahlmikroanalyse	48
2.3.4	Literatur	53

3	Schadenanalyse bei Polymerwerkstoffen	54
	<i>Wolfgang Janzen</i>	
3.1	Einleitung	54
3.2	Spezifische Eigenschaften der Polymerwerkstoffe	56
3.2.1	Mechanisches Verhalten	56
3.2.2	Thermo-mechanisches Verhalten	60
3.2.3	Physikalisch-chemisches Verhalten	60
3.3	Schadenanalyse bei Polymerwerkstoffen	61
3.3.1	Prinzipielle Gesichtspunkte	61
3.3.2	Optische Begutachtung – Makroskopische Betrachtung	62
3.3.3	Mikroskopische Untersuchung	63
3.3.4	Differentialkalorimetrische Untersuchung	65
3.3.5	Physikalische Untersuchungen	66
3.4	Wertung der einzelnen Untersuchungsmethoden am Beispiel einiger Schadensfälle	67
3.5	Schlussbemerkung	78
3.6	Literatur	79
 4	 Schadensuntersuchung und Schadensverhütung an spröden Werkstoffen, insbesondere Keramiken und Gläsern	 80
	<i>Axel Roßmann</i>	
4.1	Einleitung	80
4.2	Keramische Konstruktionswerkstoffe und Gläser	85
4.2.1	Werkstofftypen und wichtige Herstellungsprobleme	85
4.2.2	Werkstoffverhalten	87
4.3	Untersuchungsmethoden bei Schäden	89
4.3.1	Bauteilversuche	89
4.3.2	Rekonstruktion des Schadens	89
4.3.3	Bauteilberechnung	90
4.3.4	Bruchflächenuntersuchung	93
4.3.4.1	Makroskopische Untersuchung	93
4.3.4.2	Mikroskopische Bruchflächenuntersuchung	93
4.3.4.3	Kritische Fehlergröße	95
4.3.5	Keramografie	97
4.3.6	Zerstörungsfreie Prüfungen	98
4.4	Schadensverhütung	98
4.5	Literatur	99
 5	 Brüche bei metallischen Werkstoffen.....	 100
	<i>Johann Grosch</i>	
5.1	Gewaltbruch metallischer Werkstoffe	102
5.1.1	Makroskopisch verformungsloser Gewaltbruch	103
5.1.2	Verformungsbruch	109
5.1.3	Einflussgrößen auf die Bruchausbildung	113
5.1.4	Literatur	119

5.2	Ermüdungsbruch metallischer Werkstoffe	120
5.2.1	Ermüdungsverhalten metallischer Werkstoffe	120
5.2.2	Makroskopische Merkmale von Ermüdungsbruchflächen	123
5.2.3	Rasterelektronenmikroskopische Merkmale von Ermüdungsbruchflächen	129
5.2.4	Beispiele	132
5.2.5	Literatur	143

6 Schäden als Folge thermischer Beanspruchung 145

André Werner, Axel Roßmann

6.1	Einleitung	145
6.2	Schadensbilder und Schadensmechanismen infolge thermischer Beanspruchung	146
6.2.1	Schäden unter Temperatureinwirkung ohne weitere Beanspruchung ...	147
6.2.2	Schäden als Folge mechanisch-thermischer Beanspruchung	148
6.2.2.1	Kurzzeitbelastung (mechanisch-thermisch)	148
6.2.2.2	Zeitstandbelastung (mechanisch-thermisch)	152
6.2.2.3	Belastung bei niedriger Lastwechselzahl (Low Cycle Fatigue, LCF)	155
6.2.2.4	Belastung bei hoher Lastwechselzahl (High Cycle Fatigue, HCF)	158
6.2.3	Schäden als Folge chemisch-thermischer Beanspruchung	158
6.2.3.1	Hochtemperaturkorrosion (HTK)	158
6.2.3.2	Metallbrände	160
6.2.4	Schäden als Folge metallphysikalisch-thermischer Beanspruchung	161
6.3	Hinweise zur Schadenuntersuchung bei thermisch bedingten Schäden	163
6.3.1	Makroskopischer Befund	163
6.3.2	Metallografischer Befund	164
6.3.3	Elektronenoptischer Befund (REM)	164
6.4	Schadensverhütung, -vorbeugung und abhelfende Maßnahmen	165
6.5	Literatur	166

7 Schadenskunde der Schweißverbindungen 167

Lothar Issler, Rolf Sinz

7.1	Einführung	167
7.2	Gefügeausbildung beim Schweißen	169
7.3	Beanspruchungszustand an Schweißverbindungen	181
7.3.1	Spannungskategorien	181
7.3.2	Versagensanalyse	184
7.3.3	Eigenspannungen	186
7.4	Schweißfehler	189
7.4.1	Risse	189
7.4.2	Imperfektionen	200
7.5	Schäden im Betrieb	205
7.5.1	Sprödbbruch	205
7.5.2	Schwingfestigkeitsversagen	207
7.5.3	Zeitstandversagen	208
7.5.4	Korrosionsschäden	209
7.6	Vermeidung von Schäden an Schweißverbindungen	210
7.7	Literatur	212

8 Schäden an wärmebehandelten Bauteilen 214

Johann Grosch

8.1	Allgemeines	214
8.2	Fehlerbereiche und Beispiele	215
8.3	Literatur	226

9 Schadensanalysen in tribologischen Systemen an einem Beispiel aus der Automobilindustrie 227

Andreas Vogt

9.1	Einleitung	227
9.2	Kurze Einführung in die Tribologie	227
9.2.1	Begriffe und Definitionen	227
9.2.2	Das tribologische System	228
9.3	Verschleiß als Schadensursache	230
9.3.1	Verschleißerscheinungsformen, Verschleißmechanismen und Verschleißarten	230
9.3.2	Abrasion	231
9.3.3	Adhäsion	232
9.3.4	Oberflächenzerrüttung oder Ermüdung	232
9.3.5	Tribochemische Reaktionen	234
9.4	Schadensanalyse bei tribologischen Schäden	235
9.4.1	Beispielsystem für eine Schadensanalyse: Kugelventil in einem Common Rail Injektor	236
9.4.2	Fehlerbeschreibung	238
9.4.3	Erfassung und Beschreibung des Tribosystems	239
9.4.4	Einzeluntersuchungen an den Elementen des Tribosystems	241
9.4.5	Maßnahmen zur Schadensabhilfe	245
9.5	Zusammenfassung	245
9.6	Literatur	246

10 Methoden für die Schadensanalytik in der Tribologie 247

Jeanette Kopp

10.1	Einleitung	247
10.2	Methoden zur Charakterisierung von Verschleiß	247
10.2.1	Mikroskopie	250
10.2.2	Topografie	252
10.2.3	Chemische Analysen	255
10.2.4	Bestimmung mechanischer Eigenschaften und Gefügeanalyse	258
10.3	Beispiele für Verschleißmechanismen	261
10.3.1	Abrasion	262
10.3.2	Adhäsion	264
10.3.3	Zerrüttung, plastische Deformation und Kavitationserosion	265
10.3.4	Tribochemische Reaktionen	269
10.4	Abschließende Gedanken	271
10.5	Empfehlenswerte, weiterführende Literatur	271

11 Korrosionsschäden an metallischen Werkstoffen 272

Bernd Thoden

11.1	Allgemeines	272
11.2	Grundlagen der Korrosion metallischer Werkstoffe	273
11.3	Korrosionsarten ohne mechanische Belastung	277
11.3.1	Gleichmäßige Flächenkorrosion	278
11.3.2	Muldenkorrosion	279
11.3.3	Lochkorrosion	279
11.3.4	Spaltkorrosion	285
11.3.5	Kontaktkorrosion (Bimetallkorrosion)	286
11.4	Korrosionsarten mit mechanischer Belastung	288
11.4.1	Spannungsrisskorrosion (SpRK).....	288
11.4.2	Schwingungsrisskorrosion	294
11.5	Literatur	296

Verzeichnis von Autorin und Autoren 298