

**Erscheinungsformen von
Rissen und Brüchen
metallischer Werkstoffe**

**The Appearance of
Cracks and Fractures
in Metallic Materials**

Inhalt

1. Einteilung der Risse und Brüche	1
1.1 Risse und Brüche durch mechanische Belastung	4
1.2 Risse und Brüche durch thermische Belastung	4
1.3 Risse und Brüche durch Korrosionsbelastung	5
1.4 Besondere Brucherscheinungen	6
2. Bruchmechanismen	9
2.1 Gleitbruch	9
2.2 Spaltbruch	11
2.3 Diffusionskontrollierter Bruch	11
2.4 Bruch durch rißerzeugende Korrosion	12
3. Erscheinungsformen von Rissen und Brüchen durch mechanische Belastung	13
3.1 Gewaltbruch	13
3.1.1 Makroskopische Merkmale	13
3.1.2 Mikroskopische Merkmale	19
3.1.3 Verwechslungsmöglichkeiten	26
3.2 Schwingbruch	26
3.2.1 Makroskopische Merkmale	29
3.2.2 Mikroskopische Merkmale	31
3.2.3 Verwechslungsmöglichkeiten	35
3.2.4 Grübchenbildung	35
4. Erscheinungsformen von Rissen und Brüchen durch thermische Belastung	39
4.1 Heißrisse	39
4.1.1 Erstarrungsrisse	39
4.1.2 Aufschmelzrisse	39
4.1.3 Erscheinungsformen	39
4.2 Kriechriß und -bruch	41
4.2.1 Kriechen; Kriechkurve	43
4.2.2 Entstehung des Kriechbruchs; Bruchvorgänge	43
4.2.3 Merkmale	45
4.2.4 Verwechslungsmöglichkeiten	49
4.3 Thermoschockriß	49
4.3.1 Entstehen	49
4.3.2 Merkmale	51
4.3.3 Verwechslungsmöglichkeiten	51
5. Erscheinungsformen von Rissen und Brüchen durch Korrosionsbelastung	53
5.1 Korrosionsbedingte Risse und Brüche ohne mechanische Belastung	53

Contents

1. Classification of cracks and fractures	1
1.1 Cracks and fractures due to mechanical loading	4
1.2 Cracks and fractures due to thermal loading	4
1.3 Cracks and fractures due to corrosion	5
1.4 Special features of cracks and fractures	6
2. Fracture mechanisms	9
2.1 Shear fractures	9
2.2 Cleavage fractures	11
2.3 Diffusion-controlled fractures	11
2.4 Crack-corrosion-induced fractures	12
3. Appearance of cracks and fractures due to mechanical loading	13
3.1 Forced fractures	13
3.1.1 Macroscopic features	13
3.1.2 Microscopic features	19
3.1.3 Possibilities of confusion	26
3.2 Fatigue fractures	26
3.2.1 Macroscopic features	29
3.2.2 Microscopic features	31
3.2.3 Possibilities of confusion	35
3.2.4 Pitting	35
4. Appearance of cracks and fractures due to thermal loading	39
4.1 Hot cracks	39
4.1.1 Solidification cracks	39
4.1.2 Melting cracks	39
4.1.3 Appearance	39
4.2 Creep cracks and fractures	41
4.2.1 Creep; creep curve	43
4.2.2 Origination of the creep fracture; fracturing processes	43
4.2.3 Features	45
4.2.4 Possibilities of confusion	49
4.3 Thermal shock cracks	49
4.3.1 Origination	49
4.3.2 Features	51
4.3.3 Possibilities of confusion	51
5. Appearance of cracks and fractures due to corrosion	53
5.1 Corrosion cracking and fracturing without mechanical loading	53

5.1.1	Riß durch interkristalline Korrosion . . .	53	5.1.1	Intergranular corrosion cracking	53
5.2	Korrosionsbedingte Risse und Brüche mit mechanischer Belastung	55	5.2	Corrosion cracking and fracturing under mechanical loading	55
5.2.1	Riß durch Spannungsrißkorrosion (SpRK)	55	5.2.1	Stress corrosion cracking	55
5.2.2	Riß durch wasserstoffinduzierte Spannungsrißkorrosion	60	5.2.2	Hydrogen-induced stress corrosion cracking	60
5.2.3	Riß durch Schwingungsrißkorrosion (SwRK)	62	5.2.3	Fatigue corrosion cracking	62
5.2.4	Riß durch dehnungsinduzierte Riß- korrosion	65	5.2.4	Strain-induced corrosion cracking	65
5.2.5	Lötbruch	67	5.2.5	Liquid metal embrittlement	67
5.3	Wasserstoffbedingte Risse und Brüche	69	5.3	Hydrogen-induced cracks and fractures	69
5.3.1	Wasserstoffinduzierter und ver- zögerter wasserstoffinduzierter Riß . . .	69	5.3.1	Hydrogen-induced and delayed hydrogen-induced crack	69
6.	Besondere Erscheinungsformen von Rissen und Brüchen	75	6.	Special features of cracks and fractures	75
6.1	Gußwerkstoffe	75	6.1	Cast materials	75
6.1.1	Gußisen	75	6.1.1	Cast iron	75
6.1.2	Stahlguß	87	6.1.2	Cast steel	87
6.1.3	Aluminium-Gußlegierungen	99	6.1.3	Cast aluminium alloys	99
6.1.4	Cobalt-Nickel- und Titan-Guß- legierungen	103	6.1.4	Cast cobalt, nickel and titanium alloys	103
6.1.5	Sonstige Gußwerkstoffe	110	6.1.5	Other cast materials	110
6.2	Knetwerkstoffe	111	6.2	Wrought materials	111
6.2.1	Stahl	111	6.2.1	Steel	111
6.2.2	Aluminium-Legierungen	135	6.2.2	Aluminium alloys	135
6.2.3	Nickel- und Cobaltlegierungen	144	6.2.3	Nickel and cobalt alloys	144
6.2.4	Titan und Titanlegierungen	149	6.2.4	Titanium and titanium alloys	149
6.2.5	Sonstige Knetwerkstoffe	157	6.2.5	Other wrought materials	157
7.	Fehler in Schweißverbindungen . . .	158	7.	Defects in welded joints	158
7.1	Heißrisse	158	7.1	Hot cracks	158
7.1.1	Erstarrungsrisse	161	7.1.1	Solidification cracks	161
7.1.2	Aufschmelzrisse	161	7.1.2	Melting cracks	161
7.2	Volumenfehler	163	7.2	Voluminous defects	163
7.2.1	Lunker	165	7.2.1	Shrinkage cavity	165
7.2.2	Poren	165	7.2.2	Pores	165
7.3	Kaltrisse	167	7.3	Cold cracks	167
7.3.1	Aufhärtungsrisse	167	7.3.1	Hardening cracks	167
7.3.2	Wasserstoffinduzierte Risse	167	7.3.2	Hydrogen-induced cracks	167
7.3.3	Terrassenbruch	169	7.3.3	Lamellar fracture	169
7.3.4	Unterplattierungsrisse	169	7.3.4	Cracks under cladding	169
8.	Schrifttum	170	8.	References	170
9.	Sachverzeichnis	174	9.	Index	174