

Inhalt

1	Thermische Analyse – Zustandssysteme	11
1.1	Einleitung	11
1.2	Ziel des Praktikums	12
1.3	Theoretische Voraussetzungen	12
1.4	Grundlagen	13
1.4.1	Phasenumwandlungen	13
1.4.2	Keimbildung und -wachstum	14
1.4.3	Legierungsstrukturen	18
1.4.4	Grundtypen der Zweistoffsysteme	21
1.4.4.1	Zweistoffsystem mit vollständiger Löslichkeit im flüssigen und im festen Zustand	24
1.4.4.2	Zweistoffsystem mit vollständiger Löslichkeit im flüssigen Zustand und Unlöslichkeit im festen Zustand	29
1.4.4.3	Zweistoffsystem mit vollständiger Löslichkeit im flüssigen Zustand und begrenzter Löslichkeit im festen Zustand – eutektisches System	33
1.4.4.4	Zweistoffsystem mit vollständiger Löslichkeit im flüssigen Zustand und begrenzter Löslichkeit im festen Zustand – peritektisches System	36
1.4.4.5	Zweistoffsystem mit intermetallischer Phase	38
1.4.4.6	Phasenumwandlungen im festen Zustand	39
1.4.5	Das Gesetz der abgewandten Hebelarme	40
1.5	Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung	42
1.6	Geräte und Hilfsmittel	43
1.7	Versuchsdurchführung	44
1.8	Praktikumsauswertung	45
2	Zugversuch an metallischen Werkstoffen	46
2.1	Einleitung	46
2.2	Ziel des Praktikums	46
2.3	Theoretische Voraussetzungen	47
2.4	Grundlagen	47
2.4.1	Kraft und Spannung	47
2.4.2	Verlängerung und Dehnung	49
2.4.3	Zugproben	50
2.4.4	Verfahrensprinzip	52
2.4.5	Zugversuch – Verformungsbereiche und Auswertung	56
2.5	Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung	62

2.6	Geräte und Hilfsmittel	63
2.7	Versuchsdurchführung	63
2.8	Praktikumsauswertung	65
2.9	Modelllösungen	65

3 Metallographische Probenpräparation und lichtmikroskopische Gefügeuntersuchung gleichgewichtsnah umgewandelter Stähle

3	Stähle	70
3.1	Einleitung	70
3.2	Ziel des Praktikums	71
3.3	Theoretische Voraussetzungen	71
3.4	Grundlagen	72
3.4.1	Die metallographische Probenpräparation	72
3.4.1.1	Trennen	73
3.4.1.2	Einfassen	75
3.4.1.3	Schleifen und Polieren	76
3.4.1.4	Reinigen und Trocknen der Probe	78
3.4.1.5	Aufbau und Einstellung des Auflichtmikroskops	78
3.4.1.6	Vergrößerung	84
3.4.1.7	Auflösungsgrenzen der Lichtmikroskopie	86
3.4.1.8	Gesamte förderliche Vergrößerung	91
3.4.1.9	Kontrastierungsverfahren	91
3.4.2	Das metastabile Zweistoffsystem Eisen-Kohlenstoff	94
3.4.2.1	Reineisen	95
3.4.2.2	Phasen im metastabilen Zweistoffsystem Eisen-Kohlenstoff	96
3.4.2.3	Gefüge im metastabilen Zweistoffsystem Eisen-Kohlenstoff	99
3.4.2.4	Die Stahlecke im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm – Gefügeumwandlung des Austenits bei der Abkühlung im thermodynamischen Gleichgewicht	101
3.5	Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung	107
3.6	Geräte und Hilfsmittel	107
3.7	Versuchsdurchführung	108
3.8	Praktikumsauswertung	109

4 Härteprüfung

4	Härteprüfung	111
4.1	Einleitung	111
4.2	Ziel des Praktikums	111
4.3	Theoretische Voraussetzungen	112
4.4	Grundlagen	112
4.4.1	Überblick	112
4.4.2	Härteprüfung nach Brinell HBW	113
4.4.3	Härteprüfung nach Vickers HV	118
4.4.4	Härteprüfung nach Rockwell Skala C HRC	122
4.5	Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung	125
4.6	Geräte und Hilfsmittel	126

4.7	Versuchsdurchführung	126
4.8	Praktikumsauswertung	129
4.9	Modelllösungen	130

5 Grundlagen der Wärmebehandlung von Stählen 134

5.1	Einleitung	134
5.2	Ziel des Praktikums	134
5.3	Theoretische Voraussetzungen	135
5.4	Grundlagen	136
5.4.1	Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit auf die Gefüge von Stählen	136
5.4.1.1	Das Dilatometerverfahren	136
5.4.1.2	Diffusionsgesteuerte Umwandlung des Austenits bei leicht erhöhter Abkühlgeschwindigkeit	137
5.4.1.3	Die Martensitbildung	140
5.4.1.4	Die Bainitbildung	144
5.4.1.5	Das Zeit-Temperatur-Umwandlungdiagramm	145
5.4.1.6	Einfluss von Legierungselementen auf die Umwandlung des Austenits bei der Abkühlung	151
5.4.2	Wärmebehandlung von Stahl	153
5.4.2.1	Begriffserklärung	153
5.4.2.2	Das Normalglühen	154
5.4.2.3	Das Härten	157
5.4.2.4	Charakterisierung der Härbarkeit	164
5.4.2.5	Anlassverhalten von Stählen	167
5.5	Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung	170
5.6	Geräte und Hilfsmittel	172
5.7	Versuchsdurchführung	172
5.8	Praktikumsauswertung	173
5.9	Modelllösungen	175

6 Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy 178

6.1	Einleitung	178
6.2	Ziel des Praktikums	178
6.3	Theoretische Voraussetzungen	179
6.4	Grundlagen	180
6.4.1	Zähigkeit und Sprödigkeit	180
6.4.2	Der Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy	183
6.4.3	Sprödes Werkstoffverhalten beim KBV	186
6.4.4	Duktiles Werkstoffverhalten beim KBV	188
6.4.5	Der Bruch beim KBV	190
6.4.5.1	Sprödbbruch (Spaltbruch)	190
6.4.5.2	Verformungsbruch	193
6.4.5.3	Mischbruch	195
6.4.6	Einflüsse auf die Zähigkeit	196
6.4.7	Das Temperaturkonzept	198
6.5	Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung	200

6.6	Geräte und Hilfsmittel	201
6.7	Versuchsdurchführung	201
6.8	Praktikumsauswertung	204
6.9	Modelllösungen	205
7	Ermüdung und Schwingfestigkeit	207
7.1	Einleitung	207
7.2	Ziel des Praktikums	208
7.3	Theoretische Voraussetzungen	208
7.4	Grundlagen	208
7.4.1	Ermüdung	208
7.4.2	Rissbildung und -wachstum unter schwingender Beanspruchung – Merkmale des Dauerbruchs	211
7.4.3	Mechanische Schwingungen	214
7.4.4	Einstufige Schwingfestigkeitsuntersuchungen – Wöhlerversuch	215
7.4.4.1	Ermittlung der Überlebenswahrscheinlichkeit im Bereich der Zeitfestigkeit	218
7.4.4.2	Bestimmung der Dauerfestigkeit unter Berücksichtigung des Streubandes im Übergangsbereich	222
7.4.5	Angabe der Dauerfestigkeit	229
7.4.6	Dauerfestigkeitsschaubild nach Smith	229
7.4.7	Einflüsse auf die Schwingfestigkeit	231
7.5	Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung	233
7.6	Geräte und Hilfsmittel	234
7.7	Versuchsdurchführung	234
7.8	Praktikumsauswertung	239
7.9	Modelllösungen	239
	Anhang – Lösungsteil	248
	Index	257