

Inhaltsverzeichnis

Erster Themenkreis: Werkstoffkunde

1	Metallische Werkstoffe	11
1.1	Metallgewinnung	11
1.1.1	Eisen- und Stahlerzeugung	12
1.1.1.1	Eisenerze	12
1.1.1.2	Aufbereitung der Eisenerze	13
1.1.1.3	Reduktion der Eisenoxide – Roheisenerzeugung	13
1.1.1.4	Raffination des Roheisens – Stahlerzeugung	15
1.1.1.5	Vergießen des Stahles	17
1.1.2	Aluminiumerzeugung	20
1.1.2.1	Aluminiumerze und ihre Aufbereitung	20
1.1.2.2	Reduktion von Aluminiumoxid	20
1.1.2.3	Raffination von Reinaluminium	21
1.2	Reines Metall – Gefüge und Aufbau	23
1.2.1	Metallbindung	23
1.2.2	Entstehung des Metallgefüges	24
1.2.3	Gitteraufbau der Metalle	26
1.3	Legierungen	28
1.3.1	Grundlagen	28
1.3.1.1	Legierungen mit vollkommener Löslichkeit im flüssigen und festen Zustand	28
1.3.1.2	Arbeiten mit Zustandsdiagrammen	30
1.3.1.3	Legierungen mit vollkommener Unlöslichkeit im festen Zustand	32
1.3.1.4	Gegenüberstellung von Legierungen mit Mischkristallen und Legierungen mit Kristallgittermengen	35
1.3.2	Stähle	39
1.3.2.1	Abkühlungsverlauf des reinen Eisens	39
1.3.2.2	Kohlenstoff im Eisen	39
1.3.2.3	Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	40
1.3.2.4	Einfluß der Legierungselemente auf die Eigenschaften der Stähle	43
1.3.2.5	Einteilung der Stähle	44
1.3.2.6	Eigenschaften von Stählen	45
1.3.3	Fe-C-Gußwerkstoffe	49
1.3.3.1	Stahlguß (GS)	49
1.3.3.2	Gußeisen mit Lamellengraphit (GG)	50
1.3.3.3	Gußeisen mit Kugelgraphit (GGG)	53
1.3.3.4	Temperguß (GT)	54
1.3.4	Aluminium und Aluminiumlegierungen	55
1.3.4.1	Eigenschaften von Reinaluminium	55
1.3.4.2	Aluminiumlegierungen	56
1.3.5	Kupfer und Kupferlegierungen	59
1.3.5.1	Eigenschaften des reinen Kupfers	59
1.3.5.2	Kupferlegierungen	59
1.3.6	Weitere NE-Metalle und ihre Legierungen	62
1.3.6.1	Zink und Zinklegierungen	62
1.3.6.2	Zinn und Zinnlegierungen	63
1.3.6.3	Blei und Bleilegierungen	64
1.3.6.4	Nickel und Nickellegierungen	65
1.3.6.5	Magnesium und Magnesiumlegierungen	67
1.4	Normung metallischer Werkstoffe	69
1.4.1	Systematische Benennung für Eisen und Stahl	69
1.4.2	Systematik der Kurzzeichen für Nichteisenmetalle	73
1.4.3	Werkstoffnummern nach DIN 17007	74

1.5 Sinterwerkstoffe	77
1.5.1 Herstellung und Aufbereitung der Metallpulver	77
1.5.2 Sinterwerkstoffe und ihre Anwendung	78
1.5.2.1 Gesinterte Eisenwerkstoffe	78
1.5.2.2 Hartmetalle	79
1.5.2.3 Keramische Werkstoffe	81
1.6 Korrosion	82
1.6.1 Elektrochemische Grundlagen	82
1.6.1.1 Normalpotential	82
1.6.1.2 Galvanische Elemente	84
1.6.2 Elektrochemische Korrosion	84
1.6.3 Chemische Korrosion	86
1.6.4 Korrosionsschutz	87
2 Nichtmetallische Werkstoffe	88
2.1 Struktur und Benennung organischer Kohlenstoffverbindungen	88
2.1.1 Ketten- und Ringstrukturen von Kohlenstoffverbindungen	88
2.1.2 Bindungen zwischen Kohlenstoffatomen	89
2.1.3 Schreibweise von Formeln organischer Verbindungen	90
2.1.4 Benennung organischer Verbindungen	90
2.2 Kunststoffe (Plaste)	94
2.2.1 Einteilung der Kunststoffe	94
2.2.2 Eigenschaften der Kunststoffe	95
2.2.3 Polymerisate	97
2.2.4 Polykondensate	101
2.2.4.1 Polyester	101
2.2.4.2 Polyamide	103
2.2.4.3 Aminoplaste	104
2.2.4.4 Phenoplaste	105
2.2.5 Polyaddukte	109
2.2.5.1 Polyurethane	109
2.2.5.2 Epoxidharze	110
2.2.6 Klebstoffe auf Kunststoffbasis	111
2.2.6.1 Dispersionsklebstoffe	111
2.2.6.2 Lösungsmittelklebstoffe	112
2.2.6.3 Schmelzklebstoffe	112
2.2.6.4 Kontaktklebstoffe	112
2.2.6.5 Reaktionsklebstoffe	113
2.2.7 Kohlenstofffasern	113
2.3 Schmierstoffe	116
2.3.1 Grundlagen	116
2.3.2 Schmieröle	117
2.3.2.1 Mineralöle	117
2.3.2.2 Synthetische Öle	118
2.3.2.3 Tierische und pflanzliche Öle	118
2.3.2.4 Bohr- und Schneidöle zur Metallverarbeitung	118
2.3.3 Schmierfette	119

Zweiter Themenkreis: Werkstoffprüfung

1 Mechanische Prüfverfahren	122
1.1 Zugversuch	122
1.1.1 Zerreißmaschine	122
1.1.2 Zugproben	123
1.1.3 Zugversuch (DIN 50145)	124
1.1.4 Bedeutung der Kennwerte des Zugversuches für die Festigkeitsberechnung	129

1.2	Härteprüfverfahren	131
1.2.1	Härteprüfung nach Brinell (DIN 50351)	131
1.2.2	Härteprüfung nach Vickers (DIN 50133)	134
1.2.3	Härteprüfung nach Rockwell (DIN 50103)	136
1.2.3.1	Härteprüfung nach Rockwell C und Rockwell A	136
1.2.3.2	Härteprüfung nach Rockwell B und Rockwell F	137
1.3	Kerbschlag-Biegeversuch (DIN 50115)	138
1.4	Dauerschwingversuch (DIN 50100)	141
1.5	Technologische Prüfverfahren	145
1.5.1	Faltversuch (DIN 1605)	145
1.5.2	Warmstauchversuch	145
1.5.3	Tiefungsversuch nach Erichsen (DIN 50101)	146
2	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	146
2.1	Kapillar-Verfahren	146
2.2	Magnetpulverprüfung	147
2.3	Prüfung mit Ultraschall	148
2.3.1	Physikalische Grundlagen zur Prüfung mit Ultraschall	148
2.3.2	Durchschallungsverfahren	149
2.3.3	Impuls-Echo-Verfahren	149
2.4	Prüfung mit Röntgen- und Gammastrahlen	150
2.4.1	Prüfung mit Röntgenstrahlen	150
2.4.1.1	Erzeugung und Eigenschaften von Röntgenstrahlen	150
2.4.1.2	Durchführung der Prüfung mit Röntgenstrahlen	151
2.4.2	Prüfung mit Gammastrahlen	152
3	Metallographische Prüfverfahren	154
3.1	Makroskopische Untersuchungsverfahren	154
3.2	Metallmikroskopie	156
4	Gebrauchsprüfungen	156

Dritter Themenkreis: Prüftechnik

1	Grundbegriffe	158
2	Einheiten	160
2.1	SI-Basiseinheiten (Auszug aus DIN 1301)	160
2.2	Kohärente Einheiten	160
3	Längenprüftechnik	161
3.1	Längenmeßgeräte	161
3.1.1	Mechanische Längenmeßgeräte	161
3.1.2	Pneumatische Längenmeßgeräte	164
3.1.3	Elektrische Längenmeßgeräte	166
3.1.4	Maßverkörperungen	168
3.2	Lehren	168
4	Meßfehler	170
4		

1 Urformen	174
1.1 Gießen	175
1.1.1 Modellbau	176
1.1.2 Formvorgang beim Handformen	177
1.1.2.1 Formen mit Modellen	177
1.1.2.2 Formen mit Schablonen	178
1.1.3 Formen auf Formmaschinen	179
1.1.4 Weitere Formverfahren	179
1.1.4.1 Formmasken	179
1.1.4.2 Feinguß-Formen	179
1.1.4.3 Dauerformen	180
1.1.5 Gießverfahren	181
1.1.5.1 Schwerkraftguß	181
1.1.5.2 Druckguß	182
1.1.5.3 Schleuderguß	183
1.1.6 Grundlagen für die Konstruktion von Gußteilen	184
1.1.6.1 Formgerechte Konstruktion	184
1.1.6.2 Erstarrungsgerechte Konstruktion	185
1.1.6.3 Putzgerechte Konstruktion	189
1.2 Sintern	191
1.2.1 Formgebung der Metallpulver	191
1.2.2 Sintervorgang	192
1.2.3 Durchführung der Sinterung	193
1.2.4 Grundregeln für die Konstruktion von Sinterwerkstücken	193
2 Umformen	194
2.1 Werkstoffkundliche Grundlagen des Umformens	194
2.2 Druckumformverfahren	198
2.2.1 Walzen	199
2.2.2 Durchdrücken	202
2.2.3 Weitere Druckumformverfahren	204
2.2.3.1 Freiformen	204
2.2.3.2 Eindrücken	204
2.2.3.3 Gesenkformen	205
2.3 Zugdruckumformen	206
2.3.1 Tiefziehen	206
2.3.2 Weitere Zugdruckumformverfahren	208
2.3.2.1 Durchziehen	208
2.3.2.2 Drücken	208
2.4 Zugumformen	208
2.4.1 Längen	209
2.4.2 Weiten	209
2.4.3 Tiefen	209
2.5 Biegeumformen	210
2.5.1 Grundlagen	210
2.5.2 Biegeumformverfahren	212
2.6 Schubumformen	214

3	Trennen	215
3.1	Zerteilen	215
3.1.1	Scherschneiden	216
3.1.2	Messer- und Beißschneiden	218
3.2	Spanen	221
3.2.1	Bewegungen zwischen Werkstück und Werkzeugschneide	221
3.2.2	Flächen am Schneidkeil	223
3.2.3	Winkel am Keil	224
3.2.4	Winkel an der Werkzeugschneide	226
3.2.5	Spanarten	228
3.2.6	Auswahl der Schnittgeschwindigkeit	229
3.2.7	Kräfte beim Spanen	231
3.2.8	Berechnung der Schnittkraft	232
3.2.9	Leistungsberechnung beim Spanen	235
3.2.10	Schleifen	236
4	Fügen	239
4.1	Passungen	240
4.1.1	Maßtoleranzen	241
4.1.2	Paßtoleranzen	242
4.1.3	Toleranzfeld	243
4.1.4	Paßsysteme	244
4.2	Federverbindungen	246
4.3	Schraubenverbindungen	247
4.4	Keilverbindungen	248
4.5	Stiftverbindungen	248
4.6	Schrumpfen	250
4.7	Nietverbindungen	250
4.7.1	Arten der Nietverbindungen	250
4.7.2	Herstellen der Nietverbindung	251
4.7.3	Beanspruchung der Nietverbindung	252
4.8	Schweißen	253
4.8.1	Grundbegriffe	253
4.8.1.1	Begriffe des Preßschweißens	253
4.8.1.2	Begriffe des Schmelzschweißens	254
4.8.2	Widerstandspreßschweißverfahren	255
4.8.3	Gasschmelzschweißen	256
4.8.4	Lichtbogenschweißen	258
4.8.4.1	Metall-Lichtbogenschweißen	258
4.8.4.2	Schutzgasschweißen	260
4.9	Löten	261
4.9.1	Weichlöten	262
4.9.2	Hartlöten	263
4.10	Kleben	264
5	Beschichten	265
5.1	Galvanisieren	266
5.2	Thermische Spritzverfahren	269
5.3	Phosphatieren	270

6	Stoffeigenschaftändern	271
6.1	Wärmebehandlung der Stähle	271
6.1.1	Glühverfahren	271
6.1.1.1	Weichglühen	271
6.1.1.2	Normalglühen	273
6.1.1.3	Spannungsarmglühen	273
6.1.1.4	Rekrystallisationsglühen	274
6.1.2	Härten und Anlassen	275
6.1.2.1	Martensitbildung	275
6.1.2.2	Anlassen und Vergüten	277
6.1.2.3	Z-T-U-Schaubilder	278
6.1.2.4	Randschichthärteln	281

Fünfter Themenkreis: Statik und Festigkeitslehre

1	Statik	286
1.1	Kräfte	286
1.2	Moment und Kräftepaar	288
1.3	Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften in der Ebene mit gemeinsamem Angriffspunkt	289
1.3.1	Zeichnerische Lösungsverfahren	289
1.3.2	Rechnerische Lösung	292
1.4	Zusammensetzung von Kräften in der Ebene mit verschiedenen Angriffspunkten	294
1.4.1	Zeichnerische Lösung	294
1.4.2	Rechnerische Lösung	296
1.5	Körper in der Ebene im Gleichgewicht	297
1.5.1	Gleichgewichtsbedingungen	297
1.5.2	Freimachen der Bauteile	298
1.5.3	Ermittlung von Gleichgewicht haltenden Lagerkräften	301
1.6	Stabkräfte in ebenen Fachwerken	303
2	Festigkeitslehre	309
2.1	Beanspruchungs- und Belastungsarten	309
2.2	Reaktionen des Werkstoffes auf Beanspruchung	310
2.3	Zulässige Spannung und Sicherheit	311
2.3.1	Wahl der Grenzspannung für die Festigkeitsberechnung	312
2.3.2	Wahl der Sicherheit für die Festigkeitsberechnung	312
2.3.3	Zulässige Nennspannungen für Werkstoffe des Maschinenbaus in N/mm ²	313
2.4	Zugbeanspruchung	314
2.5	Druckbeanspruchung	317
2.6	Scherbeanspruchung	320
2.7	Biegebeanspruchung	322
2.7.1	Spannungen beim Biegen	322
2.7.2	Außere Belastung bei Biegung	323
2.7.3	Biegegleichung	326
2.7.4	Widerstandsmoment (W)	327
2.7.5	Berechnung biegebeanspruchter Werkstücke	331

2.8	Verdrehbeanspruchung (Torsion)	334
2.8.1	Spannungen beim Verdrehen	334
2.8.2	Äußere Beanspruchung	335
2.8.3	Polares Widerstandsmoment	335
2.8.4	Berechnung auf Verdrehung beanspruchter Bauteile	336

Sechster Themenkreis: Bauelemente

1	Verbindungselemente	337
1.1	Federn	337
1.2	Schrauben und Muttern	340
1.2.1	Kraftübersetzung an der Schraube	340
1.2.2	Arbeit an der Schraube	344
1.2.3	Gewinde, Schrauben und Muttern	344
1.2.4	Festigkeitsklassen für Schrauben und Muttern nach DIN 267	347
1.2.5	Berechnung von Befestigungsschrauben	348
1.2.6	Berechnung der Einschrautiefe (Mutternhöhe)	349
1.3	Keile	352
1.3.1	Arten von Keilen	352
1.3.2	Berechnung von Keilen	353
1.4	Stifte	354
1.4.1	Arten von Stiften	354
1.4.2	Berechnung von Stiften	354
1.5	Niete	355
1.5.1	Beanspruchung der Nietverbindung	356
1.5.2	Berechnung einfacher Nietverbindungen	357
1.6	Schweißnaht	358
1.6.1	Nahtformen	358
1.6.2	Berechnung einfacher Schweißverbindungen	359
2	Übertragungs- und Lagerungselemente	361
2.1	Achsen und Wellen	361
2.1.1	Begriffe	361
2.1.2	Berechnung von Achsen und Wellen	361
2.2	Lager	363
2.2.1	Begriffe	363
2.2.2	Gleitlager	364
2.2.2.1	Schmierung von Gleitlagern	364
2.2.2.2	Bemessung der Gleitlager	366
2.2.3	Wälzlager	366
2.2.3.1	Grundlagen	366
2.2.3.2	Berechnung von Wälzlagern	368
2.3	Riemen- und Zahnradtrieb	370
2.3.1	Das Übersetzungsverhältnis	370
2.3.2	Zahnradtriebe	371
2.3.2.1	Begriffe	371
2.3.2.2	Grundmaße am Zahnradtrieb	374

1	Begriffe	377
1.1	Begriffe zu Steuern	377
1.2	Begriffe zu Regeln	380
2	Steuern	383
2.1	Arten der Steuerungen	383
2.1.1	Führungssteuerung	383
2.1.2	Haltegliedsteuerung	383
2.1.3	Programmsteuerung	384
2.2	Pneumatische Steuerungen	385
2.2.1	Symbole und Berechnungen in der Pneumatik	386
2.2.1.1	Symbole für Elemente zur Druckerzeugung, -speicherung, -aufbereitung und -leitung (Auszug, DIN ISO 1219)	386
2.2.1.2	Symbole für Elemente zur Energiesteuerung	386
2.2.1.3	Symbole für Elemente zur Arbeitsverrichtung (Auswahl, DIN ISO 1219)	390
2.2.2	Schaltpläne für pneumatische Steuerungen	390
2.2.2.1	Aufbau von Schaltplänen	390
2.2.2.2	Grundschaltungen zum Erzielen des Vor- und Rücklaufes eines Kolbens	392
2.2.2.3	Grundschaltungen zur Geschwindigkeitsbeeinflussung von Arbeitselementen	394
2.2.2.4	Grundschaltungen zur Schaltverzögerung	396
2.2.3	Funktionsdiagramme	397
2.2.4	Erstellen von Schaltplänen	399
2.3	Numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen	404
2.3.1	Begriffe und Bedeutung	404
2.3.2	Aufbau des Meß-, Steuer- und Regelsystems	407
2.3.2.1	Koordinaten	407
2.3.2.2	Automatisch auswertbare Meßsysteme an CNC-Maschinen	409
2.3.2.3	Maschinennullpunkt und Referenzpunkt	411
2.3.2.4	Lageregelsysteme	411
2.3.2.5	Geschwindigkeitsregelsysteme	413
2.3.3	Steuerungsarten an Werkzeugmaschinen	413
2.3.4	Beschreibung geometrischer Daten	415
2.3.4.1	Werkstück-Nullpunkt	415
2.3.4.2	Absolut- und Inkrementalmaßprogrammierung	416
2.3.4.3	Fahranweisungen	417
2.3.4.4	Bahnkorrekturen	420
2.3.5	Beschreibung technologischer Daten	421
2.3.5.1	Vorschub F	421
2.3.5.2	Spindeldrehzahl S	421
2.3.5.3	Werkzeugdaten	422
2.3.5.4	Zusatzfunktionen	423
2.3.6	Zusammenstellen der Daten im Programm	423
2.3.6.1	Programmaufbau	423
2.3.6.2	Unterprogramme	425
2.3.6.3	Manuelles Programmieren	426
2.3.6.4	Maschinelles Programmieren	426
2.3.7	Datenträger	427

3 Regeln	434
3.1 Nichtstetige Regler	436
3.2 Stetige Regler	436
3.2.1 P-Regeleinrichtungen	436
3.2.2 I-Regeleinrichtungen	437
3.2.3 D-Regeleinrichtungen (nur als Bestandteil anderer Regelungen)	438
3.2.4 PI-, PD- und PID-Regeleinrichtungen	439
Gesamtaufgaben	441
Sachwortverzeichnis	443
Bildquellenverzeichnis	447

Verlag H. Stam GmbH
Fuggerstraße 7 · 5000 Köln 90
Fernruf (0 2203) 3029-0

ISBN 3-8237-0604-7

© Copyright 1989: Verlag H. Stam GmbH · Köln
Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.
Einbandgestaltung: Roland Poferl, Niederkassel