

Inhalt

1. Einführung	1
2. Urformen	3
2.1. Urformen durch Gießen	3
2.1.1. Grundbegriffe der Gießereitechnologie	4
2.1.1.1. Formen und Formverfahren	4
2.1.1.2. Formverfahren mit verlorenen Formen	7
2.1.1.3. Dauerformverfahren	7
2.1.1.4. Schmelzen	8
2.1.1.5. Gießen	8
2.1.1.6. Putzen	10
2.1.1.7. Wärmebehandlung	12
2.1.1.8. Qualitätssicherung	13
2.1.1.9. Konstruieren in Guß	13
2.2. Metallkundliche Grundlagen des Gießens	13
2.2.1. Entstehung der Gußgefüge	13
2.2.2. Stoffzustände	14
2.2.3. Keimbildung und Impfen	15
2.2.3.1. Homogene Keimbildung	15
2.2.3.2. Impfen der Schmelze	16
2.2.4. Kristallformen	17
2.2.4.1. Globulare Kristallformen	19
2.2.4.2. Säulenförmige Kristalle	19
2.2.4.3. Dendritische Kristallformen	19
2.2.5. Erstarrungstypen	20
2.2.6. Isotropes, anisotropes und quasiisotropes Verhalten von Gußwerkstoffen	21
2.3. Gußwerkstoffe	22
2.3.1. Eisengußwerkstoffe	23
2.3.1.1. Gußeisen	23
2.3.1.2. Temperguß	26
2.3.1.3. Stahlguß	29
2.3.2. Nichteisen-Gußwerkstoffe	31
2.3.2.1. Leichtmetall-Gußwerkstoffe	31
2.3.2.2. Schwermetall-Gußwerkstoffe	34
2.4. Gießbarkeit	36
2.4.1. Fließ- und Formfüllungsvermögen	36
2.4.2. Schwindung (Schrumpfung)	38
2.4.3. Warmrißneigung	41
2.4.4. Gasaufnahme	42
2.4.5. Penetrationen	43
2.4.6. Seigerungen	44
2.4.7. Fehlerzusammenstellung bei Sandguß	45

2.5. Form- und Gießverfahren	45
2.5.1. Formverfahren mit verlorenen Formen	46
2.5.1.1. Tongebundene Formstoffe	47
2.5.1.2. Kohlensäure-Erstarrungsverfahren (CO ₂ -Verfahren)	55
2.5.1.3. Maskenformverfahren	56
2.5.2. Formverfahren mit verlorenen Formen nach verlorenen Modellen	59
2.5.2.1. Feingießverfahren	59
2.5.2.2. Vollformgießverfahren	62
2.5.3. Formverfahren mit Dauerformen	63
2.5.3.1. Druckgießverfahren	63
2.5.3.2. Kokillengießverfahren	68
2.5.3.3. Schleudergießverfahren	69
2.6. Gestaltung von Gußteilen	71
2.6.1. Allgemeines	71
2.6.2. Gestaltungsregeln	71
2.6.3. Werkstoffgerechte Gestaltung	72
2.6.4. Beanspruchungsgerechte Gestaltung	77
2.6.5. Fertigungsgerechte Gestaltung	78
2.6.6. Normung von Erzeugnissen aus Gußeisen	81
2.6.7. Normung von Erzeugnissen aus Stahlguß	81
2.7. Urformen durch Sintern (Pulvermetallurgie)	82
2.7.1. Pulvermetallurgische Grundbegriffe	83
2.7.2. Pulvererzeugung	84
2.7.3. Preßtechnik	85
2.7.4. Sintern	87
2.7.5. Arbeitsverfahren zur Verbesserung der Werkstoffeigenschaften	88
2.7.6. Anwendungen	89
3. Fügen (Schweißverfahren)	91
3.1. Einleitung	91
3.1.1. Bedeutung der Schweißtechnik heute und morgen	91
3.1.2. Das Fertigungsverfahren Schweißen; Abgrenzung und Definitionen	92
3.1.3. Einteilung der Schweißverfahren	92
3.1.4. Hinweise zur Wahl des Schweißverfahrens	95
3.2. Werkstoffliche Grundlagen	97
3.2.1. Wirkung der Wärmequelle auf die Werkstoffeigenschaften	97
3.2.2. Physikalische Eigenschaften der Werkstoffe	97
3.2.3. Einfluß des Temperaturfeldes	98
3.2.4. Werkstoffbedingte Besonderheiten und Schwierigkeiten beim Schweißen	101
3.2.4.1. Probleme während des Erwärmens	101
3.2.4.2. Probleme während des Erstarrens	101
3.2.4.3. Verbindungs- und Auftragschweißen unterschiedlicher Werkstoffe	103
3.2.4.4. Schweißbarkeit metallischer Werkstoffe	103
3.2.5. Werkstoffbedingte Besonderheiten beim Löten	105
3.3. Gasschweißen	106
3.3.1. Verfahrensprinzip	106
3.3.2. Die Acetylen-Sauerstoff-Flamme	106

3.3.3. Betriebsstoffe; Acetylen, Sauerstoff	107
3.3.4. Der Schweißbrenner	108
3.3.5. Arbeitsweise beim Gasschweißen	109
3.3.6. Anwendung und Anwendungsgrenzen	109
3.4. Metall-Lichtbogenschweißen (Lichtbogenhandschweißen)	110
3.4.1. Verfahrensprinzip und Schweißanlage	110
3.4.2. Vorgänge im Lichtbogen	110
3.4.3. Schweißstromquellen	112
3.4.4. Zusatzwerkstoffe; Stabelektroden	114
3.4.4.1. Aufgaben der Elektrodenumhüllung	114
3.4.4.2. Metallurgische Grundlagen	116
3.4.4.3. Die wichtigsten Elektrodentypen	117
3.4.4.4. Normung der Stabelektroden	119
3.4.5. Ausführung und Arbeitstechnik	120
3.4.5.1. Stoßart; Nahtart; Fugenform	121
3.4.5.2. Einfluß der Schweißposition	123
3.4.5.3. Magnetische Blaswirkung	123
3.4.6. Anwendung und Anwendungsgrenzen	124
3.5. Schutzgasschweißen (SG)	124
3.5.1. Verfahrensprinzip	124
3.5.2. Wirkung und Eigenschaften der Schutzgase	124
3.5.3. Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)	128
3.5.3.1. Verfahrensprinzip	128
3.5.3.2. Schweißanlage und Zubehör	128
3.5.3.3. Hinweise zur praktischen Ausführung	130
3.5.3.4. WIG-Impulslichtbogenschweißen	130
3.5.3.5. Anwendung und Grenzen	130
3.5.4. Metall-Schutzgas-Schweißen (MSG)	131
3.5.4.1. Verfahrensprinzip	131
3.5.4.2. Schweißanlage, Zubehör	132
3.5.4.3. Die innere Regelung	133
3.5.4.4. Die MSG-Schweißverfahren; verfahrenstechnische Merkmale	134
3.5.4.5. Praktische Hinweise; Anwendung und Möglichkeiten	137
3.6. Unterpulverschweißen (UP)	138
3.6.1. Verfahrensprinzip; Schweißanlage	138
3.6.2. Verfahrensvarianten.	138
3.6.3. Aufbau und Eigenschaften der Schweißnaht	141
3.6.4. Zusatzstoffe	142
3.6.4.1. Zusatzwerkstoffe	143
3.6.4.2. Schweißpulver	143
3.6.5. Hinweise zur praktischen Ausführung	146
3.6.6. Anwendung und Anwendungsgrenzen	146
3.7. Plasmaschweißen (WP)	147
3.7.1. Physikalische Grundlagen	147
3.7.2. Verfahrensgrundlagen	147
3.7.3. Verfahrensvarianten.	148
3.8. Widerstandsschweißen	148
3.8.1. Prinzip und verfahrenstechnische Grundlagen	148
3.8.1.1. Wärmeerzeugung an der Schweißstelle	149

3.8.2. Widerstandspunktschweißen	151
3.8.2.1. Verfahrensvarianten	151
3.8.2.2. Punktschweiß-Elektroden	152
3.8.2.3. Technologische Besonderheiten	153
3.8.2.4. Anwendung und Anwendungsgrenzen	154
3.8.3. Rollennahtschweißen	155
3.8.4. Buckelschweißen	157
3.8.5. Widerstandsstumpfschweißen.	158
3.8.5.1. Verfahrensprinzip	158
3.8.5.2. Preßstumpfschweißen	159
3.8.5.3. Abtrennstumpfschweißen	159
3.9. Gestaltung von Schweißverbindungen	160
3.9.1. Allgemeines	160
3.9.2. Gestaltungsregeln.	160
3.9.3. Gestaltung von Schmelzschweißverbindungen	161
3.9.4. Gestaltung von Punktschweißverbindungen	165
4. Spanen	167
4.1. Einführung	167
4.1.1. Einteilung nach DIN 8589	167
4.1.2. Technische und wirtschaftliche Bedeutung	168
4.2. Grundbegriffe der Zerspantechnik	168
4.2.1. Bewegungen und Geometrie von Zerspanvorgängen	168
4.2.2. Eingriffe von Werkzeugen	169
4.2.3. Spanungsgrößen	170
4.2.4. Geometrie am Schneidteil	170
4.2.5. Kräfte und Leistungen	172
4.2.6. Stand- und Verschleißbegriffe	172
4.3. Grundlagen	173
4.3.1. Spanbildung	173
4.3.2. Spanstauchung	174
4.3.3. Scherwinkelgleichungen	175
4.3.4. Spanarten	175
4.3.5. Spanformen	176
4.3.6. Energieumwandlung beim Spanen	178
4.3.7. Schneidstoffe.	178
4.3.7.1. Werkzeugstähle	179
4.3.7.2. Schnellarbeitsstähle	179
4.3.7.3. Hartmetalle	180
4.3.7.4. Schneidkeramik.	182
4.3.7.5. Diamant und Bornitrid	183
4.3.8. Werkzeugverschleiß.	184
4.3.9. Standzeitberechnung und -optimierung	186
4.3.10. Schnittkraftberechnung.	188
4.4. Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden	189
4.4.1. Drehen	190
4.4.1.1. Drehverfahren	190
4.4.1.2. Drehwerkzeuge	193

4.4.1.3. Zeitberechnung	195
4.4.2. Bohren, Senken, Reiben	195
4.4.2.1. Bohrverfahren	195
4.4.2.2. Bohrwerkzeuge	198
4.4.2.3. Zeitberechnung	200
4.4.3. Fräsen	200
4.4.3.1. Fräsverfahren.	201
4.4.3.2. Fräswerkzeuge	205
4.4.3.3. Zeitberechnung	205
4.4.4. Hobeln und Stoßen	205
4.4.4.1. Hobel- und Stoßverfahren	207
4.4.4.2. Hobelwerkzeuge	207
4.4.4.3. Zeitberechnung	207
4.4.5. Räumen.	208
4.4.5.1. Räumverfahren	208
4.4.5.2. Räumwerkzeuge	210
4.4.5.3. Zeitberechnung	212
4.5. Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden	212
4.5.1. Schleifen	212
4.5.1.1. Grundlagen	213
4.5.1.1.1. Kinematische Grundlagen	213
4.5.1.1.2. Schneideneingriff und Schneidenraum	215
4.5.1.1.3. Schleifkraft und Verschleiß	216
4.5.1.2. Schleifwerkzeug.	216
4.5.1.2.1. Schleifmittel und Bindung	216
4.5.1.2.2. Schleifwerkzeuge mit Korund- und Siliciumcarbid-Kornwerkstoffen	217
4.5.1.2.3. Schleifwerkzeuge mit Diamant- und Bornitrid-Kornwerkstoff (CBN)	221
4.5.1.2.4. Werkzeugaufspannung	222
4.5.1.2.5. Abrichten des Schleifwerkzeugs	223
4.5.1.3. Der Schleifprozeß	227
4.5.1.3.1. Änderung des Schneidenraums im Schleifprozeß	227
4.5.1.3.2. Rauheit	228
4.5.1.3.3. Schleifkraft und Schleifleistung	229
4.5.1.3.4. Schleiftemperatur und Kühlung	230
4.5.1.3.5. Schleifscheibenverschleiß	231
4.5.1.3.6. Besondere Einflüsse verschiedener Einstellgrößen auf das Schleifergebnis	231
4.5.1.3.7. Mehrstufiger Schleifprozeß	232
4.5.1.3.8. Kosten	233
4.5.1.4. Schleifverfahren.	234
4.5.1.4.1. Planschleifen	234
4.5.1.4.2. Rundschleifen.	237
4.5.1.4.3. Schraubschleifen	241
4.5.1.4.4. Wälzschleifen	242
4.5.1.4.5. Profilschleifen.	244
4.5.2. Honen	244
4.5.2.1. Kinematische Grundlagen	245
4.5.2.2. Einfluß der Einstellgrößen auf den Honvorgang und das Honergebnis	246
4.5.2.3. Einfluß des Werkzeugs	248
4.5.2.4. Einfluß des Werkstücks	250
4.5.2.5. Einfluß des Kühlschmierstoffs	250
4.5.2.6. Plateauhonen	251
4.5.2.7. Meßsteuerung des Honprozesses	251

4.5.3. Läppen	253
4.5.3.1. Grundlagen	253
4.5.3.2. Einfluß von Prozeßgrößen auf das Läppergebnis	254
4.5.3.3. Läppverfahren	256
4.5.3.3.1. Planläppen	256
4.5.3.3.2. Außen- und Innenrundläppen	257
4.5.3.3.3. Kugelläppen	258
4.5.3.3.4. Polierläppen	258
4.5.4. Gleitschleifen	260
4.5.5. Strahlspanen	262
4.6. Gestaltung spanend herzustellender Werkstücke	262
4.6.1. Allgemeines	262
4.6.2. Gestaltung für das Drehen	263
4.6.3. Gestaltung für das Bohren, Senken, Reiben	264
4.6.4. Gestaltung für das Fräsen	266
4.6.5. Gestaltung für das Hobeln und Stoßen	267
4.6.6. Gestaltung für das Räumen	268
4.6.7. Gestaltung für das Schleifen	269
5. Umformen	273
5.1. Einteilung und technisch-wirtschaftliche Bedeutung der Umformverfahren	273
5.2. Grundlagen der Umformtechnik	275
5.3. Druckumformen	281
5.3.1. Walzen	282
5.3.1.1. Definition und Einteilung nach DIN 8583	282
5.3.1.2. Verhältnisse im Walzspalt	286
5.3.1.3. Kraft- und Arbeitsbedarf beim Walzen	289
5.3.2. Schmieden	290
5.3.2.1. Freiformschmieden	290
5.3.2.2. Gesenkschmieden	294
5.3.2.3. Kraft- und Arbeitsbedarf beim Schmieden	296
5.3.3. Eindrücken	298
5.3.4. Durchdrücken	300
5.3.4.1. Strangpressen	300
5.3.4.2. Fließpressen	304
5.4. Zug-Druck-Umformen	309
5.4.1. Draht- und Stabziehen	309
5.4.2. Gleitziehen von Rohren	312
5.4.3. Abstreckziehen von Hohlkörpern	313
5.4.4. Tiefziehen	314
5.4.4.1. Zuschnittsermittlung beim Tiefziehen	318
5.4.5. Drücken	320
5.4.6. Kragenziehen (Bördeln von Öffnungen)	321
5.5. Zugumformen	321
5.5.1. Längen	321
5.5.2. Weiten	322
5.5.3. Tiefen (Streckziehen)	322
5.5.4. Blechprüfung zur Kennwertermittlung	323
5.5.4.1. Tiefungsversuch nach Erichsen	324

5.5.4.2. Näpfchen-Tiefziehprüfung nach Swift	324
5.5.4.3. Beurteilung von Blechen mittels Meßbrastertechnik	325
5.6. Biegen	326
5.6.1. Einteilung der Biegeverfahren	326
5.6.2. Biegespannungen und besondere Biegeverfahren	328
5.7. Schneiden von Blechen	328
5.7.1. Beschreibung des Schneidvorgangs	330
5.7.2. Schneidkraft und Schneidarbeit	331
5.7.3. Gestaltung von Schneidwerkzeugen	332
5.7.4. Vorschubbegrenzungen	334
5.8. Gestaltung beim Umformen	335
5.8.1. Gestaltung von Gesenkschmiedestücken	335
5.8.2. Gestaltung von Tiefziehteilen	341
5.8.3. Gestaltung von Schnittteilen	342
5.8.3.1. Werkstoffausnutzung	342
5.8.3.2. Fertigung	345
5.8.3.3. Genauigkeit	346
5.8.3.4. Beanspruchung	347
6. Sachwortverzeichnis	349