

Inhalt

1. Einführung	1
2. Urformen	5
2.1. Urformen durch Gießen	5
2.1.1. Grundbegriffe der Gießereitechnologie	6
2.1.1.1. Formen und Formverfahren	6
2.1.1.2. Formverfahren mit verlorenen Formen	9
2.1.1.3. Dauerformverfahren	9
2.1.1.4. Schmelzen	10
2.1.1.5. Gießen	10
2.1.1.6. Putzen	12
2.1.1.7. Wärmebehandlung	13
2.1.1.8. Qualitätssicherung	13
2.1.1.9. Konstruieren in Guß	14
2.2. Metallkundliche Grundlagen des Gießens	14
2.2.1. Entstehung der Gußgefüge	15
2.2.2. Stoffzustände	16
2.2.3. Keimbildung und Impfen	17
2.2.3.1. Homogene Keimbildung	17
2.2.3.2. Impfen der Schmelze	18
2.2.4. Kristallformen	19
2.2.4.1. Globulare Kristallformen	20
2.2.4.2. Säulenförmige Kristalle	21
2.2.4.3. Dendritische Kristallformen	21
2.2.5. Erstarrungstypen	22
2.2.6. Isotropes, anisotropes und quasiisotropes Verhalten von Gußwerkstoffen	23
2.3. Gußwerkstoffe	24
2.3.1. Eisengußwerkstoffe	24
2.3.1.1. Gußeisen	25
2.3.1.2. Temperguß	28
2.3.1.3. Stahlguß	31
2.3.2. Nichteisen-Gußwerkstoffe	33
2.3.2.1. Leichtmetall-Gußwerkstoffe	34
2.3.2.2. Schwermetall-Gußwerkstoffe	36
2.4. Gießbarkeit	38
2.4.1. Fließ- und Formfüllungsvermögen	38
2.4.2. Schwindung (Schrumpfung)	40
2.4.3. Warmrißneigung	43
2.4.4. Gasaufnahme	44
2.4.5. Penetrationen	45
2.4.6. Seigerungen	46
2.4.7. Fehlerzusammenstellung bei Sandguß	47
2.5. Form- und Gießverfahren	47
2.5.1. Formverfahren mit verlorenen Formen	48

2.5.1.1.	Tongebundene Formstoffe	49
2.5.1.2.	Kohlensäure-Erstarrungsverfahren (CO ₂ -Verfahren)	57
2.5.1.3.	Maskenformverfahren	58
2.5.2.	Formverfahren mit verlorenen Formen nach verlorenen Modellen	61
2.5.2.1.	Feingießverfahren	61
2.5.2.2.	Vollformgießverfahren	64
2.5.3.	Formverfahren mit Dauerformen	65
2.5.3.1.	Druckgießverfahren	65
2.5.3.2.	Kokillengießverfahren	70
2.5.3.3.	Schleudergießverfahren	71
2.6.	Gestaltung von Gußteilen	73
2.6.1.	Allgemeines	73
2.6.2.	Gestaltungsregeln	73
2.6.3.	Gießgerechte Gestaltung	74
2.6.4.	Beanspruchungsgerechte Gestaltung	81
2.6.5.	Fertigungsgerechte Gestaltung	82
2.6.6.	Normung von Erzeugnissen aus Gußeisen	85
2.6.7.	Normung von Erzeugnissen aus Stahlguß	85
2.7.	Urformen durch Sintern (Pulvermetallurgie)	86
2.7.1.	Pulvermetallurgische Grundbegriffe	87
2.7.2.	Pulvererzeugung	88
2.7.3.	Preßtechnik	89
2.7.4.	Sintern	91
2.7.5.	Arbeitsverfahren zur Verbesserung der Werkstoffeigenschaften	91
2.7.6.	Anwendungen	93
2.8.	Gestaltung von Sinterteilen	93
2.8.1.	Allgemeines	93
2.8.2.	Gestaltungsregeln	93
2.8.3.	Werkstoff- und werkzeuggerechte Gestaltung	94
2.8.4.	Fertigungs- und fügegerechte Gestaltung	97
	Ergänzendes und weiterführendes Schrifttum	100
3.	Fügen	101
3.1.	Schweißen	101
3.1.1.	Bedeutung der Schweißtechnik heute und morgen	101
3.1.2.	Das Fertigungsverfahren Schweißen; Abgrenzung und Definitionen	101
3.1.3.	Einteilung der Schweißverfahren	102
3.1.4.	Hinweise zur Wahl des Schweißverfahrens	105
3.2.	Werkstoffliche Grundlagen für das Schweißen	107
3.2.1.	Wirkung der Wärmequelle auf die Werkstoffeigenschaften	107
3.2.2.	Physikalische Eigenschaften der Werkstoffe	107
3.2.3.	Einfluß des Temperaturfeldes	108
3.2.4.	Werkstoffbedingte Besonderheiten und Schwierigkeiten beim Schweißen	111
3.2.4.1.	Probleme während des Erwärms	111
3.2.4.2.	Probleme während des Erstarrens	111
3.2.4.3.	Verbindungs- und Auftragschweißen unterschiedlicher Werkstoffe	113
3.2.4.4.	Schweißbarkeit metallischer Werkstoffe	113

3.3.	Gasschweißen	115
3.3.1.	Verfahrensprinzip	115
3.3.2.	Die Acetylen-Sauerstoff-Flamme	115
3.3.3.	Betriebsstoffe: Acetylen, Sauerstoff	116
3.3.4.	Der Schweißbrenner	117
3.3.5.	Arbeitsweisen beim Gasschweißen	118
3.3.6.	Anwendung und Anwendungsgrenzen	118
3.4.	Metall-Lichtbogenschweißen (Lichtbogenhandschweißen)	118
3.4.1.	Verfahrensprinzip und Schweißanlage	118
3.4.2.	Vorgänge im Lichtbogen	119
3.4.3.	Schweißstromquellen	121
3.4.4.	Zusatzwerkstoffe; Stabelektroden	123
3.4.4.1.	Aufgaben der Elektrodenumhüllung	123
3.4.4.2.	Metallurgische Grundlagen	124
3.4.4.3.	Die wichtigsten Elektrodentypen	126
3.4.4.4.	Normung der Stabelektroden	128
3.4.5.	Ausführung und Arbeitstechnik	129
3.4.5.1.	Stoßart; Nahtart; Fugenform	129
3.4.5.2.	Einfluß der Schweißposition	130
3.4.5.3.	Magnetische Blaswirkung	132
3.4.6.	Anwendung und Anwendungsgrenzen	132
3.5.	Schutzgasschweißen (SG)	133
3.5.1.	Verfahrensprinzip	133
3.5.2.	Wirkung und Eigenschaften der Schutzgase	133
3.5.3.	Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)	136
3.5.3.1.	Verfahrensprinzip	136
3.5.3.2.	Schweißanlage und Zubehör	137
3.5.3.3.	Hinweise zur praktischen Ausführung	138
3.5.3.4.	WIG-Impulslichtbogenschweißen	139
3.5.3.5.	Anwendung und Grenzen	139
3.5.4.	Metall-Schutzgas-Schweißen (MSG)	140
3.5.4.1.	Verfahrensprinzip	140
3.5.4.2.	Schweißanlage, Zubehör	140
3.5.4.3.	Die innere Regelung	141
3.5.4.4.	Die MSG-Schweißverfahren; verfahrenstechnische Merkmale	142
3.5.4.5.	Praktische Hinweise; Anwendung und Möglichkeiten	145
3.6.	Unterpulverschweißen (UP)	147
3.6.1.	Verfahrensprinzip; Schweißanlage	147
3.6.2.	Verfahrensvarianten	148
3.6.3.	Aufbau und Eigenschaften der Schweißnaht	150
3.6.4.	Zusatzstoffe	151
3.6.4.1.	Zusatzwerkstoffe	151
3.6.4.2.	Schweißpulver	152
3.6.5.	Hinweise zur praktischen Ausführung	154
3.6.6.	Anwendung und Anwendungsgrenzen	155
3.7.	Plasmaschweißen (WP)	155
3.7.1.	Physikalische Grundlagen	155
3.7.2.	Verfahrensgrundlagen	155
3.7.3.	Verfahrensvarianten	157

X	Inhalt	
3.8.	Widerstandsschweißen	157
3.8.1.	Prinzip und verfahrenstechnische Grundlagen	157
3.8.1.1.	Wärmeerzeugung an der Schweißstelle	158
3.8.2.	Widerstandspunktschweißen	160
3.8.2.1.	Verfahrensvarianten	160
3.8.2.2.	Punktschweiß-Elektroden	160
3.8.2.3.	Technologische Besonderheiten	161
3.8.2.4.	Anwendung und Anwendungsgrenzen	163
3.8.3.	Rollennahtschweißen	163
3.8.4.	Buckelschweißen	165
3.8.5.	Widerstandsstumpfschweißen	166
3.8.5.1	Verfahrensprinzip	166
3.8.5.2.	Preßstumpfschweißen	167
3.8.5.3.	Abbrennstumpfschweißen	167
3.9.	Gestaltung von Schweißverbindungen	168
3.9.1.	Allgemeines	168
3.9.2.	Gestaltungsregeln	168
3.9.3.	Gestaltung von Schmelzschweißverbindungen	169
3.9.4.	Gestaltung von Punktschweißverbindungen	174
3.10.	Löten	175
3.10.1.	Grundlagen des Lötens	176
3.10.2.	Einteilung der Lötverfahren	178
3.10.3.	Flußmittel; Vakuum; Schutzgas	181
3.10.4.	Lote	182
3.10.5.	Konstruktive Hinweise zur Gestaltung von Lötverbindungen	183
3.11.	Gestaltung von Lötverbindungen	184
3.11.1.	Allgemeines	184
3.11.2.	Gestaltungsregeln	184
3.11.3.	Gestaltung von Blechverbindungen	185
3.11.4.	Gestaltung von Rundverbindungen	186
3.11.5.	Gestaltung von Rohrverbindungen	188
3.11.6.	Gestaltung von Bodenverbindungen	190
3.12.	Metallkleben	191
3.12.1.	Klebstoffe	191
3.12.1.1.	Physikalisch abbindende Klebstoffe	191
3.12.1.2.	Reaktionsklebstoffe	191
3.12.2.	Vorbereiten zum Kleben	192
3.12.3.	Behandeln zur Steigerung der Haftfähigkeit	194
3.12.4.	Nachbehandlung	194
3.12.5.	Herstellen der Klebung	194
3.13.	Gestaltung von Klebverbindungen	196
3.13.1.	Allgemeines	196
3.13.2.	Gestaltung von Blechverbindungen	196
3.13.3.	Gestaltung von Rohrverbindungen	198
3.13.4.	Gestaltung von Rundverbindungen	198
	Ergänzendes und weiterführendes Schriftum	200

4.	Trennen (Spanen; thermisches Abtragen)	201
4.1.	Einführung zum Spanen	201
4.1.1.	Einteilung nach DIN 8589	201
4.1.2.	Technische und wirtschaftliche Bedeutung	202
4.2.	Grundbegriffe der Zerspantechnik	202
4.2.1.	Bewegungen und Geometrie von Zerspanvorgängen	202
4.2.2.	Eingriffe von Werkzeugen	203
4.2.3.	Spanungsgrößen	204
4.2.4.	Geometrie am Schneidteil	204
4.2.5.	Kräfte und Leistungen	206
4.2.6.	Stand- und Verschleißbegriffe	206
4.3.	Grundlagen	207
4.3.1.	Spanbildung	207
4.3.2.	Spanstauchung	208
4.3.3.	Scherwinkelgleichungen	209
4.3.4.	Spanarten	209
4.3.5.	Spanformen	210
4.3.6.	Energieumwandlung beim Spanen	212
4.3.7.	Schneidstoffe	212
4.3.7.1.	Werkzeugstähle	213
4.3.7.2.	Schnellarbeitsstähle	213
4.3.7.3.	Hartmetalle	214
4.3.7.4.	Schneidkeramik	216
4.3.7.5.	Diamant und Bornitrid	218
4.3.8.	Werkzeugverschleiß	218
4.3.9.	Standzeitberechnung und -optimierung	220
4.3.10.	Schnittkraftberechnung	222
4.4.	Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden	223
4.4.1.	Drehen	224
4.4.1.1.	Drehverfahren	224
4.4.1.2.	Drehwerkzeuge	227
4.4.1.3.	Zeitberechnung	229
4.4.2.	Bohren, Senken, Reiben	229
4.4.2.1.	Bohrverfahren	229
4.4.2.2.	Bohrwerkzeuge	232
4.4.2.3.	Zeitberechnung	234
4.4.3.	Fräsen	234
4.4.3.1.	Fräsverfahren	235
4.4.3.2.	Fräswerkzeuge	238
4.4.3.3.	Zeitberechnung	238
4.4.4.	Hobeln und Stoßen	239
4.4.4.1.	Hobel- und Stoßverfahren	239
4.4.4.2.	Hobelwerkzeuge	239
4.4.4.3.	Zeitberechnung	241
4.4.5.	Räumen	241
4.4.5.1.	Räumverfahren	242
4.4.5.2.	Räumwerkzeuge	243
4.4.5.3.	Zeitberechnung	246

4.5.	Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden	246
4.5.1.	Schleifen	246
4.5.1.1.	Grundlagen	247
4.5.1.1.1.	Kinematische Grundlagen	247
4.5.1.1.2.	Schneideneingriff und Schneidenraum	248
4.5.1.1.3.	Schleifkraft und Verschleiß	249
4.5.1.2.	Schleifwerkzeug	249
4.5.1.2.1.	Schleifmittel und Bindung	249
4.5.1.2.2.	Schleifwerkzeuge mit Korund- und Siliciumcarbid-Kornwerkstoffen	251
4.5.1.2.3.	Schleifwerkzeuge mit Diamant- und Bornitrid-Kornwerkstoff (CBN)	254
4.5.1.2.4.	Werkzeugaufspannung	255
4.5.1.2.5.	Abrichten des Schleifwerkzeugs	256
4.5.1.3.	Der Schleifprozeß	259
4.5.1.3.1.	Änderung des Schneidenraums im Schleifprozeß	259
4.5.1.3.2.	Rauheit	260
4.5.1.3.3.	Schleifkraft und Schleifleistung	261
4.5.1.3.4.	Schleiftemperatur und Kühlung	263
4.5.1.3.5.	Schleifscheibenverschleiß	263
4.5.1.3.6.	Besondere Einflüsse verschiedener Einstellgrößen auf das Schleifergebnis	264
4.5.1.3.7.	Mehrstufiger Schleifprozeß	264
4.5.1.3.8.	Kosten	265
4.5.1.4.	Schleifverfahren	266
4.5.1.4.1.	Planschleifen	266
4.5.1.4.2.	Rundschleifen	269
4.5.1.4.3.	Schraubschleifen	273
4.5.1.4.4.	Wälzschleifen	274
4.5.1.4.5.	Profilschleifen	276
4.5.2.	Honen	276
4.5.2.1.	Kinematische Grundlagen	277
4.5.2.2.	Einfluß der Einstellgrößen auf den Honvorgang und das Honergebnis	278
4.5.2.3.	Einfluß des Werkzeugs	280
4.5.2.4.	Einfluß des Werkstücks	281
4.5.2.5.	Einfluß des Kühlschmierstoffs	281
4.5.2.6.	Plateauhonen	282
4.5.2.7.	Meßsteuerung des Honprozesses	283
4.5.3.	Läppen	284
4.5.3.1.	Grundlagen	284
4.5.3.2.	Einfluß von Prozeßgrößen auf das Läppergebnis	285
4.5.3.3.	Läppverfahren	287
4.5.3.3.1.	Planläppen	288
4.5.3.3.2.	Außen- und Innenrundläppen	289
4.5.3.3.3.	Kugelläppen	289
4.5.3.3.4.	Polierläppen	289
4.5.4.	Gleitschleifen	291
4.5.5.	Strahlspanen	293
4.6.	Gestaltung spanend herzustellender Werkstücke	294
4.6.1.	Allgemeines	294
4.6.2.	Gestaltung für das Drehen	294
4.6.2.1.	Form- und Lageabweichungen	294
4.6.2.2.	Gestaltungsbeispiele	295
4.6.3.	Gestaltung für das Bohren, Senken, Reiben	297
4.6.3.1.	Gestaltung von Gewinden	298

4.6.4.	Gestaltung für das Fräsen	299
4.6.5.	Gestaltung für das Hobeln und Stoßen	301
4.6.6.	Gestaltung für das Räumen	301
4.6.7.	Gestaltung für das Schleifen	303
4.7.	Thermisches Schneiden	305
4.7.1.	Autogenes Brennschneiden	305
4.7.1.1.	Verfahrensgrundlagen	305
4.7.1.2.	Thermische Beeinflussung der Werkstoffe	306
4.7.1.3.	Geräte und Einrichtungen	306
4.7.1.4.	Technik des Brennschneidens	311
4.7.1.5.	Schnittflächenqualität und Maßtoleranz	312
4.7.1.6.	Anwendung des Brennschneidens	313
4.7.2.	Plasmaschneiden	314
4.7.2.1.	Verfahrensvarianten	315
4.7.3.	Laserschneiden	317
4.7.3.1.	Verfahrensprinzip	317
4.7.3.2.	Verfahrensmöglichkeiten und Grenzen	319
	Ergänzendes und weiterführendes Schrifttum	320
5.	Umformen	323
5.1.	Einteilung und technisch-wirtschaftliche Bedeutung der Umformverfahren	323
5.2.	Grundlagen der Umformtechnik	325
5.3.	Druckumformen	331
5.3.1.	Walzen	331
5.3.1.1.	Definition und Einteilung nach DIN 8583	331
5.3.1.2.	Verhältnisse im Walzspalt	335
5.3.1.3.	Kraft- und Arbeitsbedarf beim Walzen	338
5.3.2.	Schmieden	339
5.3.2.1.	Freiformschmieden	340
5.3.2.2.	Gesenkschmieden	343
5.3.2.3.	Kraft- und Arbeitsbedarf beim Schmieden	345
5.3.3.	Eindrücken	347
5.3.4.	Durchdrücken	349
5.3.4.1.	Strangpressen	349
5.3.4.2.	Fließpressen	353
5.4.	Zug-Druck-Umformen	358
5.4.1.	Draht- und Stabziehen	358
5.4.2.	Gleitziehen von Rohren	360
5.4.3.	Abstreckziehen von Hohlkörpern	361
5.4.4.	Tiefziehen	363
5.4.4.1.	Zuschnittermittlung beim Tiefziehen	367
5.4.5.	Drücken	369
5.4.6.	Kragenziehen (Bördeln von Öffnungen)	369
5.5.	Zugumformen	370
5.5.1.	Längen	370
5.5.2.	Weiten	370
5.5.3.	Tiefen (Streckziehen)	371

5.5.4.	Blechprüfung zur Kennwertermittlung	372
5.5.4.1.	Tiefungsversuch nach ERICHSEN	372
5.5.4.2.	Näpfchen-Tiefziehprüfung nach SWIFT	373
5.5.4.3.	Beurteilung von Blechen mittels Meßrastertechnik	373
5.6.	Biegen	374
5.6.1.	Einteilung der Biegeverfahren	375
5.6.2.	Biegespannungen und besondere Biegeverfahren	376
5.7.	Schneiden von Blech	377
5.7.1.	Beschreibung des Schneidvorgangs	378
5.7.2.	Schneidkraft	380
5.7.3.	Gestaltung von Schneidwerkzeugen	380
5.7.4.	Vorschubbegrenzungen	382
5.8.	Gestaltung für das Umformen	383
5.8.1.	Gestaltung von Gesenkschmiedestücken	383
5.8.2.	Gestaltung von Tiefziehteilen	389
5.8.3.	Gestaltung von Schnittteilen	390
5.8.3.1.	Werkstoffausnutzung	390
5.8.3.2.	Fertigung	393
5.8.3.3.	Genauigkeit	394
5.8.3.4.	Beanspruchung	395
	Ergänzendes und weiterführendes Schriftum	396
6.	Sachwortverzeichnis	397