

Inhalt

1	Einführung	1
2	Urformen	5
2.1	Urformen durch Gießen	5
2.1.1	Grundbegriffe der Gießereitechnologie	5
2.2	Metallkundliche Grundlagen des Gießens	15
2.2.1	Entstehung der Gussgefüge	15
2.2.2	Stoffzustände	15
2.2.3	Keimbildung und Impfen	17
2.2.4	Kristallformen	19
2.2.5	Erstarrungstypen	22
2.2.6	Isotropes, anisotropes und quasi-isotropes Verhalten von Gusswerkstoffen	23
2.3	Gusswerkstoffe	24
2.3.1	Eisengusswerkstoffe	24
2.3.2	Nichteisen-Gusswerkstoffe	35
2.4	Gießbarkeit	40
2.4.1	Fließ- und Formfüllungsvermögen	41
2.4.2	Schwindung (Schrumpfung)	42
2.4.3	Warmrissneigung	45
2.4.4	Gasaufnahme	47
2.4.5	Penetrationen	48
2.4.6	Seigerungen	49
2.4.7	Fehlerzusammenstellung bei Sandguss	50
2.5	Form- und Gießverfahren	50
2.5.1	Formverfahren mit verlorenen Formen	50
2.5.2	Formverfahren mit verlorenen Formen nach verlorenen Modellen	65
2.5.3	Formverfahren mit Dauerformen	68
2.5.4	Thixoforming	77
2.6	Gestaltung von Gussteilen	78
2.6.1	Allgemeines	78
2.6.2	Gestaltungsregeln	78
2.6.3	Gießgerechte Gestaltung	79
2.6.4	Beanspruchungsgerechte Gestaltung	86
2.6.5	Fertigungsgerechte Gestaltung	88
2.6.6	Normung von Erzeugnissen aus Gusseisen	91
2.6.7	Normung von Erzeugnissen aus Stahlguss	91
2.7	Urformen durch Sintern (Pulvermetallurgie)	92
2.7.1	Pulvermetallurgische Grundbegriffe	92
2.7.2	Pulvererzeugung	93
2.7.3	Presstechnik	94
2.7.4	Sintern	96
2.7.5	Verfahren zum Verbessern der Werkstoffeigenschaften	97
2.7.6	Anwendungen	100
2.8	Gestaltung von Sinterteilen	100
2.8.1	Allgemeines	100
2.8.2	Gestaltungsregeln	100
2.8.3	Werkstoff- und werkzeuggerechte Gestaltung	101
2.8.4	Fertigungs- und fügegerechte Gestaltung	103

2.9	Generative Fertigungsverfahren (Rapid Technologien)	106
2.9.1	Stereolithografie	108
2.9.2	Laser-Sintern und Strahlschmelzen	109
2.9.3	Fused Layer Modeling/Manufacturing (oder Fused Deposition Modeling)	111
2.9.4	Multi-Jet Modeling	112
2.9.5	Poly-Jet Modeling	112
2.9.6	3D-Printing	112
2.9.7	Layer Laminated Manufacturing	113
2.9.8	Masken-Sintern	113
2.9.9	Digital Light Processing	114
2.9.10	Entwicklungen	114
3	Fügen	117
3.1	Das Fügeverfahren Schweißen	117
3.1.1	Bedeutung der Schweißtechnik	117
3.1.2	Das Fertigungsverfahren Schweißen; Abgrenzung und Definitionen	117
3.1.3	Einteilung der Schweißverfahren	118
3.1.4	Hinweise zur Wahl des Schweißverfahrens	121
3.2	Werkstoffliche Grundlagen für das Schweißen	123
3.2.1	Wirkung der Wärmequelle auf die Werkstoffeigenschaften	123
3.2.2	Physikalische Eigenschaften der Werkstoffe	124
3.2.3	Einfluss des Temperaturfeldes	125
3.2.4	Werkstoffbedingte Besonderheiten und Schwierigkeiten beim Schweißen	127
3.3	Schmelzschweißverfahren	133
3.3.1	Gasschweißen (G) (Ordnungsnummer: 311)	133
3.3.2	Lichtbogenhandschweißen (E) (Ordnungsnummer: 111) – Metall-Lichtbogenschweißen	137
3.3.3	Schutzgasschweißen (SG)	160
3.3.4	Unterpulverschweißen (UP) (Ordnungsnummer: 12)	183
3.3.5	Elektronenstrahlschweißen (EB) (Ordnungsnummer: 51)	192
3.3.6	Laserstrahlschweißen (LA) (Ordnungsnummer: 52)	197
3.4	Widerstandsschweißen (Ordnungsnummer: 2)	199
3.4.1	Widerstandspressschweißen	200
3.4.2	Widerstandsschmelzschweißen	211
3.5	Gestaltung von Schweißverbindungen	212
3.5.1	Allgemeines	212
3.5.2	Gestaltungsregeln	212
3.5.3	Gestaltung von Schmelzschweißverbindungen	213
3.5.4	Gestaltung von Punktschweißverbindungen	218
3.6	Löten (Ordnungsnummer: 9)	220
3.6.1	Grundlagen des Löten	220
3.6.2	Einteilung der Lötverfahren	223
3.6.3	Flussmittel; Vakuum; Schutzgas	226
3.6.4	Lote	228
3.6.5	Konstruktive Hinweise für Lötverbindungen	231
3.7	Gestaltung von Lötverbindungen	232
3.7.1	Allgemeines	232
3.7.2	Gestaltungsregeln	232
3.7.3	Gestaltung gelöteter Blechverbindungen	233
3.7.4	Gestaltung gelöteter Rundverbindungen	233
3.7.5	Gestaltung gelöteter Rohrverbindungen	235
3.7.6	Gestaltung gelöteter Bodenverbindungen	237

3.8	Kleben	238
3.8.1	Wirkprinzip des Klebens	238
3.8.2	Vorbehandlung zur Steigerung der Klebfestigkeit	239
3.8.3	Vorbereitung der Klebung	241
3.8.4	Eigenschaften polymerer Werkstoffe	242
3.8.5	Klebstoffarten	243
3.8.6	Herstellung der Klebung	245
3.8.7	Anwendungsbeispiele	246
3.9	Gestaltung von Klebverbindungen	251
3.9.1	Allgemeines	251
3.9.2	Gestaltung geklebter Blechverbindungen	251
3.9.3	Gestaltung geklebter Rohrverbindungen	253
3.9.4	Gestaltung geklebter Rundverbindungen	253
4	Trennen (Zerteilen; Spanen; Abtragen; thermisches Schneiden)	257
4.1	Allgemeines und Verfahrensübersicht	257
4.2	Scherschneiden	257
4.2.1	Beschreibung des Schneidvorgangs	259
4.2.2	Schneidkraft	261
4.2.3	Gestaltung von Schneidwerkzeugen	262
4.2.4	Vorschubbegrenzungen	263
4.3	Spanen	265
4.3.1	Einteilung nach DIN 8589	265
4.3.2	Technische und wirtschaftliche Bedeutung	266
4.4	Grundbegriffe der Zerspantechnik	266
4.4.1	Bewegungen und Geometrie von Zerspanvorgängen	266
4.4.2	Eingriffe von Werkzeugen	267
4.4.3	Spanungsgrößen	268
4.4.4	Geometrie am Schneidteil	268
4.4.5	Kräfte und Leistungen	270
4.4.6	Standzeit- und Verschleißbegriffe	270
4.5	Grundlagen zum Spanen	271
4.5.1	Spanbildung	271
4.5.2	Spanstauchung	272
4.5.3	Scherwinkelgleichungen	273
4.5.4	Spanarten	273
4.5.5	Spanformen	275
4.5.6	Energieumwandlung beim Spanen	276
4.5.7	Schneidstoffe	276
4.5.8	Werkzeugverschleiß	283
4.5.9	Kühlschmierstoffe	284
4.5.10	Hart-, Hochgeschwindigkeits- und Trockenbearbeitung	285
4.5.11	Mikrozerspanung	286
4.5.12	Standzeitberechnung und Standzeitoptimierung	286
4.5.13	Schnittkraftberechnung	289
4.6	Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden	290
4.6.1	Drehen	291
4.6.2	Bohren, Senken, Reiben	296
4.6.3	Fräsen	302
4.6.4	Hobeln und Stoßen	306

4.6.5	Räumen	308
4.6.6	Auswahl spanender Fertigungsverfahren	313
4.7	Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden	317
4.7.1	Schleifen	318
4.7.2	Einsatz von Sensoren in Schleifmaschinen	340
4.7.3	Ansätze zur Miniaturisierung	340
4.7.4	Honen	343
4.7.5	Läppen und Feinschleifen mit Läppkinematik	352
4.7.6	Gleitschleifen	357
4.8	Abtragende Verfahren	358
4.8.1	Thermisches Abtragen	359
4.8.2	Chemisches Abtragen	362
4.8.3	Elektrochemisches Abtragen	364
4.9	Thermisches Schneiden	365
4.9.1	Autogenes Brennschneiden	365
4.9.2	Plasmaschneiden	376
4.9.3	Laserschneiden	378
4.10	Wasserstrahlschneiden	381
4.10.1	Einleitung	381
4.10.2	Verfahrensgrundlagen	382
4.10.3	Einsatz und Anwendung	385
4.11	Gestaltung von Schnittteilen	388
4.12	Gestaltung spanend herzustellender Werkstücke	392
4.12.1	Allgemeines	392
4.12.2	Gestaltung für das Drehen	393
4.12.3	Gestaltung für das Bohren, Senken, Reiben	395
4.12.4	Gestaltung für das Fräsen	398
4.12.5	Gestaltung für das Hobeln und Stoßen	399
4.12.6	Gestaltung für das Räumen	400
4.12.7	Gestaltung für das Schleifen	401
5	Umformen	407
5.1	Einteilung und Vorteile der Umformverfahren	407
5.2	Grundlagen der Umformtechnik	409
5.3	Druckumformen	415
5.3.1	Walzen	416
5.3.2	Schmieden	423
5.3.3	Eindrücken	431
5.3.4	Durchdrücken	433
5.4	Zug-Druck-Umformen	441
5.4.1	Draht- und Stabziehen	442
5.4.2	Gleitziehen von Rohren	445
5.4.3	Abstreckziehen von Hohlkörpern	445
5.4.4	Tiefziehen	447
5.4.5	Drücken	453
5.4.6	Kragenziehen (Bördeln von Öffnungen)	454
5.5	Zugumformen	454
5.5.1	Längen	455
5.5.2	Weiten	455

5.5.3	Tiefen (Streckziehen)	456
5.5.4	Blechprüfung zur Kennwertermittlung	456
5.6	Biegen	459
5.6.1	Einteilung der Biegeverfahren	460
5.6.2	Biegespannungen, Verformungen und Kräfte	461
5.7	Innenhochdruckumformen (IHU)	465
5.7.1	Allgemeines	465
5.7.2	Anwendungsbereiche	465
5.7.3	Bauteil- und Prozessauslegung	467
5.7.4	Anlagen- und Werkzeugtechnik	471
5.7.5	Fertigteilqualität	472
5.7.6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	476
5.7.7	Fertigungsbeispiele	477
5.8	Gestaltung von Umformteilen	478
5.8.1	Allgemeines	478
5.8.2	Gestaltung von Gesenkschmiedestücken	479
5.8.3	Gestaltung von Tiefziehteilen	484
6	Sachwortverzeichnis	489