
Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
	Literatur zu Kapitel 1	4
2	Herstellung von Pulvern	5
2.1	Mechanische Zerkleinerung ohne Phasenumwandlung	6
2.2	Mechanische Zerkleinerung mit Phasenumwandlung	10
2.2.1	Druckluft- und Druckwasserverdüsung	12
2.2.2	Inertgasverdüsung	16
2.2.3	Spezielle Methoden der Dispergierung von Schmelzen	19
2.2.4	Faserherstellung	22
2.3	Trockene Reduktion von Metallverbindungen	24
2.3.1	Reduktion von Eisenoxiden	24
2.3.2	Reduktion von Nichteisenmetallverbindungen	28
2.3.3	Reduktion von Metallverbindungen mit Metallen	31
2.4	Pulvergewinnung durch Elektrolyse	32
2.4.1	Pulvergewinnung aus wässrigen Elektrolyten	33
2.4.2	Schmelzflusselektrolyse	35
2.5	Nasse Reduktion von Metallverbindungen	36
2.6	Spezielle Verfahren der Pulverherstellung	38
2.6.1	Herstellung mikro- und nanokristalliner Feinstpulver durch Verdampfung und Kondensation	39
2.6.2	Pulvergewinnung durch Gasphasenreaktionen	41
2.6.3	Herstellung von Hartstoffpulvern	43
2.6.4	Herstellung von superharten Hartstoffen	44
2.6.5	Pulverherstellung durch chemische Fällung	46
	Literatur für Kapitel 2	47
3	Aufbereitung der Pulver	49
3.1	Klassieren der Pulver	49
3.2	Glühbehandlung von Pulvern	50
3.3	Zugabe von Presshilfsmitteln	51
3.4	Mischen von homogenen und heterogenen Pulvern	53
3.5	Anlegieren und Beschichten von Pulvern	58
3.5.1	Anlegieren von Pulvern	59
3.5.2	Beschichten von Pulvern	61
3.6	Mechanisches Legieren von Pulvern	64

3.7	Granulieren von Pulvern	65
	Literatur zu Kapitel 3	68
4	Prüfung und Charakterisierung der Pulver	71
4.1	Teilchengrößenbestimmung	71
4.1.1	Trennverfahren	72
4.1.2	Sedimentationsverfahren	77
4.1.3	Zählverfahren	80
4.1.3.1	Zählung von Feldstörungen	80
4.1.3.2	Laserstrahlverfahren	81
4.1.3.3	Metallographische Verfahren	83
4.2	Ermittlung der spezifischen Oberfläche	89
4.3	Untersuchung der Mischungsgüte	94
4.3.1	Bestimmung der Mischungsgüte im Makrobereich	96
4.3.2	Kennzeichnung der Mischungsgüte im Mikrobereich	97
4.4	Technologische Prüfmethoden	100
4.4.1	Fließverhalten und Haftfähigkeit	100
4.4.2	Füll- und Klopfdichte	104
4.4.3	Pressverhalten der Pulver	107
	Literatur zu Kapitel 4	109
5	Formgebung der Pulver	111
5.1	Grundlagen und Vorgänge der Verdichtung	111
5.1.1	Pressdruck und Verdichtung	112
5.1.2	Pressen in Formen	114
5.2	Formgebung mit Druckerzeugung bei Normaltemperatur	116
5.2.1	Zweiseitiges Pressen in Matrizen	116
5.2.1.1	Pressen und Werkzeuge	117
5.2.1.2	Doppelpressverfahren und Warmpressen	121
5.2.1.3	Gestaltung und Pressen komplizierter Formteile	122
5.2.2	Isostatisches Pressen	127
5.2.2.1	Nasspressverfahren	128
5.2.2.2	Trockenpressverfahren	129
5.2.3	Walzen von Pulvern	130
5.2.4	Impulspressen	133
5.3	Formgebung mit Druckerzeugung bei erhöhter Temperatur	135
5.3.1	Heißpressen (Drucksintern) und heißisostatisches Pressen	135
5.3.2	Sinterschmieden	139
5.3.3	Strangpressen	141
5.4	Formgebung ohne Druckerzeugung	144
5.4.1	Schlickergießen und nasse Verfahren	144
5.4.2	Pulverspritzgussverfahren	145
5.4.3	Sprühkompaktieren	149
	Literatur zu Kapitel 5	152

6	Sintern, Verfahren und Anlagen	155
6.1	Schutzatmosphären	157
6.1.1	Reine Gase	159
6.1.2	Ammoniak-Spaltgas	162
6.1.3	Über Verbrennung von Kohlenwasserstoffen hergestellte Schutzgase	163
6.1.4	Oxidierende Atmosphären	165
6.1.5	Vakuum	165
6.2	Beheizung der Öfen	166
6.2.1	Heizleiter auf Nickel-Chrom-Basis	167
6.2.2	Heizleiter auf Eisen-Chrom-Aluminium-Basis	167
6.2.3	Siliciumcarbid-Heizelemente	168
6.2.4	Molybdändisilicid-Heizleiter	168
6.2.5	Molybdän- und Wolfram-Heizleiter	168
6.2.6	Graphit-Heizleiter	169
6.2.7	Induktive Beheizung	169
6.2.8	Mikrowellenheizung	170
6.3	Sinteröfen	171
6.3.1	Kontinuierlich arbeitende Sinteröfen	172
6.3.2	Periodisch arbeitende Sinteröfen	179
6.4	Tränken	182
	Literatur zu Kapitel 6	184
7	Prüfung von Sinterwerkstoffen	185
7.1	Dichte, Porosität und Schwindung	187
7.2	Festigkeit, Elastizitätsmodul und Härte	191
7.3	Bruchzähigkeit und -sicherheit	197
7.4	Gefügeuntersuchung von Sinterwerkstoffen	203
7.4.1	Herstellung der Schlifffläche	203
7.4.2	Entwicklung des Gefüges	205
7.4.3	Quantitative Gefügeanalyse	208
8	Formteile aus Sintereisen oder Sinterstahl	215
8.1	Technologische Grundoperationen	219
8.2	Nachbehandlung von Sinterformteilen	228
8.3	Sinterformteile auf Eisenbasis	234
8.3.1	Niedriglegierte Sinterstähle	234
8.3.2	Hochlegierte Sinterstähle	242
8.4	Herstellung und Eigenschaften geschmiedeter Sinterstähle	248
	Literatur zu Kapitel 8	261
9	Sinterwerkstoffe aus Nichteisenmetallen	263
9.1	Kupferbasis-Werkstoffe	264
9.2	Aluminiumbasis-Werkstoffe	271
9.2.1	Sinterformteile aus Aluminium	271
9.2.2	Aluminium-Hochleistungswerkstoffe	275
9.2.3	Aluminiumverbundwerkstoffe	280

9.3	Titanbasis-Werkstoffe	281
9.4	Berylliumwerkstoffe	286
	Literatur zu Kapitel 9	287
10	Hochdichte und hochlegierte Sinterwerkstoffe	291
10.1	Gesinterte Schnellarbeitsstähle und hartstoffangereicherte Eisenbasislegierungen	292
10.2	Pulvermetallurgisch hergestellte Superlegierungen	303
	Literatur zu Kapitel 10	314
11	Gleitwerkstoffe und Sinterlager	317
11.1	Ölgetränkte Sinterwerkstoffe	318
11.2	Poröse Sinterwerkstoffe für Gasschmierung	325
11.3	Metall-Festschmierstoff-Verbundwerkstoffe	326
11.4	Metall-Polytetrafluorethylen-Verbundwerkstoffe	332
11.5	Gleitwerkstoffe auf Stützschaalen	333
11.5.1	Metallische Gleitwerkstoffe	333
11.5.2	Metall-Hochpolymer-Verbundgleitlager	334
11.6	Sintergleitwerkstoffe für hohe Beanspruchungen	337
	Literatur zu Kapitel 11	340
12	Reibwerkstoffe	341
12.1	Reibwerkstoffe für Trockenlauf	342
12.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	342
12.1.2	Herstellung	346
12.1.3	Werkstoffe, Eigenschaften, Anwendung	348
12.1.3.1	Werkstoffe auf Kupferbasis	348
12.1.3.2	Werkstoffe auf Eisenbasis	351
12.1.3.3	Hochleistungswerkstoffe	354
12.2	Reibwerkstoffe für Öllauf	360
12.2.1	Aufbau und Wirkungsweise	360
12.2.2	Herstellung	363
12.2.3	Werkstoffe, Eigenschaften, Anwendung	364
	Literatur zu Kapitel 12	368
13	Hochporöse Werkstoffe und Filter	371
13.1	Filter und durchströmte Werkstoffe	372
13.1.1	Einsatz und Anwendung	372
13.1.2	Prüfung der spezifischen Eigenschaften	374
13.1.3	Herstellung und Eigenschaften	379
13.2	Zellulare metallische Werkstoffe	388
13.2.1	Metallschaum-Treibmittel-Verfahren	389
13.2.2	Metallpulver-Platzhalter-Verfahren	390
13.2.3	Offenzellige Metallschäume	390
13.2.4	Hohlkugelstrukturen	392
13.3	Hochporöse Werkstoffe für Sonderzwecke	393
	Literatur zu Kapitel 13	395

14	Kontaktwerkstoffe	397
14.1	Vorgänge an Kontakten	398
14.2	Werkstoffe auf Basis hochschmelzender Metalle	400
14.2.1	Werkstoffherstellung	401
14.2.2	Sinterwolfram	402
14.2.3	Sintermolybdän und Sinterrhenium	403
14.2.4	Wolfram–Kupfer-Verbundwerkstoffe	404
14.2.5	Wolfram–Silber-Verbundwerkstoffe	406
14.2.6	Wolframcarbid–Silber-Verbundwerkstoffe	407
14.2.7	Kontaktwerkstoffe für Vakuumschaltgeräte	408
14.3	Verbundwerkstoffe auf Silberbasis	411
14.3.1	Werkstoffherstellung	411
14.3.2	Silber–Metalloxid-Verbundwerkstoffe	412
14.3.2.1	Silber–Cadmiumoxid	412
14.3.2.2	Silber–Zinndioxid	415
14.3.2.3	Silber–Zinkoxid- und sonstige Silber–Metalloxid-Werkstoffe	419
14.3.3	Silber–Nickel-Verbundwerkstoffe	419
14.4	Metall–Graphit-Verbundwerkstoffe	422
14.4.1	Silber–Graphit-Verbundwerkstoffe	423
14.4.2	Kupfer–Graphit-Verbundwerkstoffe	424
	Literatur zu Kapitel 14	425
15	Hochschmelzende Metalle und Legierungen	429
15.1	Herstellung von Halbzeugen und Formteilen	431
15.1.1	Sintern von Wolfram, Molybdän und Tantal	431
15.1.2	Weiterverarbeitung der Sinterteile	434
15.2	Anwendungen von Wolfram-, Molybdän- und Tantal- Werkstoffen	442
15.2.1	Hochwarmfeste Bauteile	442
15.2.2	Korrosiver Beanspruchung ausgesetzte Teile	448
15.2.3	Bauelemente der Elektrotechnik und Elektronik	449
15.3	Schwermetalle	456
	Literatur zu Kapitel 15	458
16	Pulver- und Sintermagnete	461
16.1	Pulverkerne	463
16.2	Sintereisenmagnete	468
16.3	AlNiCo-Sintermagnete	473
16.3.1	Herstellung der AlNi Co-Sinterteile	473
16.3.2	Wärmebehandlung, Gefüge und Eigenschaften	476
16.4	Hartmagnete aus intermetallischen Phasen von Seltenerd- und Übergangsmetallen	479
16.4.1	Samarium-Cobalt-Magnete	479
16.4.2	Neodym-Eisen-Bor-Magnete	490
	Literatur zu Kapitel 16	502

17	Hartstoffe und Hartstoffverbunde	505
17.1	Übersicht und Charakterisierung der Hartstoffe	505
17.1.1	Metallische Hartstoffe.	505
17.1.2	Nichtmetallische Hartstoffe	507
17.2	Hartmetalle	510
17.2.1	Bildung des Hartmetallgefüges.	511
17.2.2	Mechanische Eigenschaften von Hartmetallen	514
17.2.3	Herstellung von Hartmetallen	518
17.2.4	Anwendung unbeschichteter Hartmetalle	520
17.2.5	Beschichtung von Hartmetall	525
17.2.6	Hartmetalle mit verändertem Bindemetall oder Häteträger.	530
17.3	Werkzeuge aus superharten Stoffen	532
17.4	Cermets	536
17.4.1	Einflussnahme von Eigenschaften der Komponenten.	537
17.4.2	Anwendung und Entwicklungsaussichten	538
	Literatur zu Kapitel 17	539
	Anhang: Normen	541
	Sachverzeichnis	547