

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>PM-Werkstoffe – ihre Eigenschaften und Anwendungen</b>	<b>1</b>
	H. P. Koch	
1.1	Geschichtliches der Pulvermetallurgie	1
1.2	Bedeutung der Pulvermetallurgie heute	3
1.3	Ordnungssystem der PM-Werkstoffe	5
1.4	Werkstoffe mit gesteuerter Porosität	6
1.4.1	Filter	7
1.4.2	PM-Gleitlager	8
1.5	Weichmagnetische PM-Werkstoffe	10
1.6	PM-Werkstoffe für Bauteile	14
1.6.1	Anwendungen	14
1.6.2	PM-Stähle	14
1.6.3	PM-Nichteisenwerkstoffe	15
1.6.4	PM-Werkstoffe für Verschleißteile	16
1.7	Mechanische Eigenschaften der PM-Stähle	17
1.7.1	Einflußgrößen	17
1.7.2	Werkstoffverhalten bei einachsiger Beanspruchung	18
1.7.3	Werkstoffverhalten bei zyklischer Beanspruchung	22
1.7.4	Schlagwiderstandsverhalten	27
1.8	Ausblick	31
1.9	Literaturverzeichnis	33
<b>2</b>	<b>Herstellung von PM-Bauteilen</b>	<b>34</b>
	G. Schlieper	
2.1	Rohstoffe	34
2.2	Pulveraufbereitung	37
2.3	Formgebung durch Pressen	39
2.4	Sintern	42
2.5	Kalibrieren	46
2.6	Zweifachsintertechnik	46
2.7	Pulverschmieden	48
2.8	Nachbehandlung von PM-Bauteilen	50
2.9	Werkstoffe für PM-Bauteile	52
2.10	Literatur	53

<b>3</b>	<b>Möglichkeiten der Formgebung durch Axialpressen</b>	<b>54</b>
	P. Beiss	
3.1	Einleitung	54
3.2	Verfahrensablauf	54
3.3	Bauteile mit ungleichförmigem Querschnitt	59
3.4	Bauteile mit Schrägen	61
3.5	Pressen von hohen, dünnwandigen Buchsen	63
3.6	Bauteile mit Hinterschneidungen	64
3.6.1	Einfache Hinterschneidungen	64
3.6.2	Schrägverzahnte Zahnräder	66
3.6.3	Querbohrungen	67
3.7	Weiterentwicklung der Pulverpressen.	68
3.8	Grenzen der Matrizenpreßtechnik	70
<b>4</b>	<b>Isostatisches Pressen in der Pulvermetallurgie</b>	<b>72</b>
	W. Betz	
4.1	Das isostatische Pressen und seine Ziele	72
4.2	Die verschiedenen Verfahren	74
4.2.1	Kaltisostatisches Pressen (CIP)	75
4.2.2	Heißisostatisches Pressen (HIP)	76
4.2.3	Verdichten unter atmosphärischem Druck (CAP)	79
4.2.4	Quasiisostatisches Pressen (ROC)	79
4.2.5	Kompaktieren in Granulatschüttung – CERACON-Prozeß	80
4.3	Weitere Einzelheiten über den Verdichtungsprozeß	81
4.3.1	Gummiiform	81
4.3.2	Blechkapsel	81
4.3.3	Keramikkapseln	81
4.3.2	Verdichten vorgeformter Preßkörper	82
4.3.3	Druck-Temperatur-Zeit-Kombination bei verschiedenen Verdichtungsprozessen	83
4.3.4	Verdichtungskinetik	84
4.4	Kapselauslegung	86
4.5	Kombinationspressen	88
4.6	Vorteile des isostatischen Pressens	88
4.6.1	Kaltisostatisches Pressen (CIP)	88
4.6.2	Heißisostatisches Pressen (HIP)	88
4.7	Anwendungsbeispiele	89
4.7.1	Kaltisostatisch hergestellte Bauteile	89
4.7.2	Flanschträger	89
4.7.3	Scheibe	91

<b>5</b>	<b>PM-Spritzgießtechnik – Verfahren, Werkstoff- und Bauteileigenschaften</b>	<b>92</b>
	H. Cohrt	<b>92</b>
5.1	Das Verfahren	92
5.2	Gefüge und Eigenschaften von PM-spritzgegossenen Bauteilen	94
5.3	Pulver und Legierungen des PM-Spritzgusses	96
5.4	Prüfung mechanischer Kennwerte	97
5.5	Werkstoffkennwerte von verschiedenen PM-Spritzguß-Stählen	98
5.5.1	Niedrig legierte PM-Spritzgußstähle	98
5.5.2	Säure- und laugenbeständige PM-Spritzgußstähle	100
5.5.3	Hitzebeständiger PM-Spritzgußstahl X 15 NiCr 25.20	101
5.5.4	Verschleißbeständiger PM-Spritzgußstahl X 210 Cr 12	103
5.5.5	Weichmagnetischer FeSi-Werkstoff	104
5.6	Bauteilgestaltung	104
5.7	Toleranzen	106
5.8	Der PM-Spritzguß im Vergleich mit verschiedenen, konventionellen Fertigungsverfahren	107
5.9	Seriengefertigte PM-Spritzgußteile	108
5.9.1	Hebel für Kfz-Ausrüstung.	108
5.9.2	Teile für Sicherheitsschlösser.	108
5.9.3	Mikrotriebeteile für elektrische Zahnbürsten.	109
5.9.4	Anker für Antriebe von Textilmaschinen	110
5.10	Wirtschaftlichkeit	110
5.11	Literatur	111
<b>6</b>	<b>Wärmebehandlung von PM-Werkstoffen</b>	<b>112</b>
	D. Pohl	
6.1	Wärmebehandlung von PM-Werkstoffen möglich?	112
6.2	Die Wirkung der Poren während der Wärmebehandlung	112
6.3	Vorbehandlung der PM-Bauteile	114
6.4	Verbesserung der Verschleißfestigkeit.	115
6.5	Verbesserung der mechanischen Eigenschaften	117
6.6	Prüfung wärmebehandelter PM-Bauteile	122
6.7	Literatur	123
<b>7</b>	<b>Gesinterte Bauteile mit Mehrfachfunktion</b>	<b>124</b>
	H. P. Koch, D. Pohl	
7.1	Einleitung	124
7.2	Bestimmende Faktoren für die Fügechnik	125
7.2.1	Bauteilgeometrie	125
7.2.2	Bauteildimensionen	125
7.2.3	Werkstoffeigenschaften	126

7.3	Fügeverfahren für PM-Komponenten	127
7.4	Diffusionsfügen	128
7.4.1	Zusammensintern von Preßkörpern	128
7.4.2	Diffusionsfügen von PM-Komponenten mit solchen aus Kompaktwerkstoffen	132
7.5	Schichtverbundpressen	133
7.6	Fügen als getrennter Fertigungsschritt	139
7.6.1	Mechanische Fügeverbindungen	140
7.6.1.1	Fügen durch Ein- oder Aufpressen	140
7.6.1.2	Fügen durch Umformen	142
7.6.2	Thermische Fügeverfahren	143
7.6.2.1	Schweißen	143
7.6.2.2	Fügen durch Löten	149
7.6.3	Fügen durch Kleben	150
7.7	Ausblick	151
7.8	Literatur	151
<b>8</b>	<b>Qualitätskontrolle an PM-Werkstoffen und -bauteilen</b> F. J. Esper	<b>153</b>
8.1	Dichte und ihre Prüfung	153
8.2	Gefügeuntersuchungen	155
8.2.1	Probenpräparatiom	155
8.2.2	Gefügeauswertung	155
8.2.3	Untersuchung mittels Mikrosonde und Rasterelektronen- mikroskop	158
8.3	Oberflächenrauheit	160
8.4	Bestimmung der Härtetiefe (s. auch Kapitel 6)	161
8.5	Chemische Analyse	161
8.6	Funktionsprüfung der PM-Bauteile	162
8.7	Literatur	163
<b>9</b>	<b>Sinterbauteile im Wettbewerb mit sonstigen spanlos genau geformten Bauteilen</b> K. Schekulin	<b>164</b>
9.1	Einleitung	164
9.2	Methodisches Konstruieren	164
9.3	Die verschiedenen konkurrierenden Fertigungsverfahren	165
9.3.1	PM-Technik	165
9.3.2	PM-Spritzgießen (Einzelheiten in Kapitel 5 Pulvermetallur- gisches Spritzgießen)	166
9.3.3	Feinschmieden	166
9.3.4	Kaltfließpressen	167
9.3.5	Feingießen	167

9.3.6	Feinstanzen	168
9.3.7	Zerspanen	168
9.4	Beispiel	168
9.5	Auswahl des richtigen Fertigungsverfahrens	170
9.6	Schlußbemerkung	172
<b>10</b>	<b>Wertanalytische Gesichtspunkte für den Einsatz von PM-Bauteilen</b>	<b>173</b>
	G. Schroedter	
10.1	Grundsätzliche Betrachtungen zur Wertanalyse	173
10.2	Kostenstruktur von PM-Bauteilen – spezifische Besonderheiten	173
10.2.1	Werkstoffe	173
10.2.2	Werkzeugkosten	174
10.2.3	Abschreibungen und Zinsen	174
10.2.4	Verpackung und Versand.	175
10.3	Kostenstruktur vergleichbarer Fertigungsverfahren	175
10.3.2	Einzelteilvergleich	176
10.4	Losgrößenprobleme	179
10.4.1	Das Losgrößenproblem aus der Sicht des Kunden	179
10.4.2	Das Losgrößenproblem aus der Sicht des Herstellers	179
10.5	Zusammenfassung und Ausblick	180
<b>11</b>	<b>Bewährte PM-Bauteile der Praxis</b>	<b>181</b>
	F. Rübenach, H. P. Koch, F. J. Esper	
11.1	Stand der Anwendungsmöglichkeiten von PM-Bauteilen	181
11.2	PM-Bauteile in Kraftfahrzeugen	182
11.2.1	Läuferrad der Rollenzellenpumpe	182
11.2.2	Rastnocken für Schlösser von Sicherheitsgurten in Pkw.	183
11.3	PM-Bauteile für Elektrowerkzeuge [6]	184
11.3.1	Tellerräder für Winkelschleifer	185
11.3.2	Stützscheibe und Schaltring für Schnellspannvorrichtung	186
11.3.3	Kupplungsscheibe für Bohrhammer	189
11.3.4	Zahnräder für Bohrhammer	189
11.3.5	Bohrhammerantrieb für Spannfutter	190
11.3.6	Gleitschiene für Elektrotacker	190
11.3.7	Ritzel für Elektro-Kettensäge	192
11.4	PM-Bauteile aus verschiedenen Anwendungsgebieten.	192
11.4.1	Planetenräder für Fahrrad-Mehrgangnaben [8]	192
11.4.2	Anschlag für Druckmaschine	193
11.4.3	Anschlaghebel	194
11.4.4	Doppelzahnrad	194
11.4.5	Einsatznabe	195
11.5	PM-Bauteile für Garten- und Hausgeräte	196

11.5.1	Kupplungsstück	196
11.5.2	Exzenter	196
11.5.3	Mahlring	198
11.5.4	Kropf für Fleischermesser	198
11.6	Literatur	199

<b>Sachregister</b>	<b>200</b>
---------------------	------------