

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	15
<b>2</b>	<b>Urformen</b>	19
2.1	Urformen durch Gießen	19
2.1.1	Formherstellungs- und Gießverfahren	24
2.1.1.1	Gussteilfertigung mit verlorenen Formen	25
2.1.1.2	Gussteilfertigung mit Dauerformen	37
2.1.2	Schmelztechnik	47
2.1.3	Gestaltung von Gussteilen	51
2.2	Urformen durch pulvermetallurgische Verfahren	54
<b>3</b>	<b>Umformen</b>	57
3.1	Grundlagen der Umformtechnik	57
3.2	Druckumformen	67
3.2.1	Walzen	68
3.2.2	Freiformen	79
3.2.3	Gesenkformen	82
3.2.4	Durchdrücken	86
3.2.5	Eindrücken	89
3.3	Zugdruckumformen	89
3.3.1	Durchziehen	90
3.3.2	Tiefziehen	94
3.3.3	Drücken	96
3.3.4	Weitere Zugdruckumformverfahren	97
3.4	Zugumformen	97
3.5	Biegeumformen	98
3.6	Schubumformen	101
<b>4</b>	<b>Trennen</b>	103
4.1	Systematisierung	103
4.2	Trennen durch Spanen	103
4.2.1	Wirtschaftliche Bedeutung	103
4.2.2	Grundlagen der spanenden Fertigung	106
4.2.2.1	Klassifizierung im Überblick	106
4.2.2.2	Basisgrößen der Zerspan- technik	107
4.2.2.3	Bewegungsvorgänge und Geschwindigkeiten bei der Spanabnahme	107
4.2.2.4	Flächen und Vorschubgrößen	109

5.3.3.4	Flammspritzen mit Pulver . . . . .	222
5.3.3.5	Kunststoff-Flammspritzen . . . . .	223
5.3.3.6	Hochgeschwindigkeits-Flamm- spritzen . . . . .	224
5.3.3.7	Detonationsspritzen (D-Gun- Spritzen) . . . . .	224
5.3.3.8	Lichtbogenspritzen . . . . .	225
5.3.3.9	Plasmaspritzen . . . . .	226
5.3.3.10	Laserspritzen . . . . .	227
5.3.3.11	Drahtexplosionsspritzen . . . . .	227
<b>6</b>	<b>Kunststoffe in der Fertigungstechnik . . . . .</b>	<b>230</b>
6.1	Technische und wirtschaftliche Bedeutung der Kunststoffe . . . . .	230
6.2	Technologie der Kunststoffe . . . . .	232
6.2.1	Polymerisation . . . . .	232
6.2.1.1	Additionspolymerisation als Kettenreaktion (APK) . . . . .	234
6.2.1.2	Additionspolymerisation als Stufenreaktion (APS) . . . . .	234
6.2.1.3	Kondensationspolymerisation (KP) . . . . .	234
6.2.2	Einteilung der Kunststoffe . . . . .	235
6.2.2.1	Thermoplaste . . . . .	236
6.2.2.2	Elastomere . . . . .	239
6.2.2.3	Duroplaste . . . . .	240
6.3	Überblick zur Kunststoffverarbeitung . . . . .	242
6.3.1	Kunststoff-Urformen . . . . .	244
6.3.1.1	Urformen von Thermoplasten . . . . .	245
6.3.1.2	Urformen von Duroplasten . . . . .	245
6.3.1.3	Urformen von Elastomeren . . . . .	245
6.3.2	Das Kunststoff-Umformen . . . . .	246
6.3.2.1	Umformverfahren . . . . .	246
6.3.2.2	Kunststoff-Beschichten . . . . .	248
6.4	Stück- und Fließprozesse . . . . .	249
6.4.1	Extrudieren . . . . .	250
6.4.1.1	Geeignete Kunststoffformmassen . . . . .	250
6.4.1.2	Extruder . . . . .	251
6.4.1.3	Arbeitsprinzip des Extruders . . . . .	254
6.4.1.4	Extrusionswerkzeuge . . . . .	254
6.4.1.5	Koextrusion . . . . .	255
6.4.2	Kalandrieren . . . . .	256
6.4.2.1	Geeignete Kunststoffmassen . . . . .	256
6.4.2.2	Kalanderausführungen . . . . .	257
6.4.2.3	Anlage und Prozess . . . . .	257
6.4.3	Injektionsformen . . . . .	259

	6.4.3.1	Geeignete Kunststoffmassen . . .	261
	6.4.3.2	Verfahren . . . . .	261
	6.4.3.3	Abgrenzung gegenüber dem Standardspritzguss . . . . .	264
6.4.4		Rotationsgießen . . . . .	265
	6.4.4.1	Geeignete Kunststoffmassen . . .	266
	6.4.4.2	Prozess . . . . .	266
6.4.5		Extrusionsblasformen . . . . .	268
6.4.6		Kompressionsformen . . . . .	269
	6.4.6.1	Geeignete Kunststoffmassen . . .	270
	6.4.6.2	Verfahren . . . . .	270
6.4.7		Spritzpressen/Transferpressen . . . . .	271
6.4.8		Umformverfahren . . . . .	272
	6.4.8.1	Geeignete Kunststoffmassen . . .	273
	6.4.8.2	Kaltumformen . . . . .	274
	6.4.8.3	Warm-/Thermoformen . . . . .	274
	6.4.8.4	Verfahren . . . . .	275
6.5		Fertigung von Faserverbundbauteilen . . . . .	276
	6.5.1	Ausgangswerkstoffe . . . . .	276
	6.5.2	Gewebe- und Bindungsarten . . . . .	278
	6.5.3	Herstellverfahren . . . . .	279
	6.5.3.1	Preformverfahren . . . . .	280
	6.5.3.2	Handlaminieren . . . . .	282
	6.5.3.3	Faser-Harz-Spritzverfahren . . . .	283
	6.5.3.4	Prepreg-Niederdruckautoklav- verfahren . . . . .	283
	6.5.3.5	Resin Transfer Moulding- Verfahren (RTM) . . . . .	286
	6.5.3.6	Vakuuminjektionsverfahren . . . .	289
	6.5.3.7	Pressverfahren . . . . .	289
	6.5.3.8	Fiber Placement-Verfahren/ Ablegeverfahren . . . . .	292
	6.5.3.9	Schleuderverfahren . . . . .	293
	6.5.3.10	Fertigungsverfahren für endlos- faserverstärkte Bauteile . . . . .	293
<b>7</b>		<b>Generative Fertigungsverfahren . . . . .</b>	<b>297</b>
	7.1	Stereolithographie . . . . .	300
	7.1.1	Envision Tec . . . . .	301
	7.1.2	3D Systems . . . . .	302
	7.1.3	Objet . . . . .	303
	7.1.4	MicroTec . . . . .	305
	7.2	Lasersintern . . . . .	305
	7.2.1	Selektives Lasersintern – 3D Systems . . . .	307
	7.2.2	Lasersintern – EOS . . . . .	309
	7.2.3	Selective Laser Melting – MCP . . . . .	311

7.2.4	Laser Cusing – Concept Laser GmbH . . . . .	312
7.3	Layer Laminate Manufacturing . . . . .	313
7.3.1	LOM – Cubic . . . . .	313
7.3.2	Paper Lamination Technology – KIRA . . . . .	315
7.3.3	Zippy – Kinergy . . . . .	316
7.4	Fused Layer Modeling . . . . .	317
7.4.1	Fused Deposition Modeling – Stratasys . . . . .	317
7.4.2	Multi-Jet Modeling – 3D Systems . . . . .	319
7.4.3	ModelMaker II – Sanders . . . . .	319
7.5	3D-Printing . . . . .	320
7.5.1	Z-Corp . . . . .	320
7.5.2	Generis . . . . .	322
7.5.3	Direct Shell Production Casting – Soligen . . . . .	323
7.5.4	Extrude Hone . . . . .	324
7.6	Electron Beam Melting – ARCAM . . . . .	324
7.7	RP-gerechte Gestaltung . . . . .	325
7.8	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	326
<b>8</b>	<b>Industrieroboter . . . . .</b>	<b>328</b>
8.1	Einführung . . . . .	328
8.2	Aufgabenfelder . . . . .	332
8.3	Aufbau und Bestandteile von Industrierobotern . . . . .	333
8.3.1	Aufbau . . . . .	334
8.3.2	Kinematiktypen . . . . .	335
8.3.3	Antriebe . . . . .	337
8.3.4	Wegmesssysteme . . . . .	339
8.3.5	Endeffektoren . . . . .	341
8.3.6	Werkstückbereitstellung . . . . .	344
8.3.7	Sensoren . . . . .	346
8.3.8	Steuerung . . . . .	347
8.3.9	Programmierung . . . . .	352
8.3.10	Sicherheitsaspekte . . . . .	355
8.4	Beispielhafte Lösungen . . . . .	356
8.4.1	Werkzeughandhabung . . . . .	356
8.4.1.1	Beschichten . . . . .	357
8.4.1.2	Klebe- und Dichtmittelauftrag . . . . .	357
8.4.1.3	Punktschweißen . . . . .	358
8.4.1.4	Lichtbogenschweißen . . . . .	358
8.4.1.5	Bearbeiten . . . . .	359
8.4.1.6	Montieren . . . . .	359
8.4.2	Werkstückhandhabung . . . . .	360
8.4.2.1	Messen und Prüfen . . . . .	360
8.4.2.2	Kommissionieren/Palettieren . . . . .	360
8.4.2.3	Pressen/Schmieden . . . . .	361
8.4.2.4	Druck-/Spritzguss . . . . .	362
8.4.2.5	Spanende Werkzeugmaschinen . . . . .	362

	8.4.2.6	Sonstige Werkstückhandhabung	363
8.5		Automatisierungsgerechte Gestaltung	363
8.6		Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	365
8.7		Zusammenfassung und Ausblick	366
<b>9</b>		<b>Organisation und Gestaltung von Fertigungsprozessen</b>	<b>368</b>
9.1		Wesen der Produktionsvorbereitung	368
	9.1.1	Begriffe	368
	9.1.2	Aufgaben der technologischen Fertigungsvorbereitung	370
	9.1.3	Allgemeine Regeln und Vorgehensweise	371
9.2		Gestaltung von Fertigungsprozessen für Einzelteile	375
	9.2.1	Schrittfolge bei der Fertigungsprozessgestaltung	375
	9.2.2	Konstruktionsprüfung	376
	9.2.3	Rohteilbestimmung	377
	9.2.4	Inhalte der Fertigungsprozessgestaltung	379
		9.2.4.1 Technische und wirtschaftliche Grundbedingungen zur folgerichtigen Ausarbeitung von Fertigungsprozessen	379
		9.2.4.2 Prinzipieller Ablauf der Prozess-erarbeitung	380
		9.2.4.3 Charakteristische Fertigungsprozesse	381
		9.2.4.4 Hinweise für das Erarbeiten der technologischen Fertigungsunterlagen	384
	9.2.5	Exemplarische Erörterung einiger Arbeitsschritte zur detaillierten Ausarbeitung von Arbeitsgängen	387
		9.2.5.1 Festlegung der Werkzeugmaschine	387
		9.2.5.2 Bestimmung der technologischen Basen	389
		9.2.5.3 Bestimmung der technologischen Arbeitswerte	391
		9.2.5.4 Bestimmung der Fertigungszeiten	394
9.3		Technologischer Variantenvergleich	400
	9.3.1	Entscheidungskriterien	400
	9.3.2	Methoden zum Bestimmen vergleichbarer Kosten von Fertigungsvarianten	402
		9.3.2.1 Zuschlagskalkulation	402
		9.3.2.2 Einzelermittlung indirekter Kosten (Einzelkostenkalkulation)	403

	9.3.2.3	Ermittlung vergleichbarer Kosten mit Hilfe von Stundenkostensätzen	404
9.3.3		Berechnung der technologischen Einzelkosten . . . . .	406
	9.3.3.1	Ermittlung direkt zurechenbarer technologischer Einzelkosten . .	407
	9.3.3.2	Lokalisierung indirekter Einzelkosten . . . . .	408
9.3.4		Grenzstückzahlen (kritische Stückzahlen) von Fertigungsvarianten . . . . .	409
9.3.5		Kosteneinsparungen, Amortisationsdauer .	410
9.3.6		Bestimmung der wirtschaftlichen Losgrößen . . . . .	411
	9.3.6.1	Hauptfaktoren zur Bestimmung der Losgröße . . . . .	412
	9.3.6.2	Methoden zur Bestimmung der Losgröße . . . . .	412
	9.3.7	Bestimmung der Durchlaufzeit . . . . .	413
9.4		Organisationsformen der Fertigung . . . . .	413
	9.4.1	Zeitliche Struktur der Fertigung . . . . .	414
	9.4.2	Räumliche Struktur der Fertigung . . . . .	415
	9.4.3	Besonderheiten der Fertigungsart – dargestellt am Beispiel Fließfertigung . . .	415
	9.4.3.1	Technisch-organisatorische Einheiten der Fließfertigung . . .	415
	9.4.3.2	Berechnung der Taktzeiten . . . . .	416
	9.4.3.3	Ablauf der Taktzeitberechnung . . . . .	418
9.5		Rechnerunterstützte Planung von Fertigungsprozessen . . . . .	418
	9.5.1	Begriffe . . . . .	419
	9.5.2	Ziele und Potenziale durch Rechnerunterstützung . . . . .	420
	9.5.3	Organisation und Planung rechnerintegrierter Betriebsstrukturen . . . . .	421
	9.5.4	Rechnerunterstützte Arbeitsplanung . . . . .	423
	9.5.5	Rechnerunterstützte Produktionsplanung und -steuerung . . . . .	427
		<b>Sachwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>435</b>