

5

Formgebung von Bauelementen durch spanende Fertigung 1

1	Einflussgrößen beim maschinellen Zerspanen mit geometrisch bestimmter Schneide	2
1.1	Technologische Daten und deren Auswirkungen	2
1.1.1	Bewegungen und Geschwindigkeiten	2
1.1.2	Winkel an der Werkzeugschneide	3
1.1.3	Spanarten und Spanformen	3
1.1.4	Schrupp- und Schlichtbearbeitung	5
1.1.5	Schneidenradius	6
1.1.6	Verschleiß, Standzeit, Aufbauschneide	6
1.2	Schneidstoffe und Wendeschneidplatten	7
1.2.1	Schnellarbeitsstahl (HSS)	8
1.2.2	Hartmetalle	8
1.2.3	Beschichtete Schneidstoffe	9
1.2.4	Schneidkeramik	9
1.2.5	Wendeschneidplatten	10
1.3	Kühlschmierstoffe	11
1.3.1	Aufgaben der Kühlschmierstoffe	11
1.3.2	Kühlschmierstoffarten	12
1.3.3	Umgang mit Kühlschmierstoffen	12
1.3.4	Alternativen zur konventionellen Kühlschmierung	13
2	Drehen	14
2.1	Drehverfahren	14
2.2	Arbeitsauftrag	15
2.2.1	Analyse der Einzelteilzeichnung	16
2.2.2	Arbeitsplanung	22
2.3	Drehmaschinen	23
2.3.1	Stütz- und Trageinheit (Maschinenbett)	23
2.3.2	Spindelstock mit Hauptgetriebe und Arbeitsspindel	23
2.3.3	Vorschubgetriebe mit Leit- und Zugspindel	24
2.3.4	Werkzeugschlitten	24
2.3.5	Reitstock	24
2.4	Drehwerkzeuge und deren Auswahl	25
2.4.1	Ecken-, Einstell- und Neigungswinkel	25
2.4.2	Werkzeugauswahl und technologische Daten	26
2.5	Spannmittel	28
2.5.1	Kräfte an Werkzeug und Werkstück	28
2.5.2	Leistungsbedarf	29
2.5.3	Backenfutter	30
2.5.4	Spannen zwischen den Spitzen	31

2.5.5	Spanndorn und Spannzange	32
2.5.6	Setzstock (Lünette)	33
2.6	Spezielle Drehverfahren	33
2.6.1	Kegeldrehen	33
2.6.2	Gewindedrehen	34
3	Fräsen	39
3.1	Fräsverfahren	39
3.2	Arbeitsauftrag	40
3.2.1	Analyse der Einzelteilzeichnung	40
3.2.2	Arbeitsplanung	41
3.3	Fräsmaschinen	42
3.4	Fräsverfahren im Vergleich	42
3.4.1	Stirn-Planfräsen und Umfangs-Planfräsen	42
3.4.2	Gleichlauf- und Gegenlaufräsen	43
3.5	Werkzeugauswahl und Werkzeugeinsatz	45
3.5.1	Planfräsen	45
3.5.2	Stirn-Umfräsen	49
3.5.3	Nutenfräsen	50
3.5.4	Teilen	51
3.5.5	Hochgeschwindigkeitsfräsen	53
3.6	Spannen von Werkzeug und Werkstück	53
3.6.1	Spannen der Werkzeuge	53
3.6.2	Spannen der Werkstücke	55
4	Schleifen	58
4	Schleifen	58
4.1	Schleifkörper	59
4.2	Abrichten	62
4.3	Auswuchten	63
4.4	Sicherheit und Unfallverhütung	63
4.5	Schleifverfahren und Schleifmaschinen	64
5	Kosten im Betrieb	67
5.1	Kostenarten und Zeiten in der Fertigung	67
5.2	Betriebsmittelhauptnutzungszeit	67
5.3	Kostenberechnung	71
5.3.1	Lohnkosten	71
5.3.2	Materialkosten	71
5.3.3	Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten	72
5.3.4	Zuschlagskalkulation	72
5.3.5	Maschinenstundensatz	73

6	Prüftechnik	75
6.1	Passungen und Passungssysteme	75
6.1.1	Passungsarten	75
6.1.2	Passungssysteme	76
6.2	Prüfen von Bauteilen	77
6.2.1	Zeitpunkt des Prüfens und Prüfumfang	77
6.2.2	Prüfen am Fertigteil	78
6.3	Prüfen von Längen	78
6.3.1	Mechanische Messgeräte	78
6.3.2	Pneumatische Längenmessung	80
6.3.3	Elektronische Längenmessung	81
6.4	Prüfen von Gewinden	81
6.5	Optische Form- und Längenprüfung	83
6.6	Prüfen von Oberflächen	84
6.6.1	Oberflächen	84
6.6.2	Oberflächenqualität	84
6.6.3	Gestaltabweichungen	85
6.6.4	Oberflächenqualitäten und Fertigungsverfahren	87
6.6.5	Prüfen von Oberflächen	89
6.6.6	Zusammenhang zwischen Maßtoleranz und Oberflächenbeschaffenheit	91
6.7	Messen mit der Koordinatenmessmaschine	92
6.7.1	Messen von Form- und Lagetoleranzen	93
	7 Cutting by chipping with machines	96
7.1	Safety rules	96
7.2	Turning	96
7.3	Milling	97
7.4	Grinding	97
7.5	Testing of lengths	99

6	Herstellen technischer Teilsysteme des Werkzeugbaus	100
1	Systeme und Teilsysteme des Werkzeugbaus	101
1.1	Systeme und Teilsysteme der Schneid- und Umformtechnik	102
1.1.1	Schneidwerkzeug	102
1.1.2	Biegewerkzeug	114
1.1.3	Tiefziehwerkzeug	121
1.2	Systeme und Teilsysteme der Formentechnik	126
1.2.1	Bereitstellen und Aufbereiten des Produktwerkstoffs für das Spritzgießen	129
1.2.2	Schließen und Zuhalten der Dauerform	130

1.2.3	Füllen des Formhohlraums	132
1.2.4	Erstarren des Spritzgussteils in der Form	134
1.2.5	Öffnen der Form	136
1.2.6	Entformen des Produkts	139
1.2.7	Herstellen von Baugruppen der Spritzgießform	141
1.3	Systeme und Teilsysteme des Vorrichtungs- und Lehrenbaus	146
1.3.1	Vorrichtungen	146
1.3.2	Lehren	152
2	Maschinenelemente und Baugruppen	155
2.1	Führungen an Werkzeugen	155
2.1.1	Gleitführungen	155
2.1.2	Wälzlagerführungen	156
2.2	Lager	157
2.2.1	Gleitlager	157
2.2.2	Wälzlager	158
2.3	Elemente und Baugruppen zur Drehmomentübertragung	159
2.3.1	Drehmoment und Drehmomentübertragung	159
2.3.2	Riementriebe	160
2.3.3	Zahnradgetriebe	163
2.3.4	Welle-Nabe-Verbindungen	170
3	Werkstofftechnik	175
3.1	Werkstoffprüfung	175
3.1.1	Mechanische Prüfverfahren	175
3.1.2	Technologische Prüfverfahren	182
3.1.3	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	183
3.2	Werkzeugwerkstoffe	186
3.2.1	Stähle	186
3.2.2	Hartmetalle für Schneid-, Tiefzieh- und Presswerkzeuge	196
3.2.3	Nichteisenmetalle	197
3.3	Produktwerkstoffe	198
3.3.1	Bleche und Bänder (Flacherzeugnisse)	198
3.3.2	Kunststoffe	199
	4 Manufacturing of technical subsystems in tool making	204
4.1	Tools for primary forming / Systems and subsystems of mould engineering	204
4.2	Tools for cutting and forming	206
4.3	Elements and sub-assemblies for transmission of torque	206

7

Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen 207

1	Aufbau von CNC-Maschinen	208
1.1	Koordinatensysteme	208
1.1.1	Koordinatensysteme an Werkzeugmaschinen	209
1.1.2	Bewegungsdefinitionen	209
1.2	Bezugspunkte im Arbeitsraum der CNC-Maschine	210
1.2.1	Maschinennullpunkt	210
1.2.2	Referenzpunkt	210
1.2.3	Werkstücknullpunkt	210
1.2.4	Werkzeugeinstellpunkt	210
1.3	Konturpunkte an Werkstücken	211
1.3.1	Drehteile	211
1.3.2	Frästeile	211
1.4	Steuerungsarten	212
1.4.1	Punktsteuerungen	212
1.4.2	Streckensteuerungen	212
1.4.3	Bahnsteuerungen	212
1.5	Baueinheiten	213
1.5.1	Hauptantrieb	213
1.5.2	Vorschubantriebe	215
1.5.3	Lage- und Geschwindigkeitsregelkreis	216
1.5.4	Wegmesssysteme	218
1.5.5	Anpasssteuerung	220
1.5.6	Anzeige- und Wiederholgenauigkeit	220
2	Aufbau von CNC-Programmen	222
2.1	Geometrische Informationen (Wegbedingungen)	223
2.1.1	Absolute und inkrementale Maßangabe	224
2.1.2	Polarkoordinaten	225
2.1.3	CNC-gerechte Einzelteilbemaßung	225
2.2	Technologische Informationen	226
2.3	Zusatzinformationen	227
3	CNC-Drehen	228
3.1	Arbeitsplanung	228
3.2	Manuelles Programmieren	230
3.2.1	Nullpunktverschiebung	230
3.2.2	Werkzeugwechsel	230
3.2.3	Drehrichtungen der Arbeitsspindel	231

3.2.4	Eilgang und Vorschubbewegung auf einer Geraden	232
3.2.5	Vorschubbewegungen auf Kreisbögen	233
3.2.6	Schneidenradienkompensation	235
3.2.7	Werkzeugbahnkorrektur	236
3.2.8	Bearbeitungszyklen	236
3.2.9	Konturzugprogrammierung	239
3.2.10	Unterprogrammtechnik	240
3.3	Werkstatororientierte Programmierung	241
3.4	Programmüberprüfung	242
3.5	Einrichten der Maschine	243
3.5.1	Einrichten und Vermessen der Werkzeuge	243
3.5.2	Einrichten der Spannmittel	245
3.6	Zerspanen und Prüfen	246
3.7	Optimierung	246
4	CNC-Fräsen	249
4	CNC-Fräsen	249
4.1	Arbeitsplanung	250
4.2	Manuelle Programmierung	252
4.2.1	Werkstücknullpunkt und Bearbeitungsebene	252
4.2.2	Automatischer Werkzeugwechsel	253
4.2.3	Fräsermittelpunkt-Programmierung	254
4.2.4	Bearbeitungszyklen	254
4.2.5	Programmteilwiederholung	258
4.2.6	Konturprogrammierung	260
4.3	Einrichten der Maschine	263
4.3.1	Spannen des Werkstücks	263
4.3.2	Festlegen des Werkstücknullpunkts	263
4.3.3	Messen der Werkzeuge	264
4.3.4	Einsetzen der Werkzeuge in das Werkzeugmagazin	265
4.3.5	Simulation des Zerspanungsprozesses	266
4.4	Zerspanen, Prüfen und Optimieren	266



5	Manufacturing on computer numerically controlled machine tools	271
5.1	CNC machines	271
5.2	CNC programs	271
5.3	CNC turning	272
5.4	CNC milling	272
5.5	Setting up a machine tool	273

8	Planen und Inbetriebnehmen steuerungs-technischer Systeme	274
1	Elektropneumatik	275
1.1	Führungs- und Haltegliedsteuerungen	275
1.1.1	Elektrische Kontaktsteuerung	276
1.1.2	Relais	276
1.1.3	Anschlussbezeichnungen an Relais	277
1.1.4	Schaltgliedertabelle	277
1.1.5	Verknüpfung von Signalen	278
1.1.6	Speichern von Signalen – Selbsthaltung	279
1.1.7	Funktionsplan	280
1.1.8	Sicherheitshinweise	280
1.2	Ablaufsteuerungen	281
1.2.1	Zeitgeführte Ablaufsteuerung	282
1.2.2	Prozessgeführte Ablaufsteuerung	283
1.2.3	Sicherheitshinweise	286
1.3	Planung und Dokumentation elektropneumatischer Steuerungen	287
1.3.1	Funktionsdiagramme	287
1.3.2	Störungen an Ablaufsteuerungen	290
1.3.3	GRAFCET	292
1.3.4	Programmiermöglichkeiten einer SPS	294
1.4	Betriebsarten	294
1.5	Not-Aus-Einrichtung	295
1.5.1	Sofortiges Einfahren der Zylinder	295
1.5.2	Stillsetzen und Entlüften der Zylinder	295
1.5.3	Stillsetzen und Festsetzen der Zylinder	295
1.6	Sensoren	295
1.6.1	Anschluss und Schaltverhalten von Sensoren	296
1.6.2	Wirkprinzipien und Verwendungszwecke von Sensoren	297
1.6.3	Kenngrößen, Montage und Inbetriebnahme von Sensoren	298
2	Hydraulik	300
2.1	Einsatzgebiete der Hydraulik	300
2.2	Hydraulische Grundlagen	302
2.2.1	Druck und Druckübersetzung	302
2.2.2	Kraftübersetzung	303
2.2.3	Volumenstrom und Strömungsgeschwindigkeit	304
2.2.4	Strömungsverhalten	304
2.2.5	Viskosität von Hydraulikölen	305

	2.3	Hydraulikpumpen	306
	2.4	Hydraulikzylinder	309
	2.5	Steuerung des hydraulischen Energieflusses	310
	2.5.1	Hydraulische Grundsteuerungen	310
	2.6	Leitungen und Verbindungen	316
	3	Pneumatics and Hydraulics	320

9	Herstellen von formgebenden Werkzeugoberflächen	323
1	Hochleistungs- und Hochgeschwindigkeitsfräsen	324
1.1	Hochleistungsfräsen (HPC ¹⁾)	324
1.2	Hochgeschwindigkeitsfräsen (HSC ¹⁾)	327
2	Bearbeiten gehärteter Werkzeugstähle	329
2.1	Präzisions-Hartfräsen	329
2.1.1	Schneidstoff und Schneidengeometrie	330
2.1.2	Stabilität und Rundlauf des Werkzeugs und der Werkzeugaufnahme	330
2.1.3	Werkstückvorbereitung	330
2.1.4	Schnittdaten für das Schlichten und die Restbearbeitung	331
2.1.5	Stabilität und Präzision der Werkzeugmaschine	332
2.1.6	Anforderungen an das CAM-System	332
2.2	Präzisions-Hartdrehen	333
2.2.1	Schneidstoff und Schneidplattengeometrie	333
2.2.2	Stabilität der Werkzeug- und Wendeschneidplattenaufnahmen	334
2.2.3	Stabilität des Werkstücks	335
2.2.4	Stabilität der Spannmittel	335
2.2.5	Stabilität und Präzision der Werkzeugmaschine	335
3	Funkenerodieren	336
3.1	Grundlagen	336
3.1.1	Physikalisches Prinzip	336
3.1.2	Dielektrikum	337
3.2	Senk- und Planetärerodieren	338
3.2.1	Elektrodenkonstruktion, -werkstoffe und -herstellung	340
3.2.2	Einrichten der Senkerodiermaschine	342

3.2.3	Regelung und Überwachungsmechanismen an der CNC-Senkerodiermaschine	344
3.2.4	Planetärerodieren in beliebiger Richtung	345
3.2.5	Abtrag und Elektrodenverschleiß	346
3.2.6	Spülmethoden	347
3.2.7	Randschichtbeeinflussung	348
3.3	Drahterodieren	349
3.3.1	Fertigungssauftrag	350
3.3.2	Spannen des Werkstücks und Festlegen des Werkstückkoordinatensystems	350
3.3.3	Drahtauswahl und -vorspannung	351
3.3.4	Technologische Informationen	353
3.3.5	Planung der Drahtschnitte	354
3.3.6	Aufbau des CNC-Programms	355
3.3.7	Sicherung des Ausfallteils	357
3.3.8	Trennschnitte	357
3.3.9	Konturfehler – Ursachen und Vermeidung	358
3.3.10	Konische Bauteile schneiden	359
3.4	Bohrerodieren	359
3.5	Arbeitssicherheit und Umweltschutz	360
4	Feinbearbeitung	362
4.1	Tuschieren	362
4.1.1	Tuschieren eines Schiebers	362
4.1.2	Tuschieren der Formhälften auf der Tuschiepresse	363
4.1.3	Tuschieren der Schieberverriegelungen	364
4.2	Polieren	365
4.2.1	Strichpolieren	365
4.2.2	Hochglanzpolieren	366
4.2.3	Laserpolieren	367
4.3	Festklopfen	368
4.4	Honen	369
4.4.1	Langhubhonen	369
4.4.2	Kurzhubhonen	371
4.5	Läppen	372
4.6	Feinschleifen	373
4.7	Oberflächenstrukturieren	374
4.7.1	Ätzen	374
4.7.2	Laserstrukturieren	375
5	Beschichten	376
5.1	Hartverchromen	376
5.2	PVD- und CVD-Verfahren	377



6	Manufacturing of formgiving tool surfaces	378
6.1	High-performance cutting (HPC)	378
6.1.1	High-performance and high-speed milling	378
6.1.2	Machining of hardened tool steels	379
6.2	Electrical Discharge Machining (EDM)	379
6.3	Fine machining	380
6.4	Work with words	382

10

Fertigen von Bauelementen in der rechnergestützten Fertigung 383

1	Rechnereinsatz und digitale Daten im Lebenszyklus eines Produkts	384
1.1	Produktlebenszyklus	384
1.2	Rechnergestützte Anwendungen während der Produktentstehung	385
1.2.1	CAD	385
1.2.2	CAE	386
1.2.3	CAP	386
1.2.4	CAM	387
1.2.5	CAQ	387
1.3	Produktdatenmanagement (PDM)	388
1.4	Produkt Lifecycle Management (PLM)	388
2	CAD-Datensätze erstellen	389
2.1	CAD-Modelle im Werkzeugbau	390
2.1.1	Volumenmodell	390
2.1.2	Flächenmodell	390
2.1.3	Hybridmodell	390
2.2	Modellieren eines Spritzgussteils	391
2.2.1	Skizzen erstellen	391
2.2.2	Extrudieren	391
2.2.3	Aushöhlen	392
2.2.4	Rippen erzeugen	392
2.2.5	Konstruktionsverlauf dokumentieren	392
2.2.6	Dome konstruieren	393
2.2.7	Flächen extrudieren	393
2.2.8	Körper trimmen	393
2.2.9	Formschrägen anbringen	393
2.2.10	Übergangsradien gestalten	394
2.3	Zeichnung ableiten	394
2.4	Ableiten der Formplatten aus dem Spritzgussteil	395

2.4.1	Körper skalieren	395
2.4.2	Flächen von Körpern ableiten	395
2.4.3	Verlinken von Konstruktionselementen	396
2.4.4	Baugruppen erstellen	396
2.5	Körper mit Freiformflächen modellieren	397
2.5.1	Splines konstruieren	397
2.5.2	Kurvennetz konstruieren und Freiformfläche modellieren	398
2.5.3	Körper aus Flächen ableiten	398
2.5.4	Freiformflächen prüfen	398
2.6	CAD-Daten austauschen	399
3	CAM	399
3.1	5-Achs-Fräsmaschinen	400
3.1.1	5-Achs-Fräsen mit angestellten Werkzeugen im Positionierbetrieb	402
3.1.2	5-Achs-Fräsen im Simultanbetrieb	404
3.2	Spannsysteme für das 5-Achs-Fräsen	405
3.2.1	Schraubstock	405
3.2.2	5-Achs-Spanner	405
3.2.3	Nullpunktspannsysteme	406
3.3	Werkzeugverwaltung	407
3.4	Erstellen von CNC-Programmen mithilfe von CAM-Systemen	408
3.4.1	Arbeitsplanung	408
3.4.2	CAM-Programmierung für das 3-Achs-Fräsen	408
3.4.3	Postprozessor	410
3.4.4	Fertigungsunterlagen	410
3.4.5	CAM-Programmierung für das 5-Achs-Fräsen	411
3.4.6	Simulationen	415
4	Optische 3D-Messtechnik	416
4.1	Laserscannen	416
4.2	Streifenprojektionsverfahren	416
5	Generative Fertigung	418
5.1	Einteilung der generativen Fertigung	419
5.1.1	Rapid Prototyping	419
5.1.2	Rapid Manufacturing	419
5.1.3	Rapid Tooling	419
5.2	Generative Fertigungsverfahren	419
5.2.1	Extrusionsverfahren	419
5.2.2	Ballistikverfahren	420
5.2.3	Stereolithographie	421

5.2.4	Selektives Lasersintern von Kunststoffteilen	422
5.2.5	Selektives Laserschmelzen von Metallteilen für den Werkzeugbau	423
5.2.6	Hybridverfahren	424
	6 Computer aided production	426
6.1	Computer aided design (CAD)	426
6.2	Fused layer modelling	427
6.3	Working with words	427

11 Herstellen der technischen Systeme des Werkzeugbaus 428

1	Stanz- und Umformtechnik	429
1.1	Systeme zum Verbinden des Werkzeugs mit der Werkzeugmaschine	429
1.1.1	Spannsysteme	429
1.1.2	Spannplatten/-leisten oder Kopfplatte/Grundplatte	432
1.2	Systeme zum Halten und Stützen	432
1.2.1	Druckplatte	432
1.2.2	Stempelhalteplatte	433
1.3	Systeme zum Abstreifen	433
1.4	Systeme zur Führung	434
1.4.1	Werkzeugführungen	434
1.4.2	Stempelführung	437
1.4.3	Werkstückführung/Streifenführung	438
1.5	Positionierung des Werkstücks	440
1.5.1	Interne Systeme	440
1.5.2	Externe Systeme	441
1.6	Begrenzung des Hubs	443
1.7	Systeme zum Speichern von Energie	443
1.7.1	Auswahl und Funktion von Federn	443
1.7.2	Arten von Federn	444
1.8	Systeme für den Materialfluss	446
1.8.1	Systeme zum Zuführen von Werkstoffen	446
1.8.2	Systeme zum Entfernen des Abfalls und des Werkstücks	446
1.9	Hauptsysteme zur Herstellung des Werkstücks/aktive Bauteile	447
1.9.1	Trennen	447
1.9.2	Feinschneiden	453
1.9.3	Biegen	454

1.9.4	Tiefziehen	456	3	Vorrichtungen und Lehren	547	
1.9.5	Prägen (Eindrücken)	458	3.1	Vorrichtungen	547	
1.9.6	Fügen	459	3.1.1	Vorrichtungsarten	547	
1.10	Auslegen und Herstellen von Werkzeugen in der Stanz- und Umformtechnik	462	3.1.2	Positioniersystem	548	
1.10.1	Arten und Auswahl von Werkzeugen	462	3.1.3	Spannsystem	555	
1.10.2	Festlegung der Arbeitsreihenfolge	464	3.1.4	Stützelemente	560	
1.10.3	Festlegung der Lage der Schnittteile im Streifen oder in der Platine (Ausnutzungsgrad des Streifens und Vorschub)	465	3.1.5	Vorrichtungsbaukasten	561	
1.10.4	Auslegung des Werkzeugs	467	3.2	Lehren	565	
1.11	Arten und Funktionen von Umformmaschinen	467	3.2.1	Prüflehren	566	
2	Formentechnik	471	3.2.2	Messaufnahmen	571	
2.1	Spritzgießwerkzeuge	471		4	Manufacturing of technical systems in tool design and construction	575
2.1.1	Formgebungssysteme	471	4.1	Construction plastics	575	
2.1.2	Führungs- und Zentriersysteme	475	4.2	Design of pressure die cast parts	575	
2.1.3	Angusssysteme	476	4.3	Hot runner versus cold runner systems	576	
2.1.4	Temperiersysteme	484	4.4	Work with words	576	
2.1.5	Entformungssysteme	489	12	Inbetriebnehmen und Instandhalten von technischen Systemen des Werkzeugbaus	577	
2.1.6	Sonderwerkzeuge	499	1	Inbetriebnehmen von technischen Systemen des Werkzeugbaus	578	
2.2	Druckgießwerkzeuge	504	1.1	Anforderungen an Produkt, Werkzeug und Prozess	578	
2.2.1	Druckgießprozess	504	1.1.1	Produktanforderungen	578	
2.2.2	Druckgießverfahren	506	1.1.2	Werkzeuganforderungen	578	
2.2.3	Werkzeugaufbau	507	1.1.3	Prozessanforderungen	578	
2.3	Kokillengießwerkzeuge	511	1.2	Bemusterung einer Druckgießform	578	
2.3.1	Handkokille für Schwerkraftgießen	511	1.2.1	Optische Überprüfung	579	
2.3.2	Maschinenkokille für Schwerkraftgießen	512	1.2.2	Rüsten der Druckgießmaschine und Prozessoptimierung	579	
2.3.3	Kippkokillen- und Niederdruck-Kokillengießen	513	1.2.3	Geometrische Überprüfung des Druckgussteils	580	
2.3.4	Schleudergießen	514	1.2.4	Porositätsprüfung des Druckgussteils	580	
2.4	Extrusionswerkzeuge	514	1.2.5	Abnahmeprotokoll	583	
2.4.1	Extrusionsprozess	514	2	Qualitätsmanagement	587	
2.4.2	Voll- und Profilstäbe	514	2.1	Qualitätsbegriff	587	
2.4.3	Rohre und Hohlprofile	516	2.1.1	Produktqualität	587	
2.5	Blasformwerkzeuge	518	2.1.2	Toleranz und Qualität	588	
2.5.1	Blasformprozesse	518	2.1.3	Qualitätsregelkarte	589	
2.5.2	Werkzeugaufbau	519	2.1.4	Dienstleistungsqualität	590	
2.6	Presswerkzeuge für Metall- und Keramikpulver	521	2.1.5	Qualitätsmanagement (QM)	590	
2.6.1	Fertigungsstufen für Sinterteile	521	2.2	Prozessüberwachung	592	
2.6.2	Werkzeugaufbau	522	2.2.1	Ziele der Prozessüberwachung	592	
2.7	Werkzeuge für die Massivumformung	529				
2.7.1	Werkzeuge zum Gesenkformen	529				
2.7.2	Werkzeuge zum Strangpressen	541				
2.7.3	Werkzeuge zum Fließpressen	544				

2.2.2	Sensortypen	592
2.2.3	Erkennbare Fehler/Vorgänge	593
2.2.4	Hüllkurvenprinzip	593
2.2.5	Anwendungsbeispiele	594
3	Instandhalten von technischen Systemen des Werkzeugbaus	596
3.1	Instandhaltungsstrategien	596
3.1.1	Störungsbedingte Instandhaltung	596
3.1.2	Intervallabhängige Instandhaltung	597
3.1.3	Zustandsorientierte Instandhaltung	597
3.2	Wartung und Inspektion	598
3.2.1	Schmierung	598
3.2.2	Korrosionsschutz	598
3.2.3	Inspektionsplan und Werkzeuglebenslauf	598
3.2.4	Inspektions- und Wartungstätigkeiten	601
3.3	Instandsetzung	605
3.3.1	Führungen	605
3.3.2	Schneid- und Umformwerkzeuge instandsetzen	605
3.3.3	Urformwerkzeuge instandsetzen	607
3.3.4	Gesenkformwerkzeuge instandsetzen	609
3.3.5	Schweißen von Werkzeugbauteilen	611
3.4	Verbesserung	614
3.4.1	Werkzeugverbesserungen	614
3.4.2	Prozessverbesserungen	614
	4 Starting-up and maintaining a technical system in tool manufacturing	615
4.1	Quality assurance	615
4.2	Overhauling and maintenance	616

13	Planen und Realisieren technischer Systeme des Werkzeugbaus	617
1	Projektdefinition	618
1.1	Lastenheft	618
1.2	Projektstart beim Auftragnehmer	619
1.3	Kundengespräch	619
1.4	Pflichtenheft	620
2	Projektorganisation und -planung	623
2.1	Personal- und Konfliktmanagement	623
2.1.1	Projektteam	623
2.1.2	Teamuhr	623

2.1.3	Konflikte und deren Bewältigung	624
2.2	Sachmittelmanagement	627
2.2.1	Projektstrukturplan	627
2.2.2	Projektablaufplan	630
2.2.3	Ressourcen- und Kostenplanung	630
3	 Projektdurchführung	632
3.1	Übernahme und Erledigung der Arbeitspakete	632
3.2	Projektüberwachung und -steuerung	635
3.3	Qualitätsmanagement	636
4	 Projektabschluss	636
4.1	Endabnahme	636
4.1.1	Abnahme durch den Hersteller	636
4.1.2	Abnahme durch den Kunden	637
4.1.3	Installation beim Kunden	637
4.1.4	Dokumentationen	638
4.2	Projektbewertung	639
4.2.1	Ergebnisbewertung	639
4.2.2	Prozessbewertung	640
	5 Planning and realizing a technical system	641
5.1	Project management	641
5.2	Work with words	642

14	Ändern und Anpassen technischer Systeme des Werkzeugbaus	643
1	Ändern und Anpassen eines technischen Systems	644
1.1	Änderungen	644
1.1.1	Wissensmanagement	644
1.2	Planung einer Änderung bzw. Anpassung	645
1.2.1	Beschreibung des Systems	646
1.2.2	Analyse der bisherigen Lösung	647
1.2.3	Wirtschaftliche Begründung	648
1.3	Durchführung der Änderung bzw. Anpassung	648
1.3.1	Berechnung der Prozessparameter	648
1.3.2	Vorgaben laut Werkzeug-Pflichten-Heft	653
1.3.3	Auslegung der Normalien	653
1.3.4	Werkzeugkonstruktion	655
1.3.5	Änderungsentwurf	656
1.3.6	Erstellung des Datensatzes	656
1.3.7	Kostenaufstellung	656

	2	Modifying and adapting of a technical system	659
	2.1	Manual instruction of a punching tool for aluminum fixtures	659
	2.2	Work with words	660

		Englisch-deutsche Vokabelliste	661
		Sachwortverzeichnis	680