



Leseprobe

Taschenbuch der Werkzeugmaschinen

Herausgegeben von Klaus-Jörg Conrad

ISBN (Buch): 978-3-446-43855-2

ISBN (E-Book): 978-3-446-43816-3

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-43855-2>

sowie im Buchhandel.

Inhaltsverzeichnis

Werkzeugmaschinen in der Fertigung	25
1 Einführung	26
1.1 Fertigung und Fertigungsverfahren	28
1.2 Einflussgrößen auf Maschinenkonzepte	30
1.3 Bezeichnungen der Werkzeugmaschinen	31
1.4 Anwenderkriterien für Auswahl und Einsatz von Werkzeugmaschinen	31
1.5 Technologische Trends	34
Quellen und weiterführende Literatur	36
2 Prozessorientierung	37
2.1 Organisation	37
2.2 Prozessorientierte Organisation	38
2.3 Prozessmanagement	42
2.4 Ablaufdiagramme und Prozessbeschreibung	46
2.5 Wertschöpfung in Prozessen	49
2.6 Verschwendung in Prozessen	50
Quellen und weiterführende Literatur	51
3 Technische Kapazität	52
3.1 Kapazität von Betriebsmitteln	54
3.2 Kapazität von Menschen	55
Quellen und weiterführende Literatur	56
4 Kostengrundlagen der Werkzeugmaschinen ...	57
4.1 Life Cycle Cost	57
4.2 Gliederung der Kostenarten	58
4.3 Break-Even-Diagramm	60
4.4 Bestimmung der einzelnen Kostenarten	60

4.5	Ablauf einer Kostenrechnung	66
4.6	Standardsituationen	67
	Quellen und weiterführende Literatur	75

5 Fertigungsmesstechnik 76

5.1	Allgemeine Grundlagen der Messtechnik	77
5.1.1	Messtechnische Grundbegriffe	77
5.1.2	Struktur der Messeinrichtung	78
5.1.3	Einheiten und Einheitensystem	81
5.1.4	Messprinzipien, -methoden und -verfahren ..	82
5.1.5	Messabweichung	91
	5.1.5.1 Ursachen für Messabweichungen ...	91
	5.1.5.2 Arten von Messabweichungen	92
	5.1.5.3 Unsicherheitsfortpflanzung	94
5.1.6	Statistische Auswertung	95
	5.1.6.1 Stichprobenkenngrößen	95
	5.1.6.2 Normalverteilung	96
	5.1.6.3 Vertrauensintervalle	99
5.2	Messen geometrischer und mechanischer Größen	100
5.2.1	Längen und Winkelmessung	100
	5.2.1.1 Werkstattmessgeräte	100
	5.2.1.2 Resistive Aufnehmer	101
	5.2.1.3 Induktive und kapazitive Aufnehmer	101
	5.2.1.4 Pneumatische Aufnehmer	103
	5.2.1.5 Inkrementale Aufnehmer	104
5.2.2	Positionsmesssysteme	105
	5.2.2.1 Übersicht angewandeter Messverfahren	105
	5.2.2.2 Funktionsstruktur der Wegmesssysteme	106
	5.2.2.3 Funktion und Eigenschaften verschiedener Messprinzipien	107
	5.2.2.4 Referenzmarken und Code- Messverfahren	113
	5.2.2.5 Ausführungsformen	114
	5.2.2.6 Mehrdimensionale Messungen	115
	5.2.2.7 Auswertung und Datenübertragung .	116
5.2.3	Messen mechanischer Größen	118
	5.2.3.1 Kraftmessung	118
	5.2.3.2 Drehmomentenmessung mit DMS ...	120

	5.2.3.3	Druckmessung	120
	5.2.3.4	Zeit- und Drehzahlmessung	121
5.3		Temperaturmessung	122
	5.3.1	Die internationale Temperaturskala	122
	5.3.2	Widerstandsthermometer	123
	5.3.3	Thermoelemente	124
5.4		Statistische Fertigungsüberwachung	124
	5.4.1	Qualitätsregelkarten	125
	5.4.1.1	Aufbau der Qualitätsregelkarten ...	125
	5.4.1.2	Festlegung der Grenzwerte	126
	5.4.1.3	Beurteilungskriterien	127
	5.4.1.4	Qualitätsregelkarten mit Gedächtnis	128
	5.4.2	Prozessfähigkeitskennzahlen	129
5.5		Prüfmittelüberwachung	130
	5.5.1	Charakteristische Prüfmittelleigenschaften ...	130
	5.5.2	Kalibrierkette (Rückführung)	131
	5.5.3	Gerätespezifische Überwachung	132
	5.5.4	Prüfaufgabenbezogene Überwachung	132
		Quellen und weiterführende Literatur	133

6 Industriedesign und Ergonomie 134

6.1		Einordnung der Gestaltung	134
6.2		Gestalterische Mittel	138
6.3		Gestaltungsansätze	141
6.4		Ergonomie	142
	6.4.1	Aufgaben der Ergonomie bei der Produktentwicklung und -gestaltung	145
	6.4.2	Eigenschaften des Menschen	146
6.5		Beispiele	148
6.6		Zusammenfassung	152
		Quellen und weiterführende Literatur	152

Werkzeugmaschinen – Aufbau und Baugruppen 153

7 Grundlagen 154

7.1		Definition und Klassifizierung der Werkzeug- maschinen	154
7.2		Aufgabe und Anforderungen	156
7.3		Genauigkeitskennwerte	158

7.4	Steifigkeit	160
7.4.1	Statische Steifigkeit	161
7.4.2	Dynamische Steifigkeit	165
7.5	Thermische Stabilität	173
7.6	Prozesssicherheit	175
7.7	Aufbau von Werkzeugmaschinen	176
	Quellen und weiterführende Literatur	177
8	Gestelle	178
8.1	Aufgaben und Anforderungen	178
8.2	Gestellkonzepte	179
8.3	Werkstoffe	182
8.4	Dynamische Zusatzsysteme	184
	Quellen und weiterführende Literatur	184
9	Führungen	186
9.1	Aufgaben und Anforderungen	186
9.2	Hydrodynamische Gleitführungen	188
9.3	Hydro- und aerostatische Gleitführungen	191
9.4	Wälzführungen	195
9.5	Führungsbahnschutz	197
	Quellen und weiterführende Literatur	198
10	Hauptspindel	200
10.1	Aufgaben und Anforderungen	200
10.2	Wälzgelagerte Hauptspindeln	203
10.3	Hydrostatische Spindellagerungen	209
	Quellen und weiterführende Literatur	210
11	Hauptantrieb	211
11.1	Aufgaben und Anforderungen	211
11.2	Antriebsmotoren mit stufenloser Drehzahlregelung ..	212
11.3	Bauarten von Hauptantrieben	217
	Quellen und weiterführende Literatur	220

12	Vorschubantriebe	221
12.1	Aufgabe und Anforderungen	221
12.2	Elektrische Antriebsmotoren	222
12.3	Getriebe in Vorschubantrieben	225
12.4	Lageregelung	229
12.5	Auslegung von Vorschubantrieben	232
	Quellen und weiterführende Literatur	235
13	Positions- und Winkelmesssysteme	236
13.1	Aufgabe und Anforderungen	236
13.2	Messverfahren	238
13.3	Messprinzipien	241
13.4	Schnittstellen	243
13.5	Ausführungsformen	244
	13.5.1 Längenmessgeräte	245
	13.5.2 Winkelmessgeräte	245
	13.5.3 Drehgeber	246
	Quellen und weiterführende Literatur	246
14	Schnittstellen für Werkzeug- und Werkstückspannmittel	247
14.1	Aufgaben und Anforderungen	247
14.2	Schnittstellen für Werkzeugspannmittel	249
14.3	Schnittstellen für Werkstückspannmittel	253
	Quellen und weiterführende Literatur	254
15	Spannmittel	255
15.1	Aufgaben und Anforderungen	255
15.2	Spannmittel für zylindrische Werkzeuge	256
15.3	Spannmittel für Werkstücke mit regelmäßiger Grundgeometrie	258
15.4	Spannvorrichtungen	260
	Quellen und weiterführende Literatur	261

16	Steuerungstechnik	262
16.1	Definition und Abgrenzung	262
16.2	Einteilung von Steuerungen	266
16.3	Speicherprogrammierbare Steuerungen	270
16.3.1	Arbeitsweise der SPS	271
16.3.2	Programmierung einer SPS	272
16.3.3	Zeitverhalten	275
16.4	Numerische Steuerungen	276
16.5	NC-Programme	278
	Quellen und weiterführende Literatur	279
17	NC-Programmiermethoden	281
17.1	Programmierverfahren	281
17.1.1	Manuelle und werkstatorientierte Programmierung	281
17.1.2	Rechnergestützte Programmierung	282
17.2	Fräsen	284
17.2.1	2,5D-Bearbeitung	284
17.2.2	3D-Bearbeitung	286
17.3	Drehen	287
	Quellen und weiterführende Literatur	288
	Werkzeugmaschinen für umformende Fertigungsverfahren	289
18	Umformmaschinen	290
18.1	Umformende Fertigungsverfahren	290
18.2	Aufgaben, Einteilung und Kenngrößen	291
18.3	Pressmaschinen	293
	Quellen und weiterführende Literatur	296
19	Hämmer	297
19.1	Funktionsprinzip und Bauformen	297
19.2	Maschinenkenngrößen	299
19.3	Antriebsarten und Steuerung	300
19.4	Fertigungsaufgaben	301
	Quellen und weiterführende Literatur	302

20	Schwungrad-Spindelpressen	303
20.1	Kenngrößen und Funktionsprinzip	303
20.2	Antriebsbauarten	304
20.3	Einsatzbeispiele	306
	Quellen und weiterführende Literatur	307
21	Mechanische Pressen	308
21.1	Kurbel- und Exzenterpressen	310
21.2	Kniehebel-/Doppelkniehebelpressen	313
21.3	Gelenkpressen	314
21.4	Einsatzgebiete mechanischer Pressen	315
21.5	Mechanische Pressenanlagen und Produktionssysteme	317
21.6	Mehrstufenpressen	321
21.7	Servopressen	322
	Quellen und weiterführende Literatur	327
22	Rundknetmaschinen	328
	Quellen und weiterführende Literatur	330
23	Hydraulische Pressen	331
23.1	Hydraulische Ziehpressen	332
23.2	Hydraulische Pressen für das Tiefziehen mit Wirkmedien	335
23.3	Hydraulikpressen in der Massivumformung	337
23.4	Hydraulische Pressen für die Innen-Hochdruck- Umformung	339
23.5	Strang- und Rohrpressen	343
	Quellen und weiterführende Literatur	344
24	Zieh- und Drückmaschinen	346
24.1	Drahtziehmaschinen	346
24.2	Walzziehmaschinen	348
24.3	Ziehbänke, Profilziehmaschinen	349
24.4	Drückmaschinen	350
	Quellen und weiterführende Literatur	352

25	Walzmaschinen	353
	25.1 Flachwalzanlagen	354
	25.2 Drückwalzmaschinen	356
	25.3 Ringwalzmaschinen	357
	25.4 Querwalzanlagen	358
	25.5 Gewindewalzmaschinen	360
	25.6 Glatt- und Festwalzmaschinen	361
	Quellen und weiterführende Literatur	363
26	Biegemaschinen	364
	26.1 Gesenkbiegepressen	364
	26.2 Schwenkbiegemaschinen	366
	26.3 Blechbiegezentren	367
	26.4 Stanz-Biegeautomaten	368
	26.5 Rundbiegemaschinen	370
	26.6 Profil- und Rohrbiegemaschinen	371
	26.7 Walzprofilier- oder Rollformanlagen	372
	Quellen und weiterführende Literatur	373
	Werkzeugmaschinen für zerteilende Fertigungsverfahren	375
27	Zerteilende Fertigungsverfahren	376
	Quellen und weiterführende Literatur	378
28	Scheren	379
	28.1 Tafelscheren	379
	28.2 Streifenscheren	381
	28.3 Kurvenscheren	382
	28.4 Winkelscheren	383
	Quellen und weiterführende Literatur	383
29	Schneid- und Stanzmaschinen	384
	29.1 Feinschneidpressen	386
	29.2 CNC-Stanzmaschinen	389
	Quellen und weiterführende Literatur	391

30	Laser- und Plasmaschneidanlagen	392
30.1	Laserschneidtechnologien	392
30.2	Laserschneidanlagen	394
30.3	Plasmaschneidanlagen	396
	Quellen und weiterführende Literatur	397

31	Wasserstrahlschneidanlagen	398
31.1	Funktionsprinzip	398
31.2	Aufbau und Systemkomponenten	399
31.3	Programmier- und Bedieneinheit	401
31.4	Einsatzgebiete	402
	Quellen und weiterführende Literatur	403

Werkzeugmaschinen für Werkzeuge mit geometrisch bestimmten Schneiden **405**

32	Drehmaschinen	406
32.1	Allgemeine konstruktive Anforderungen	406
32.2	Aufbau von Werkzeugmaschinen	409
32.3	Konzept zur Drehbearbeitung	411
32.4	Einteilung der Drehverfahren	412
32.5	Berechnungsgleichungen Drehen	413
	32.5.1 Schnittwerte	413
	32.5.2 Schnittkräfte	414
	32.5.3 Leistungen	414
32.6	Informationen über Drehmaschinen	416
32.7	Bauformen und Ausführungen	417
	32.7.1 Bauformen nach Bett und Arbeitsspindel ...	418
	32.7.2 Ausführungen von Drehmaschinen	420
	32.7.3 Drehmaschinen mit Leit- und Zugspindel ...	421
	32.7.4 Universal-Drehmaschinen	422
	32.7.5 Produktionsdrehautomaten	424
	32.7.6 Dreh-Fräsmaschinen	425
	32.7.7 Vertikal-Drehmaschinen	427
	Quellen und weiterführende Literatur	430

33 CNC-gesteuerte Mehrspindel-Drehautomaten .. 432

33.1	Definition von Mehrspindel-Drehautomaten	432
33.2	Prinzipielle Arbeitsweisen von Mehrspindel-Drehautomaten	432
33.3	Typische Einsatzbereiche und Verbreitung dieser Maschinen	433
33.4	Der Übergang von kurvengesteuerten zu CNC-gesteuerten Maschinen	434
33.5	Funktions- und Anwendungserweiterung mit der CNC-Technik	435
33.6	Konzeption moderner CNC-Mehrspindel-Drehautomaten	439
33.7	Arbeitsspindeln und Spindeltrommel	441
33.8	Werkzeugschlitten	443
33.8.1	Aufbau und Antrieb	443
33.8.2	Schlittenführungen	443
33.8.3	Y-Achse	444
33.8.4	Anordnung der Werkzeugschlitten	445
33.9	Schwenksynchronspindel	445
33.9.1	Aufbau	445
33.9.2	Arbeitsweise der Schwenksynchronspindel ..	446
33.9.3	Doppelte Schwenksynchronspindel für die Rückseitenbearbeitung	447
33.10	Werkzeugsysteme	448
33.11	Stangenführungen und Stangenlademagazine	449
33.12	Werkstückhandhabung	451
33.13	Spezifische Steuerung bei CNC-Mehrspindlern	452
33.14	Arbeitsplanung und Programmierung	454
33.15	Ausblick	456
	Quellen und weiterführende Literatur	456

34 Flachbettdrehmaschinen 457

34.1	Bauformen und Ausführungen	457
34.2	Ausstattung der Maschinen	460
34.3	Baugruppen der Flachbettdrehmaschinen	461
34.4	Steuerung und Programmierung	463
34.5	Fertigungsbeispiele	463
34.6	Berechnungsgleichungen und Anhaltswerte	465
	Quellen und weiterführende Literatur	465

35 Drehbearbeitungszentren für Großteile 467

35.1 Bauformen und Ausführungen 467
 35.2 Ausstattung der Maschinen 468
 35.3 Fertigungsbeispiele 469
 Quellen und weiterführende Literatur 471

36 Bohrmaschinen und Bearbeitungszentren 472

36.1 Fertigungsverfahren mit Bohrwerkzeugen 472
 36.2 Bauformen und Ausführungen 473
 36.3 Ausstattungen der Maschinen 475
 36.4 Gantry-Konzept in 3- und 5-Achsen Ausführung 476
 36.5 Produktivität – Effizienz 476
 36.6 Das Konzept der Gantrybauweise 477
 36.7 Bearbeitungszentrum – Technik, Bedienung und Nutzen 478
 36.8 Entwicklung von Bearbeitungszentren 480
 36.9 Grundaufbau Bearbeitungszentrum in Gantrybauweise 481
 36.10 Fahrwerk des Bearbeitungszentrums 482
 36.11 ALZMETALL-Spezifisches-Gantry-Konzept (ASGK) ... 483
 36.12 Schwenk-Dreh-Kombination (SDK) 484
 36.13 Automatischer Werkzeugwechsel 485
 36.14 Fertigungsbeispiele 485
 36.15 CNC-Steuerungen 487
 Quellen und weiterführende Literatur 488

37 Tiefbohrmaschinen 489

37.1 Tiefbohren 489
 37.1.1 Einlippenbohren 490
 37.1.2 BTA (STS)-Bohren 493
 37.1.3 Ejektorbohren 495
 37.1.4 Tiefbohren mit Wendeltiefbohrwerkzeugen .. 496
 37.2 Tiefbohrmaschinen 496
 37.2.1 Standardtiefbohrmaschinen 497
 37.2.1.1 Tiefbohrmaschine für Einlippenbohren 497
 37.2.1.2 Tiefbohrmaschinen zum BTA (STS)-Bohren 500
 37.2.1.3 Tiefbohrmaschine für Ejektorbohren 501

37.2.2	Kühlschmierstoffanlage	501
37.2.3	Steuerung/Prozesskontrolle	503
37.2.4	Automatisierungseinrichtungen	504
	37.2.4.1 Automatischer Werkstückwechsel ...	504
	37.2.4.2 Automatischer Werkzeugwechsel ...	505
37.2.5	Anwendungsspezifische Maschinen	506
	37.2.5.1 Sondermaschinen für Einlippenbohren	506
	37.2.5.2 Sondertiefbohrmaschinen für BTA (STS)-Bearbeitung	508
37.3	Anwendungen der Tiefbohrverfahren	509
	37.3.1 Einlippenbohren	509
	37.3.2 BTA (STS)-Bohren	510
	Quellen und weiterführende Literatur	512

38 Tiefbohrmaschinen für große Bohrdurchmesser 513

38.1	Bauformen und Ausführungen	514
38.2	Ausstattung der Maschinen	516
38.3	Baugruppen der Tiefbohrmaschinen	518
38.4	Steuerung und Programmierung	519
38.5	Fertigungsbeispiele	520
38.6	Berechnungsgleichungen und Anhaltswerte	521
	Quellen und weiterführende Literatur	522

39 Fräsmaschinen 523

39.1	Einteilung der Fräsverfahren	523
39.2	Berechnungsgleichungen Fräsen	526
39.3	Bauformen und Ausführungen	528
	Quellen und weiterführende Literatur	532

40 Universalfräsmaschinen 533

40.1	Steuerungen	533
40.2	Universalmaschinen bis 1000 mm Tischdurchmesser .	534
	40.2.1 Einstiegs-Universalmaschinen	534
	40.2.2 Universalmaschinen	537
40.3	Bettfräsmaschinen	544
40.4	Fahrständermaschinen	548

40.5	Technologieintegration	551
40.5.1	Fräs-Dreh-Technologie	551
40.5.2	Laser-Integration	552

41 Bearbeitungscentren 554

41.1	Steuerungen	554
41.2	Horizontale Bearbeitungscentren (HBZ)	555
41.3	Vertikale Bearbeitungscentren	560
41.4	Tapping Center	565

42 Portalfräsmaschinen 569

42.1	Bauformen und Ausführungen	569
42.2	Ausstattung der Maschinen	572
42.3	Baugruppen	574
42.4	Steuerung und Programmierung	576
42.5	Fertigungsbeispiele	576
	Quellen und weiterführende Literatur	578

43 HSC contra 5-Achsen-Simultanbearbeitung 579

43.1	Begriffsklärung	579
43.2	HSC-Einsatz	580
43.3	HSC-Vorteile	581
43.4	Modifizierte Gantry-Bauweise	581
43.5	Mechanik und Antriebstechnik	583
43.6	CNC-Steuerungen	584
43.7	Programmierung und Software	585
43.8	5-Achsen-Komplettbearbeitung	586
43.9	Fertigungsbeispiele	587
	Quellen und weiterführende Literatur	589

44 Räummaschinen 590

44.1	Räumen	590
44.1.1	Allgemeines	590
44.1.2	Innenräumen	591
44.1.3	Außenräumen	592
44.2	Räumwerkzeuge	593
44.2.1	Allgemeines	593

44.2.2	Berechnungsgleichungen und Anhaltswerte zur Auslegung von Räumwerkzeugen	594
44.3	Bauarten von Räummaschinen	596
44.3.1	Innenräummaschinen	597
44.3.2	Außenräummaschinen	598
44.4	Ausstattungen der Maschinen	599
44.4.1	Innenräummaschinen	599
44.4.2	Außenräummaschinen	600
44.5	Antriebe	601
44.6	Zubehör	602
44.7	Steuerung und Programmierung	603
44.8	Bearbeitungsbeispiele	604
44.8.1	Räumen von Haltern an Scheibenbremsen ...	604
44.8.2	Räumen von Lenkzahnstangen	605
	Quellen und weiterführende Literatur	605

45 Sägemaschinen 607

45.1	Fertigungsverfahren mit Sägemaschinen	607
45.1.1	Bügelsägen	607
45.1.2	Kreissägen	608
45.1.3	Bandsägen	609
45.2	Abgrenzung der Sägeverfahren	611
45.3	Bauformen und Ausführungen	613
45.4	Steuerung und Technologie-Einstellung	617
45.5	Anwendungsorientierte Ausstattung von Sägemaschinen	618
45.5.1	Universalsägen im Werkstatt-Einsatz	618
45.5.2	Trägersägen	618
45.5.3	Mengensägen in der Großserienfertigung	619
45.5.4	Auftragssägen in Industrie und Handel	620
45.5.5	Großbearbeitung	624
45.5.6	Lagertechnik im Sägenumfeld	626
	Quellen und weiterführende Literatur	628

Werkzeugmaschinen für Werkzeuge mit geometrisch unbestimmten Schneiden 629

46 Rundschleifmaschinen 630

- 46.1 Fertigungsverfahren Schleifen 630
- 46.2 Werkzeugsysteme zum Rundschleifen 631
 - 46.2.1 Schleifwerkzeuge 631
 - 46.2.1.1 Aufbau von Schleifscheiben 631
 - 46.2.1.2 Kennzeichnung von Schleifscheiben 633
 - 46.2.2 Abrichtverfahren 634
 - 46.2.3 Kühlschmierstoff 638
- 46.3 Der Schleifprozess 638
 - 46.3.1 Stellgrößen beim Schleifen 639
 - 46.3.2 Prozessgrößen beim Schleifen 640
 - 46.3.3 Ausgangsgrößen beim Schleifen 642
 - 46.3.4 Wirtschaftlichkeit des Schleifens 643
- 46.4 Rundschleifverfahren 645
 - 46.4.1 Außenrundschleifen 646
 - 46.4.2 Innenrundschleifen 647
 - 46.4.3 Spitzenlosschleifen 648
- 46.5 Rundschleifmaschinen 649
 - 46.5.1 Bauarten von Rundschleifmaschinen 650
 - 46.5.1.1 Mechanische Komponenten 650
 - 46.5.1.2 Elektrische Komponenten 651
 - 46.5.2 Fertigungsbeispiele 652
- Quellen und weiterführende Literatur 654

47 Umfangsplan- und Profilschleifmaschinen 655

- 47.1 Einteilung nach DIN 8589, Teil 11 655
- 47.2 Generelle Maschinenanforderungen 657
 - 47.2.1 Führungen 658
 - 47.2.2 Antriebe 658
 - 47.2.2.1 Achsantriebe 659
 - 47.2.2.2 Hauptantriebe 659
 - 47.2.2.3 Messsysteme 659
- 47.3 Spezielle Maschinenanforderungen 661
 - 47.3.1 Einzelteil- und Kleinserienfertigung 661
 - 47.3.1.1 Technologie 662
 - 47.3.1.2 Abrichtverfahren 664

47.3.2	Mittel- und Großserienfertigung	669
47.3.2.1	Technologie	669
47.3.2.2	Abrichtverfahren	670
47.3.3	Anlagen für Massenproduktion	678
47.4	Maschinenkinematiken	680
47.4.1	Supportbauweise	681
47.4.2	Fahrständerbauweise	683
47.4.2.1	Schulterführungsbauweise	683
47.4.2.2	Fahrständer mit Kreuzschlitten	685
47.4.2.3	Fahrständer mit Kreuzschlitten und Rundtisch	685
47.4.3	Auslegerbauweise	686
47.4.4	Schleifzentrum mit Schwenkspindel	687
47.4.4	Portalbauweise	688
47.4.6	Rundtischmaschinen	689
47.4.7	Maschinen zum Plan-Seitenschleifen	690
47.5	Steuerungstechnik	691
47.5.1	Manuelle Maschinen	691
47.5.2	Einfache NC-Maschinen	691
47.5.3	CNC-bahngesteuerte Maschinen	692
47.6	Anforderungen für den Einsatz von hochharten Schneidstoffen	694
47.6.1	CBN-Schleifscheiben mit galvanischer Bindung	695
47.6.2	CBN-Schleifscheiben mit keramischer Bindung	696
47.6.3	CBN-Schleifscheiben mit sonstigen Bindungen	697
47.6.4	Diamantschleifscheiben	697
47.7	Anhaltswerte zum Leistungsbedarf	698
47.8	Zusammenfassung	699
	Quellen und weiterführende Literatur	699

48 Honmaschinen **701**

48.1	Der Honprozess	701
48.1.1	Einleitung	701
48.1.2	Kinematik und Oberflächenentstehung	702
48.2	Langhubhonen	704
48.2.1	Aufbau von Langhubhonmaschinen	704
48.2.1.1	Bauarten	704
48.2.1.2	Hubantrieb und Zustellsysteme	707

48.2.2	Honwerkzeuge und Kühlschmiersysteme	708
48.2.3	Fertigungsaufgaben	710
48.2.3.1	Zylinderlaufbahnen	710
48.2.3.2	Dornhonen von Kurbelwellen- lagerbohrungen	711
48.3	Kurzhubhonen – Superfinishen	712
48.3.1	Aufbau von Kurzhubhonmaschinen	714
48.3.2	Kühlschmiersystem	716
48.3.3	Finishwerkzeuge	717
48.3.3.1	Oszillierende Finishwerkzeuge	717
48.3.3.2	Rotierende Finishwerkzeuge	719
48.3.4	Fertigungsaufgaben	720
	Quellen und weiterführende Literatur	723

	Sachwortverzeichnis	724
--	----------------------------	------------

Vorwort

Das „Taschenbuch der Werkzeugmaschinen“ wurde für die 3. Auflage neu bearbeitet, um die Entwicklung und den Stand der Technik durch neue Beiträge und aktualisierte Kapitel darzustellen.

Neue und bewährte Autoren haben praxisorientiert die Werkzeugmaschinen und die Fachgebiete vorgestellt, die für deren Einsatz in der Produktion sinnvoll sind. Das wesentliche Ziel des Herausgebers und aller Autoren ist eine kurze und übersichtliche Darstellung der Themen mit Beispielen und Anwendungen moderner Werkzeugmaschinen für den Einsatz in der Fertigung.

In diesem Taschenbuch sind natürlich nicht alle Werkzeugmaschinenarten und deren Einsatzmöglichkeiten enthalten. Es bietet aber einen sorgfältig zusammengestellten Überblick der modernen Werkzeugmaschinen mit den Fertigungsverfahren.

Dieses Buch soll Ingenieure, Techniker und Interessierte ansprechen, die insbesondere in den Bereichen Konstruktion, Planung und Fertigung tätig sind. Dazu gehören auch Studentinnen und Studenten aller Hochschularten, um den aktuellen Stand der Technik im Werkzeugmaschinenbau kurz und einprägsam zur Verfügung zu haben.

In diesem Buch sind stets Frauen und Männer gemeint, auch wenn nur die männliche Form zur Übersichtlichkeit verwendet wird.

Das Taschenbuch ist in Bereiche gegliedert, die als Hauptkapitel auf die folgenden Inhalte hinweisen. Das Hauptkapitel Werkzeugmaschinen in der Fertigung enthält Beiträge, die für alle behandelten Bereiche gelten. Das notwendige Grundlagenwissen über den Aufbau und die Baugruppen der Maschinenarten wird im Folgenden Bereich vorgestellt. Die Einteilung der Werkzeugmaschinen erfolgte nach den Fertigungsverfahren, für die diese Maschinen eingesetzt werden. Die Kapitel der Werkzeugmaschinen enthalten auch Fertigungsbeispiele und Erfahrungswerte, um mögliche Einsatzfälle in der Praxis zu erkennen.

Das Fachgebiet Werkzeugmaschinen hat für viele Bereiche der Technik eine besondere Bedeutung. Die Entwicklung neuer Produkte erfordert oft neue Fertigungsverfahren und noch leistungsfähigere Werkzeugma-

schinen einzusetzen. Neue Erkenntnisse und die Entwicklung neuer leistungsfähiger Komponenten in der Steuerungs- und Antriebstechnik sowie in der Spanntechnik und bei den Werkzeugsystemen sorgen für ständige Herausforderungen im Werkzeugmaschinenbau, mit dem Ergebnis neuer, praxisorientierter Maschinenkonzepte.

Der Herausgeber dankt allen Autoren für die gute Zusammenarbeit, ihre Zeit und die Bereitstellung ihres Wissens, die sie durch die Übernahme von Beiträgen geleistet haben. Allen auf den letzten Seiten genannten Unternehmen, die Bildmaterial und Unterlagen zur Verfügung gestellt haben, danke ich ebenfalls. Für die Unterstützung durch Frau Klafki (NAGEL), Frau Leins (INDEX), Frau Lindner (WEILER), Frau März (KASTO) und Frau Matthäi (DECKEL MAHO) sowie durch Herrn Schöpfer (GILDEMEISTER) vielen Dank.

Bedanken möchte ich mich auch bei den Verfassern der Fachliteratur über Werkzeugmaschinen und die behandelten Fachgebiete, von denen viele bewährte Darstellungen als Anregungen dienten.

Besonderer Dank für die sehr gute Zusammenarbeit gilt Frau Ute Eckardt und Frau Katrin Wulst vom Fachbuchverlag Leipzig, die sich sehr engagiert für die Betreuung und die Realisierung dieses Taschenbuches eingesetzt haben.

Anregungen, Hinweise und Stellungnahmen zur Verbesserung des Taschenbuches nehmen der Herausgeber und alle Autoren gern entgegen und werden diese für weitere Auflagen berücksichtigen.

Burgdorf, im April 2015

Klaus-Jörg Conrad

Drehmaschinen sind Werkzeugmaschinen zur Bearbeitung von in der Regel rotationssymmetrischen Werkstücken mit spanenden Fertigungsverfahren. Die Schnittbewegung erfolgt durch die Rotation des Werkstücks. Durch das Verfahren der Werkzeuge mit dem Bettschlitten entstehen die Vorschubbewegungen. Als Fertigungsverfahren sind Drehen, Bohren, Fräsen und weitere je nach Ausstattung der Drehmaschinen nutzbar, um die unterschiedlichsten Werkstücke herzustellen.

■ 32.1 Allgemeine konstruktive Anforderungen

Der Fertigungsprozess auf Werkzeugmaschinen muss höchste Anforderungen erfüllen. Dies gilt nicht nur für die Durchführung des technologischen Verfahrensablaufs, sondern auch für die Steuerung und Organisation des Einsatzes der Werkzeugmaschinen, um eine wirtschaftliche Arbeitsweise sicherzustellen. Außerdem müssen Vorschriften und Gesetze eingehalten werden, die die konstruktive Gestaltung der Maschine beeinflussen [32.1].

Die Funktionen von CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen für Fertigungsaufgaben sind von vielen Einflussfaktoren und Anforderungen abhängig, die ausführlich z. B. von *Weck* oder *Spur* behandelt werden. Unabhängig von der Art des Fertigungsverfahrens sind immer folgende **Anforderungen an Werkzeugmaschinen** nach *Weck* sehr wichtig: [32.2]

- Genauigkeit bei statischer, dynamischer und thermischer Belastung,
- Festigkeitsverhalten der stark belasteten Maschinenteile,
- Sicherheit der Fertigungseinrichtung,
- Umweltverhalten (Geräusche, Staub, Kühlschmierstoffe usw.),
- Automatisierung der Maschinen einschließlich des Materialflusses.

Bild 32.1 enthält eine Übersicht der Anforderungen.

Die **Genauigkeit von Werkzeugmaschinen** hat nach *Spur* als Leitmotiv für eine hohe Produktqualität zentrale Bedeutung. Verformungen an der Bearbeitungsstelle in der Maschine durch das statische, dynamische und thermische Verhalten sämtlicher im Kraftfluss liegender Baugruppen beeinflusst z. B. die Genauigkeit. Aus diesen Maschineneigenschaften ergeben sich die Fertigungsgenauigkeit, die Oberflächengüte der Werkstücke sowie die ausnutzbare Leistung der Maschine und damit die Produktivität. [32.3]

Die Wirtschaftlichkeit der Maschinen wird zum Teil durch das Einhalten der Vorschriften für die Sicherheit und das Umweltverhalten beeinträchtigt. Damit werden aber als Ziele menschenwürdige Arbeitsplätze und geringe Unfallhäufigkeit erreicht.

Der wirtschaftliche Einsatz wird außerdem durch den Grad der **Automatisierung** bestimmt. Die Automatisierung beschränkt sich nicht nur auf den Ablauf des eigentlichen Bearbeitungsprozesses, sondern auch auf die Beschickung der Maschinen. Dazu gehören die Ver- und Entsorgung mit Werkstücken, Werkzeugen und Spänen. Werkzeugmaschinen können ihre Aufgabe als Produktionsmittel nur dann optimal erfüllen, wenn sie unter Berücksichtigung dieser Grundforderungen an die vorgesehenen Fertigungsaufgaben angepasst werden.

Die **Fertigungsaufgabe** ergibt sich aus den Angaben auf den technischen Zeichnungen durch die Konstruktion. Die Kenntnisse und Erfahrungen in der Konstruktion über Werkzeugmaschinen und Produktionstechnik haben entscheidenden Einfluss auf wirtschaftliche Fertigung. Entsprechend der Fertigungsaufgabe und dem gewählten Verfahren sind die den Arbeitsraum bestimmenden Kenngrößen, wie Anzahl und Lage der Bewegungsachsen sowie die funktionalen Eigenschaften der Bearbeitungseinheiten festzulegen. Die geforderte Genauigkeit und Oberflächengüte der Werkstücke muss durch die Auslegung der Werkzeugmaschine gewährleistet sein. Die Vielfalt der Bearbeitungsaufgaben und die Losgrößen bestimmen die Art und den Grad der Automatisierung.



Bild 32.1 Werkzeugmaschinen - Anforderungen und Einflussgrößen [nach 32.1]

■ 32.2 Aufbau von Werkzeugmaschinen

Die Werkzeugmaschinen müssen zur Formgebung der Werkstücke die **Relativbewegungen** zwischen Werkzeug und Werkstück ermöglichen. Die Steuerung der Relativbewegungen kann manuell oder automatisch erfolgen. Die Relativbewegung als wichtigste Funktion der Werkzeugmaschinen kann aufgeteilt werden in Hauptbewegung und Vorschub- bzw. Zustellbewegung. Am Beispiel einer Drehmaschine im Bild 32.2 wird das System Werkzeugmaschine mit typischen Baugruppen vorgestellt. [32.1]

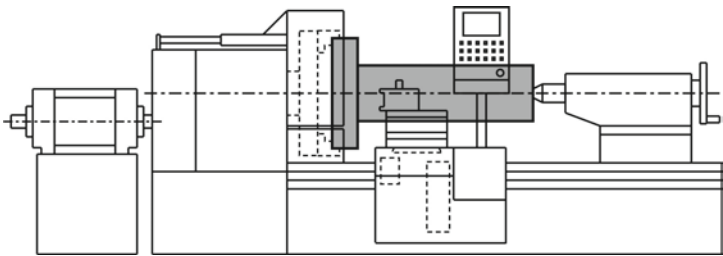


Bild 32.2 CNC-Drehmaschine; vereinfachte Darstellung (nach Fa. Wohlenberg) [32.1]

Es müssen Baugruppen vorhanden sein, die die entsprechenden Bewegungen unter Aufnahme von Kräften ermöglichen und es sind geeignete Antriebe erforderlich. Die Antriebe und alle Hilfsfunktionen müssen gesteuert werden. Alle Baugruppen werden in der Regel auf einem Gestell angeordnet und ergeben eine transportierbare Einheit Werkzeugmaschine.

Bei der in Bild 32.2 dargestellten Drehmaschine handelt es sich um eine **Spitzendrehmaschine** für große Werkstückdurchmesser und Werkstücklängen mit entsprechenden Werkstückgewichten. Diese Drehmaschine wird als **Modularsystem** mit Standardbaugruppen für alle erforderlichen Werkstücke und Bearbeitungsaufgaben eingesetzt.

Die Analyse der Drehmaschine führt zu der vereinfachten **Systemdarstellung** im Bild 32.3, die zur Erklärung alle wesentlichen Baugruppen enthält, wie Hauptantrieb, Spindelkasten, Reitstock, Bett, Bettschlitten, Werkstückspannmittel, Werkzeugsystem, Vorschubantriebe, Messsysteme und CNC-Steuerung. Alle diese Teilsysteme sind um den Arbeitsraum $D \times L$ als Kernbereich jeder Werkzeugmaschine angeordnet.

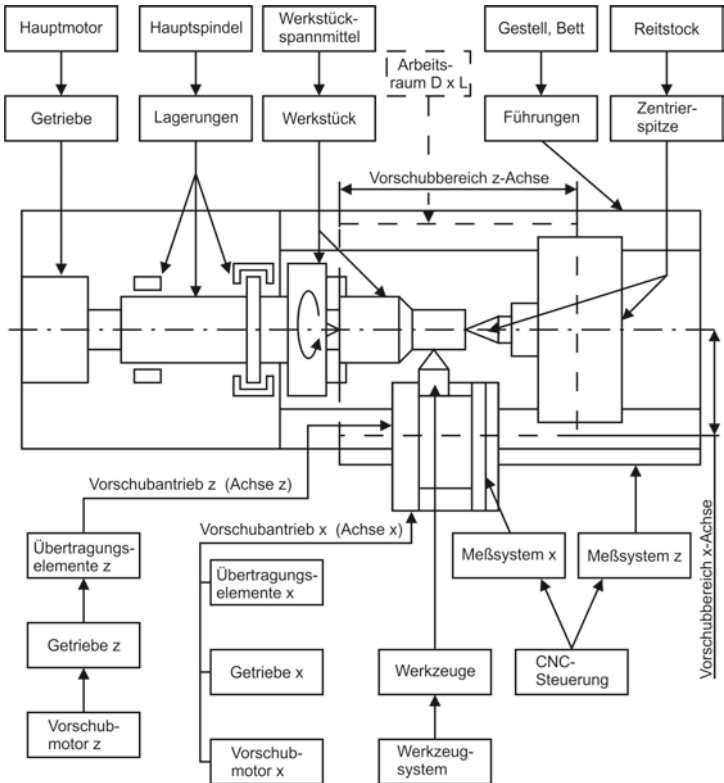


Bild 32.3 Systemdarstellung einer CNC-Drehmaschine (vereinfacht) [32.1]

Die **Hauptbewegung** wird bei spanenden Werkzeugmaschinen Schnittbewegung genannt und ist bei einer Drehmaschine die Drehbewegung der Hauptspindel mit dem eingespannten Werkstück. Die Vorschub- und Zustellbewegungen erfolgen als Längsbewegung in der Achse Z und als Quer- oder Planbewegungen in der Achse X, um das am Bettschlitten eingespannte Werkzeug zu bewegen. Für jede Achse sind Positionsmesssysteme vorhanden.

Als **Arbeitsraum** wird der Bereich bezeichnet, in dem diese Bewegungen entsprechend der Auslegung der Vorschubachsen wirksam werden können. Bei Dreh- und Rundschleifmaschinen ist er zylindrisch, bei Maschinen zum Fräsen und Bohren meist quaderförmig.

Die schematische Darstellung der wichtigsten Baugruppen ist durch getrennte Haupt- und Vorschubantriebe gekennzeichnet, die heute bei Werkzeugmaschinen mit CNC-Steuerungen üblich sind.

■ 32.3 Konzept zur Drehbearbeitung

Die Bearbeitung von Werkstücken auf Drehmaschinen erfolgt mit Komponenten, die entsprechend dem Stand der Technik von den Herstellern der Werkzeugmaschinen entwickelt und angeboten werden. In der Fertigung sind für den Einsatz der Drehmaschinen Konzepte für einen wirtschaftlichen Einsatz zu entwickeln. Bild 32.4 zeigt ein **Konzept zur Drehbearbeitung** mit Komponenten nach *Koschnick*.

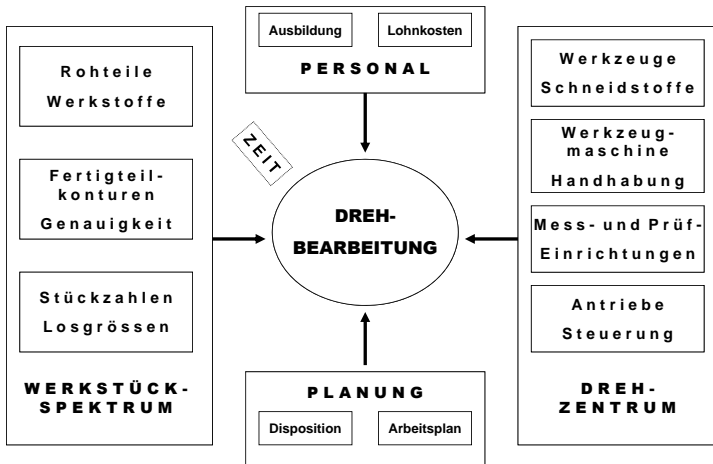


Bild 32.4 Konzept zur Drehbearbeitung mit Komponenten (Koschnick [32.4])

Sachwortverzeichnis

Symbole

2,5D-Bearbeitung 284
3-Achsen-Bearbeitung 586
3-Achs-Transfer 326
3D-Laseranlagen 395
3D-Programmierung 286
3D-Schneidkopf 399
3-Walzen-Rundbiegemaschine 370
4-Säulen-Pressen 340
5-Achsen-Fräsen 579
5-Achsen-NC-Programmierung 586
5-Achsen-Simultanbearbeitung 585
5-Achs-Simultanbearbeitung 426
6-Achs-Roboter 451

A

Abbesches Prinzip 91, 241
Abdichtung 337
Abgassystem 341
Abkantpressen 365
Ablaufdiagramme 46
Ablauforganisation 38
Ablaufplan 273
Ablaufsteuerung 269
Abrasivsand 401
Abrasivzusatz 398
Abrichtblock 635
Abrichten 634
- kontinuierliches 671
Abrichtgerät 652
Abrichtspindeln 652
Abrichttechnik 666, 675
Abrichtverfahren 664, 670
Abrichtwerkzeuge
- stehende 635
Abschreibungen 63

Absenkeinrichtung 399
Absolutwertgeber 244
Abstrecken 332
Abstreifer 197
Abtastrate 237
Abtastung 88
- fotoelektrische 241
- induktive 243
- magnetische 243
Abwasserleitung 401
AC-Digitalantriebe 575
Achsantriebe
- elektrische 443
Al-Legierungen 342
Aluminiumfolie 355
Anbohrführung 498
Andrehsupporte 518
Andrückkraft 362
Anfasen 397
Anforderungen an Werkzeugmaschinen 406
Anforderungen der Märkte 416
Anhaltswerte 465
Anhaltswerte Tiefbohren 521
Anmutung 142
Anpasssteuerung 270
Antriebsbauart 312
Anweisungsliste 272
Anwesenheitszeit 61
Anziehungskraft 224
Arbeitsbewegung 293
Arbeitsergebnis 157, 165
Arbeitsgenauigkeit 158
Arbeitshub 303, 304
Arbeitskosten 60
Arbeitsraum einer Drehmaschine 418
Arbeits spindle 441
Arbeitsvermögen 297, 299

Arbeitswalzen 354
 arithmetisches Mittel 95
 Asynchrone Steuerung 269
 Asynchronmotor 214
 Aufbauorganisation 38
 Aufbohren 513
 Auffahrsicherung 584
 Auffederung 299, 309
 Aufnehmer 80, 343
 Aufsteckfräserdorn 257
 Ausbringung 323
 Ausführungen 417
 Ausgangsgrößen 642
 Ausgespanntheit 141
 Ausgewogenheit 140
 Auskammern 510
 Auslegung
 - überkritische 168
 - unterkritische 168
 Ausschlagmethode 83
 Ausschneiden 377
 Ausschuss 59
 Außenläufermaschine 328
 Außenräumen 592
 Außenräumwerkzeuge 593
 Außenrund-Formschleifen 647
 Außenrundscheifen
 - spitzenloses 648
 Außenrund-Umfangs-Längsschleifen
 646
 Außenrund-Umfangs-Querschleifen
 647
 Außenrund-Umfangs-Schälsschleifen
 646
 Außenrund-Umfangs-Schrägschleifen
 647
 Außenstößel 333
 Auswuchtgüte 252
 Automatisierung 32, 407
 Automatisierungseinrichtungen 504
 Automatisierungsgrad 321, 367, 614
 Autorendesign 137
 Axialfehler 248
 Axialvorschub-Querwalzen 360
 Axialwalzen 358

B

Backenfutter 258
 Bahngenaugigkeit 231
 Bajonett-Schnellverschluss 253
 Bandabwicklung 381
 Bandsägemaschinen 609, 610, 614
 Bandsägen 609
 Bandsäge-Werkzeuge 609
 Bandvorschub 381
 Bär 293
 Bärführung 300
 Bauformen 417, 418, 457
 Bauformen der Fräsmaschinen
 528
 Bauhaus 134
 Beanspruchung 161
 - dynamische 360
 Bearbeitungszentren 31, 364, 531,
 554, 581
 Bearbeitungszentren in Gantry-
 bauweise 475
 Bedienoberflächen 692
 Bedienpulte 518
 Bedientafel 461
 Belastungs-Beanspruchungs-Konzept
 146
 Belastungsgrößen 413
 Belegungsgrad 54
 Belegungszeit 54
 Bemessungsdrehmoment 213
 Bemessungsdrehzahl 213
 Bemessungsleistung 213
 Berechnungen 413
 Berechnungen beim Fräsen 526
 Beschleunigungsmoment 232
 Beschnitt 382
 Betriebsarten 216
 Betriebsmittelkosten 62
 Bettbauweise 179
 Bettfräsmaschinen 544
 Bewegungen der Sägemaschine
 - mechanische 616
 Bezugstemperatur 122
 Biegefingerring 371

Biegehilfe 366
Biegekopf 372
Biegemaschinen 364
Biegen 364
– zentrales 368
Biegeoperationen 364
Biegeradius 366
Biegestation 368
Biegestempel 364
Biegezwinge 364
Biegewinkel 366
Biegezelle 367
Biegezentrum 367
Bindung
– galvanische 633
Bindungen 632
– keramische 633
– metallische 632
Blechbauteile 384
Blechhalter 314
Blechplatine 336
Blechringe 382
Blechstreifen 381
Blechumformung 290
Block 343
Blockbandsäge-Maschinen 625
Bodediagramm 167
Bodenreißer 333
Bohrbuchsenträger 498
Bohren 472
Bohrölzuführapparat (BOZA) 493
Bohrrohr-Führungslager 518
Bohrrohr-Klemmlager 518
Bohrstangen-Klemmlager 460
Bohr- und Fräsmaschinen 530
Bohrverfahren 524
Bombiereinrichtung 366
Box-in-Box-System 482
Braun 134
Break-Even-Diagramm 60
Break-Even-Punkt 60
Bremsenergie 300
Bremsgerüst 382
Brennschneiden 394
Bruttoentgelt 61

BTA (Boring and Trepaning
Association)-Bohren 489
BTA-Verfahren 513
BTA-Werkzeugen 493
Bügelsäge-Verfahren 607

C

CAD-Daten 401
Camlock-Schnellverschluss 253
CAM-System 282
Capto-Schnittstelle 251
CBN 694
CBN-Schleifscheiben 644
– galvanisch einschichtig belegte
644
C-Gestell 309
Closed Loop 238
CNC 276
CNC-Bahnsteuerungen 487
CNC-Bohr-/Fräsmaschinen 581
CNC-Drückzentrum 351
CNC-Maschine 155
CNC-Stanzmaschinen 378
CNC-Steuerungen 519, 617, 584
CNC-Teileprogramm 453
Coil 321
Compact Crossbar 319
Cray-Code 114
Crossbar-Feeder 320
Crossbar-Roboter 320
Crossbar-Transfersystem 318
Crushieren 637

D

Dämpfung 193, 195
Dämpfungseigenschaften 574
Dämpfungsmaß 168, 173, 230
Dämpfungsmaßnahmen 169
Definition für Werkzeugmaschinen
155
Dehnmessstreifen 118
Deutscher Kalibrierdienst 131
Diamant 694

Diamant-Profilrolle 670
 Differenzmethode 90
 Direktantrieb 304, 331
 Distanzhülsen 381
 DMS-Halbbrücke 119
 DMS-Vollbrücke 119
 Doppel-Dreispieler 438
 Doppelkammeranordnung 224
 Doppelkniehebelpressen 314
 Doppelteile 318
 Doppel-Vierspieler 438
 Dorn 343
 Dornhonen 711
 Draht-DMS 118
 Drehbearbeitungszentren 467
 Dreh-Fräz-Zentren 31
 Drehmaschinen 406, 413, 416, 417
 - programmgesteuerte 420
 Drehmoment 120
 Drehrichtungsumkehr 324
 Drehstromservoantrieb 461
 Drehstromservomotoren 518
 Drehtische 572
 Drehverfahren 412
 Drehzahl
 - biegekritische 202, 226
 Drehzahlkennwert 207, 226
 Drehzahlmessung 121
 Dreirollen-Biegemaschine 371
 Druck 120
 - hydrostatischer 335
 Druckaufbau 341
 Druckberührzeiten 301
 Druckeigenspannungen 362
 Drücken 346
 Druckraum 335
 Drückrolle 346
 Druckspeicherantrieb 331, 387
 Druckstange 310
 Druckstößel 328
 Druckübersetzer 340
 Druckübersetzung 400
 Drückwalzmaschinen 353, 356
 Druckwärmberührzeit 326
 Drückwerkzeug 351

Dual-Code 114
 Duogerüst 354
 Durchflussrichtung 332
 Durchlaufverfahren 328, 360
 Durchziehen 346
 Dynamik 223

E

Edelstahl 394
 Effektivität 39
 Effizienz 39
 E-Gestell 309
 Eigenfrequenz 168, 171, 202, 223,
 230, 234
 Eigenkreisfrequenz 168
 Eigenschaften des Menschen 146
 Eigenspannungen 182
 Einbauraum 340
 Eingaben 40
 Eingriffsgrenze 125
 Einheitensystem
 - internationales 81
 Einlippenbohren 489
 Einlippenbohrer 491
 Einmassenschwinger 166
 Einstechverfahren 328, 359
 Einstellgrößen 413
 Einstellzeit 92
 Einstiegs-Universalmaschinen 534
 Einzelmaschinen 31, 317
 Einzugskraft 248
 Einzweckmaschinen 31
 Ejektorbohren 489, 495
 EJEKTOR-Verfahren 513
 Elastomermembran 336
 EMO 417
 Emulsionen 638
 Energiekosten 65
 Energieverbrauch 59
 Engpass Maschine 52
 Engpass Mensch 52
 Entgeltgruppen 61
 Entgeltnebenkosten 61
 Ergebnisse 41

Ergonomie 141, 144
 Erregerfrequenz 165
 Erwartungswert 95
 Exzenterpressen 310
 Exzenterwelle 321

F

Fähigkeit eines Prozesses
 - potentielle 129
 - tatsächliche 129
 Fahrständerbauweise 683
 Fahrständermaschinen 548
 Fanuc 576
 Faserverbundwerkstoffe 402
 Feature 284
 Feeder 320
 Feederautomation 320
 Fehler
 - kleinste 95
 - systematische 83
 Feiertage
 - gesetzliche 54
 Feinschneiden 326, 386
 Feinschneidpressen 378
 Feinstdrähte 348
 Feldstellbereich 213
 Fertigungsbearbeitung 573
 Fertigung 28
 - endkonturnahe 318
 Fertigungsaufgaben 407, 416, 417,
 710, 720
 Fertigungsgenauigkeit 158
 fertigungsgerecht 142
 Fertigungskapazität 52
 Fertigungsmesstechnik 76
 Fertigungsprozess 28, 34
 Fertigungstechnik 28
 Fertigungsverfahren 28
 Fertigtziehen 349
 Festigkeit 160
 Festkörperlaser 392
 Festkörperreibung 189
 Fest-Los-Lagerung 203
 Festwalzen 361
 Festwalzmaschinen 362
 Fettschmierung 207
 Finishtopfscheibe 719
 Finiten Elemente 164
 Flachbackenwerkzeug 360
 Flachbettbauweise 180
 Flachbettdrehmaschinen 457
 Flachbettlaseranlage 394
 Flachdraht 349
 Flächenspannfutter 256
 Flächenträgheitsmoment 162, 180
 Flächenverbund 586
 Flachprodukte 354
 Flachscheifen 655, 662
 Flachwalzanlagen 354
 Flexform-Verfahren 336
 Flexibilität 157
 Fliegende Schere 381
 Fließgutfertigung 353
 Flugzeugindustrie 571
 Flüssigkeitsreibung 189
 Folgeoperationen 319
 Folgepressen 319
 Folgeschnitt 385
 Folgeverbundwerkzeuge 326, 385
 Folgewerkzeuge 385
 Formatbreite 382
 Formate 379
 Formbohren 510
 Formgenauigkeit 403
 Formkategorien 138
 Formrolle 635, 664, 666, 670
 Formschluss 249
 Form-Schrägeinstechschleifen 647
 Formteile 384
 Fräs-Dreh-Maschinen 552
 Fräsen 523
 Fräsmaschinen 523
 Fräsverfahren 523
 Fräswerkzeugtypen 525
 Freiformschmieden 301
 Frequenzumrichter 215
 - feldorientierter 216
 Fressverschleiß 190
 Friktionsspindelpresse 305

- Frontdrehmaschine 439
 Fugendämpfung 182
 Führung
 - aerostatische 194
 - hydrostatische 194, 574
 Führungen 651, 658
 Führungsbahnabdeckung 197
 Führungsflächen 576
 Führungsrohre 449
 Führungsschlitten 501
 Führungssystem
 - innenliegendes 477
 Fundamentalvoraussetzungen 78
 Funktion 137
 Funktionsplan 272
- G**
- Gantry 537
 Gantry-Antrieb 224, 229
 Gantry-Bauweise 476, 569, 583
 - modifizierte 581
 Gaußsche Normalverteilung 96
 G-code 278
 Gebrauch 134
 Gegenfließpressen 315
 Gegenhalter 388
 Gegenhalterkolben 387
 Gegenlaufabrichten 637
 Genschlaghämmer 297, 298
 Gegenstempel 386
 Gegenzug 334
 Gehrungssägen 615
 Gelenkantrieb 314
 - mehrgliedrig 316
 Gelenkstabkinematik 181
 Genauigkeit 130, 240
 - des gefertigten Werkstücks 159
 - dynamische 159
 - geometrische 158
 - stationäre 158
 - thermische 159
 - von Werkzeugmaschinen 407
 Generalüberholung 71
 Geradeausziehmaschinen 347
 Geradführung 187
 Gesamtanlageneffektivität 156
 Gesamtschneidkraft 386
 Gesamtschnitt 385
 Gesamtsteifigkeit 480
 Geschwindigkeitsverhältnis 637
 Gesenkbiegen 364
 Gesenkbiegepressen 364
 Gesenkschmieden 297, 301, 307
 Gestalt 135, 137
 Gestaltelemente 137
 Gestalten
 - werkzeugmaschinengerecht 32
 Gestalter 134
 Gestaltstruktur 137
 Gestaltung
 - material- und fertigungsgerechte 142
 Gestellbauformen 179, 309, 528
 Gestellbauteile 481, 574
 Gestellwerkstoff 182
 Getriebe
 - elektronische 435
 Getriebeteil 357
 Getriebeübersetzung ins Langsame 234
 Gewichtskraft 233
 Gewichtsreduzierung 336
 Gewindeschneidfutter 257
 Gewindespindel 303
 Gewindestange 360
 Gewindesteigung 360
 Gewindewalzen 360
 Gewindewalzmaschinen 360
 Glanzgrad 399
 Glattschnittanteil 379
 Glattwalzen 361
 Glattwalzmaschinen 361
 Gleichlaufabrichten 637
 Gleichstrommotor 212
 Gleitbelag
 - abformbarer 190
 Gleitziehen 346
 GRAFCET 274
 Granit 183

Graycode 240
 Greiferschienensystem 318
 Greifersystem 321
 Greiferzangen 321
 Grobblech 397
 Großbandsäge-Maschinen 624
 Größen
 - dynamische 118
 - kinematische 118
 Großraumpressen 319
 Großteile 467
 Großteil-Transferpressen 318
 Grundentgelt 61

H

Haftreibung 189, 231
 Halbleiter-DMS 118
 Halbleiter-Widerstandsthermometer
 123
 Hämmer 297
 Handbediente Drehmaschinen 420
 Handhonmaschine 704
 Handling 319
 Handlingszellen 451
 Handspannmittel 258
 Hartbearbeitung 579
 Hauptbewegung 410
 Heidenhain 576
 Herstellung 134
 High Speed Cutting 579
 Hilfsmassedämpfer 184
 Hilfsstoffe 59
 Hinterachskomponenten 342
 Hinteranschlag 365
 Hinterbearbeitungsschlitten 447
 Hinterschnitt 336
 Hochdruckaggregat 400
 Hochdruckspeicher 331
 Hochdruckwasserstrahl 398
 Hochgenauigkeitslager 208
 Hochgeschwindigkeitsbearbeitung
 579, 584
 Hochlaufzeit 217, 234
 Hochleistungssägen 620

Hochleistungszerspannung 257
 Hochschule für Gestaltung 134
 höherfeste Bleche 373
 Hohlkörper 346
 Hohlschaftkegel 249
 Honen 701
 Honwerkzeug 708
 Horizontal-Bandsägemaschinen 610
 Horizontalbauweise 343
 Horizontalbearbeitungszentren 554
 Horizontale Honmaschinen 704
 Horizontalpressen 315
 Horizontalzylinder 340
 HSC 580
 HSC-Maschine 580
 HSC-Nachrüstsätzen 580
 HSC-Spektrum 580
 Hub 311
 Hubantrieb 707
 Hublänge 311
 Hubzahl 299
 Hybridbearbeitung 476
 Hybridlager 208
 Hydraulikkolben 332
 Hydrodehnspannfutter 257
 Hydroforming 335
 Hydromec-Verfahren 335
 Hydrostatikbuchse 443
 Hydrostatikführungen 443
 Hypoidgetriebe 225

I

IHU-Pressen 342
 IHU-Teile 342
 Industriedesign 134
 Informationsverlust 88
 Inkrementalgeber 244
 Innenbearbeitung 362, 469
 Innen-Hochdruck-Umformen 339
 Innenläufermaschine 328
 Innenräumen 591
 Innenräumwerkzeuge 593
 Innenrundscheifen
 - spitzenloses 649

Innenrund-Umfangs-Längsschleifen 648
 Innenrund-Umfangs-Querschleifen 648
 Innenstößel 333
 In-Process-Dressing 675
 In-Process-Messwertaufnahme 709
 Instandhaltung 59
 Instandhaltungskosten 65
 Integral-Grundkörper 481
 Integralschaum 403
 Integrationsfähigkeit 157
 Integration von Bearbeitungsverfahren 425
 Interferometer 112
 Interpolation 239, 277
 Interpolationsfehler 240
 Investitionsgüter 420
 Isothermschmieden 339

K

Kalibrierketten 131
 Kalibriervorgang 341
 Kaltband 354
 Kaltfließpressen 315
 Kaltumformung 290
 Kanalstruktur 453
 Kapazität 53, 55
 Kapazitätserweiterung 68
 Kapillardrossel 192
 Karosseriebauteile 326
 Karusseldreharbeiten 573
 Kavitäten 586
 Kegelpaarung 248
 Kernbohren 513
 Kernprozesse 42
 Kippsteifigkeit 283
 Klassifizierung der Werkzeugmaschinen 155
 Kleinserienfertigung 336
 Klemmen
 - mechanische 186
 - thermische 188
 KM-Schnittstelle 251
 Knetwelle 328
 Kniegelenk 313
 Kniehebel 313
 Kniehebelsystem 313
 Kollisionskontrolle 586
 Kompensationsmethode 83
 Komperatorprinzip 91
 Komplettbearbeitung 390, 417, 418, 425, 426, 437, 569
 Komplettbearbeitungsmaschinen 31
 Kompositionsprinzipien 140
 Konsolbauweise 179
 Konsoltisch 535
 Konstruktion
 - steifigkeitsgerechte 162
 Kontaktlänge 640
 Kontaktplan 272
 Kontaktsteifigkeit 162
 Konturgenauigkeiten
 - volumetrische 576
 Konzept zur Drehbearbeitung 411
 Koordinatenbezeichnungen 528
 Kopfpresse 319
 Kopfstück 313
 Kosten 38, 134
 Kraftspannmittel 258
 Kraftstoffleitungen 372
 Krankheit 61
 Kreisformtest 231
 Kreisfrequenz 167
 Kreismesser 381
 Kreissägemaschinen 608, 613
 Kreuztisch 560
 Kreuztischmaschine 530
 KSS-Anlagen 502
 Kugelgewindeantriebe 575
 Kugelgewindetrieb 226
 Kugelrollspindel 443
 Kühlmittelanlage 460
 Kühlschmiermittel 716
 Kühlschmierstoffe 709
 Kunstharzbindungen 632
 Kupplungs-/Bremskombination 322
 Kupplungsspindelpresse 305

Kurbelpressen 294, 311
 Kurbelwinkel 308
 Kurvenscheren 382
 Kurvensteuerung 318
 Kurzhubgesenkhämmer 294
 Kurzhubhonen 702, 712
 Kurzzeitfähigkeit 175
 KV-Faktor 229, 237

L

Lage 222
 Lagemessung
 - direkte 236
 - indirekte 231, 236
 Lagerabstand
 - optimaler 201
 Lageregel feinheit 231
 Lageregelgenauigkeit 223
 Lageregelkreis 229
 Lageregeltakt 231
 Lageregler 229
 Lagertechnik
 - automatisierte 626
 Lagerung
 - angestellte 203
 Lagervorspannung 205
 Lamellenträger 356
 Längenmesssysteme 106, 114
 Längenmessung 100
 Langgutlager 626
 Langhubhonen 702
 Längs-Außen-Profilschleifen 655
 Längsnahtschweißen 372
 Längsteilanlagen 382
 Längs-Umfangs-Planschleifen 655
 Längswalzanlagen 353
 Längswellenantrieb 312
 Laschen 390
 Laser-Integration 552
 Laserinterferometer 111
 Laserschneidkopf 390
 Laserstrahl 390
 Lasertechnologien 392
 Lastenheft 650

Lastmoment 232
 Lebensdauer
 - wirtschaftliche 69
 Lebensmittelindustrie 399
 Lebenszykluskosten 157
 lehrsches Dämpfungsmaß 168
 Leichtbau 342
 Leichtbaumaßnahmen 169
 Leistung 134
 Leistungsentgelt 61
 Leitkurve 586
 Leitspindel 421
 Life Cycle Cost 57
 Linearantriebe 318
 Linearfertigung 368
 Linearität 130
 Linearmotoren 223, 234, 400
 Linear-Wälzführungen 574
 Lochen 376
 Lohnnebenkosten 61
 Lookahead-Funktion 231
 Los 54
 Lösungen 638

M

Magnetspannvorrichtung 260
 Managementprozesse 43
 Manipulator 622
 Manuelle Programmierung 281
 Maschinenbett 461
 Maschinengenauigkeit 576
 Maschinengestell 651
 Maschinenkinematiken 680
 Maschinenkonzept 424, 425, 429
 Maschinenkonzeption 30
 Maschinenrahmen 389
 Maschinenschraubstock 260
 Massenausgleichselemente 384
 Massenträgheit 230, 234
 Massivumformteile 321
 Massivumformung 290
 Maßkalibrieren 353
 Maßverkörperung 80
 materialgerecht 142

- Materialkosten 60
 Median 95
 Mehrdraht-Ziehmaschinen 347
 Mehrlohn 59
 Mehrmaschinenbedienung 53
 Mehrseitenbearbeitung 585
 Mehrspindel-Drehautomat 432
 Mehrstufenpresse
 - hydraulische 337
 Mehrstufenpressen 321
 Membrandrossel 193, 209
 Membranspannfutter 258
 Mengenleistung 157
 Mengensägen 619
 Merker 274
 Messabweichung 91
 - 1. Ordnung 91
 - 2. Ordnung 91
 - kinematische 92
 - systematische 93
 - zufällige 93
 Messanlage 80
 Messeinrichtung 78
 Messen 78
 Messergebnis 78
 Messersätze 383
 Messerschneiden 376
 Messglieder 80
 Messgröße 78
 Messmethode 82
 Messobjekte 78, 100
 Messort 78
 Messprinzip 82
 - abbildendes 241
 - interferenzielles 242
 Messsystem
 Messsysteme
 - induktive inkrementale 109
 - inkrementale 107
 - interferentielle inkrementale 116
 - interferometrische inkrementale 111
 - magnetische inkrementale 109
 - photoelektrisches inkrementales 109
 Messverfahren 86
 - absolute 113, 240
 - analoge 88
 - digitale 89
 - direkte 86
 - diskontinuierliche 88
 - indirekte 87
 - inkrementales 239
 - kontinuierliche 88
 Messwert 78
 Messwertauflösung 237, 238
 Messwernerfassung 236
 Messwertgenauigkeit 237
 Metallbearbeitung 402
 METAV 417
 Methode der finiten Elemente 480
 Methoden
 - statistische 95
 Mieten 64
 Mischkopf 400
 Mischreibung 189
 Mittelwert 95
 Mittenantrieb 583
 Modalanalyse 170, 481
 Modularität 439
 Modularsystem 409
 Modul-Bauweise 457
 Moiré-Effekt 242
 Motorspindel 219, 584
 Multi-Blanking-Anlagen 382
 Multi-Tool-System 468
 Multitoolwerkzeug 389
 Multiturn-Drehgeber 246

N

- Nacharbeit 59
 Nachführmethode 85
 Nachgiebigkeit 161
 - dynamische 166
 Nachgiebigkeitsfrequenzgang 167
 near-netshape 318
 Neigungswinkel 380
 Nennkraft 303
 Nichteisenmetalle 396

Niederhaltekraft 334
 Niederhalter 380
 Niederhalterstößel 334
 Niederzugfutter 258
 Niveauindex 175
 Normalmaschine 514
 Normalverteilung
 - standardisierte 98
 Nullpunktspannsystem 253
 Nutzungsdauer 70
 Nyquistdiagramm 167

O

O-Anordnung 163, 196, 203, 226
 Oberbär 301
 Oberdruckhämmer 297
 Oberflächenqualität 335, 399
 Oberflächenwalzverfahren 361
 Obermesser 380
 Oberwalze 370
 O-Gestell 309
 O-Gestellbauweise 300
 Öl-Luft-Schmierung 207
 Ordnungsmäßigkeit 39
 Organisation 37
 Ortskurve 167

P

Palettenspeicher 559
 Palettenwechselsystem 572
 Parallelhaltung 331
 PC-Bussystem 368
 Pendelhub 324
 Pendelschleifverfahren 662
 Peripheriegeräte 478
 Persönliche Verteilzeit 56
 Pflichtenheft 650
 Phasenwinkel 167
 Piezoelement 184
 Pinolenkasten 445
 Plananlage 248, 258
 Planetengetriebe 218, 225
 Planscheiben 460

Plan-Seitenschleifmaschinen 691
 Plasmaschneidanlagen 378, 397
 Plasmaschneidkopf 397
 Plasmastrahl 396
 Plateauhonbearbeitung 710
 Platine 366
 Platinenschneidanlagen 384
 Plattenmaschine 515
 Pleuel 310
 Polpaarzahl 215
 Polygon 251
 Portal 561, 569
 Portalbauweise 179, 399, 569
 Portalmaschinen 571
 Positioniereinheiten 389
 Positioniergenauigkeit 159, 660
 Positionierung
 - mehrdimensionale 116
 Positionserfassung 105
 Positionsmesssysteme 105
 Postprozessor 285
 Präzisions-Drehmaschinen
 - konventionelle 421
 Präzisionsführung 387
 Präzisionsgetriebe 225
 Präzisionsschmieden 306, 339
 Präzisionsschnitt 402
 Prellschlag 303
 Prellschlagkraft 304
 Presse
 - mechanische 308
 - hydraulische 294
 Pressenkörper 293
 Pressenlinien 319
 Pressenrahmen 293
 Pressentisch 308
 Presskraft 308
 Pressmaschinen 293
 Produktionsdrehautomaten 424
 Produktionsfaktoren 57
 Produktionsplanungssysteme 572
 Produktionstechnik 26
 Profildraht 348
 Profilherstellung 346
 Profilieren 634

Profilschienen 373
 Profilschienenführung 196
 Profilstangen 349
 Profilsteigung 360
 Programmierung
 - rechnergestützte 282
 - werkstatororientierte 282
 Prototypenfertigung 335
 Prozeduren 39
 Prozessdatenerfassung 503
 Prozesse 39
 Prozessfähigkeit 175
 Prozessfähigkeitsindizes 129
 Prozessfähigkeitsuntersuchungen 129
 prozessgeführt 269
 Prozessgrößen 639
 Prozessketten 41, 43
 Prozesslage 129
 Prozessmanagement 43
 Prozessorganisation 38
 Prozesssteuerung
 - statistische 124
 Prüfanweisungen 132
 Prüfmittelüberwachung 130
 Pseudozufallsfolge 240
 Pumpensystem 400

Q

Qualität 38
 Qualitätsdatenbasis 76
 Qualitätsregelkarten 124
 Quartogerüst 354
 Querbalken 569
 Querkeilwalzen 358
 Querschiene 389
 Querschnittsabnahme 347
 Querteilanlagen 380
 Querteilschere 380
 Querwalzanlagen 353
 Querwellenantrieb 312

R

Radial-Axial-Umformung 357
 Radial-Biegestempel 368
 Radialfertigung 368
 Radialschräggugellager 203
 Radialwalzen 358
 RAM 571
 Randfestigkeit 361
 Randzone 362
 Randzonenbildung 643
 Rastkraft 224
 Raststufen 324
 Ratio 69
 Rationalisierung 69
 Rattern 172
 Räumen 590
 Raumkosten 64
 Räummaschinen 596
 Räumwerkzeug 590
 Reaktionsharzbeton 182
 Reckwalzen 358
 Referenzmarken 113
 Reflexionsvermögen 402
 Refraktometer 112
 Regelung 265
 Reiben 472
 Reibkraft 233
 Reibkraftcharakteristik 190
 Reibschluss 249
 Reibtrieb 304
 Reibungszustand 189
 Reinigen 634
 Reinmetalle 402
 Reitstock 462
 Relativbewegung 366, 409
 Reproduzierbarkeit 590
 Resonanz 168
 Reststück 450
 Revolverstanzmaschine 389
 Richtanlage 321
 Richtmaschine 380
 Richtungserkennung 238
 Riemengetriebe 217
 Ringwalzmaschinen 357

Ringzacke 386
Ringzackenkolben 387
Ritzel-Zahnstange-Getriebe 228
Rohrstrangpresse 343
Rohrverzweigungen 340
Rollformanlagen 373
Rollformen 372
Rollreibung 195
Rotationsscheren 381
Ruck 231
Rückfederung 366
Rückhub 304, 305
Rückseitenbearbeitung
- doppelte 447
Rückwirkung 83
Rundbiegemaschinen 370
Rundknetmaschinen 328
Rundlaufgenauigkeit 256
Rundmesser 382
Rund-Schwenktisch 534
Rundwalzen 359
Rundwerkzeuge 360
Rüstzeit 335

S

Sägeautomaten 619
Sägeeinheit 613
Sägemaschinen-Steuerungen 617
Sägen 607
Sägeverfahren 607, 611
- Bewertung 613
Sägevorschub 616
Sägevorschub-Technologie 617
Sägewerkzeuge 608
Sägezentren 621
Sampling 88
Säulenbauweise 179
Schabotthämmer 298
Schärfen 634
Scheren 378, 379
Scherschneiden 376
Scherstation 321
Schichten 54
Schichtzeit 54

Schiebeeinsätze 340
Schiebetische 384
Schlagzahl 299
Schlaufengrube 380
Schleifenergie 638
Schleifgeschwindigkeitsverhältnis
639
Schleifkraft 640
Schleifleistung 641
Schleifmittel
- hochharte 632
- konventionelle 631
Schleiföle 638
Schleifscheiben
- konventionelle 644
Schleifscheibendurchmesser
- äquivalente 640
Schleifscheibenverschleiß
- radialer 641
Schleifscheibenwechsel 678
Schleifspindelantrieb 659
Schleifspindeln 651
Schleifverhältnis 641
Schleppfehler 230
Schleppwalzapparat 348
Schlichten 286, 287
Schließkraft 340
Schlitten 358
Schmiedelinie 338
Schmierung 197
Schneckenantriebe
- hydrostatische 575
Schneckengetriebe 225
Schneiddüse 396
Schneiden 377
Schneidenergie 397
Schneidgas 392
Schneidgeschwindigkeit 401
Schneidprogramm 401
Schneidspalt 379
Schneidstoffe 709
Schneidstößel 386
Schneidwasser 401
Schnellfräsen 579
Schnellhub-Pendelschleifen 687

- Schnellläuferpressen 378
 Schnitt
 - gestützter 386
 Schnittbewegung 702
 Schnittflächen 386
 Schnittfuge 392
 Schnittgeschwindigkeit 211, 394, 639
 Schnittkoordinaten 401
 Schnittkraft 211
 Schnittkraftberechnung 414
 Schnittleistung 414
 Schnittlinie 377
 Schnittschlag 379
 Schnittstelle
 - digitale 244
 Schrägbettbauweise 180
 Schrägwalzmaschinen 353
 Schraubeinheiten 369
 Schrumpffutter 257
 Schruppen 286
 Schubladeneffekt 186
 Schulterführungskonzept 684
 Schwalbenschwanz 448
 Schwenkbiegemaschinen 366
 Schwenkbiegen 364
 Schwenkbrücke 538
 Schwenk-Dreh-Kombination 484
 Schwenkfutter 470
 Schwenksynchronspindel 445
 Schwertzapfen 253
 Schwingfestigkeit 362
 Schwingschnitt 380
 Schwingungen 165, 218, 231
 - erzwungene 165, 205
 - freie, gedämpfte 171
 Schwingungstilgung 184
 Schwungrad 303, 308
 Schwungradspeicher 325
 Schwungrad-Spindelpressen 303
 Segmentwerkzeuge 360
 Selbsterregte Schwingungen 172
 Selbsthemmung 248
 Semi-Closed Loop 238
 Sendzimir-Gerüst 354
 Senken 472
 Senkrecht-Außenräummaschinen 598
 Senkrecht-Fräsmaschinen 528
 Senkrecht-Innenräummaschinen 597
 Sensoren 100
 Servoantrieb 326, 388
 Servomotor 221
 Servopressen 315, 322
 Setzstock 460, 469, 651
 Sextogerüst 354
 Sicherheit
 - statistische 99
 Sicken 390
 Sieben Verschwendungsarten 51
 Siemens 576
 Single Tube System 514
 Singleturn-Drehgeber 246
 Sonderfräsmaschinen 530
 Sortieren durch Roboter 624
 Spaltanlagen 382
 Späneentsorgung 460
 Spanen 607
 Spanndorn 259
 Spannkopf 259
 Spannmarken 255
 Spannstock 260
 Spannsystem 250
 Spannungsspitzen 331
 Spannungsbereich 213
 Spannanzengfütter 256, 259
 Spannzylinder 442
 Span-zu-Span-Zeit 212
 Sperrluft 208
 Spezifisches-Gantry-Konzept 479, 483
 Spielfreiheit 186
 Spindeleinheiten 573
 Spindeleinheitenwechsler 572
 Spindelkasten 439, 462
 Spindellage 432
 Spindellager 208
 Spindelmotoren 442
 Spindeln
 - vagabundierende 453

Spindelschlagpresse 305
 Spindelsteigung 226, 234
 Spindeltrieb 303
 Spindeltrommel 441
 Spitzendrehmaschinen 409, 457
 Spritzschichten
 - thermische 711
 Squeeze-Film-Effekt 170, 190
 Stabilität 130
 Stahl-Crushierrolle 670
 Stahlkugeln 337
 Standardabweichung 96
 Ständerbauweise 179
 Ständerfräsmaschinen 529
 Stangenführung 449
 Stangenlademagazin 450
 Stanzabfall 388
 Stanzautomaten 315
 Stanz-Biegeteile 385
 Stanzen 377
 Stanz-Laser-Kombinationen 384
 Stanz-Lasermaschinen 378
 Stanz-Nibbelmaschinen 390
 Stanzwerkzeug 378
 Stapeljochsysteme 626
 Steifigkeit 160, 192, 195, 227
 - dynamische 165, 190
 - statische 161
 Steilkegel 251
 Stellgrößen 638
 Steuern 263
 Steuerung 262
 - analoge 268
 - binäre 269
 - digitale 268
 - elektrische 268
 - mechanische 266
 - speicherprogrammierbare 268, 270
 - verbindungsprogrammierte 268
 Steuerungstechnik 691
 Stichprobenprüfung 124
 Stick-Slip-Effekt 190
 Stoffe
 - formlos feste 337

Störungen 73
 Stößel 293
 Stößelbeschleunigung 323
 Stößelgeschwindigkeit 310, 313
 Stößelkraft 294, 313
 Stößelverriegelung 331, 341
 Stößelweg-Zeit-Charakteristik 314
 Strahlauslauf 399
 Strahldivergenz 397
 Strahlleistung 401
 Strangpressen 332, 343
 Streckziehen 332
 Streifenscheren 381
 Streuungsindex 175
 Stribeck-Kennlinie 189
 Strömungsgeschwindigkeit 398
 Struktur 137
 Strukturbauteile 340
 STS (Single Tube System) 489
 Stückgut 353
 Stückzeit 454
 Stufenpressen 317
 Stützwalzen 354
 Superfinishbänder 718
 Superfinishen 712
 Superfinishmaschinen 715
 Superfinishsteine 717
 Support 569
 Supportkonzept 682
 Synchronsteuerung 269
 Synchronmotor 213, 222, 442
 Synchronspindel 445
 Systemdarstellung 409
 Systeme
 - technische 27
 Systemgrößen 638

T

Tafelscheren 379
 Taktzeit 326
 Tänzerrollen 347
 Tapping Center 567
 Tätigkeitszeit 53
 Technischer Fortschritt 72

Technologiedaten für die Bohrbearbeitung 521
 Teiletransfer 324
 Teilung
 - periodische 238
 Temperaturdehnung 174
 Temperaturleitfähigkeit 174
 Temperaturmessung 122
 Temperaturskala
 - internationale 123
 Thermospannung 124
 Tiefbohren 489
 Tiefbohrmaschinen 496, 513
 Tiefbohrrolle 501
 Tiefbohrverfahren 489, 513
 Tiefschleifen 663
 Tiefziehen 314
 - hydromechanisches 335
 Tiefziehverfahren
 - wirkmedienbasierte 335
 Titanlegierung 402
 Torque-Antriebe
 - integrierte 477
 Torque-Motor 223, 235, 322, 538
 Torsionssteifigkeit 161, 373
 Traganteil 362
 Trägersägen 618
 Tragkraft 192
 Transferanlagen 329
 Transfereinrichtungen 317
 Transferpressen
 - mechanische 315
 Transferstraße 558
 Transfersysteme 319
 Transferwerkzeuge 387
 Treibscheiben 304
 Trends
 - technologische 34
 Trennfestigkeit 386
 Triogerüst 354
 Trockenlauf 401
 Trommelschaltung 453
 Tryoutpressen 325
 Twin-Anordnung 397

U

Überdeckungsgrad 637
 Überlastfähigkeit 222
 Überrollfrequenz 206, 219
 Übersetzung ins Langsame 217, 225
 Übersetzung ins Schnelle 218
 Überwachungssysteme 617
 U/F-Betrieb 215
 Umfangslinien 382
 Umformarbeit 308
 Umformautomaten 293, 384
 Umformmaschinen 290
 Umformstufen 317
 Umformtechnik 290
 Umkehrpunkt 386
 Umkehrspiel 223, 225, 228, 231
 Umwelt 134
 Universal-Dreh-/Fräsmaschine 426
 Universal-Drehmaschine 422
 Universalfräsmaschinen 530, 533
 Universalmaschine 515
 Universalsägen 618
 Universal-Spindleinheiten 573
 Unsicherheitsfortpflanzung 94
 Unterbär 301
 Untermaßzapfen 253
 Unterschlitten 571
 Unterstützungsprozesse 42
 Unterwalzen 370
 Unwucht 384
 Urlaub 61
 Urwert 125
 UTC-Zeitskala 121
 u-Verteilung 98

V

V-Abtastung 114
 Vakuumsaugerspinnen 318
 Vakuumspannvorrichtung 260
 Varianz 96
 VDI-Schnittstelle 252
 VDW 416
 Verbundwerkstoffe 399

Verfahrens kinematiken 712
 Verfahrensvergleich 73
 Verfahrensgeschwindigkeiten 574
 Vergleichselement 80
 Vergleichspräzision 130
 Vergleichsverfahren 90
 Verkettung 317
 Verknüpfungssteuerung 269
 Verriegeln 249
 Verrippung 162
 Verschleiß 189
 Verschwendung 50
 Verteilungsfunktion der Normalverteilung 97
 Verteilzeit
 – sachliche 56
 Vertikaldrehmaschine 427
 Vertikaldrehzentrum 429
 Vertikale Honmaschinen 705
 Vertrauensbereich 99
 Vertrauensfaktor 99
 Vertrauensniveau 99
 Verzahnungen 573
 Verzug 403
 Vierbahnenbett 467
 Vierpunktkontakt 196
 Vincent-Bauart 304
 Vincent-Pressen 304
 Virtuelle Maschine 454
 Vollbohren 513
 Volumenstrom 332
 Vorbeschleunigung 331
 Vorfertigung 607
 Vorformpresse 342
 Vorgabezeit 55
 Vorrichtungsbaukasten 260
 Vorschlichten 286
 Vorschubantriebe der Bettschlitten 518
 Vorschubgeschwindigkeit
 – tangentielle 639
 Vorschubgeschwindigkeiten 574
 Vorschubkraft 233, 353
 Vorschubleistung 415
 Vorschubzange 450

Vorsteuerung 231
 Vorwärmung 339
 Vorziehen 349

W

Waagerecht-Außenräummaschinen 598
 Waagerecht-Fräsmaschinen 528
 Waben-Regalanlagen 626
 Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion 97
 Walzanlagen 353
 Walzdorn 356
 Walzen 353
 Walzenlager 370
 Walzenvorschub 368
 Walzgerüst 354
 Wälzkörperrückführung 195
 Walzmaschinen 353
 Walzprofilieranlagen 372
 Walzprofilieren 364
 Walzrichtung 380
 Walzspalt 354
 Walzverfahren 353
 Walzziehen 346
 Walzziehmaschinen 348
 Warmband 354
 Wärmeeintrag 399
 Wärmequellen
 – externe 173
 – innere 173
 Wärmeverluste 223
 Wärmeverlustleistung 215
 Warmmassivumformung 306
 Warmumformautomaten 322
 Warmumformung 290
 Warmziehen 346
 Warngrenze 125
 Wartezeit 53, 55
 Wasseraufbereitung 400
 Wasserbecken 399
 Wasserstrahlschneidanlagen 378, 398
 Wechselgesenk 364
 Wechselpalette 254

Wegaufnehmer 118
 Wegmesssysteme 105
 - inkrementale 652
 Wegsteuerung 276
 Weg-Zeit-Verlauf 314
 Werkstattmessgeräte 100
 Werkstoffschieber 450
 Werkstoffspektrum 399
 Werkstoffstangen 433
 Werkstückabführung 451
 Werkstückdrehzahl 639
 Werkstückgeschwindigkeit 639
 Werkstückspektrum 30
 Werkstückspindelkasten 518
 Werkstückspindelstock 651
 Werkstückträger 528
 Werkstücktransfer 311
 Werkstückzuführung 451
 Werkzeuge-Einheiten
 - angetriebene 448
 Werkzeugfolgeplan 454
 Werkzeug-/Formenbau 571
 Werkzeughalter 448
 Werkzeugkosten 65
 Werkzeugmagazin 485
 Werkzeugpaket Tiefbohren 516
 Werkzeugschlitten 443
 Werkzeugspeicher 389
 Werkzeugspindelkasten 518
 Werkzeugstähle 399
 Werkzeugsysteme 460
 Werkzeugsystem-Paletten 468
 Werkzeugträger 528
 Werkzeugverschleiß 59
 Werkzeugwechseinrichtungen 505
 Wertschöpfung 49
 Wertschöpfungsprozesse 42
 Widerstandsthermometer 123
 Wiederbeschaffungswert 71
 Wiederholgenauigkeit 159, 249,
 255, 659
 Wiederholpräzision 130
 Wiederverkaufswert 71
 Winkelgenauigkeit 383
 Winkelmesssysteme 115

Winkelscheren 383
 Wirbelstromverluste 215
 Wirkgrößen 639
 Wirkmedium 335
 Wirkungsgrad 225, 226
 Wirtschaftlichkeit 39
 Wuchtgüte 202
 Wuchtsystem 551

Z

Zählmethode 85
 Zahnradantrieb 304
 Zahnriemengetriebe 226
 Zeichen 135
 Zeichenfunktion 141
 Zeit 38
 - pro Einheit 53
 - tatsächlich gebrauchte 55
 zeitgeführt 269
 Zeitmessung
 - digitale 121
 Zeitquantisierung 88
 Zeitspannungsvolumen 703
 Zeitspanvolumen 639
 - bezogenes 639
 Zelle 155
 Zentralwert 95
 Zentrierdorn 358
 Zentrieren 248
 Zentriervorrichtung 382
 Zentrischspanner 260
 Zentrum 155
 Zerspanleistung 590
 Zerspanvolumen 640
 Zerteilen 376, 379
 Zerteilverfahren 376
 Ziehbank 349
 Ziehdüse 347
 Zieheinrichtung 334
 Ziehkissen 333
 Ziehmaschinen 346
 Ziehmatrize 335
 Ziehrichtung 346
 Ziehscheiben 346

- Ziehschlitten 349
- Ziehstempel 334
- Ziehstößel 314
- Ziehstufen 347
- Ziehteilgeometrien 337
- Ziehtrommeln 347
- Ziehverfahren
 - wirkmedienunterstützte 337
- Ziehverhältnis 335
- Zinsen 64
- Zuführeinrichtung 398
- Zugänglichkeit 547
- Zuganker 304
- Zugankerbauweise 298
- Zugspindel 421
- Zuhaltekraft 341
- Zusammenarbeit
 - interdisziplinäre 420
- Zusatzmassen 169
- Zustellung 707
- Zwangsparallelführung 387
- Zweipunkt-Exzenterpresse 369
- Zweipunktkontakt 196
- Zylinderlaufbahnen 710