

Inhaltsverzeichnis

1	Das Aufgabenfeld des Zerspanungsmechanikers	9	3.6	Beispiel zur Prüfmittelauswahl ...	64
2	Arbeitssicherheit beim Spanen ...	17	3.7	Qualitätsprüfung	65
2.1	Allgemeine Sicherheitsregeln	17	3.7.1	Prüfmittelüberwachung	66
2.2	Warn- und Hinweisschilder	18	3.7.2	Prüfdokumentation und Datensicherung	70
2.3	Arbeitssicherheit an Werkzeugmaschinen	19	3.8	Testing and Measuring	71
2.3.1	Allgemeine Sicherheitsregeln	19	4	Werkstofftechnik	73
2.3.2	Arbeitssicherheit beim Drehen und Fräsen	20	4.1	Aufbau der Werkstoffe	73
2.3.3	Arbeitssicherheit beim Schleifen ..	21	4.2	Einteilung der Werkstoffe	74
2.3.4	Arbeitssicherheit beim Bohren	21	4.2.1	Einteilung, Bezeichnung und Normung der Eisenwerkstoffe	74
2.4	Sicheres Arbeiten mit Hebezeugen und Anschlagmitteln	21	4.2.2	Bezeichnung der Gusswerkstoffe ..	79
2.5	Sicherheitsanforderungen an Fertigungssysteme	23	4.2.3	Bezeichnung und Normung von Nichteisenmetallen	79
2.6	Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen	24	4.2.4	Schneidstoffe nach DIN ISO 513 ...	80
2.7	Umgang mit Kühlschmiermitteln ..	26	4.3	Eisenwerkstoffe	83
2.8	Brandschutz	30	4.3.1	Zerspanbarkeit von Eisenwerkstoffen	83
3	Prüftechnik	31	4.3.2	Einfluss der Einstellwerte auf die Zerspanbarkeit	83
3.1	Die Entwicklung der Prüftechnik ..	31	4.3.3	Einfluss des Werkstoffs auf die Zerspanbarkeit	89
3.2	Aufbau der Messanordnung	33	4.3.4	Wärmebehandlung von Werkstücken und Werkzeugen	91
3.2.1	Begriffe der Messtechnik	34	4.4	Nichteisenmetalle	95
3.2.2	Messanordnungen	36	4.4.1	Einteilung und Benennung	95
3.2.3	Messabweichungen	38	4.4.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen	96
3.3	Prüfen von Maßen, Formen und Lagen	39	4.4.3	Kupfer und Kupferlegierungen	97
3.3.1	Prüfen von Maßen und Maßtoleranzen	39	4.4.4	Bearbeitungsrichtwerte ausgewählter NE-Legierungen und Kunststoffe	99
3.3.2	Prüfen von Formen und Lagen	42	4.4.5	Sinterwerkstoffe	100
3.4	Prüfen von Oberflächen	48	4.5	Nichtmetalle	101
3.4.1	Grundbegriffe	48	4.5.1	Künstlich hergestellte Stoffe	101
3.4.2	Gestaltabweichungen	48	4.5.2	Hilfsstoffe	103
3.4.3	Rauheitsmessgrößen	49	4.5.2.1	Kühlschmierstoffe	103
3.4.4	Oberflächenprüfverfahren	49	4.5.2.2	Schmierstoffe	104
3.4.5	Bewertung der Oberflächengüte ..	51	4.5.3	Naturstoffe	107
3.4.6	Oberflächenangaben in Zeichnungen	51	4.6	Korrosion	108
3.4.7	Rauheitsberechnung	52	4.6.1	Korrosionsformen und Korrosionsarten	108
3.5	Toleranzen und Passungen	54	4.6.2	Korrosionsschutz	110
3.5.1	Grundbegriffe	54	4.7	Werkstoffprüfung	111
3.5.2	Allgemeintoleranzen	56	4.7.1	Mechanische Prüfverfahren	111
3.5.3	Maßtoleranzen	56	4.7.2	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung	112
3.5.4	ISO-Toleranzen	57	4.7.3	Prüfung der Zerspanbarkeit	113
3.5.5	Passungsarten	59	4.8	Technology of materials	114
3.5.6	Passungssysteme	61			
3.5.7	Auswahl und Auswertung von Passtoleranzintervallen	63			

5	Spanende Fertigung auf Werkzeugmaschinen	115
5.1	Grundlagen des maschinellen Spanens	115
5.1.1	Historischer Rückblick	115
5.1.2	Zerspanverfahren	117
5.1.3	Zerspanungsprinzip	119
5.1.3.1	Spanungsbewegungen	119
5.1.3.2	Spanungsgeschwindigkeit	120
5.1.3.3	Schnitt- und Spanungsgrößen	123
5.1.4	Spanbildung	126
5.1.4.1	Spandickenstauchung λ_h	126
5.1.4.2	Spangeschwindigkeit v_{sp}	127
5.1.4.3	Scherwinkel Φ	127
5.1.4.4	Spanflächenreibungswert μ_{sp}	127
5.1.4.5	Einfluss der Reibung auf die Spanbildung	128
5.1.4.6	Spanformen	129
5.1.4.7	Spanformdiagramm	129
5.1.4.8	Einflüsse auf die Spanformung	130
5.1.5	Zerspankräfte	131
5.1.5.1	Zerspankraftkomponenten	131
5.1.5.2	Spezifische Schnittkraft k_c	132
5.1.5.3	Schnittkraftberechnung	133
5.1.5.4	Einflussgrößen auf die Zerspankraft	134
5.1.5.5	Spanungsarbeit	135
5.1.6	Zerspanungsleistung	135
5.1.6.1	Schnittleistung	135
5.1.6.2	Maschinenleistung	136
5.1.6.3	Schnittmoment	136
5.1.7	Standkriterien des Werkzeugs	137
5.1.7.1	Standzeit	137
5.1.7.2	Standweg L_f	137
5.1.7.3	Standmenge	138
5.1.7.4	Ermittlung der Standzeit	138
5.1.7.5	Standzeitgerade	138
5.1.7.6	Einflüsse auf die Standzeit	139
5.1.8	Energiebilanz	139
5.1.9	Werkzeugverschleiß	140
5.1.9.1	Verschleißursachen	141
5.1.9.2	Verschleißformen	142
5.1.10	Schneidengeometrie	143
5.1.11	Fundamentals of metal cutting	145
5.2	Drehen	147
5.2.1	Spanungsbedingungen und Oberflächengüte	148
5.2.2	Schnittkraft und Schnittleistung	156
5.2.3	Bedeutung der Vorschubrichtung	158
5.2.4	Schneidstoffe für die Drehbearbeitung	160
5.2.5	Lage der Bearbeitungsfläche	164
5.2.6	Geometrische Form der Werkstückkontur	169
5.2.7	Arbeitsplanung beim Drehen	180
5.2.8	Turning	199
5.3	Fräsen	201
5.3.1	Fertigungsauftrag	201

5.3.2	Einteilung der Fräsverfahren	201
5.3.3	Arten der Bearbeitung	202
5.3.4	Werkzeugeingriff	202
5.3.5	Geometrische Form der Werkstückkontur	203
5.3.6	Bewegungen des Werkzeugs	206
5.3.7	Eigenschaften der Fräswerkzeuge	208
5.3.8	Spanungsgrößen	216
5.3.9	Arbeitsbeispiel	217
5.3.10	Sonder-Fräswerkzeuge	225
5.3.11	Maschinen- und Werkzeugauswahl	226
5.3.12	Arbeitsplanung beim Fräsen	228
5.3.13	Milling	236
5.4	Bohren, Senken, Reiben	238
5.4.1	Verfahren des Rundbohrrens	239
5.4.2	Verfahren des Rundreibens	246
5.4.3	Verfahren des Gewindebohrrens	249
5.4.4	Verfahren des Profilbohrrens	252
5.4.5	Verfahren des Profilreibens	253
5.4.6	Verfahren des Senkens	254
5.5	Schleifen	258
5.5.1	Schleifmittel	259
5.5.2	Schleifkörper	260
5.5.3	Betriebssicherheit beim Schleifen	264
5.5.4	Systematik der Schleifverfahren	270
5.5.5	Zerspanungsvorgang und Zerspanungsgrößen	271
5.5.6	Bewegungen, Kräfte und Schnittleistung	273
5.5.7	Zerspanungsbedingungen	275
5.5.8	Einsatz der Schleifverfahren	277
5.5.9	Arbeitsplanung beim Schleifen	285
5.5.10	Grinding	295
5.6	Stoßen, Hobeln und Räumen	297
5.6.1	Stoßen	297
5.6.2	Räumen	299

6	Aufbau, Funktion und Betrieb von Werkzeugmaschinen	301
6.1	Die Werkzeugmaschine als technisches System und Produktionsfaktor	301
6.2	Maschinenelemente	302
6.2.1	Verbindungselemente	302
6.2.1.1	Schraubenverbindungen	303
6.2.1.2	Stift- und Bolzenverbindungen	304
6.2.1.3	Mitnehmerverbindungen	304
6.2.2	Führungen und Lager	305
6.2.2.1	Lager	306
6.2.2.2	Führungen	307
6.2.2.3	Reibung	307
6.2.3	Achsen	309
6.2.4	Übertragungselemente	310
6.2.4.1	Wellen	310
6.2.4.2	Wellenkupplungen	311
6.2.4.3	Getriebe	312

6.3	Einteilung der Werkzeugmaschinen nach den Fertigungsverfahren	315
6.3.1	Bohrmaschinen	316
6.3.2	Drehmaschinen	317
6.3.2.1	Flachbettdrehmaschinen	317
6.3.2.2	Schrägbettdrehmaschinen	317
6.3.2.3	Frontalbettdrehmaschinen	317
6.3.2.4	Senkrecht-Drehmaschine	318
6.3.2.5	Drehautomaten	318
6.3.2.6	Konventionelle Drehmaschinen	320
6.3.2.7	CNC-Drehmaschinen	321
6.3.3	Fräsmaschinen	323
6.3.4	Schleifmaschinen	326
6.3.4.1	Rundschleifmaschinen	326
6.3.4.2	Planschleifmaschinen	327
6.3.5	Einzelzweckmaschinen	328
6.3.6	Abtragende Maschinen	328
6.4	Analyse, Projektierung und Inbetriebnahme einer Werkzeugmaschine	329
6.4.1	Analyse der Werkzeugmaschine	329
6.4.1.1	Antriebseinheiten	330
6.4.1.2	Energieübertragungseinheit des Hauptantriebs	337
6.4.1.3	Energieübertragungseinheit des Vorschubantriebs	339
6.4.1.4	Stütz- und Trageinheit	344
6.4.2	Spannmittel für Werkzeuge und Werkstücke zum Bohren, Fräsen und Planschleifen	347
6.4.3	Spannmittel für Werkzeuge und Werkstücke zum Drehen und Rundschleifen	355
6.4.4	Inbetriebnahme und Sicherheitsbestimmungen für Werkzeugmaschinen	358
6.4.4.1	Inbetriebnahme der Werkzeugmaschine	358
6.4.4.2	Anschlagmittel und Hebezeuge für den Transport von Lasten	361
6.4.4.3	Betriebssicherheit von Werkzeugmaschinen	366
6.5	Instandhaltung von Werkzeugmaschinen	369
6.5.1	Wartung	369
6.5.2	Inspektion	371
6.5.3	Instandsetzung	372
6.6	Steigerung der Qualitätsfähigkeit	373
6.7	Machine tools	375

7	Automatisierung durch Steuern und Regeln	377
7.1	Automatisierung der Fertigung	377
7.2	Steuern	377
7.3	Regeln	378
7.4	Steuerungsarten	380
7.5	Entwurf einer Steuerung	382
7.5.1	Logische Grundsaltungen	382
7.5.2	Darstellung der Steuerung	385
7.6	Technische Ausführung einer Steuerung	389
7.6.1	Aufbau pneumatischer Steuerungen	389
7.6.2	Bauteile pneumatischer Steuerungen	394
7.6.3	Elektrische Steuerungen	401
7.6.4	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	405
8	Programmiertes Spanen und rechnergestützte Fertigung	409
8.1	Konsequenzen des Einsatzes von CNC-Werkzeugmaschinen	409
8.2	Aufbau und Wirkungsweise von CNC-Werkzeugmaschinen	410
8.2.1	Vergleich von CNC-Maschinen mit herkömmlichen Werkzeugmaschinen	410
8.2.2	Messsysteme	412
8.2.3	Steuerung	415
8.2.4	Steuerungsarten	418
8.3	Programmieren nach DIN 66025 und PAL	419
8.3.1	Grundlagen	420
8.3.2	Schreiben des CNC-Programms	421
8.4	Übersicht über andere Programmierverfahren	435
8.5	Einrichten der Maschine	436
8.6	Testen und Abarbeiten des Programmes	438
8.7	Kommunikation in der Fertigung	439
8.8	Beispiel für ein CNC-Drehprogramm	440
9	Fertigungsoptimierung und Feinbearbeitung	445
9.1	Fertigungstechnische Entwicklungstrends	445
9.2	Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – HSC	446
9.2.1	Merkmale der HSC-Technologie	446
9.2.2	Technologischer Hintergrund	447
9.2.3	Bearbeitungsstrategien	448
9.2.4	Maschinenteknologie	450

9.2.5	Antriebskonzepte	451
9.2.6	HSC-Werkzeuge	452
9.2.7	Werkzeugaufnahme	453
9.2.8	Unwucht rotierender Systeme	454
9.3	Bearbeitung harter Werkstoffe ...	456
9.3.1	Hartzerspanung durch Drehen und Fräsen	456
9.3.2	Ultraschallzerspanung	456
9.3.3	Arbeitsbeispiel	457
9.4	Minimalmengenschmierung	458
9.4.1	Quasi-Trockenbearbeitung	458
9.4.2	Dosiersysteme und Zuführung	459
9.4.3	Schmiermittel	459
9.4.4	Vorteile der Minimalmengen- schmierung	459
9.5	Trockenbearbeitung	460
9.5.1	Vollschmierung kontra Trockenbearbeitung	460
9.5.2	Kontaktzeit	461
9.6	Feinbearbeitungsverfahren	462
9.6.1	Umformende Feinbearbeitungs- verfahren	462
9.6.2	Abtragende Feinbearbeitung	463
9.6.2.1	Elektrochemisches Abtragen	464
9.6.2.2	Honen	465
9.6.2.3	Läppen	467
9.6.2.4	Ultraschallschwingläppen	468
9.6.2.5	Funkenerosives Abtragen	469
9.6.3	Strukturgebende Verfahren	470
9.6.3.1	Laserhonen	470
9.6.3.2	Laserstrukturieren	471
9.6.3.3	Beschichten und Honen	472
10	Produktionsprozesse und Fertigungssysteme	473
10.1	Planung des Produktions- prozesses	473
10.1.1	Fertigungsplanung	475
10.1.2	Fertigungssteuerung	476
10.1.3	Ermittlung der Auftragszeit	477
10.1.4	Kalkulation	478
10.2	Organisation der Fertigung	479
10.3	Flexible Fertigungsanlagen und Fertigungssysteme	480
10.3.1	Einmaschinensystem	481
10.3.2	Mehrmaschinensystem	483

10.4	Handhabungssysteme für flexible Fertigungsanlagen	485
10.4.1	Werkzeug-Handhabungssysteme ..	485
10.4.2	Werkstück-Handhabungssysteme ..	486
10.5	Transport und Materialfluss	490
10.5.1	Flurgebundene Fördermittel	490
10.5.2	Flurfreie Fördermittel	491
10.5.3	Aufgeständerte Fördermittel	492
10.6	Betriebliche Kennzahlen	493
11	Qualitätsmanagement	495
11.1	Zielsetzung	495
11.2	Qualität	495
11.3	Qualitätskreis	496
11.4	Qualitätsmanagementsysteme ...	497
11.4.1	Prozessorientierung	497
11.4.2	Komponenten des Qualitätsmanagements	498
11.4.3	Kundenorientierung	499
11.5	Qualitätssicherung in der Fertigung	500
11.5.1	Untersuchung der Maschinen- fähigkeit	500
11.5.2	Ermittlung der Maschinen- fähigkeit	502
11.5.3	Untersuchung der Prozess- fähigkeit	504
11.6	Statistisches Qualitäts- management	505
11.6.1	Grundlagen des statistischen Qualitätsmanagements	505
11.6.2	Qualitätsregelkarten als Instrumente der Fertigungs- überwachung	506
11.7	Stärkung des Unternehmens durch Qualitätsmanagement	509
11.7.1	Kontinuierlicher Verbesserungs- prozess	509
11.7.2	Zertifizierung als ein Ziel des Qualitätsmanagements	510
	Sachwortverzeichnis	512
	Normen und Vorschriften	525
	Weiterführende Literatur	527
	Bildquellenverzeichnis	528