

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der Zerspanung am Beispiel Drehen	5
2.1	Flächen, Schneiden und Ecken am Schneidkeil nach DIN 6581	5
2.2	Bezugsebenen	6
2.3	Winkel am Schneidkeil	7
2.3.1	Winkel, die in der Werkzeugbezugsebene gemessen werden (Abb. 2.3)	7
2.3.2	Winkel, der in der Schneidenebene gemessen wird Neigungswinkel λ (Abb. 2.4)	7
2.3.3	Winkel, die in der Keilmessebene gemessen werden (Abb. 2.5)	7
2.4	Einfluss der Winkel auf den Zerspanvorgang	9
2.5	Spanungsgrößen	16
2.5.1	Spanungsbreite b	16
2.5.2	Spanungsdicke h	16
2.5.3	Spanungsquerschnitt A	17
2.6	Zerspanungskräfte und ihre Entstehung	17
2.6.1	Entstehung der Kräfte	17
2.6.2	Spezifische Schnittkraft k_c und ihre Einflussgrößen	18
2.6.3	Hauptschnittkraft F_c	21
2.7	Leistungsberechnung	22
2.7.1	Zerspanungsleistung P_c aus der Hauptschnittkraft	22
2.7.2	Maschinen-Antriebsleistung P	24
2.8	Testfragen zum Kapitel 2	24
3	Standzeit T	25
3.1	Definition	25
3.2	Einflüsse auf die Standzeit	25
3.2.1	Werkzeugverschleiß	25
3.2.2	Schnittgeschwindigkeit	29
3.2.3	Werkstückstoff	29

	3.2.4	Schneidstoff	29
	3.2.5	Schneidenform	29
	3.2.6	Oberfläche	30
	3.2.7	Steife	30
	3.2.8	Spannungsquerschnitt	30
	3.3	Berechnung und Darstellung der Standzeit	30
	3.4	Größe der Standzeit und Zuordnung der Schnittgeschwindigkeit	32
	3.5	Testfragen zum Kapitel 3	32
4		Werkzeug- und Maschinen-Gerade	35
	4.1	Werkzeug-Gerade	35
	4.2	Maschinen-Gerade	37
	4.3	Optimaler Arbeitsbereich	39
	4.4	Testfragen zum Kapitel 4	40
5		Spanvolumen und Spanraumzahl	41
	5.1	Spanvolumen	41
	5.2	Spanformen	42
		5.2.1 Transportfähigkeit	42
		5.2.2 Gefahr für den Menschen an der Maschine	42
	5.3	Spanraumzahlen	43
	5.4	Testfragen zum Kapitel 5	44
6		Schneidstoffe	45
	6.1	Werkzeugstähle	45
	6.2	Schnellarbeitsstähle	46
	6.3	Hartmetalle	47
	6.4	Schneidkeramik	52
	6.5	Schneiddiamanten	53
	6.6	Kubisches Bornitrid	56
	6.7	Vergleich der Schneidstoffe	57
	6.8	Testfragen zum Kapitel 6	59
7		Drehen	61
	7.1	Definition	61
	7.2	Drehverfahren	61
		7.2.1 Langdrehen	62
		7.2.2 Plandrehen	62
		7.2.3 Stechen (Stechdrehen)	62
		7.2.4 Profildrehen	63
		7.2.5 Kegeldrehen	64
		7.2.6 Gewindedrehen	65
		7.2.7 Formdrehen	66

7.2.8	Verfahrenskombination Spanen – Umformen	72
7.2.9	Verfahrenskombination Hartdrehen und Schleifen	76
7.3	Erreichbare Genauigkeiten beim Drehen	81
7.3.1	Maßgenauigkeiten	81
7.3.2	Oberflächenrauigkeit	81
7.4	Spannelemente	82
7.4.1	Werkstückspannung	82
7.4.2	Spannelemente zum Spannen der Werkzeuge	90
7.5	Kraft- und Leistungsberechnung	95
7.6	Bestimmung der Hauptzeit t_h	97
7.6.1	Langdrehen	97
7.6.2	Plandrehen	98
7.6.3	Gewindedrehen	99
7.7	Bestimmung der Zykluszeit	100
7.8	Drehwerkzeuge	101
7.8.1	Ausbildung des Schneidenkopfes	101
7.8.2	Klemmhalter	102
7.8.3	Drehwerkzeuge zum Stechdrehen	107
7.8.4	Drehwerkzeuge zum Gewindedrehen	107
7.8.5	Profildrehmeißel	110
7.8.6	Werkzeuge zum Kopieren und Formdrehen	110
7.8.7	Spanformstufen	111
7.8.8	Fasen am Drehmeißel	113
7.9	Fehler beim Drehen	115
7.9.1	Werkzeugfehler	115
7.9.2	Werkstückfehler	116
7.10	Richtwerttabellen	116
7.11	Berechnungsbeispiele	124
7.12	Testfragen zum Kapitel 7	126
8	Bohren	129
8.1	Definition	129
8.2	Bohrverfahren	129
8.2.1	Bohren ins Volle	129
8.2.2	Aufbohren – Ausdrehen	130
8.2.3	Senken	131
8.2.4	Reiben	131
8.2.5	Gewindeschneiden mit Gewindeschneidbohrern	132
8.3	Erzeugung und Aufgaben der Bohrungen	132
8.3.1	Grund- oder Sacklochbohrung	132
8.3.2	Durchgangsbohrung	132
8.3.3	Kegelige Bohrung	133

8.3.4	Senkbohrung	133
8.3.5	Gewindebohrung	133
8.4	Erreichbare Genauigkeiten beim Bohren	134
8.5	Kraft-, Drehmoment- und Leistungsberechnung	134
8.5.1	Bohren ins Volle (Abb. 8.9)	135
8.5.2	Aufbohren	138
8.5.3	Senken	139
8.5.4	Reiben	141
8.5.5	Gewindeschneiden mit Gewindeschneidbohrern	141
8.6	Bestimmung der Hauptzeit (Maschinenzeit)	142
8.6.1	Bohren ins Volle	143
8.6.2	Aufbohren mit dem Wendelbohrer	144
8.6.3	Plansenken	144
8.6.4	Gewindeschneiden	145
8.7	Bohrwerkzeuge	146
8.7.1	Wendelbohrer	146
8.7.2	Wendelsenker	155
8.7.3	Plan- und Profilsenker	157
8.7.4	Zentrierbohrer	158
8.7.5	Ausdrehwerkzeuge	158
8.7.6	Reibwerkzeuge	160
8.7.7	Gewindeschneidbohrer	166
8.8	Fehler beim Bohren	170
8.8.1	Werkzeugfehler	170
8.8.2	Werkstückfehler	170
8.9	Richtwerte für die Bohrverfahren	171
8.10	Beispiele	175
8.11	Testfragen zum Kapitel 8	177
9	Sägen	179
9.1	Definition	179
9.2	Sägeverfahren	179
9.2.1	Sägen mit Sägeblatt	179
9.2.2	Sägen mit endlosen Sägebändern	180
9.2.3	Sägen mit Kreissägeblättern	180
9.3	Aufgaben und Einsatzgebiete der Sägeverfahren	181
9.4	Erreichbare Genauigkeiten beim Sägen	181
9.5	Kraft- und Leistungsberechnung	182
9.5.1	Beziehungen, die für alle Sägeverfahren gültig sind	182
9.5.2	Sägen mit Sägeblatt oder Sägeband	183
9.5.3	Sägen mit Kreissägeblatt	184

9.6	Bestimmung der Hauptzeit	186
9.6.1	Sägen mit Kreissägeblatt Rechteckquerschnitt (Abb. 9.8) . . .	187
9.6.2	Sägen mit Sägeblatt oder Sägeband	188
9.7	Sägewerkzeug	188
9.7.1	Winkel und Teilung am Sägezahn	188
9.7.2	Zahnformen und Ausführungsformen der Sägewerkzeuge . .	189
9.7.3	Schneidstoffe	198
9.8	Fehler beim Sägen	200
9.9	Richtwerttabellen	202
9.10	Beispiele	205
9.11	Testfragen zum Kapitel 9	208
10	Fräsen	209
10.1	Definition	209
10.2	Fräsverfahren	209
10.2.1	Walzenfräsen	209
10.2.2	Stirnfräsen	215
10.2.3	Profilfräsen	216
10.2.4	Nutenfräsen	217
10.2.5	Formfräsen	218
10.3	Anwendung der Fräsverfahren	220
10.3.1	Walzenfräsen	220
10.3.2	Stirnfräsen	220
10.3.3	Profilfräsen	220
10.3.4	Nutenfräsen	221
10.3.5	Formfräsen	221
10.4	Erreichbare Genauigkeiten beim Fräsen	221
10.5	Kraft- und Leistungsberechnung	221
10.5.1	Walzenfräsen	221
10.5.2	Stirnfräsen	226
10.5.3	Vereinfachte Leistungsberechnung für das Walzen- und Stirnfräsen	230
10.6	Hauptzeiten beim Fräsen	231
10.6.1	Walzenfräsen	231
10.6.2	Stirnfräsen	232
10.6.3	Nutenfräsen (Abb. 10.23)	234
10.6.4	Kurzgewindefräsen	234
10.6.5	Langgewindefräsen	235
10.7	Fräswerkzeuge	235
10.7.1	Schneidenform und Zähnezahl am Fräser	235
10.7.2	Spannutenrichtung, Drallwinkel und Schneidrichtung des Fräasers	236

10.7.3	Schneidengeometrie an Fräsworkzeugen	237
10.7.4	Ausführungsformen und Einsatzgebiete der Walzenfräser . .	239
10.7.5	Messerköpfe	247
10.7.6	Werkzeugaufnahmen für Walzenfräser	251
10.7.7	Befestigungen für Messerköpfe	257
10.7.8	Modulare Werkzeugsysteme	258
10.7.9	Schneidstoffe	261
10.8	Fehler beim Fräsen	263
10.9	Richtwerttabellen	264
10.10	Beispiele	267
10.11	Zahnradherstellverfahren	272
10.12	Testfragen zum Kapitel 10	273
11	Räumen	275
11.1	Definition	275
11.2	Räumverfahren	275
11.2.1	Innenräumen	275
11.2.2	Außenräumen	276
11.3	Anwendung der Räumverfahren	276
11.3.1	Innenräumen	276
11.3.2	Außenräumen	278
11.4	Erreichbare Genauigkeiten	278
11.4.1	Maßgenauigkeit	278
11.4.2	Oberflächengüte	278
11.5	Kraft- und Leistungsberechnung	279
11.6	Bestimmung der Hauptzeit	283
11.7	Räumwerkzeuge	285
11.7.1	Schneidengeometrie der Räumnadel	285
11.7.2	Gestaltung der Räumnadelzähne	287
11.7.3	Werkstoffe für Räumwerkzeuge	292
11.8	Fehler beim Räumen	294
11.8.1	Werkzeugfehler	294
11.8.2	Werkstückfehler	294
11.9	Richtwerttabellen	295
11.10	Berechnungsbeispiel	295
11.11	Video zum Verfahren Räumen	298
11.12	Testfragen zum Kapitel 11	298
12	Schleifen	299
12.1	Definition	299
12.2	Schleifverfahren	299
12.2.1	Planschleifen	299
12.2.2	Profilschleifen	302

12.2.3	Rundschleifen	302
12.2.4	Zerspandaten für Planschleifen und Rundschleifen mit eingespanntem Werkstück	307
12.2.5	Spitzenloses Schleifen	308
12.2.6	Trennschleifen	313
12.2.7	Kontaktschleifen	313
12.3	Anwendung der Schleifverfahren	315
12.3.1	Planschleifen	315
12.3.2	Profilschleifen	315
12.3.3	Rundschleifen	315
12.3.4	Trennschleifen	319
12.3.5	Kontaktschleifen mit Schleifbändern	320
12.4	Erreichbare Genauigkeiten und Bearbeitungsaufmaße beim Schleifen	321
12.5	Kraft- und Leistungsberechnung	322
12.6	Bestimmung der Hauptzeit	327
12.6.1	Planschleifen	327
12.6.2	Außen- und Innenrundschleifen	329
12.6.3	Spitzenloses Schleifen	330
12.7	Schleifwerkzeuge	331
12.7.1	Schleifmittel	331
12.7.2	Körnungen	333
12.7.3	Härtegrade	333
12.7.4	Gefüge der Schleifscheibe	334
12.7.5	Bindungsarten	334
12.7.6	Ausführungsformen und Bezeichnung der Schleifscheiben	334
12.7.7	Befestigung der Schleifscheiben	337
12.7.8	Abrichten der Schleifscheiben	339
12.7.9	Auswahl der Schleifscheiben für bestimmte Einsatzgebiete	341
12.8	Fehler beim Schleifen	342
12.8.1	Einflussgrößen auf den Schleifvorgang	342
12.8.2	Fehlertabelle	344
12.9	Richtwerttabellen	344
12.10	Berechnungsbeispiele	349
12.11	Testfragen zum Kapitel 12	354
13	Honen	355
13.1	Langhubhonen	355
13.2	Kurzhubhonen	364
13.3	Testfragen zum Kapitel 13	367

14	Läppen	369
	14.1 Anwendung des Läppens	370
	14.2 Drahttrennläppen	372
	14.3 Testfragen zum Kapitel 14	374
15	Hochgeschwindigkeitszerspanung (HSC)	375
	15.1 Definition	375
	15.2 Einführung in die HSC-Zerspanung	375
	15.3 Anwendung der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung	377
	15.3.1 HSC-Verfahren	377
	15.3.2 HSC-Maschinen	379
	15.3.3 Werkzeuge für das HSC-Fräsen	391
	15.3.4 Mikrozerspanung	397
	15.3.5 Hybrides Fräsverfahren (Fräsen und generatives Auftragen)	400
	15.3.6 Zerspanungsrichtwerte für die Hochgeschwindigkeits-Fräsen- und Drehbearbeitung	407
	15.4 Testfragen zum Kapitel 15	414
16	Kühl- und Schmiermittel für die Zerspanung	415
	16.1 Einführung	415
	16.2 Nassbearbeitung	416
	16.3 Minimalmengen-Kühlschmierung (MMKS)	417
	16.4 Trockenbearbeitung	420
	16.5 Testfragen zum Kapitel 16	421
17	Kraftmessung beim Zerspanen	423
	17.1 Einführung	423
	17.2 Kraftmessung beim Drehen	424
	17.3 Kraftmessung beim Bohren und Fräsen	426
	17.4 Kraftmessung beim Räumen	429
	17.5 Testfragen zum Kapitel 17	430
18	Abtragen	431
	18.1 Abtragen durch Funkenerosion	431
	18.1.1 Senkerodieren	432
	18.1.2 Drahterodieren (Schneiden)	436
	18.1.3 Mikroerodieren	444
	18.2 Abtragen durch elektrochemische Bearbeitung	449
	18.2.1 Prinzip der elektrochemischen Bearbeitung	449
	18.2.2 Verfahrensvarianten	450
	18.2.3 Verfahrensdurchführung	454
	18.2.4 Vorteile des PECM-Verfahrens	457
	18.3 Testfragen zum Kapitel 18	458

19	Allgemeine Tabellen	459
20	Anhang	473
	20.1 Firmenanschriften	473
	20.2 Gegenüberstellung von alter (DIN) und neuer (Euro-Norm) Werkstoffbezeichnung	478
	Literaturverzeichnis (weiterführende Literatur)	479
	Sachverzeichnis	487