

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der Zerspanung am Beispiel Drehen	4
2.1	Flächen, Schneiden und Ecken am Schneidkeil nach DIN 6581	4
2.2	Bezugsebenen	5
2.3	Winkel am Schneidkeil	6
2.3.1	Winkel, die in der Werkzeugbezugsebene gemessen werden	6
2.3.2	Winkel, der in der Schneidenebene gemessen wird, Neigungswinkel λ ..	6
2.3.3	Winkel, die in der Keilmessebene gemessen werden	6
2.4	Einfluss der Winkel auf den Zerspanvorgang	8
2.5	Spanungsgrößen	14
2.5.1	Spanungsbreite b	14
2.5.2	Spanungsdicke h	14
2.5.3	Spanungsquerschnitt A	14
2.6	Zerspanungskräfte und ihre Entstehung	15
2.6.1	Entstehung der Kräfte	15
2.6.2	Spezifische Schnittkraft k_C und ihre Einflussgrößen	16
2.6.3	Hauptschnittkraft F_C	19
2.7	Leistungsberechnung	19
2.7.1	Zerspanungsleistung P_C aus der Hauptschnittkraft	20
2.7.2	Maschinen-Antriebsleistung P	21
3	Standzeit T	22
3.1	Definition	22
3.2	Merkmale für die Abstumpfung	22
3.2.1	Schneidstoffe, bei denen die Temperatur die Hauptursache für die Abstumpfung ist	22
3.2.2	Schneidstoffe, bei denen der Abrieb Hauptursache für die Abstumpfung ist	22
3.2.3	Arten des Verschleißes	22
3.3	Einflüsse auf die Standzeit	24
3.3.1	Werkstückwerkstoff	24
3.3.2	Schneidstoff	24
3.3.3	Schneidenform	24
3.3.4	Oberfläche	25
3.3.5	Steife	25
3.3.6	Spanungsquerschnitt	25
3.3.7	Kühlschmiermittel	25
3.3.8	Schnittgeschwindigkeit	25
3.4	Berechnung und Darstellung der Standzeit	25
3.5	Größe der Standzeit und Zuordnung der Schnittgeschwindigkeit	27
3.6	Kostengünstigste Standzeit	27

4	Werkzeug- und Maschinen-Gerade	28
4.1	Werkzeug-Gerade	28
4.2	Maschinen-Gerade	29
4.3	Optimaler Arbeitsbereich	31
5	Spanvolumen und Spanraumzahl	32
5.1	Spanvolumen	32
5.2	Spanformen	32
5.2.1	Transportfähigkeit	32
5.2.2	Gefahr für den Menschen an der Maschine	33
5.3	Spanraumzahlen	33
6	Schneidstoffe	34
6.1	Werkzeugstähle	34
6.2	Schnellarbeitsstähle	34
6.3	Hartmetalle	36
6.4	Schneidkeramik	40
6.5	Schneiddiamanten	41
6.6	Kubisches Bornitrid	44
6.7	Vergleich der Schneidstoffe	44
7	Drehen	48
7.1	Definition	48
7.2	Drehverfahren	48
7.2.1	Langdrehen	48
7.2.2	Plandrehen	48
7.2.3	Stechen (Stechdrehen)	49
7.2.4	Profildrehen	50
7.2.5	Kegeldrehen	50
7.2.6	Gewindedrehen	51
7.2.7	Formdrehen	52
7.3	Erreichbare Genauigkeiten beim Drehen	57
7.3.1	Maßgenauigkeiten	57
7.3.2	Oberflächenrauigkeit	57
7.4	Spannelemente	59
7.4.1	Werkstückspannung	59
7.4.2	Spannelemente zum Spannen der Werkzeuge	65
7.5	Kraft- und Leistungsberechnung	67
7.6	Bestimmung der Hauptzeit t_h	69
7.6.1	Langdrehen	69
7.6.2	Plandrehen	70
7.6.3	Gewindedrehen	71
7.7	Bestimmung der Zykluszeit	71
7.8	Drehwerkzeuge	72
7.8.1	Ausbildung des Schneidenkopfes	72
7.8.2	Klemmhalter	73
7.8.3	Drehwerkzeuge zum Gewindedrehen	76
7.8.4	Profildrehmeißel	79

7.8.5	Werkzeuge zum Kopieren und Formdrehen	79
7.8.6	Spanformstufen	79
7.8.7	Fasen am Drehmeißel	82
7.9	Fehler beim Drehen	83
7.9.1	Werkzeugfehler	83
7.9.2	Werkstückfehler	83
7.10	Richtwerttabellen	84
7.11	Berechnungsbeispiele	91
8	Bohren	94
8.1	Definition	94
8.2	Bohrverfahren	94
8.2.1	Bohren ins Volle	94
8.2.2	Aufbohren – Ausdrehen	94
8.2.3	Senken	96
8.2.4	Reiben	96
8.2.5	Gewindeschneiden mit Gewindeschneidbohrern	96
8.3	Erzeugung und Aufgaben der Bohrungen	96
8.3.1	Grund- oder Sacklochbohrung	96
8.3.2	Durchgangsbohrung	96
8.3.3	Kegelige Bohrung	97
8.3.4	Senkbohrung	97
8.3.5	Gewindebohrung	97
8.4	Erreichbare Genauigkeiten beim Bohren	98
8.5	Kraft-, Drehmoment- und Leistungsberechnung	98
8.5.1	Bohren ins Volle	99
8.5.2	Aufbohren	101
8.5.3	Senken	102
8.5.4	Reiben	103
8.5.5	Gewindeschneiden mit Gewindeschneidbohrern	104
8.6	Bestimmung der Hauptzeit (Maschinenzeit)	104
8.6.1	Bohren ins Volle	105
8.6.2	Aufbohren mit dem Wendelbohrer	106
8.6.3	Plansenken	106
8.6.4	Gewindeschneiden	106
8.7	Bohrwerkzeuge	108
8.7.1	Wendelbohrer	108
8.7.2	Wendelsenker	116
8.7.3	Plan- und Profilsenker	118
8.7.4	Zentrierbohrer	119
8.7.5	Ausdrehwerkzeuge	121
8.7.6	Reibwerkzeuge	123
8.7.7	Gewindeschneidbohrer	126
8.8	Fehler beim Bohren	129
8.8.1	Werkzeugfehler	129
8.8.2	Werkstückfehler	130
8.9	Richtwerte für die Bohrverfahren	130
8.10	Beispiele	133

9 Sägen	136
9.1 Definition	136
9.2 Sägeverfahren	136
9.2.1 Sägen mit Sägeblatt	136
9.2.2 Sägen mit endlosen Sägebändern	136
9.2.3 Sägen mit Kreissägeblättern	136
9.3 Aufgaben und Einsatzgebiete der Sägeverfahren	137
9.4 Erreichbare Genauigkeiten beim Sägen	137
9.5 Kraft- und Leistungsberechnung	138
9.5.1 Beziehungen, die für alle Sägeverfahren gültig sind	138
9.5.2 Sägen mit Sägeblatt oder Sägeband	140
9.5.3 Sägen mit Kreissägeblatt	140
9.6 Bestimmung der Hauptzeit	142
9.6.1 Sägen mit Kreissägeblatt Rechteckquerschnitt	142
9.6.2 Sägen mit Sägeblatt oder Sägeband	143
9.7 Sägewerkzeug	144
9.7.1 Winkel und Teilung am Sägezahn	144
9.7.2 Zahnformen und Ausführungsformen der Sägewerkzeuge	144
9.7.3 Schneidstoffe	152
9.8 Fehler beim Sägen	153
9.9 Richtwerttabellen	155
9.10 Beispiele	157
10 Fräsen	160
10.1 Definition	160
10.2 Fräsverfahren	160
10.2.1 Walzenfräsen	160
10.2.2 Stirnfräsen	161
10.2.3 Profilfräsen	162
10.2.4 Nutenfräsen	163
10.2.5 Formfräsen	165
10.3 Anwendung der Fräsverfahren	165
10.3.1 Walzenfräsen	165
10.3.2 Stirnfräsen	165
10.3.3 Profilfräsen	165
10.3.4 Nutenfräsen	166
10.3.5 Formfräsen	166
10.4 Erreichbare Genauigkeiten beim Fräsen	166
10.5 Kraft- und Leistungsberechnung	166
10.5.1 Walzenfräsen	166
10.5.2 Stirnfräsen	170
10.5.3 Vereinfachte Leistungsberechnung für das Walzen- und Stirnfräsen	173
10.6 Hauptzeiten beim Fräsen	175
10.6.1 Walzenfräsen	175
10.6.2 Stirnfräsen	175
10.6.3 Nutenfräsen	177
10.6.4 Kurzgewindefräsen	177
10.6.5 Langgewindefräsen	177

10.7	Fräswerkzeuge	178
10.7.1	Schneidenform und Zähnezahl am Fräser	178
10.7.2	Spannutenrichtung, Drallwinkel und Schneidrichtung des Fräasers	178
10.7.3	Schneidengeometrie an Fräswerkzeugen	178
10.7.4	Ausführungsformen und Einsatzgebiete der Walzenfräser	182
10.7.5	Messerköpfe	190
10.7.6	Werkzeugaufnahmen für Walzenfräser	193
10.7.7	Befestigungen für Messerköpfe	199
10.7.8	Schneidstoffe	200
10.8	Fehler beim Fräsen	201
10.9	Richtwerttabellen	202
10.10	Beispiele	205
10.11	Zahnradherstellverfahren	209
11	Räumen	212
11.1	Definition	212
11.2	Räumverfahren	212
11.2.1	Innenräumen	212
11.2.2	Außenräumen	212
11.3	Anwendung der Räumverfahren	212
11.3.1	Innenräumen	212
11.3.2	Außenräumen	213
11.4	Erreichbare Genauigkeiten	214
11.4.1	Maßgenauigkeit	214
11.4.2	Oberflächengüte	215
11.5	Kraft- und Leistungsberechnung	215
11.6	Bestimmung der Hauptzeit	219
11.7	Räumwerkzeuge	221
11.7.1	Schneidengeometrie der Räumnadel	221
11.7.2	Gestaltung der Räumnadelzähne	222
11.7.3	Werkstoffe für Räumwerkzeuge	227
11.8	Fehler beim Räumen	229
11.8.1	Werkzeugfehler	229
11.8.2	Werkstückfehler	230
11.9	Richtwerttabellen	230
11.10	Berechnungsbeispiel	230
12	Schleifen	234
12.1	Definition	234
12.2	Schleifverfahren	234
12.2.1	Planschleifen	234
12.2.2	Profilschleifen	237
12.2.3	Rundschleifen	237
12.2.4	Zerspandaten für Planschleifen und Rundschleifen mit eingespanntem Werkstück	241
12.2.5	Spitzenloses Schleifen	242
12.2.6	Trennschleifen	246
12.2.7	Kontaktschleifen	246

- 12.3 Anwendung der Schleifverfahren 248
 - 12.3.1 Planschleifen 248
 - 12.3.2 Profilschleifen 248
 - 12.3.3 Rundschleifen 249
 - 12.3.4 Trennschleifen 251
 - 12.3.5 Kontaktschleifen mit Schleifbändern 252
- 12.4 Erreichbare Genauigkeiten und Bearbeitungsaufmaße beim Schleifen 253
- 12.5 Kraft- und Leistungsberechnung 253
- 12.6 Bestimmung der Hauptzeit 258
 - 12.6.1 Planschleifen 258
 - 12.6.2 Außen- und Innenrundschleifen 259
 - 12.6.3 Spitzenloses Schleifen 260
- 12.7 Schleifwerkzeuge 261
 - 12.7.1 Schleifmittel 261
 - 12.7.2 Körnungen 263
 - 12.7.3 Härtegrade 264
 - 12.7.4 Gefüge der Schleifscheibe 264
 - 12.7.5 Bindungsarten 264
 - 12.7.6 Ausführungsformen und Bezeichnung der Schleifscheiben 265
 - 12.7.7 Befestigung der Schleifscheiben 269
 - 12.7.8 Auswahl der Schleifscheiben für bestimmte Einsatzgebiete 270
- 12.8 Fehler beim Schleifen 271
 - 12.8.1 Einflussgrößen auf den Schleifvorgang 271
 - 12.8.2 Fehlertabelle 272
- 12.9 Richtwerttabellen 273
- 12.10 Berechnungsbeispiele 277

- 13 Honen** 282
 - 13.1 Langhubhonen 282
 - 13.2 Kurzhubhonen 290

- 14 Läppen** 294
 - 14.1 Anwendung des Läppens 295
 - 14.2 Drahttrennläppen 297

- 15 Hochgeschwindigkeitszerspanung (HSC)** 299
 - 15.1 Definition 299
 - 15.2 Einführung in die HSC-Zerspanung 299
 - 15.3 Anwendung der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung 301
 - 15.3.1 HSC-Verfahren 301
 - 15.3.2 HSC-Maschinen 302
 - 15.3.3 Werkzeuge für das HSC-Fräsen 312
 - 15.3.4 Mikrozerspanung 317
 - 15.3.5 Zerspanungsrichtwerte für die Hochgeschwindigkeits-Fräs- und Drehbearbeitung 320

16 Kühl- und Schmiermittel für die Zerspanung	327
16.1 Einführung	327
16.2 Nassbearbeitung	327
16.3 Minimalmengen-Kühlschmierung (MMKS)	328
16.4 Trockenbearbeitung	332
17 Kraftmessung beim Zerspanen	333
17.1 Einführung	333
17.2 Kraftmessung beim Drehen	334
17.3 Kraftmessung beim Bohren und Fräsen	335
17.4 Kraftmessung beim Räumen	338
18 Abtragen	340
18.1 Abtragen durch Funkenerosion	340
18.1.2 Senkerodieren	341
18.1.3 Drahterodieren (Schneiden)	347
18.1.4 Mikroerodieren	353
19 Allgemeine Tabellen	358
20 Anhang	370
20.1 Testfragen	370
20.2 Gegenüberstellung von alter (DIN) und neuer (Euro-Norm) Werkstoffbezeichnung	374
20.3 Firmenanschriften	379
Literaturverzeichnis (weiterführende Literatur)	383
Sachwortverzeichnis	389