

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 Schneidebene 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
7.2.8	Verfahrenskombination Spanen – Umformen	57
7.3	Erreichbare Genauigkeiten beim Drehen	61
7.3.1	Maßgenauigkeiten	61
7.3.2	Oberflächenrauigkeit	61
7.4	Spannelemente	63
7.4.1	Werkstückspannung	63
7.4.2	Spannelemente zum Spannen der Werkzeuge	69
7.5	Kraft- und Leistungsberechnung	71
7.6	Bestimmung der Hauptzeit t_h	73
7.6.1	Langdrehen	73
7.6.2	Plandrehen	74
7.6.3	Gewindedrehen	75
7.7	Bestimmung der Zykluszeit	75
7.8	Drehwerkzeuge	76
7.8.1	Ausbildung des Schneidenkopfes	76
7.8.2	Klemmhalter	77
7.8.3	Drehwerkzeuge zum Stechdrehen	82

7.8.4	Drehwerkzeuge zum Gewindedrehen	83
7.8.5	Profildrehmeißel	85
7.8.6	Werkzeuge zum Kopieren und Formdrehen	86
7.8.7	Spanformstufen	86
7.8.8	Fasen am Drehmeißel	89
7.9	Fehler beim Drehen	90
7.9.1	Werkzeugfehler	90
7.9.2	Werkstückfehler	90
7.10	Richtwerttabellen	91
7.11	Berechnungsbeispiele	98
8	Bohren	101
8.1	Definition	101
8.2	Bohrverfahren	101
8.2.1	Bohren ins Volle	101
8.2.2	Aufbohren – Ausdrehen	101
8.2.3	Senken	103
8.2.4	Reiben	103
8.2.5	Gewindeschneiden mit Gewindeschneidbohrern	103
8.3	Erzeugung und Aufgaben der Bohrungen	103
8.3.1	Grund- oder Sacklochbohrung	103
8.3.2	Durchgangsbohrung	103
8.3.3	Kegelige Bohrung	104
8.3.4	Senkbohrung	104
8.3.5	Gewindebohrung	104
8.4	Erreichbare Genauigkeiten beim Bohren	105
8.5	Kraft-, Drehmoment- und Leistungsberechnung	105
8.5.1	Bohren ins Volle	106
8.5.2	Aufbohren	108
8.5.3	Senken	109
8.5.4	Reiben	110
8.5.5	Gewindeschneiden mit Gewindeschneidbohrern	111
8.6	Bestimmung der Hauptzeit (Maschinenzeit)	111
8.6.1	Bohren ins Volle	112
8.6.2	Aufbohren mit dem Wendelbohrer	113
8.6.3	Plansenken	113
8.6.4	Gewindeschneiden	113
8.7	Bohrwerkzeuge	115
8.7.1	Wendelbohrer	115
8.7.2	Wendelsenker	123
8.7.3	Plan- und Profilsenker	125
8.7.4	Zentrierbohrer	126
8.7.5	Ausdrehwerkzeuge	128
8.7.6	Reibwerkzeuge	130
8.7.7	Gewindeschneidbohrer	133
8.8	Fehler beim Bohren	136
8.8.1	Werkzeugfehler	136
8.8.2	Werkstückfehler	137

8.9	Richtwerte für die Bohrverfahren	137
8.10	Beispiele	140
9	Sägen	143
9.1	Definition	143
9.2	Sägeverfahren	143
9.2.1	Sägen mit Sägeblatt	143
9.2.2	Sägen mit endlosen Sägebändern	143
9.2.3	Sägen mit Kreissägeblättern	143
9.3	Aufgaben und Einsatzgebiete der Sägeverfahren	144
9.4	Erreichbare Genauigkeiten beim Sägen	144
9.5	Kraft- und Leistungsberechnung	145
9.5.1	Beziehungen, die für alle Sägeverfahren gültig sind	145
9.5.2	Sägen mit Sägeblatt oder Sägeband	147
9.5.3	Sägen mit Kreissägeblatt	147
9.6	Bestimmung der Hauptzeit	149
9.6.1	Sägen mit Kreissägeblatt Rechteckquerschnitt	149
9.6.2	Sägen mit Sägeblatt oder Sägeband	150
9.7	Sägewerkzeug	151
9.7.1	Winkel und Teilung am Sägezahn	151
9.7.2	Zahnformen und Ausführungsformen der Sägewerkzeuge	151
9.7.3	Schneidstoffe	159
9.8	Fehler beim Sägen	160
9.9	Richtwerttabellen	162
9.10	Beispiele	164
10	Fräsen	167
10.1	Definition	167
10.2	Fräsverfahren	167
10.2.1	Walzenfräsen	167
10.2.2	Stirnfräsen	168
10.2.3	Profilfräsen	169
10.2.4	Nutenfräsen	170
10.2.5	Formfräsen	172
10.3	Anwendung der Fräsverfahren	172
10.3.1	Walzenfräsen	172
10.3.2	Stirnfräsen	172
10.3.3	Profilfräsen	172
10.3.4	Nutenfräsen	173
10.3.5	Formfräsen	173
10.4	Erreichbare Genauigkeiten beim Fräsen	173
10.5	Kraft- und Leistungsberechnung	173
10.5.1	Walzenfräsen	173
10.5.2	Stirnfräsen	177
10.5.3	Vereinfachte Leistungsberechnung für das Walzen- und Stirnfräsen	180
10.6	Hauptzeiten beim Fräsen	182
10.6.1	Walzenfräsen	182
10.6.2	Stirnfräsen	182

10.6.3	Nutenfräsen	184
10.6.4	Kurzgewindefräsen	184
10.6.5	Langgewindefräsen	184
10.7	Fräswerkzeuge	185
10.7.1	Schneidenform und Zähnezahl am Fräser	185
10.7.2	Spannutenrichtung, Drallwinkel und Schneidrichtung des Fräasers	185
10.7.3	Schneidengeometrie an Fräswerkzeugen	185
10.7.4	Ausführungsformen und Einsatzgebiete der Walzenfräser	189
10.7.5	Messerköpfe	197
10.7.6	Werkzeugaufnahmen für Walzenfräser	200
10.7.7	Befestigungen für Messerköpfe	206
10.7.8	Schneidstoffe	207
10.8	Fehler beim Fräsen	208
10.9	Richtwerttabellen	209
10.10	Beispiele	212
10.11	Zahnradherstellverfahren	216
11	Räumen	219
11.1	Definition	219
11.2	Räumverfahren	219
11.2.1	Innenräumen	219
11.2.2	Außenräumen	219
11.3	Anwendung der Räumverfahren	219
11.3.1	Innenräumen	219
11.3.2	Außenräumen	220
11.4	Erreichbare Genauigkeiten	221
11.4.1	Maßgenauigkeit	221
11.4.2	Oberflächengüte	222
11.5	Kraft- und Leistungsberechnung	222
11.6	Bestimmung der Hauptzeit	226
11.7	Räumwerkzeuge	228
11.7.1	Schneidengeometrie der Räumnadel	228
11.7.2	Gestaltung der Räumnadelzähne	229
11.7.3	Werkstoffe für Räumwerkzeuge	234
11.8	Fehler beim Räumen	236
11.8.1	Werkzeugfehler	236
11.8.2	Werkstückfehler	237
11.9	Richtwerttabellen	237
11.10	Berechnungsbeispiel	237
11.11	Video zum Verfahren Räumen	240
12	Schleifen	241
12.1	Definition	241
12.2	Schleifverfahren	241
12.2.1	Planschleifen	241
12.2.2	Profilschleifen	244
12.2.3	Rundschleifen	244

12.2.4	Zerspandaten für Planschleifen und Rundschleifen mit eingespanntem Werkstück	248
12.2.5	Spitzenloses Schleifen	249
12.2.6	Trennschleifen	253
12.2.7	Kontaktschleifen	253
12.3	Anwendung der Schleifverfahren	255
12.3.1	Planschleifen	255
12.3.2	Profilschleifen	255
12.3.3	Rundschleifen	256
12.3.4	Trennschleifen	258
12.3.5	Kontaktschleifen mit Schleifbändern	259
12.4	Erreichbare Genauigkeiten und Bearbeitungsaufmaße beim Schleifen	260
12.5	Kraft- und Leistungsberechnung	260
12.6	Bestimmung der Hauptzeit	265
12.6.1	Planschleifen	265
12.6.2	Außen- und Innenrundschleifen	266
12.6.3	Spitzenloses Schleifen	267
12.7	Schleifwerkzeuge	268
12.7.1	Schleifmittel	268
12.7.2	Körnungen	270
12.7.3	Härtegrade	271
12.7.4	Gefüge der Schleifscheibe	271
12.7.5	Bindungsarten	271
12.7.6	Ausführungsformen und Bezeichnung der Schleifscheiben	272
12.7.7	Befestigung der Schleifscheiben	276
12.7.8	Abrichten der Schleifscheibe	277
12.7.9	Auswahl der Schleifscheiben für bestimmte Einsatzgebiete	278
12.8	Fehler beim Schleifen	279
12.8.1	Einflussgrößen auf den Schleifvorgang	279
12.8.2	Fehlertabelle	280
12.9	Richtwerttabellen	281
12.10	Berechnungsbeispiele	285
13	Honen	290
13.1	Langhubhonen	290
13.2	Kurzhubhonen	298
14	Läppen	302
14.1	Anwendung des Läppens	303
14.2	Drahttrennläppen	305
15	Hochgeschwindigkeitszerspanung (HSC)	307
15.1	Definition	307
15.2	Einführung in die HSC-Zerspanung	307
15.3	Anwendung der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung	309
15.3.1	HSC-Verfahren	309
15.3.2	HSC-Maschinen	310
15.3.3	Werkzeuge für das HSC-Fräsen	323

15.3.4	Mikrozerspanung	328
15.3.5	Zerspanungsrichtwerte für die Hochgeschwindigkeits-Fräs- und Drehbearbeitung	331
16	Kühl- und Schmiermittel für die Zerspanung	338
16.1	Einführung	338
16.2	Nassbearbeitung	338
16.3	Minimalmengen-Kühlschmierung (MMKS)	339
16.4	Trockenbearbeitung	343
17	Kraftmessung beim Zerspanen	344
17.1	Einführung	344
17.2	Kraftmessung beim Drehen	345
17.3	Kraftmessung beim Bohren und Fräsen	346
17.4	Kraftmessung beim Räumen	349
18	Abtragen	351
18.1	Abtragen durch Funkenerosion	351
18.1.2	Senkerodieren	352
18.1.3	Drahterodieren (Schneiden)	358
18.1.4	Mikroerodieren	364
19	Allgemeine Tabellen	369
20	Anhang	381
20.1	Testfragen	381
20.2	Gegenüberstellung von alter (DIN) und neuer (Euro-Norm) Werkstoffbezeichnung	386
20.3	Firmenanschriften	386
	Literaturverzeichnis (weiterführende Literatur)	389
	Sachwortverzeichnis	396