

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	15
<b>1 Theorie der spanenden Formung</b> .....	17
<b>1.1 Begriffe der spanenden Formung</b> .....	17
1.1.0 Grundlagen .....	17
1.1.1 Kinematik und Geometrie des Spannungsvorgangs .....	19
1.1.1.1 Bewegungen zwischen Werkzeugschneide und Werkstück .....	20
1.1.1.2 Richtungen der Bewegungen (Bewegungsrichtungen) .....	21
1.1.1.3 Wege des Werkzeuges gegenüber dem Werkstück .....	22
1.1.1.4 Geschwindigkeiten .....	22
1.1.1.5 Komponenten der Bewegungen, Richtungen, Wege und Geschwindigkeiten .....	23
1.1.1.6 Hilfsbegriffe .....	23
1.1.1.7 Flächen am Werkstück .....	25
1.1.1.8 Vorschubgrößen .....	25
1.1.1.9 Eingriffsgrößen .....	26
1.1.1.10 Spanungsgrößen .....	28
1.1.2 Geometrie am Schneidteil spanender Werkzeuge .....	31
1.1.2.1 Allgemeine Begriffe .....	32
1.1.2.2 Flächen, Schneiden, Ecken und Rundungen .....	33
1.1.2.3 Werkzeug-Bezugssystem und Werkzeugwinkel .....	34
1.1.2.4 Wirk-Bezugssystem und Wirkwinkel .....	37
1.1.3 Kräfte, Energie, Arbeit und Leistungen .....	39
1.1.3.1 Kräfte beim Spanen .....	39
1.1.3.2 Energie und Arbeit beim Spanen .....	42
1.1.3.3 Leistungen beim Spanen .....	43
1.1.4 Standbegriffe und Werkzeugverschleiß .....	44
1.1.4.1 Standbegriffe .....	44
1.1.4.2 Werkzeugverschleiß .....	46
<b>1.2 Vorgänge bei der Spanbildung</b> .....	48
1.2.1 Mechanik der Spanbildung .....	48
1.2.1.1 Plastizitätsmechanische Theorie der Spanbildung .....	48
1.2.1.2 Scherwinkelbeziehungen .....	49
1.2.1.3 Spanstauchung .....	50
1.2.1.4 Geschwindigkeitsverhältnisse .....	51
1.2.1.5 Kräfteverhältnisse .....	52

1.2.2	Spanarten und Spanformen .....	54
1.2.2.1	Spanarten .....	54
1.2.2.2	Spanformen .....	57
1.2.3	Auswirkungen des Spanbildungsprozesses .....	59
<b>1.3</b>	<b>Schneidstoffe und ihre Anwendung .....</b>	<b>60</b>
1.3.0	Allgemeine Betrachtungen .....	60
1.3.1	Werkzeugstähle, unlegiert und legiert .....	64
1.3.2	Schnellarbeitsstähle .....	64
1.3.3	Gegossene Hartlegierungen .....	67
1.3.4	Hartmetalle (Sinterhartmetalle) .....	68
1.3.5	Schneidkeramik .....	72
1.3.5.1	Eigenschaften .....	72
1.3.5.2	Anwendung und Einsatz .....	74
1.3.6	Superharte Schneidstoffe (Diamant, Bornitrid) .....	75
1.3.7	Schleifmittel .....	77
<b>1.4</b>	<b>Temperatur, Verschleiß und Standzeit .....</b>	<b>79</b>
1.4.1	Spannungstemperatur .....	79
1.4.2	Verschleißursachen .....	81
1.4.3	Verschleißarten .....	82
1.4.4	Auswirkungen des Verschleißes .....	83
1.4.5	Verschleißkriterien .....	83
1.4.6	Standzeit .....	84
1.4.6.1	Definition des Standzeitbegriffs .....	84
1.4.6.2	Standzeitdiagramm und Einflussgrößen auf die Standzeit .....	84
1.4.6.3	Standzeitgleichung .....	88
<b>1.5</b>	<b>Schnittkraft und Leistung .....</b>	<b>90</b>
1.5.1	Zerspankraft und ihre Komponenten .....	90
1.5.2	Schnittkraft und spezifische Schnittkraft .....	91
1.5.3	Einflussgrößen auf Schnittkraft und spezifische Schnittkraft .....	91
1.5.4	Berechnung der Schnittkraft .....	96
1.5.5	Vorschub- und Passivkraft .....	100
1.5.5.1	Einflussgrößen .....	100
1.5.5.2	Berechnung der Vorschub- und Passivkraft .....	101
1.5.5.3	Berechnung der Schnittkraft im Gebiet der spanenden Feinbearbeitung mit geometrisch bestimmter Schneide .....	102
1.5.6	Leistung .....	106
1.5.7	Zeitspanvolumen und spezifisches Spanvolumen .....	106
1.5.8	Maschinenauslastung .....	107
1.5.9	Energieaufwand .....	109
1.5.10	Schnittwertoptimierung .....	113
<b>1.6</b>	<b>Oberflächenqualität .....</b>	<b>114</b>
1.6.1	Oberflächengestalt .....	114

1.6.2	Oberflächenbeschaffenheit .....	119
1.6.3	Oberflächenverhalten .....	121
<b>1.7</b>	<b>Spanbarkeit und Spanbarkeitsprüfung von Stahlwerkstoffen .....</b>	<b>123</b>
<b>1.8</b>	<b>Kühlschmierstoffe .....</b>	<b>127</b>
1.8.1	Eigenschaften und Anwendung .....	127
1.8.2	Auswirkungen der Kühlschmierstoffe auf Standzeit, Oberflächenqualität und Schnittkräfte .....	130
1.8.3	Auswahl von Kühlschmierstoffen .....	131
<b>1.9</b>	<b>Probleme der Nass- und Trockenbearbeitung .....</b>	<b>133</b>
1.9.1	Vorbetrachtungen .....	133
1.9.2	Zusammengefasste Vorteile und Nachteile der Nass- und Trockenbearbei- tung .....	134
1.9.3	Darstellung der Möglichkeiten der Trockenbearbeitung .....	137
1.9.4	Trockenbearbeitung unter Einsatz beschichteter HSS-, Hartmetall- und Keramikwerkzeuge .....	139
<b>1.10</b>	<b>Hochgeschwindigkeitsbearbeitung (HSC – High-speed-cutting) .....</b>	<b>144</b>
1.10.1	Grundsätzliches zur HSC .....	144
1.10.2	Praktische Realisierung der HSC .....	145
<b>2</b>	<b>Berechnung .....</b>	<b>153</b>
<b>2.1</b>	<b>Drehen .....</b>	<b>153</b>
2.1.1	Schnittkraft- und Leistungsberechnung .....	153
2.1.1.1	Technisch-mathematische Zusammenhänge .....	153
2.1.1.2	Zusammenstellung der Gleichungen .....	154
2.1.2	Berechnung der Hauptzeit .....	155
2.1.2.1	Langdrehen .....	155
2.1.2.2	Gewindedrehen .....	156
2.1.2.3	Kegeldrehen .....	157
2.1.2.4	Plandrehen .....	159
2.1.2.5	Planringdrehen .....	161
2.1.2.6	Nachformdrehen .....	162
2.1.2.7	Drehen auf Automaten .....	165
2.1.3	Berechnungsbeispiel .....	166
<b>2.2</b>	<b>Hobeln und Stoßen .....</b>	<b>168</b>
2.2.1	Schnittkraft- und Leistungsberechnung .....	168
2.2.1.1	Technisch-mathematische Zusammenhänge .....	168
2.2.1.2	Zusammenstellung der Gleichungen .....	168
2.2.2	Berechnung der Hauptzeit .....	169
2.2.3	Berechnungsbeispiel .....	170
<b>2.3</b>	<b>Fräsen .....</b>	<b>172</b>
2.3.1	Schnittkraft- und Leistungsberechnung .....	172
2.3.1.1	Technisch-mathematische Zusammenhänge .....	172
2.3.1.2	Zusammenstellung der Gleichungen .....	178

2.3.2	Berechnung der Hauptzeit	181
2.3.2.1	Umfangsfräsen	181
2.3.2.2	Stirnfräsen	182
2.3.2.3	Nutenfräsen auf Nutenfräsmaschinen	184
2.3.2.4	Gewindefräsen	185
2.3.3	Berechnungsbeispiele	187
2.3.3.1	Stirnfräsen	187
2.3.3.2	Umfangsfräsen	190
2.4	<b>Bohren, Senken, Reiben</b>	192
2.4.1	Schnittkraft- und Leistungsberechnung	192
2.4.1.1	Technisch-mathematische Zusammenhänge	192
2.4.1.2	Zusammenstellung der Gleichungen	198
2.4.2	Berechnung der Hauptzeit	200
2.4.2.1	Bohren und Aufbohren mit Spiralbohrer	200
2.4.2.2	Senken und Reiben	202
2.4.3	Berechnungsbeispiel	202
2.5	<b>Sägen</b>	203
2.5.1	Schnittkraft- und Leistungsberechnung	203
2.5.1.1	Technisch-mathematische Zusammenhänge	203
2.5.1.2	Zusammenstellung der Gleichungen	206
2.5.2	Berechnung der Hauptzeit	207
2.5.3	Berechnungsbeispiel	207
2.6	<b>Räumen</b>	208
2.6.1	Schnittkraft- und Leistungsberechnung	208
2.6.2	Berechnung der Teilung des Räumwerkzeugs	209
2.6.2.1	Berücksichtigung der Aufnahmefähigkeit des Spanraums	210
2.6.2.2	Berücksichtigung der Zug- oder Druckkraft der Maschine	210
2.6.2.3	Berücksichtigung der Festigkeit des Räumwerkzeugs	211
2.6.2.4	Weitere Größen der Zahnung am Räumwerkzeug	212
2.6.3	Zusammenstellung der Gleichungen	213
2.6.4	Berechnung der Hauptzeit	214
2.6.5	Berechnungsbeispiel	215
2.7	<b>Schleifen</b>	218
2.7.1	Schnittkraft- und Leistungsberechnung beim Schleifen	218
2.7.2	Berechnung der Hauptzeit	221
2.7.2.1	Rundschleifen	221
2.7.2.2	Flachschleifen	223
2.7.3	Berechnungsbeispiel	225
2.8	<b>Zahnradbearbeitung</b>	227
2.8.1	Schnittkraft- und Leistungsberechnung	227
2.8.1.1	Wälzfräsen (gerad- und schrägverzahnte Stirnräder)	227
2.8.1.2	Wälzstoßen (geradverzahnte Stirnräder)	229

2.8.1.3	Zahnflankenschleifen (geradverzahnte Stirnräder) .....	229
2.8.1.4	Berechnungsbeispiele .....	230
2.8.2	Berechnung der Hauptzeit – Verfahrensüberblick .....	232
2.8.2.1	Stirnradbearbeitung .....	232
2.8.2.2	Bearbeitung von Schneckentrieben .....	245
2.8.2.3	Kegelradbearbeitung .....	252
2.8.2.4	Berechnungsbeispiele .....	259
2.8.3	Anmerkungen zu den Verzahnungsverfahren .....	264
<b>2.9</b>	<b>Feinbearbeitungsverfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide .....</b>	<b>265</b>
2.9.1	Honen .....	266
2.9.1.1	Verfahrenseinführung .....	266
2.9.1.2	Genauigkeit beim Honen .....	267
2.9.1.3	Werkstück und Fertigungsergebnis .....	267
2.9.1.4	Werkzeug und Fertigungsergebnis .....	268
2.9.1.5	Werkzeugmaschine und Fertigungsergebnis .....	270
2.9.1.6	Wirtschaftlichkeit und Entwicklungstendenzen .....	272
2.9.2	Superfinish .....	272
2.9.2.1	Verfahrenseinführung .....	272
2.9.2.2	Genauigkeit beim Superfinish .....	273
2.9.2.3	Werkstück und Fertigungsergebnis .....	274
2.9.2.4	Werkzeug und Fertigungsergebnis .....	275
2.9.2.5	Werkzeugmaschine und Fertigungsergebnis .....	276
2.9.2.6	Wirtschaftlichkeit .....	278
2.9.3	Läppen .....	279
2.9.3.1	Verfahrenseinführung .....	279
2.9.3.2	Genauigkeit beim Läppen .....	283
2.9.3.3	Verfahren und Werkzeugmaschinen .....	284
2.9.3.4	Entwicklungstendenzen .....	290
<b>3</b>	<b>Richtwerte .....</b>	<b>291</b>
<b>3.1</b>	<b>Spezifische Schnittkräfte, Korrektur- und Verfahrensfaktoren</b> <b>(Tabellen 3.1 und 3.2) .....</b>	<b>291</b>
3.2	Drehen (Tabellen 3.3 bis 3.19) .....	295
3.3	Hobeln und Stoßen (Tabellen 3.20 und 3.21) .....	312
3.4	Fräsen (Tabellen 3.22 bis 3.45) .....	313
3.5	Bohren, Senken, Reiben (Tabellen 3.46 bis 3.63) .....	329
3.6	Sägen (Tabellen 3.64 und 3.65) .....	339
3.7	Räumen (Tabellen 3.66 bis 3.68) .....	340
3.8	Schleifen (Tabellen 3.69 bis 3.76) .....	341
3.9	Zahnradbearbeitung (Tabellen 3.77 bis 3.87) .....	346
<b>3.10</b>	<b>Bearbeitung von Sonderwerkstoffen .....</b>	<b>351</b>
3.10.1	Spanende Bearbeitung von Kunststoffen (Tabellen 3.88 bis 3.96) .....	351
3.10.2	Spanende Bearbeitung von hoch legierten Stählen (Tabellen 3.97 bis 3.109) .....	360

---

3.10.3	Spanen von Titan und Titanlegierungen (Tabellen 3.110 bis 3.112) . . . . .	366
3.10.4	Spanen von partikelverstärktem Aluminium . . . . .	369
3.11	<b>Werkstoffe</b> . . . . .	370
3.11.1	Werkstoffgruppen (Tabellen 3.113 und 3.114) . . . . .	370
3.11.2	Gegenüberstellung von alter (DIN) und neuer (Euro-Norm) Werkstoff- bezeichnung . . . . .	373
3.12	<b>Schneidstoffe</b> . . . . .	377
3.12.1	Schnellarbeitsstahl (Tabellen 3.116 bis 3.118) . . . . .	377
3.12.2	Hartmetall (Tabellen 3.119 und 3.120) . . . . .	379
	<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	382
	Weiterführende Literatur . . . . .	391
	Normen und Richtlinien . . . . .	392
	<b>Sachwortverzeichnis</b> . . . . .	405