

Werner Degner/Hans Lutze/Erhard Smejkal

Spanende Formung

Theorie, Berechnung, Richtwerte

17., aktualisierte Auflage

Mit 194 Bildern, 143 Tabellen

HANSER

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	15
1 Theorie der spanenden Formung	17
1.1 Begriffe der spanenden Formung	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
1.2 Vorgänge bei der Spanbildung	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
1.3	Schneidstoffe und ihre Anwendung	60
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
1.4	Temperatur, Verschleiß und Standzeit	79
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
1.5	Schnittkraft und Leistung	90
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
1.6	Oberflächenqualität	114
1.6.1	Oberflächengestalt	114

1.6.2	Oberflächenbeschaffenheit	119
1.6.3	Oberflächenverhalten	121
1.7	Spanbarkeit und Spanbarkeitsprüfung von Stahlwerkstoffen	123
1.8	Kühlschmierstoffe	127
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
1.9	Probleme der Nass- und Trockenbearbeitung	133
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
1.10	Hochgeschwindigkeitsbearbeitung (HSC – High-speed-cutting)	144
1.10.1	Grundsätzliches zur HSC	144
1.10.2	Praktische Realisierung der HSC	145
2	Berechnung	153
2.1	Drehen	153
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
2.2	Hobeln und Stoßen	168
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
2.3	Fräsen	172
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	Bohren, Senken, Reiben	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	Sägen	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	Räumen	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	Schleifen	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	Zahnradbearbeitung	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 – Verfahrenüberblick	232
2.8.2.1	Stirnradbearbeitung	232
2.8.2.2	Bearbeitung von Schneckenrieben	245
2.8.2.3	Kegelradbearbeitung	252
2.8.2.4	Berechnungsbeispiele	259
2.8.3	Anmerkungen zu den Verzahnungsverfahren	264
2.9	Feinbearbeitungsverfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide	265
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
3	Richtwerte	291
3.1	Spezifische Schnittkräfte, Korrektur- und Verfahrensfaktoren (Tabellen 3.1 und 3.2)	291
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
3.10	Bearbeitung von Sonderwerkstoffen	351
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	Werkstoffe	370
3.11.1	Werkstoffgruppen (Tabellen 3.113 und 3.114)	370
3.11.2	Gegenüberstellung von alter (DIN) und neuer (Euro-Norm) Werkstoffbezeichnung	373
3.12	Schneidstoffe	377
3.12.1	Schnellarbeitsstahl (Tabellen 3.116 bis 3.118)	377
3.12.2	Hartmetall (Tabellen 3.119 und 3.120)	379
Literaturverzeichnis		382
Weiterführende Literatur		391
Normen und Richtlinien		392
Sachwortverzeichnis		405