

Degner/Lutze/Smejkal

Spanende Formung

Theorie, Berechnung, Richtwerte

Herausgeber: Werner Degner

13., bearbeitete und erweiterte Auflage



Carl Hanser Verlag München Wien

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

1. Theorie der Spanenden Formung	15
1.1. Begriffe der Spanenden Formung	15
1.1.0. Grundlagen	15
1.1.1. Kinematik und Geometrie des Spannungsvorganges	16
1.1.1.1. Bewegungen zwischen Werkzeugschneide und Werkstück	16
1.1.1.2. Bewegungsrichtungen	18
1.1.1.3. Wege des Werkzeuges gegenüber dem Werkstück	18
1.1.1.4. Geschwindigkeiten	19
1.1.1.5. Komponenten der Bewegungen, Richtungen, Wege und Geschwindigkeiten	20
1.1.1.6. Hilfsbegriffe	21
1.1.1.7. Flächen am Werkstück	22
1.1.1.8. Vorschubgrößen	23
1.1.1.9. Eingriffsgrößen	24
1.1.1.10. Spanungsgrößen	26
1.1.2. Geometrie am Schneidteil spanender Werkzeuge	29
1.1.2.1. Allgemeine Begriffe	29
1.1.2.2. Flächen, Schneiden, Ecken und Rundungen	30
1.1.2.3. Werkzeug-Bezugssystem	32
1.1.2.4. Werkzeugwinkel	34
1.1.2.5. Wirk-Bezugssystem und Wirkwinkel	38
1.1.2.6. Geometrische Beziehungen zwischen Winkeln in verschiedenen Meßebenen und Bezugssystemen	40
1.1.3. Kräfte, Energie, Arbeit und Leistungen	40
1.1.3.1. Kräfte beim Spanen	40
1.1.3.2. Energie und Arbeit beim Spanen	43
1.1.3.3. Leistungen beim Spanen	44
1.1.4. Standbegriffe und Werkzeugverschleiß	45
1.1.4.1. Standbegriffe	45
1.1.4.2. Werkzeugverschleiß	47
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	53
1.2.2.1. Spanarten	53

1.2.2.2.	Spanformen	56
1.2.3.	Auswirkungen des Spanbildungsprozesses	58
1.3.	Schneidstoffe und ihre Anwendung	59
1.3.0.	Allgemeine Betrachtungen	59
1.3.1.	Werkzeugstähle, unlegiert und legiert	61
1.3.2.	Schnellarbeitsstähle	62
1.3.3.	Gegossene Hartlegierungen	64
1.3.4.	Hartmetalle (Sinterhartmetalle)	64
1.3.5.	Schneidkeramik	67
1.3.5.1.	Eigenschaften	67
1.3.5.2.	Anwendung und Einsatz	68
1.3.6.	Superharte Schneidstoffe (Diamant, Bornitrid)	70
1.3.7.	Schleifmittel	71
1.4.	Temperatur, Verschleiß und Standzeit	73
1.4.1.	Spannungstemperatur	73
1.4.2.	Verschleißursachen	74
1.4.2.1.	Mechanischer Verschleiß	74
1.4.2.2.	Thermischer Verschleiß	74
1.4.3.	Verschleißarten	74
1.4.4.	Auswirkungen des Verschleißes	75
1.4.5.	Verschleißkriterien	75
1.4.6.	Standzeit	76
1.4.6.1.	Definition des Standzeitbegriffs	76
1.4.6.2.	Standzeitdiagramm und Einflußgrößen auf die Standzeit	76
1.4.6.3.	Standzeitgleichung	79
1.5.	Schnittkraft und Leistung	81
1.5.1.	Zerspankraft und ihre Komponenten	81
1.5.2.	Schnittkraft und spezifische Schnittkraft	81
1.5.3.	Einflußgrößen auf Schnittkraft und spezifische Schnittkraft	82
1.5.4.	Berechnung der Schnittkraft	86
1.5.5.	Vorschub- und Passivkraft	89
1.5.5.1.	Einflußgrößen	89
1.5.5.2.	Berechnung der Vorschub- und Passivkraft	90
1.5.5.3.	Berechnung der Schnittkraft im Gebiet der spanenden Feinbearbeitung mit geometrisch bestimmter Schneide	91
1.5.6.	Leistung	94
1.5.7.	Zeitspanvolumen und spezifisches Spanvolumen	95
1.5.8.	Maschinenauslastung	95
1.5.9.	Energieaufwand	97
1.6.	Oberflächenqualität	100
1.6.1.	Oberflächengestalt	100
1.6.2.	Oberflächenbeschaffenheit	101
1.6.3.	Oberflächenverhalten	101
1.7.	Spanbarkeit und Spanbarkeitsprüfung von Stahlwerkstoffen	101
1.8.	Kühl- und Schmiermittel	105
1.8.1.	Eigenschaften und Anwendung	105

1.8.2.	Auswirkungen der Kühl- und Schmiermittel auf Standzeit, Oberflächenqualität und Schnittkräfte	106
1.9.	Entwicklung der Spannungsforschung (1850–1960)	107
2.	Berechnung	110
2.1.	Drehen	110
2.1.1.	Schnittkraft- und Leistungsberechnung	110
2.1.1.1.	Technisch-mathematische Zusammenhänge	110
2.1.1.2.	Zusammenstellung der Gleichungen	111
2.1.2.	Berechnung der Hauptzeit	111
2.1.2.1.	Langdrehen	111
2.1.2.2.	Gewindedrehen	112
2.1.2.3.	Kegeldrehen	113
2.1.2.4.	Plandrehen	114
2.1.2.5.	Planringdrehen	116
2.1.2.6.	Nachformdrehen	117
2.1.2.6.1.	Langnachformdrehen	117
2.1.2.6.2.	Plannachformdrehen	119
2.1.2.7.	Drehen auf Automaten	120
2.1.3.	Berechnungsbeispiel	121
2.2.	Hobeln und Stoßen	122
2.2.1.	Schnittkraft- und Leistungsberechnung	122
2.2.1.1.	Technisch-mathematische Zusammenhänge	122
2.2.1.2.	Zusammenstellung der Gleichungen	122
2.2.2.	Berechnung der Hauptzeit	123
2.2.3.	Berechnungsbeispiel	124
2.3.	Fräsen	125
2.3.1.	Schnittkraft- und Leistungsberechnung	125
2.3.1.1.	Technisch-mathematische Zusammenhänge	125
2.3.1.1.1.	Allgemeingültige Ableitung der Schnittkraft- und Leistungsgleichung für alle Fräsverfahren	125
2.3.1.1.2.	Berechnungsform für das Umfangsfräsen	128
2.3.1.1.3.	Verkürztes grafisch-rechnerisches Verfahren der Leistungsermittlung	129
2.3.1.2.	Zusammenstellung der Gleichungen	130
2.3.1.2.1.	Stirnfräsen	130
2.3.1.2.2.	Umfangsfräsen	132
2.3.2.	Berechnung der Hauptzeit	133
2.3.2.1.	Umfangsfräsen	133
2.3.2.2.	Stirnfräsen	134
2.3.2.2.1.	Mittiges Stirnfräsen	134
2.3.2.2.2.	Außermittiges Stirnfräsen	135
2.3.2.3.	Nutenfräsen auf Nutenfräsmaschinen	135
2.3.2.3.1.	Nutenschrittfräsen	135
2.3.2.3.2.	Nutentauchfräsen	136
2.3.2.4.	Gewindefräsen	136
2.3.2.4.1.	Kurzgewindefräsen	136
2.3.2.4.2.	Langgewindefräsen	136

2.3.2.4.3.	Gewindeschlagfräsen	137
2.3.3.	Berechnungsbeispiele	137
2.3.3.1.	Stirnfräsen	137
2.3.3.2.	Umfangsfräsen	140
2.4.	Bohren, Senken, Reiben	141
2.4.1.	Schnittkraft- und Leistungsberechnung	141
2.4.1.1.	Technisch-mathematische Zusammenhänge	141
2.4.1.1.1.	Ableitung der Gleichungen für Aufbohren und Bohren mit Spiralbohrer	141
2.4.1.1.2.	Ableitung der Gleichungen für Senken	144
2.4.1.1.3.	Bemerkungen zur Schnittkraft- und Leistungsberechnung beim Reiben	145
2.4.1.1.4.	Schnittkraftberechnung beim Gewindebohren	145
2.4.1.2.	Zusammenstellung der Gleichungen	147
2.4.1.2.1.	Bohren ins Volle	147
2.4.1.2.2.	Aufbohren mit Spiralbohrer	147
2.4.1.2.3.	Senken	148
2.4.1.2.4.	Gewindebohren	148
2.4.2.	Berechnung der Hauptzeit	149
2.4.2.1.	Bohren und Aufbohren mit Spiralbohrer	149
2.4.2.2.	Senken und Reiben	150
2.4.3.	Berechnungsbeispiel	150
2.5.	Sägen	151
2.5.1.	Schnittkraft- und Leistungsberechnung	151
2.5.1.1.	Technisch-mathematische Zusammenhänge	151
2.5.1.2.	Zusammenstellung der Gleichungen	153
2.5.2.	Berechnung der Hauptzeit	154
2.5.3.	Berechnungsbeispiel	154
2.6.	Räumen	155
2.6.1.	Schnittkraft- und Leistungsberechnung	155
2.6.2.	Berechnung der Teilung des Räumwerkzeugs	156
2.6.2.1.	Berücksichtigung der Aufnahmefähigkeit des Spanraums	156
2.6.2.2.	Berücksichtigung der Zug- oder Druckkraft der Maschine	157
2.6.2.3.	Berücksichtigung der Festigkeit des Räumwerkzeugs	157
2.6.2.4.	Weitere Größen der Zahnung am Räumwerkzeug	158
2.6.3.	Zusammenstellung der Gleichungen	159
2.6.4.	Berechnung der Hauptzeit	160
2.6.5.	Berechnungsbeispiel	160
2.7.	Schleifen	163
2.7.1.	Schnittkraft- und Leistungsberechnung beim Schleifen	163
2.7.2.	Berechnung der Hauptzeit	165
2.7.2.1.	Rundschleifen	165
2.7.2.1.1.	Längsschleifen	165
2.7.2.1.2.	Einstechschleifen	166
2.7.2.2.	Flachschleifen	167
2.7.2.2.1.	Flachschleifen mit dem Schleifkörperumfang	167
2.7.2.2.2.	Flachschleifen mit der Schleifkörperstirnfläche	168
2.7.3.	Berechnungsbeispiel	168

2.8.	Zahradbearbeitung	170
2.8.1.	Schnittkraft- und Leistungsberechnung	170
2.8.1.1.	Wälzfräsen (gerad- und schrägverzahnte Stirnräder)	170
2.8.1.2.	Wälzstoßen (geradverzahnte Stirnräder)	172
2.8.1.3.	Zahnflankenschleifen (geradverzahnte Stirnräder)	172
2.8.1.4.	Berechnungsbeispiele	173
2.8.2.	Berechnung der Hauptzeit	174
2.8.2.1.	Stirnradbearbeitung	174
2.8.2.1.1.	Fräsen mit Formfräser	174
2.8.2.1.1.1.	Formverfahren mit Scheibenfräser	174
2.8.2.1.1.2.	Formverfahren mit Schaftfräser	175
2.8.2.1.2.	Wälzfräsen mit Abwälzfräser	176
2.8.2.1.3.	Wälzstoßen	177
2.8.2.1.3.1.	Wälzstoßen mit Schneidrad	177
2.8.2.1.3.2.	Wälzstoßen mit Kammeißel, System Maag	178
2.8.2.1.4.	Zahnflankenschleifen	180
2.8.2.1.4.1.	Zahnflankenschleifen, System Niles	180
2.8.2.1.4.2.	Zahnflankenschleifen, System Maag	181
2.8.2.1.4.3.	Schraubwälzschleifen	182
2.8.2.1.5.	Zahnradshaben	184
2.8.2.2.	Bearbeitung von Schneckenrieben	185
2.8.2.2.1.	Schneckenradbearbeitung	185
2.8.2.2.1.1.	Wälzfräsen mit Radialvorschub	185
2.8.2.2.1.2.	Wälzfräsen mit Tangentialvorschub	185
2.8.2.2.1.3.	Wälzfräsen mit Schlagmesser (Tangentialvorschub)	187
2.8.2.2.1.4.	Wälzschälen	188
2.8.2.2.2.	Schneckenbearbeitung – Fräsen mit Formfräser	189
2.8.2.3.	Kegelradbearbeitung	190
2.8.2.3.1.	Schablonen-Formhobelverfahren	190
2.8.2.3.2.	Wälzhobeln	191
2.8.2.3.2.1.	Einmeißelwälzhobeln, System Bilgram	191
2.8.2.3.2.2.	Zweimeißelwälzhobeln, System Heidenreich und Harbeck	192
2.8.2.3.3.	Abwälzfräsen gerad- und bogenverzahnter Kegelräder	195
2.8.2.3.3.1.	Fräskopf-Wälzfräsen geradverzahnter Kegelräder – Konvoid-Verzahnung	195
2.8.2.3.3.2.	Fräskopf-Wälzfräsen kreisbogenverzahnter Kegelräder – Kurvex-Verzahnung	197
2.8.2.3.3.3.	Schraubwälzfräsen von Palloid-Spiralkegelrädern – Klingelberg-Verzahnung	199
2.8.2.4.	Berechnungsbeispiele	200
2.8.2.4.1.	Stirnradfertigung	200
2.8.2.4.2.	Fertigung von Schneckenrieben	202
2.8.2.4.3.	Kegelradfertigung	203
3.	Richtwerte	205
3.1.	Spezifische Schnittkräfte, Korrektur- und Verfahrensfaktoren (Tafeln 3.1 und 3.2)	205
3.2.	Drehen (Tafeln 3.3 bis 3.24)	209

3.3. Hobeln und Stoßen (Tafeln 3.25 und 3.26)	227
3.4. Fräsen (Tafeln 3.27 bis 3.51)	228
3.5. Bohren, Senken, Reiben (Tafeln 3.52 bis 3.69)	243
3.6. Sägen (Tafeln 3.70 und 3.71)	253
3.7. Räumen (Tafeln 3.72 bis 3.74)	254
3.8. Schleifen (Tafeln 3.75 bis 3.81)	255
3.9. Zahnradbearbeitung (Tafeln 3.82 bis 3.95)	259
3.10. Bearbeitung von Sonderwerkstoffen	265
3.10.1. Spanende Bearbeitung von Kunststoffen (Tafeln 3.96 bis 3.106)	265
3.10.2. Spanende Bearbeitung von hochlegierten Stählen (Tafeln 3.107 bis 3.119)	271
3.11. Bearbeitungszugaben (Tafeln 3.120 bis 3.123)	276
3.12. Schneidstoffe	280
3.12.1. Schnellarbeitsstahl (Tafeln 3.124 bis 3.126)	280
3.12.2. Hartmetall (Tafeln 3.127 und 3.128)	282
4. Literaturverzeichnis	285
5. Sachwörterverzeichnis	301