

Werkzeuge und Werkzeugmaschinen für die spanende Metallbearbeitung

Von D. H. Bruins und Hans-Jürgen Dräger

Neubearbeitung in zwei Teilen

Teil 1 Werkzeuge und Verfahren

Zerspanungslehre, Schneid- und Hilfsstoffe,
Werkzeuge und Verfahren

(geometrisch bestimmte und geometrisch unbestimmte Schneide)
Gewindewerkzeuge und -herstellverfahren,
Verzahnwerkzeuge und -herstellverfahren, Sonderwerkzeuge,
Werkzeugsysteme, Werkzeugvoreinstellung

Mit 336 Bildern



Carl Hanser Verlag München Wien

Inhaltsverzeichnis

1 Beziehungen zwischen Werkstück, Werkzeug und Werkzeugmaschine	11
1.1 Voraussetzungen für wirtschaftliche Bearbeitung	11
1.2 Werkstückformen, Wirkbewegungen und Zerspanverfahren	12
1.3 Arbeitsergebnisse	15
1.3.1 Form-, Lage- und Maßgenauigkeit (Makrogeometrie)	15
1.3.2 Oberflächengüte (Mikrogeometrie)	17
2 Allgemeine Zerspanungslehre	22
2.1 Bezeichnungen am Werkzeug	22
2.2 Winkel an der Schneide	24
2.2.1 Freiwinkel α	24
2.2.2 Spanwinkel γ	25
2.2.3 Keilwinkel β	25
2.2.4 Eckenwinkel ε	25
2.2.5 Neigungswinkel λ	25
2.2.6 Einstellwinkel κ	26
2.3 Spanbildung	26
2.4 Spanungsquerschnitt	28
2.5 Schnittkraft	30
2.5.1 Spezifische Schnittkraft	32
2.5.2 Einflüsse auf die Schnittkraft und die spezifische Schnittkraft	34
2.5.3 Schnittkraftschwankungen	35
2.5.4 Berechnung der Schnittkraft	36
2.6 Spanvolumen	36
2.7 Wärme durch Zerspanung, Schneidentemperatur	37
2.8 Verschleiß	39
2.8.1 Verschleißursachen	39
2.8.2 Verschleißerscheinungen	40
2.9 Standzeit	41
2.9.1 Einflüsse auf die Standzeit	41
2.10 Wirtschaftliche Zerspanung	45
2.10.1 Ermittlung der kosten- und zeitgünstigen Schnittgeschwindigkeit am Beispiel Drehen	46
3 Messen wesentlicher Einflußgrößen	50
3.1 Messen der Spanstauchung	50
3.2 Messen der Zerspankraftkomponenten	51
3.2.1 Messen der spezifischen Schnittkraft k_S	52
3.2.2 Ermitteln des Spandickenexponenten z	52
3.3 Standzeitbestimmung durch Verschleißmessung an der Schneide	53
3.3.1 Temperaturmessung an der Schneide	53
3.3.2 Verschleißmessung durch Staudruck	54
3.3.3 Messen der Kräfteveränderungen infolge Verschleißes	56
3.3.4 Messen mit Faseroptik	56
3.3.5 Radioaktive Meßmethoden	57
3.3.6 Vergleich der Verschleißmeßeinrichtungen	58
4 Schneidstoffe und Hilfsstoffe	59
4.1 Anforderungen an Schneidstoffe	59
4.2 Metallische Schneidstoffarten	59
4.2.1 Unlegierte Werkzeugstähle	59
4.2.2 Niedriglegierte Werkzeugstähle	59
4.2.3 Schnellarbeitsstähle	60
4.2.4 Verbesserungen bei Schnellarbeitsstählen	61
4.2.5 Hartmetalle	61
4.2.5.1 Gesinterter Hartmetalle	64
4.2.5.2 Beschichtete Sinterhartmetalle	64
4.2.5.3 Löten von Hartmetallschneidplättchen	64
4.3 Keramische Schneidstoffe	65

4.4	Diamanten	67
4.5	Zusammenfassender Vergleich der Schneidstoffe für geometrisch bestimmte Schneiden	68
4.6	Schleifmittel	69
4.6.1	Korund (Al_2O_3)	70
4.6.2	Siliciumcarbid (SiC)	71
4.6.3	Borcarbid (B_4C)	71
4.6.4	Bornitrid (BN)	71
4.6.5	Diamant	72
4.7	Schleifmittelvergleich	72
4.8	Schleifmittel zum Honen und Läppen	72
4.9	Kühlschmiermittel	73
4.9.1	Eigenschaften der Kühlschmiermittel	73
4.9.2	Arten der Kühlschmiermittel	74
4.9.3	Wahl des Kühlschmiermittels	74
4.9.4	Physiologische Schäden durch Kühlschmiermittel	74
5	Bearbeiten mit Werkzeugen mit geometrisch bestimmter Schneide	77
5.1	Wendeschneidplatten	77
5.2	Drehen	79
5.2.1	Drehwerkzeuge	79
5.2.1.1	Empfehlungen für die wichtigsten Schneidenwinkel	81
5.2.1.2	Formdrehmeißel	83
5.2.2	Drehbearbeitung	87
5.3	Hobeln	90
5.3.1	Hobelwerkzeuge	90
5.3.2	Bearbeiten mit Hobel- und Stoßmaschinen	92
5.4	Räumen	96
5.4.1	Räumwerkzeuge	96
5.4.2	Außen- und Innenräumen	98
5.4.3	Räumen mit erhöhter Schnittgeschwindigkeit	100
5.5	Fräsen	101
5.5.1	Fräser	101
5.5.1.1	Spanquerschnitt	102
5.5.1.2	Schneidenwinkel	104
5.5.1.3	Beispiele für ausgeführte Werkzeuge	106
5.5.2	Fräsbearbeitung	112
5.6	Bohren, Senken und Reiben	117
5.6.1	Wendelbohrer, Wendelbohrer mit Innenkühlung	118
5.6.1.1	Spanquerschnitt von Wendelbohrern	122
5.6.2	Werkzeuge zum Aufbohren (Senker)	123
5.6.3	Formsenker	123
5.6.4	Tiefbohrwerkzeuge	124
5.6.5	Wendeschneidplattenbohrer	125
5.6.6	Bohrstangen	126
5.6.7	Gedämpfte Bohrstangen	127
5.6.8	Reibahlen	128
5.6.9	Bohrbearbeitung	129
6	Bearbeiten mit Werkzeugen mit geometrisch unbestimmter Schneide	138
6.1	Schleifverfahren	138
6.2	Schleifscheiben	138
6.2.1	Eigenschaften der Schleifscheiben	139
6.2.2	Wahl der Schleifscheiben	140
6.2.3	Schleifkörperformen	141
6.2.4	Befestigung der Schleifscheiben	142
6.2.5	Spanquerschnitt beim Schleifen	142
6.2.6	Schleifen mit erhöhter Umfangsgeschwindigkeit	144
6.2.7	Tiefschleifen	144
6.2.8	Auswuchten von Schleifscheiben	145
6.2.9	Schleifmaschinen	146
6.3	Honen	148
6.4	Läppen	149

7 Herstellen von Gewinden	151
7.1 Gewindegewandwerkzeuge	152
7.1.1 Gewinde-Drehmeißel	152
7.1.2 Gewinde-Strehler	152
7.1.3 Gewinde-Schneidbacken	152
7.1.4 Schneideisen	152
7.1.5 Selbstöffnende Schneidköpfe	153
7.1.6 Scheiben-Gewinde-Formfräser	154
7.1.7 Gewindefräser für Kurzgewinde, Rillenfräser DIN 852, 887, 888	154
7.1.8 Gewindegewand (Gewindegewand)	154
7.1.9 Gewindegewand	156
7.1.10 Gewindebohrer	157
7.1.11 Vergleich der Verfahren zur Gewindegewandherstellung	158
8 Herstellen von Verzahnungen	159
8.1 Verzahnungen von Stirnrädern	162
8.1.1 Formwerkzeuge	162
8.1.2 Wälzwerkzeuge	163
8.1.2.1 Zahnstangen-Schneidkamm	163
8.1.2.2 Wälzstoßen mit dem Schneidrad	163
8.1.2.3 Wälzfräsen	166
8.1.2.4 Wälzschleifen mit der Schleifschnecke	168
8.1.2.5 Zweischeiben-Wälzschleifen	172
8.1.2.6 Schaben	174
8.2 Verzahnungen von Kegelrädern	177
8.2.1 Formwerkzeuge	178
8.2.2 Wälzwerkzeuge und Wälzmaschinen	178
8.2.2.1 Wälzfräsen von Geradzahnkegelrädern (Klingenberg)	178
8.2.2.2 Wälzfräsen von spiralverzahnenden Kegelrädern (Klingenberg)	181
8.3 Vergleich der Verzahnungsverfahren	185
9 Sonderwerkzeuge	186
9.1 Zusammenfassen von aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen (Kombinationswerkzeuge)	186
9.2 Verstellen der Werkzeuge während der Bearbeitung	189
10 Verschleißausgleich und Maßkorrektur durch Nachstellen der Werkzeuge	191
10.1 Beispiele für die Handnachstellung	191
10.2 Steuerbare Nachstelleinrichtungen für Werkzeuge	193
11 Werkzeugsysteme	195
11.1 Anforderungen an Werkzeugsysteme	195
11.2 Beispiele für Werkzeugsysteme	196
12 Werkzeugvoreinstellen und Werkzeugvoreinstellgeräte	200
12.1 Werkzeugvoreinstellung an einer Drehmaschine (Beispiel)	200
12.2 Geräte zum Voreinstellen von Werkzeugen	202
12.3 Werkzeugträger für die Werkzeugvoreinstellung	205
13 Kennzeichnen von Werkzeugen und Werkzeugplätzen	208
14 Berechnung der Schnitt- bzw. Antriebsleistung und der Schnittzeit	210
14.1 Tabellarische Zusammenfassung der Gleichungen für die wichtigsten Verfahren mit geometrisch bestimmter Schneide	210
14.2 Hinweise zur Kraft- und Leistungsberechnung beim Schleifen	211
15 Ausblick	216
15.1 Die Entwicklung der Abspantechnik	216
15.2 Konkurrierende Verfahren	217
16 Anhang	219
16.1 Schnittdaten	219
16.1.1 Drehen mit Schnellarbeitsstahl und Hartmetallwerkzeugen $\alpha < 5\text{ mm}$	219

16.1.2 Drehen mit Schneidkeramikwerkzeugen	220
16.1.3 Drehen mit Diamanten	220
16.1.4 Hobeln mit Schnellarbeitsstahl und Hartmetallwerkzeugen	221
16.1.5 Räumen mit Schnellarbeitsstahlwerkzeugen	221
16.1.6 Fräsen mit Schnellarbeitsstahl und Hartmetallwerkzeugen	222
16.1.6.1 Messerköpfe bis $a = 8$ mm	222
16.1.6.2 Messerköpfe bis $a = 1$ mm	222
16.1.6.3 Walzen- und Walzenstirnfräser bis $a = 8$ mm	222
16.1.6.4 Walzen- und Walzenstirnfräser bis $a = 1$ mm	223
16.1.7 Bohren	224
16.1.7.1 Werkzeugstahl- und Schnellarbeitsstahl-Spiralbohrer	224
16.1.7.2 Hartmetall-Spiralbohrer	225
16.1.8 Schleifen als Schlichtbearbeitung	226
16.1.9 Honen	227
16.2 Formelzeichen und Einheiten	229
Literaturverzeichnis	233
Sachwortverzeichnis	236