

Studium und Praxis

Fertigungsverfahren

Band 2

Schleifen, Honen, Läppen

Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Wilfried König VDI

Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke VDI

Dritte, grundlegend neu bearbeitete und erweiterte Auflage

VDI VERLAG

Inhalt

Formelzeichen und Abkürzungen	XIV
1 Einleitung	1
2 Grundlagen zum Schneideneingriff	3
2.1 Schneidenform	4
2.2 Schneideneingriff	6
2.3 Kraft- und Energieverteilung an der Schneide	10
2.4 Korn- und Bindungsverschleiß	14
3 Aufbau und Zusammensetzung von Schleifwerkzeugen ..	16
3.1 Kornwerkstoff	16
3.1.1 Natürliche Kornwerkstoffe	16
3.1.2 Synthetische Kornwerkstoffe	18
3.1.2.1 Korunde	19
3.1.2.2 Siliziumkarbide	28
3.1.2.3 Kubisches Bornitrid	32
3.1.2.4 Synthetischer Diamant	33
3.2 Bindungen	34
3.2.1 Kunstharzbindungen	35
3.2.2 Keramische Bindungen	37
3.2.3 Metallische Bindungen	38
3.2.4 Sonstige Bindungen	39
3.3 Füll- und Zusatzstoffe	40
3.4 Werkzeugherstellung und -aufbau	41
3.4.1 Werkzeuge mit Korund- oder Siliziumkarbid	42
3.4.1.1 Herstellung kunstharzgebundener Schleifscheiben ..	42
3.4.1.2 Herstellung keramisch gebundener Schleifscheiben .	45
3.4.1.3 Bezeichnung und Prüfung	46
3.4.2 Werkzeuge mit Diamant- oder Bornitridbelag	54
3.4.2.1 Herstellung mehrschichtiger Schleifbeläge	55
3.4.2.2 Herstellung einschichtiger Schleifbeläge	57
3.4.2.3 Bezeichnung und Prüfung	59

4	Schleifen mit Schleifscheiben	62
4.1	Kenngrößen	62
4.2	Verfahrensvarianten	73
4.2.1	Planschleifen	76
4.2.2	Außenrundscheifen	81
4.2.2.1	Zwischen Spitzen	81
4.2.2.2	Spitzenlos	86
4.2.3	Innenrundscheifen	98
4.2.4	Zahnflankenschleifen	99
4.2.4.1	Teilwälzschleifen	102
4.2.4.2	Kontinuierliches Wälzschleifen	111
4.2.4.3	Diskontinuierliches Profilschleifen	114
4.2.4.4	Kontinuierliches Profilschleifen	118
4.2.4.5	Abgrenzung des Einsatzbereiches der verschiedenen Zahnrad-Schleifverfahren	122
4.2.5	Hochgeschwindigkeitsschleifen	123
4.2.6	Außenrund-Formschleifen	133
4.2.7	Trennschleifen	138
4.2.8	Hochdruckschleifen	141
4.3	Einflüsse auf Prozeßverlauf und Arbeitsergebnis	144
4.3.1	Werkzeugspezifikation	145
4.3.2	Zeitliche Veränderung der Werkzeugtopographie	147
4.3.3	Stellgrößen	149
4.3.4	Mehrstufige Prozeßführung	174
4.3.5	Störgrößen	188
5	Einsatzvorbereitung von Schleifscheiben	199
5.1	Werkzeuge und Verfahren für die Einsatzvorbereitung	200
5.1.1	Abrichtverfahren und Abrichtwerkzeuge für Schleifscheiben aus Korund und Siliziumkarbid	200
5.1.2	Profilier- und Schärfverfahren für Diamant- und CBN-Schleifscheiben	205
5.2	Einfluß der Einsatzvorbereitung auf den Schleifprozeß	209
5.2.1	Abrichten	209
5.2.2	Konditionieren von CBN-Schleifwerkzeugen	218
5.2.2.1	Profilieren und Schärfen	218
5.2.2.2	Abrichten mit kleinen Abrichtzustellungen	223
5.2.3	Schleifen mit kontinuierlichem Abrichten	226

6	Prozeßüberwachung	232
6.1	Notwendigkeit der Prozeßüberwachung	232
6.2	Sensoren für die Prozeßüberwachung beim Schleifen	234
6.2.1	Kraftsensoren	234
6.2.2	Stromsensoren	236
6.2.3	AE-Sensoren	236
6.2.3.1	Umgebungs- und Maschinengeräusche als Störquellen	238
6.2.3.2	Methoden zur Extraktion von Kennwerten aus dem AE-Signal	239
6.3	Minimierung der Luftschleifphase (Anfunkkontrolle)	240
6.4	Kollisionsüberwachung (Crash-Control)	243
6.5	Abrichtüberwachung	244
6.6	Standzeitüberwachung beim Schleifen durch AE	247
6.6.1	Überwachung des Schleifscheibenverschleißes durch den AE-Effektivwert	247
6.6.2	Detektion von Ratterschwingungen durch den Dynamikkennwert	248
6.6.3	Stufenerkennung als Element einer sicheren Prozeßüberwachung	249
6.7	Zuverlässigkeit der Prozeßüberwachung beim Schleifen	250
7	Kühlschmierstoff	252
7.1	Einteilung und Eigenschaften	252
7.1.1	Öle	253
7.1.2	Emulsionen	254
7.1.3	Wäßrige Lösungen	256
7.2	Additivierung	257
7.3	Überwachung und Pflege	259
7.4	Entsorgung	264
7.5	Einfluß der Kühlschmierung auf den Schleifprozeß	266
8	Schleifen mit Schleifbändern	276
8.1	Schleifmittel auf Unterlage	277
8.1.1	Herstellung und Aufbau von Schleifbändern	279
8.1.2	Bezeichnung	286

8.2	Aufbereitung von Werkzeugen aus Schleifmitteln auf Unterlage	288
8.3	Kinematische Grundlagen	290
8.4	Zusammenhänge zwischen Stell- und Kenngrößen und dem Arbeitsergebnis	291
8.4.1	Schleifen mit konstanter Anpreßkraft	293
8.4.2	Schleifen mit konstanter Zustellung	296
8.5	Einfluß weiterer Prozeßeingangsgrößen und Randbedingungen	301
8.5.1	Bandspannung	301
8.5.2	Kontaktelemente	302
8.5.3	Bandsteifigkeit	304
8.5.4	Hilfsstoffe	305
9	Honen	307
9.1	Honwerkzeuge und deren Aufbereitung	307
9.1.1	Honleisten mit Korund oder Siliziumkarbid	307
9.1.2	Honleisten mit Bornitrid- und Diamantbelag	309
9.2	Kinematische Grundlagen	309
9.3	Einflüsse auf Prozeßverlauf und Arbeitsergebnis	314
9.3.1	Stellgrößen	314
9.3.2	Werkzeuggestalt und Spezifikation	327
9.3.3	Werkstückbeschaffenheit	334
9.3.4	Hilfsmittel	338
9.4	Plateauhonen	341
9.5	Verzahnungshonen	342
9.5.1	Zahnradhonen außenverzahnter Stirnräder mit innenverzahntem Werkzeug	342
9.5.2	Kinematik beim Verzahnungshonen	345
10	Läppen	346
10.1	Grundlagen des Läppverfahrens	348
10.2	Planläppen	357
10.2.1	Stellgrößen	357
10.2.2	Werkzeuggestalt und -spezifikation	359
10.2.3	Hilfsmittel	364
10.2.4	Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit	366

11 Gleitschleifen	370
11.1 Verfahrensvarianten	370
11.2 Einfluß der Prozeßeingangsgrößen auf das Arbeitsergebnis ..	373
11.3 Verfahrensgrenzen	374
12 Strahlspanen	376
12.1 Verfahrensvarianten	376
12.2 Wirkprinzip, Einflußgrößen und Strahlkenngrößen	380
Schrifttum	382
Sachwörterverzeichnis	400