

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

VW 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 | Kenngößen | 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 |
| | Schleifen mit Schleifbändern | 276 |
| | Schleifmittel auf Unterlage | 277 |
| ft | 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 |